



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**Zonificación ambiental y plan de manejo para la
conservación del Rancho San Bernardino,
Agua Prieta, Sonora.**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN LA CARRERA DE GEOGRAFÍA**

**PRESENTA:
ANABELL PÉREZ FLORES**

**ASESOR:
DR. EDWARD MICHAEL PETERS RECAGNO**



MEXICO, D.F

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos.

A mi hijo Salvador Antonio que es mi fortaleza y mi energía para salir adelante. A mis padres, abuelitos, tía y hermana que me han enseñado que las metas se pueden alcanzar si eres perseverante, apoyándome en los momentos que más los he necesitado y dándome las armas necesarias para seguir adelante.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Filosofía y Letras que me abrieron las puertas, dándome el conocimiento necesario, para desarrollarme profesionalmente. Al Doctor Francisco Dentón que fue el que me mostró esta maravillosa carrera, orientándome académicamente y personalmente.

A la Bióloga Rocio López que sin ella no se hubiera podido llevar a cabo este trabajo, dándome la oportunidad de conocer a la Señora Valer y al Doctor Bob Minkcley y asesorándome en el trabajo en cada momento. A la organización de la Cuenca los Ojos quién me apoyó en el traslado, en la estancia y apoyó logísticamente en cada momento dentro del Rancho.

Al Doctor Edward Michael Recagno asesor de mi tesis, que me apoyó y orientó en la elaboración del trabajo. Además de ser una persona maravillosa que me apoyó en los momentos de obscuridad y creyó siempre en mí, dándome experiencias profesionales inolvidables, que me hicieron crecer en mis conocimientos y como persona. A Leonel Alvarez que siempre como amigo me apoyó y orientó tanto académicamente y personalmente. A Rigel que me enseñó a usar los SIG y las imágenes de satélite para la elaboración de mi tesis, acercándome a esta valiosa herramienta. Al INE que me abrió las puertas para desarrollarme como geógrafa y persona.

A mis compañeros de la carrera Tere, Blanca, Adriana, Brenda y Oscar “Las Teresitas Descalzas” que aprendimos este menester juntos, con esfuerzo, dedicación y también con mucha diversión. A mi amgo Ramiro que siempre me ha ayudado a salir avante en mi vida y en la escuela.

Por último a todas aquellas personas que el destino las ha puesto en el camino, lo cual me han enseñado varias cosas que me han permitido crecer como persona y geógrafa.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
OBJETIVOS	16
a. General	
b. Particular	
c. Hipótesis	
1 POLÍTICAS DEL USO DEL TERRITORIO	17
1.1 Protección	
1.2 Conservación	
1.3 Restauración	
1.4 Aprovechamiento	
2 FIGURAS LEGALES DE PROTECCIÓN ESPACIAL	22
2.1 Nivel federal	
2.2 Nivel estatal	
2.3 Nivel municipal	
2.4 Nivel privado	
3 PERCEPCIÓN REMOTA	49
3.1 Teoría de percepción remota.	
3.2 Imágenes de satélite	
3.3 Clasificación por objeto	
3.4 Segmentación	
4 DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL	66
4.1 Biofísicos	
• Suelo	
• Agua	
• Vegetación	
4.2 Socioeconómicos	
5 ÁREA DE ESTUDIO	76
6 MATERIALES Y MÉTODO	83
6.1 Trabajo de gabinete	
6.2 Trabajo de campo	
7 RESULTADOS	95
7.1 Percepción Remota	
7.2 Zonificación Ambiental: Tipos de vegetación	
7.3 Figuras Legales	
7.4 Zonificación Ambiental: Políticas del Territorio	
7.5 Factores biofísicos (suelo, agua y vegetación) y socioeconómicos.	
7.6 Diagnóstico Ambiental del Rancho San Bernardino.	
7.7 Plan de Manejo Ambiental del Rancho San Bernardino.	
8 CONCLUSIONES	154
9 DISCUSIÓN	157
10 REFERENCIAS	162
10.1 Bibliográficas	
10.2 Páginas de Internet	
10.3 Cartográficas	

INTRODUCCIÓN

Las zonas desérticas y semidesértica comprenden conjuntamente cerca de 96 millones 617mil 927 hectáreas, distribuidas principalmente en el centro y norte del país y corresponden a zonas hiperáridas 220, 239 ha, regiones áridas 56 millones 342 mil 871 ha., semiáridas son 22 millones 981 mil 070 ha. y áreas subhúmedas secas son 17 millones 73 mil 747 ha, de las cuales 7 de cada diez hectáreas presentan diversas afectaciones por el avance de la desertificación (SEMARNAT, 2006).

El desierto Chihuahuense, el cual se ubica en el altiplano septentrional mexicano (Velasco, 1991) limitado entre la Sierra Madre Oriental y la Madre Occidental, sobre las alturas que oscilan 1000 y 2200 m.s.n.m, abarca los estados de Chihuahua, Coahuila, Zacatecas Durango, San Luís Potosí, Nuevo León, Tamaulipas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo hasta llegar a Puebla, Tlaxcala y norte de Oaxaca (Andrade, 1974).

El desierto Chihuahuense debe su aridez al fenómeno de sombra orográfica que es cuando el flujo de la humedad de la niebla oceánica es interrumpido por una barrera topográfica como una cadena montañosa, la masa de aire es desviada hacia arriba y se enfría adiabáticamente. Relativamente la humedad aumenta rápidamente y llamado precipitación orográfica ocurre en las laderas de barlovento del sistema montañoso. Consecuentemente cuando la masa de aire alcanza el lado de sotavento de la montaña, este ha perdido mucha de su humedad y es agravado por la caliente compresión como la masa desciende en el lado de barlovento (Louw, 1992).

Las enormes llanuras aluviales presentan suelos profundos de tonos grisáceos, siendo el caliche un constituyente muy frecuente. Los fondos de las cuencas cerradas o endorreicas, están formadas por suelos mal drenados donde a menudo existen concentraciones salinas elevadas, originados por los componentes minerales primarios que se encuentran en suelos y en las rocas expuestas de la corteza terrestre, porque el sodio, calcio, y magnesio casi se encuentran al 2 ó 3%. Durante el proceso de intemperismo químico que comprende la hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación, esos constituyentes gradualmente

son liberados adquiriendo mayor solubilidad. También el océano puede ser la fuente de sales constituido por depósitos marinos que se asentaron durante periodos geológicos antiguos y que a partir de entonces han emergido (Richards, 1962).

Setenta u ochenta por ciento de la precipitación pluvial cae de junio a septiembre, siendo los más secos en primavera. En cuestión de la temperatura, es más extremosa en sus porciones norte, noreste, y menos pronunciada al sur, aun cuando las heladas ocurren en cualquier parte del desierto. La temperatura es parte del clima que limita la efectividad de la precipitación pluvial, misma que coincide en tiempo con la mayor parte de la época más cálida de verano. La magnitud de la lluvia puede fluctuar entre 200 y 450mm por año. Ocurren algunas precipitaciones ocasionales en invierno (Velasco, 1991).

El registro de especies en peligro de extinción se remontan en desierto Chihuahuense desde hace más de un siglo y medio, debido a ciertas actividades, fundamentalmente la práctica desenfrenada de la cacería, así como de la ganadería (Grenot, 1981), como es el caso del berrendo (*Antilocapra americana*), liebres (*Lepus callotus*), tortuga del desierto (*Gopherus flavomarginatus*), borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), venado bura (*Odocoileus hemionus*), bisonte o búfalo americano (*Bison bison*), jabalí (*Dicotyles tajacu*), carnívoros como la zorra (*Vulpes macrotis*), lince (*Felis rufus*), puma (*Felis concolor*) entre otros.

La complejidad de este ecosistema es un gran motivo para conservarla, debido a las formas de vida que sobreviven a las condiciones climáticas extremas, por lo que en el desierto chihuahuense se puede encontrar un gran endemismo de especies. Sin embargo, las actividades económicas como es la agricultura, la ganadería y la caza; así como las ciudades e infraestructura (las carreteras), modifican el espacio vital de los organismos.

La ciencia geográfica integra el conocimiento como la meteorología, climatología, edafología, geología, economía, sociología, política, etc. para solucionar problemas ocasionados en un espacio y tiempo determinado. Los mapas son la herramienta principal que facilita el análisis y síntesis de los hechos y fenómenos, que ocurren en el espacio

geográfico, siendo una radiografía del mismo, que se complementa con el trabajo de campo, ya que la escala del mapa puede cambiar los rasgos que integran el lugar, por lo que los resultados finales pueden modificarse. Conocer el lugar y poder aplicar otras mediciones científicas, hace que los resultados sean con mayor exactitud el reporte final.

En este estudio se integró el conocimiento de varias disciplinas que integran a la geografía, para evaluar la degradación ambiental del Rancho San Bernardino, en el municipio de Agua Prieta, Sonora, con el fin de efectuar mediante una integración del conocimiento el análisis de las condiciones ambientales en la actualidad, como es el suelo, agua, clima y vegetación, así como el impacto de los seres humanos que han efectuado durante todo el tiempo, que ha habitado en la zona.

El trabajo fue de gabinete y de campo, el primero sirvió para conocer las condiciones ambientales y sociales que se desarrollan en el sitio de estudio. Así mismo para evaluar en campo las circunstancias del rancho y obtener puntos de control que permitieron ubicarlo en las imágenes de satélite, para elaborar la cartografía de Uso de suelo y Vegetación, en lo que se efectuaría la zonificación ambiental. Igualmente proponer alternativas para su restauración de la cubierta vegetal, con la creación de un plan de manejo de la zona.

También, el trabajo de campo se verificó y obtuvo datos indispensables para la investigación (extensión y localización del rancho) que se obtengan en las imágenes, debido a la respuesta espectral que puede variar de acuerdo a la disponibilidad de humedad, la composición de la roca o suelo, a la cantidad de clorofila de la vegetación, entre otros. Además de que la cartografía tenga un sustento científico cuantificable y medible con datos reales.

Este estudio permitió llevar a cabo propuestas de manejo espacial de la zona, así como su posible sustento legal, que podrá ser a escala federal, estatal, municipal o privada, por lo que se evaluará de acuerdo con el rancho, tomando en cuenta sus características y aptitudes.

En el primer capítulo se mencionan las bases teóricas de las políticas de territorio entre ellas la Protección, Restauración, Conservación y Aprovechamiento con sus distintas modalidades que permiten el ordenamiento del territorio.

En el segundo capítulo se describe el marco legal para la consolidación de la reserva natural tanto a nivel federal, estatal, municipal, o privada, en donde se señalan las características y prohibiciones de cada categoría de conservación que pueden ser aplicables en la zona de estudio.

En el tercer capítulo se desarrolla el marco teórico e histórico de la percepción remota. Este comprende las bases del uso de la percepción remota aplicada en la degradación ambiental.

En el cuarto capítulo se presentan las bases teóricas para la elaboración del diagnóstico ambiental de la zona de estudio, que incluye factores biofísicos y socioeconómicos que intervienen en la degradación del Rancho.

En el quinto capítulo se explican las características de espacio geográfico del Rancho, obtenidas por medio de cartografía de INEGI, bibliográficas, del Servicio Meteorológico Nacional y en campo, para conocer la problemática que pernea en la zona de estudio.

En el sexto capítulo se mostraron los métodos y materiales que se utilizaron en la zona de estudio, tanto de gabinete como en campo. En ello se explicó los procesos que se usaron en el manejo de las imágenes de satélite, desde el descargo de los puntos de control obtenidos en campo hasta la edición del mapa, por medio de los programas de computación: SPRING y Erdas, ArcView, ArcGis. También se presenta la metodología utilizada en campo, en donde se midieron factores biofísicos: suelo (erosión y pH), agua (pH) y vegetación, esto permite conocer el grado de degradación del Rancho.

En el séptimo capítulo se presentan los resultados obtenidos en la tesis. Incluye la zonificación que se obtuvo desde campo y gabinete, el diagnóstico ambiental, diagnóstico legal, cartografía, plan de manejo obtenido en el rancho y análisis estadístico de la vegetación, suelo y agua del rancho.

En el octavo capítulo se mencionó las conclusiones del trabajo, que permite culminar el trabajo y dar las últimas observaciones en el mejoramiento del rancho.

En el noveno capítulo, la discusión de la tesis, donde se hace referencia de las recomendaciones para el manejo del rancho y de los instrumentos que en el trabajo se menciona.

ANTECEDENTES

La degradación ambiental se puede conceptualizar en diferentes términos, la más común es la del suelo, que a la vez repercutirá a los demás componentes del ecosistema, inducido directa o indirectamente sobre el hombre (Gandia, 1993), por ello es importante tener en consideración este tema, ya que la vegetación puede ser la base para la recuperación de los ecosistemas, debido a que evita la pérdida de los componentes de suelo, y a su vez puede sustentar más vida.

En La Conferencia Mundial sobre desertificación, que se define como “la disminución, deterioro o destrucción del potencial biológico del suelo, que en sus últimas instancias puede conducir a condiciones de desierto” (Gandia, 1993). Constituye un aspecto del deterioro generalizado de los ecosistemas y ha reducido o liquidado el potencial biológico, es decir, de la producción vegetal y animal con múltiples fines que es incrementado por actividades humanas (Velasco, 1991). En este concepto se incluye tanto los procesos naturales como los inducidos por el hombre (económicos y sociales), que alteran o destruyen el equilibrio de los ecosistemas sujetos a condiciones de aridez edáfica y climática (Gandia, 1993).

La pérdida de producto del suelo afecta directamente a la población más pobre y desprotegida, por lo que la población termina por emigrar a zonas con mayor potencial económico y dejan sus tierras abandonadas en proceso de desertificación (SEMARNAT, 2006).

La degradación del suelo y de los ecosistemas, por lo general no se produce espontáneamente y de modo repentino. Registra una serie de fases de modo que se pasa de estado de equilibrio natural o clímax estable, con los sistemas vitales plenamente productivos, a unos estados cada vez más deteriorados y degradados para terminar en un cambio irreversible o de desertificación (Gandia, 1993). Por ejemplo: al desmontar cualquier terreno inclinado sin trazar y construir casi simultáneamente algún tipo de bordeo antierosivo se da el primer proceso de desertificación (Velasco, 1991).

Los factores que alteran las condiciones naturales del medio y aceleran la desertificación se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos (Cuadro 1)

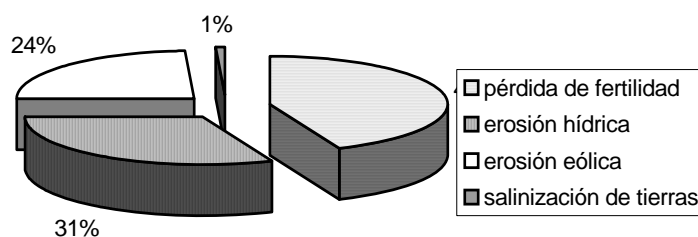
Cuadro 1 Factores físicos, químicos y biológicos

Físicos	Químicos	Biológicos
Adversas condiciones climáticas	Lixiviación	Inherente fragilidad ecológica de los sistemas
Geomorfológico	Salinización Reducción de fertilidad	Disminución de biomasa Reducción en el contenido en materia orgánica
	Toxificación del suelo por productos fitosanitarios, fertilizantes y metales pesados	Reducción de la población, actividad y diversidad de flora y fauna Alteraciones en los procesos biológicos favorables a la edafización Degradación biológica por mineralización del humus
		Pérdida de productividad biológica

Cuadro 1: Factores que intervienen en la desertificación, como son los factores físicos, químicos y biológicos. Elaborado por Gandía, 1993.

El principal proceso de degradación del suelo en los desiertos en México es de tipo químico en porcentaje se representa en la siguiente gráfica (Gráfica 1):

Gráfica 1: Degradación química



Gráfica 1: Degradación Química del Suelo (SEMARNAT, 2006)
modificado por Anabell Pérez Flores

El más representativo es la pérdida de fertilidad, lo cual podría ser explicado por el abandono de las tierras y por la actuación de los factores naturales degradadores del suelo (Cuadro 1), que son acelerados por la acción del ser humano y por el cambio climático.

La intervención del hombre provoca que estos cambios sean rápidos e irreversibles, por lo que desencadenan la desertificación del sustrato del suelo entre los que se pueden mencionar (Cuadro 2)

Actividades agrarias	Factores poblacionales y socio- económicos
Deforestación	Incremento y presión demográfica excesiva sobre los recursos naturales
Recurrencia extensiva e intensiva de incendios	Presión socio-política que induce a poblaciones rurales a orientar sus cultivos y producciones hacia los mercados nacionales e internacionales
Roturación de tierras poco aptas para el cultivo	Políticas de desarrollo nacional o regional, especialmente programas de expansión de cultivos a tierras marginales que exacerban los conflictos por el uso de un recurso escaso
Pastoreo excesivo	Actividad industrial que no respeta el medio ambiente
Prácticas agrícola inadecuadas (monocultivo, labrado en máxima pendiente, fertilizantes químicos, pesticidas)	Ocupación de los suelos de mayor calidad por uso urbano, industrial y viario
Uso extensivo de mantos acuíferos	Gestión ambiental incompatible con el mantenimiento sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación.

Cuadro 2: Factores desencadenantes de la desertificación, por la acción humana que acelera los procesos naturales, como son las actividades económicas y la población. Elaborado por Gandia, 1993

Por ello se debe diseñar planes de actuación, donde se debe planificar el territorio, que implica todas las acciones llevadas a cabo para anticipar prever y tomar decisiones; dicho de otra forma planificar es *el conjunto de acciones que se toman para crear el futuro y no improvisar en el momento, bajo el condicionamiento de las circunstancias* (Anaya, 1992), para ello es necesario matizar mucho más categorías o grados de riesgo y confeccionar cartografías a escalas mucho más detalladas que sean útiles por ejemplo para los Planes de Ordenación del Territorio y aprovechamiento óptimo de los recursos (Gandia, 1993).

Por lo tanto Anaya, en 1992 dice que un proyecto de Áreas Naturales Protegidas deben de cumplir con los siguientes aspectos:

- a) Prospectiva: que considera las situaciones deseadas posibles.
- b) Indicativa: que proponga o sugiera.
- c) Estructurada como el plan maestro integral con programas proyectos y acciones.
- d) Con propósitos estratégicos que conduzcan a crear, con un largo plazo.
- e) Que sea adaptable, innovadora y creativa.

También propone que la planificación de los recursos naturales debe considerar la existencia de un sistema nacional y un sistema económico; sus objetivos son;

1. De conservación ecológica
2. De desarrollo socioeconómico
3. Que compatibilicen el desarrollo socioeconómico sostenible, con la conservación de la naturaleza.

En donde la investigación deberá promover una estrategia del desarrollo basada en la creación de modelos de aprovechamiento integral y sostenible de los recursos naturales a partir del potencial ecológico, cultural y tecnológico de la comunidad (Anaya, 1992)

También promueve, una base integral del manejo de los recursos naturales del lugar, con el fin de elaborar un pronóstico y un diagnóstico del potencial ecológico en el que se encuentra, así como la solución viable y el aprovechamiento que tenga el rancho. Por ello este trabajo respondería a las preguntas: *¿Dónde están los recursos que se localizan en el lugar?, ¿Cómo están? y ¿Qué estrategias se podrían llevar a cabo?*

Para esta planificación y análisis del sistema consiste en establecer una serie de pasos en el cual involucra varios estudios actuales y los futuros que se hagan en el lugar. Estos se pueden dividir en pasos sucesivos que correspondan a las diferentes etapas o fases que se han o van a abordarse y son (Anaya, 1992):

- Diagnóstico: fundamentalmente de análisis y para abordarla se formula una pregunta objetivo *¿Qué determinará el grado de alcance y tipo de necesidades a planificar?*
- Planificación preliminar (primer nivel): Se diseñan lineamientos y estrategias generales con base en el concepto de “salidas o estados deseables”. La pregunta objetivo es *¿Cuál es la categoría de protección más acorde con sus múltiples características, bióticas, abióticas, legales, económicas y culturales?*
- Programa y manejo integral: se retroalimenta la información y los planteamientos formuladas en las dos primeras fases. La pregunta objetivo es *¿Cuáles son las asociaciones más importantes de geoformas, topoformas, vegetación y fauna?*
- Dirección, control y evaluación: se propone el control, diseño y síntesis de los programas de manejo de recursos; uso público y administración, tomando como base las trayectorias, estados y salidas deseadas del sistema bajo el manejo. La pregunta objetivo es *¿Cuáles son los factores limitantes, determinantes o condicionantes del plan de manejo integral?*

Esto se resume en las siguientes necesidades que se requieren en el lugar: *banco cartográfico básico, banco de información ambiental, banco de datos para la planificación, plan preliminar de manejo global, plan preliminar de manejo por áreas clave (zonificación)* (Anaya, 1992).

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen actualmente la estrategia de política ambiental más consolidada en México, para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ambientales, son zonas de usos múltiples, dentro de las cuales la magnitud y la forma en la que se desarrollan las actividades económicas son limitadas por los umbrales, que impone el uso sustentable de los recursos naturales y no precisamente para satisfacer las necesidades impuestas por un desarrollo no sustentable y con visión a corto plazo. Estas fortalecen y consolidan la economía nacional (Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales y Municipales, INE-SEMARNAT).

Por ejemplo en el estado de Sonora cuenta con cuatro Áreas Naturales Protegidas a nivel Federal, siendo 1, 201,830 ha, por lo que corresponde 6.65% en terrestres federales; a nivel estatal son tres Áreas Naturales Protegidas, que son 96, 275ha o sea 0.53% a nivel estatal y ninguna municipal.

En cuanto a la percepción remota en los estudios de degradación del medio ambiente (Warren 1977), que establece cuatro criterios: como son las magnitudes, claridad, relevancia y especificidad ambiental, que llegaran a ser representativas, unívocas y con variabilidad espacio- temporal definida (Gandia, 1993).

La teledetección y los SIG son técnicas que permiten gestionar la información georreferenciada, facilitando el análisis espacial de los datos, así como variables críticas para un entendimiento más completo del medio ambiente, como son la temperatura de la superficie, la radiación interceptada por la radiación, el contenido de clorofila o de agua en las hojas, o en el índice de área foliar (Chuvieco, 2002).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La organización no gubernamental “*Cuenca los ojos*” presidida por la Señora Valer Austin y de varios colaboradores de distintas universidades de Estados Unidos, me permitieron efectuar un estudio, para la conservación y restauración del Rancho San Bernardino en el municipio de Agua Prieta, del estado de Sonora.

El Rancho San Bernardino pertenece al desierto Chihuahuense, el cual contiene una gran cantidad de especies de flora y fauna endémica, que ha sido modificada por las actividades humanas. Este espacio geográfico antiguamente era un rancho ganadero, por lo que sus aptitudes naturales fueron disminuidas y actualmente buscan restaurarlo para conseguir convertirlo en Área Natural Protegida, con ello se propuso efectuar un diagnóstico ambiental, que permita conocer las condiciones de deterioro que tiene el lugar, desde el punto de vista espacial, por lo que se elaborará una zonificación ambiental, un mapa de uso de suelo y de vegetación.

Uno de los puntos importantes a tratar, es la condición de las ciénegas que se han ido secando desde tiempos remotos, por la deforestación y pastoreo que ocurrió durante la presencia del ganado, por lo que el suelo está perdiendo sus aptitudes y la erosión esta provocando un cambio en la morfología del lugar. La cartografía que se construirá, por medio de imágenes de satélite, nos permitirá incluir medidas necesarias para solucionar estos problemas.

Además el trabajo de campo, nos permitió tener una ventana al tiempo real y a los problemas que atañen al rancho, que no son observables en las imágenes de satélite, como es la contaminación efectuada por los emigrantes y de la carretera que atraviesa el rancho, así como el ganado que ingresa de las granjas y ejidos vecinos a este, por lo que aún existe pastoreo y alteraciones en el espacio.

Otro punto, es dar las figuras legales, que pueda tener el rancho, de acuerdo a la tenencia de la tierra, los propietarios y a las aptitudes ambientales ya evaluadas en el estudio, con el fin de otorgar todos los procedimientos que requiera en la restauración, para llevar a cabo el Área Natural Protegida.

OBJETIVOS

a) OBJETIVO GENERAL

- ❖ Elaborar la zonificación ambiental del Rancho San Bernardino Agua Prieta Sonora, por medio de las imágenes de satélite, para contribuir a su conservación y aprovechamiento sustentable

b) OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Generar una línea base del uso de suelo actual en cuanto al inventario de factores determinantes para el establecimiento del ANP y de Reserva Naturales Privadas, así como su calidad y posibilidad de restauración.
- ❖ Proponer la figura legal mas propicia para proteger la zona de estudio.
- ❖ Generar una propuesta de Zonificación Ambiental, en cuanto a las políticas viables y acciones que permitan el manejo integral de la zona.

c) HIPÓTESIS:

Si se construye la cartográfica, por medio de la percepción remota donde se identifiquen los distintos usos de suelo, tipos de vegetación y zonas degradadas como una evaluación del medio geográfico y se elabora un marco legal, permitirá justificar el establecimiento de un instrumento de conservación para la restauración, conservación, aprovechamiento y preservación del rancho.

1. POLÍTICAS DEL USO DEL TERRITORIO

La zonificación es el instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de un Área Natural Protegida, que permite ordenar el territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad con los objetos dispuestos en la misma declaratoria. Así mismo existirá una subzonificación, la cual consiste en el instrumento técnico y dinámico de planeación, que se establecerá en el programa de manejo respectivo y que es utilizado en el manejo de el Área Natural Protegida (LGEEPA, 2008).

1.1 Protección

Es el conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro (LGEEPA, 2008). Esta política ambiental promueve la permanencia de los ecosistemas nativos que de acuerdo de su extensión, particularidades y atributos de la biodiversidad, que merezca ser incluida en el sistema de áreas naturales protegidas de nivel federal, estatal o local (González, 2008).

1.2 Conservación

La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo (LGEEPA, 2008). El principal objetivo de esta política es de implantar el manejo de herramientas, que permiten el servicio de sistemas naturales a través de la preservación de los valores del paisaje: *diversidad ecológica, estabilidad ecológica, integridad del suelo, características hidrológicas y belleza escénica*. La política de la conservación implica asumir la función estructural de el paisaje que tiene prioridad sobre la función económica y la producción (González, 2008).

1.3 Restauración

En cuanto a las zonas de Restauración menciona en el Capítulo II, Sección IV, artículo 78 y 78 BIS y 78 BIS-1 lo define como *aquellas áreas que presenten procesos de degradación, o graves desequilibrios ecológicos, donde se lleven a cabo las acciones necesarias para la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales en el que ella se desarrollaban, incluyendo casos donde se producen procesos acelerados de desertificación o degradación* (LGEEPA, 2008).

El Instituto Nacional de Ecología, propuso el siguiente el objetivo para este tema, como la búsqueda de la recuperación de la estructura, funcionalidad y autosuficiencia semejantes a las presentadas previamente en un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Márquez, 2005). La restauración se clasifica en pasiva, es cuando se deja a que el ecosistema se recupere por si mismo (Barraza, nd) y activa, que se aplica a los sitios que han sido perturbados tan seriamente por el hombre que se requiere las acciones del hombre, mediante técnicas ecológicas y de ingeniería para regresar al sitio de alguna situación preexistente (Secretaría de Economía, 2003), lo cual puede requerir la reconstrucción del suelo y la colocación de las especies originales (nativas) del sitio, que depende de un trabajo teórico relacionado con el conocimiento de las características y funciones que realiza la unidad en cuestión y un aspecto práctico responsable de la recuperación de las características. Los niveles de la restauración son:

- *Restauración:* busca recuperar la estructura, funcionalidad y autosuficiencia semejante a las presentadas originalmente en un ecosistema que ha sido degradado, requiere reconstruir el suelo y colocar a las especies originarias del sitio.
- *Rehabilitación:* se trata de una estrategia encaminada a la recuperación parcial del ecosistema, que busca el restablecimiento de alguno de los elementos funcionales o estructurales del sitio, así como la inclusión de

algunos mejoramientos visuales, como la replantación para prevenir la erosión, pero sin llegar a los atributos originales.

- *Saneamiento o reclamación*: se aplica en sitios severamente degradados por actividades agresivas como las minas a cielo abierto, a las cuales se pretende dar un uso diferente al original que causó el daño.
- *Remplazamiento de la vegetación*: es el proceso que induce la formación de un ecosistema diferente a la original, aunque pueda encontrarse fuera de su ámbito histórico de distribución y en condiciones distintas a las presentadas en forma natural, puede implicar el reforzamiento de algunos procesos como:
 - *Sucesión vegetal*
 - *Productividad*
 - *Ecología del suelo*
 - *Incorporación de nutrientes etc.*

Donde se busca permitir que el sistema regrese, por si solo a su estado original utilizando especies nativas para el recubrimiento (Márquez, 2005).

Como política del territorio, esta dirigida a las zonas que como resultado de las actividades productivas y el aprovechamiento irracional de los recursos naturales, que han sufrido cambios estructurales o funcionales en los ecosistemas, por lo que es necesario la aplicación de medidas para restituirles su valor ecológico e incorporarlas a la producción.

La restauración ecológica expande su cambio de acción a la conservación ecológica, porque ya no queda restringida a las áreas protegidas o ecosistemas remotos, y si no protegen los hábitat remanentes (Primack, et al, 1998).

El primer paso crítico es la identificación y posterior supresión atenuación de los factores responsables de la degradación ambiental. El segundo paso es el

restablecimiento de las condiciones edáficas, hidrológicas y microclimáticas con reintroducción de biota. Las cinco fases para programas de restauración son:

1. Identificar y tratar las causas y procesos de la degradación del ecosistema.
2. Definir en forma realista los objetivos y sus formas de evaluación.
3. Desarrollar metodologías para implementar tales objetivos.
4. Incorporar las metodologías desarrolladas en las prácticas de manejo ecosistémico.
5. Evaluar el grado de éxito y monitorear el curso de la restauración (Primack, 1998).

1.4 Aprovechamiento

Es la utilización de los recursos naturales en forma en que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos (Primack, 2008).

Esta es aplicada de acuerdo con el uso potencial y actual de las áreas, donde reorganiza lo necesario a modificar o incluso la pérdida de un servicio ambiental, pero con el compromiso de la estabilidad medioambiental del área (Daniel, 2008). En zonas áridas deberán observarse los criterios que para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se establecen (LGEEPA, 2008). También existe:

Las zonas de aprovechamiento o de restauración, pueden ser zonas con un uso de suelo distinto, ya que han sido habitadas, cambiando por completo el espacio geográfico o son zonas que por un agente perturbador anterior han quedado desprovistas de vegetación, por lo que requieren un plan de restauración emergente para lograr que no se siga degradando hasta su desertificación.

Sin embargo, esto es a escala del mapa, pero el rancho tiene casos muy particulares que requieren una administración especial, por lo que se ha elaborado un plan de manejo para dar ideas que puedan ayudar a su restauración, así como cada capítulo de la tesis, que permite conocer las características y necesidades que se tenga naturalmente en cada lugar del rancho que fue visitado y analizado.

2. FIGURAS LEGALES DE PROTECCIÓN ESPACIAL

La degradación de tierras afecta alrededor del 61% de las tierras de México, afectando tanto a zonas húmedas como secas. Las principales fuentes de degradación son la erosión eólica e hídrica, pero existen problemas adicionales como agotamiento y degradación de los acuíferos, deforestación, compactación del suelo y una concentración de la salinidad de suelo en particular en zonas irrigadas entre otras. Las causas subyacentes de la degradación incluye una reglamentación a todos los niveles, capacidad de planeación, la falta de herramientas, la toma de decisiones y supervisión, falta de apreciación de los procesos de degradación de tierras entre tomadores de decisiones, falta de coordinación institucional, intersectorial etc (Hernández, 2008).

Las reservas naturales son el 10% del país, se han convertido en una respuesta a la mentalidad industrialista, ya que hace de la naturaleza, un uso especializado de la tierra por derecho propio. La conservación de fragmentos de los ecosistemas nativos o seminaturales dentro de las reservas está destinada a especies en peligro de extinción, siendo la meta principal de los esfuerzos de la conservación de la naturaleza en todo el mundo; sin embargo, el propósito no es tener una serie de zonas ecológicas, debido a que se convertiría en islas biogeográficas, y las especies tenderían a desaparecer, ya que su ecosistema se vuelve frágil ante un evento catastrófico por ejemplo un incendio, huracán o calentamiento global, por ello actualmente se habla de corredores biológicos (Challenger, 1998). En el 2009, cuenta con 171 áreas naturales de carácter federal, que se clasifican:

Reserva de la Biosfera	39
Parques Nacionales	68
Monumentos Naturales	4
Áreas de Protección de Recursos Naturales	7
Áreas de Protección de Flora y Fauna	34
Santuarios	18
Otras Categorías	1

El uso del suelo y de los recursos naturales dentro del ecosistema árido, debe de integrarse dentro de un esquema nacional estatal y local de planeación para asegurar que un máximo de especies y genes, se mantengan y puedan usarse a tiempo en diversos programas (Anaya, 1992) y no subestimarse las decisiones tomadas en la protección de este tipo de áreas, ya pueden ser benignas o perjudiciales, así como leyes e instituciones que permitan lograr la declaratoria como zona protegida.

2.1 Nivel Federal:

En este nivel, está encargado de diseñar una política nacional de Áreas Naturales Protegidas de planeación y operación correspondiente a cada uno de las categorías de manejo y responsable directo de la administración de todas aquellas áreas consideradas de importancia nacional, por su valor representativo biogeográfico, de diversidad genética y mantenimiento de procesos esenciales o vitales.(Anaya, 1992).

Por ello es de considerable importancia revisar las siguientes legislaciones para la creación de una Área Natural Protegida, las más importantes son:

- a. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:
- b. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- c. Ley General de Vida Silvestre

Su objeto es establecer la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, relativa a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en el territorio de la República Mexicana y en las zonas en donde la Nación ejerce su jurisdicción (Ley General de Vida Silvestre, 2008)

d. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable

De esta ley, sus disposiciones son de orden e interés público y de observancia general en todo el territorio nacional, tiene por objeto regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, cultivo, manejo, aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos (Ley General de Desarrollo Sustentable, 2008).

e. Ley de Aguas Nacionales:

De esta ley sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (Ley de Aguas Nacionales, 2008).

Para aspectos específicos para el manejo del rancho son importantes las siguientes leyes y sus reglamentos:

f. Ley orgánica de la administración Pública Federal

g. Ley de Bienes Nacionales

h. Ley Agraria

i. Ley Minera

j. Ley de Planeación

k. Ley General de Asentamientos Humanos

l. Ley Federal de Turismo

m. Ley Federal de Sanidad Animal

n. Ley Federal de Derechos

o. Así como leyes y reglamentos de Instituciones políticas a nivel internacional que están comprometidas con las áreas naturales protegidas

p. Plan Nacional de Desarrollo

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

En primer lugar la Constitución Política en su artículo 27 menciona que la nación tendrá el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población urbana y rural. En consecuencia, se dictará las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de la población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2009).

También le corresponde al dominio directo de la Nación todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los terrenos (Primack, 2005). Por ello, todo proceso de restauración, de extracción genética y de especies, debe de estar enterada el poder legislativo, si no es así, se puede llegar a una denuncia de tipo penal en las instancias que correspondan.

El uso o el aprovechamiento de los recursos naturales, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrán realizarse si no mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo Federal de acuerdo a las reglas y condiciones que establezca las leyes. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes la prevean.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos manifiesta para que exista la capacidad para adquirir el dominio de las tierras y aguas de la Nación, se regirá por las siguientes prescripciones:

- I. Solos los mexicanos por nacimiento o por naturalización y las sociedades mexicanas tienen derecho para adquirir el dominio de tierras, aguas y sus concesiones de explotación de minas o aguas. El Estado podrá conceder el mismo derecho a extranjeros, siempre que convengan ante la Secretaria de Relaciones en considerarse como nacionales respecto a los bienes y en no invocar, por lo mismo, la protección de los gobiernos por lo que se refiere a aquéllos; bajo la pena, en caso de faltar al convenio, de perder la Nación, los bienes que hubieran adquirido en virtud de lo mismo. En una faja de cien kilómetros a lo largo de las fronteras y de cincuenta en las playas, por ningún motivo los extranjeros podrán adquirir el dominio directo sobre tierras y aguas.
- II. Las instituciones de beneficencia, pública o privada, que tengan por objeto el auxilio de los necesitados, la investigación científica la difusión de la enseñanza, la ayuda recíproca de los asociados o cualquier otro objeto lícito, no podrán adquirir más bienes raíces que los indispensables para su objeto, inmediatamente o directamente destinados a él, con sujeción a la ley reglamentaria
- III. Los Estados y el Distrito Federal, lo mismo que los municipios de toda la república tendrán plena capacidad para adquirir y poseer todos los bienes raíces necesarios para los servicios públicos. Por ello es importante analizar el Plan de Desarrollo Estatal y Municipal, con el fin de conocer los usos y destinos de los territorios.

En la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos menciona en su artículo 115 fracción V inciso b y g que el municipio tiene la facultad de participar en la creación y administración de reservas territoriales, así como en la elaboración

y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia (Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, 2009). Así como, participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios.

También menciona que las leyes de la Federación y de los estados en sus respectivas jurisdicciones, determinarán los casos en que sea de utilidad pública o privada, y de acuerdo con dichas leyes la autoridad administrativa hará la declaración correspondiente. El precio se fijará como indemnización a la cosa expropiada, se basará en la cantidad que como valor fiscal de ella figuren las oficinas catastrales o recaudadoras, ya sea que este valor haya sido manifestado por el propietario o simplemente aceptado por él de modo tácito por haber pagado sus contribuciones con esta base. (Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, 2005). En cuanto a la Federación y los Estados en el artículo 122, en la base primera, inciso J estos podrán legislar en materia de planeación del desarrollo; en desarrollo urbano, particularmente en uso del suelo, preservación del medio ambiente y protección ecológica. En la base quinta, inciso G los Estados y el Distrito Federal podrán suscribir convenios para la creación de comisiones metropolitanas en las que concurren y participan con apego a sus leyes, en cuanto en materia de asentamientos humanos, protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico, transporte, agua potable.

En cuanto a las actividades económicas, el artículo 25, párrafo sexto sujeta a los sectores públicos y privados a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

En el artículo 26, faculta al poder Ejecutivo establecer los procedimientos de la participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación democrática, y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo

En el artículo 73 fracción vigésima novena, inciso G menciona que el Congreso de la Unión puede expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de la preservación y restauración ecológica.

Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

En cuanto al ordenamiento ecológico, el establecimiento, protección y preservación de áreas naturales, la formulación y ejecución de acciones de las mismas, así como el aprovechamiento de material genético en su artículo 2 lo considera de utilidad pública.

En su artículo 4 La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias previstas en esta Ley y en otros ordenamientos legales.

En cuanto al Estado en el artículo 7 menciona podrá formular, conducir y evaluar la política ambiental estatal (LGEEPA, 2008). Por ello es importante conocer las leyes que rigen en el Estado, ya que un órgano libre y soberano, sin sobrepasar las leyes federales.

También en la fracción V tiene la facultad de establecer, regular, administrar y vigilar de las áreas naturales previstas en la legislación local, con la participación de los gobiernos municipales. Todo esto también se menciona en el artículo 8 de la ley,

pero respecto al municipio, así como el control y vigilancia del uso y cambio de uso de suelo.

En cuanto a las declaratorias de las reservas naturales en la sección III artículo 57, 58, 60 y 61 seguirá por una serie de pasos donde primero será expedida por el titular del Ejecutivo Federal conforme a ésta y a las demás leyes aplicables. Posteriormente se deberán realizar los estudios que lo justifiquen. Así mismo, la Secretaria deberán solicitar la opinión de:

- I. Los gobiernos locales en cuyas circunscripciones territoriales se localice el área natural
- II. La dependencia de la Administración Pública Federal que deban intervenir, de conformidad con sus atribuciones;
- III. Las organizaciones sociales públicas o privadas, pueblos indígenas y demás personas físicas o morales, y
- IV. Las universidades, centros de investigación, instituciones y organismos de los sectores público, social y privado interesados en el establecimiento, administración y vigilancia de áreas naturales protegidas.

Las declaratorias para el establecimiento de áreas naturales protegidas deberán contener:

- I La delimitación precisa del área, señalando superficie, ubicación, deslinde y en su caso, la zonificación correspondiente.
- II Las modalidades a que será sujetas dentro del área, el uso o aprovechamiento de los recursos naturales en general o específicamente de aquellos sujetos a protección.
- III La descripción de actividades que podrán llevarse a cabo en el área correspondiente, y las modalidades y limitaciones a que se sujetará.
- IV Las causa de utilidad pública que en su caso fundamentalmente la expropiación de terrenos, para que la nación adquiriera su dominio,

cuando al establecerse un área natural protegida se requiera dicha resolución; en estos casos, deberán observarse las previsiones de las Leyes de expropiación, Agraria y de los demás ordenamientos aplicables.

- V Los lineamientos generales para la administración, el establecimiento de órganos colegiados representativos, la creación de fondos o fideicomisos y un programa de manejo del área.
- VI Los lineamientos para la realización de las acciones de preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales dentro de las áreas naturales protegidas, para su administración y vigilancia, así como la elaboración de las reglas administrativas a que se sujetarán las actividades dentro del área respectiva, conforme a lo dispuesto en esta y otras leyes aplicables.

Posteriormente las declaratorias deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación y se notificarán previamente a los propietarios o poseedores de los predios afectados, en forma personal cuando se conocieren sus domicilios; en caso contrario se hará una segunda publicación, la que surtirá efectos de notificación. Las declaratorias se inscribirán en él o los registros públicos de la propiedad que correspondan.

En su artículo 63 de esta misma ley, menciona que las áreas naturales protegidas establecidas por el Ejecutivo Federal podrán comprender, de manera parcial o total, predios sujetos a cualquier régimen de propiedad.

En el artículo 66 menciona como deberá estar estructurado el programa de manejo de áreas naturales protegidas, en el cual menciona:

- I La descripción de las características físicas, biológicas, sociales y culturales del área natural protegida en el contexto nacional, regional y local,

así como el análisis de la situación que guarda la tenencia de la tierra en la superficie respectiva,

II Las acciones a realizar a corto, mediano y largo plazo, estableciendo su vinculación con el Plan de Desarrollo, así como los programas sectoriales correspondientes. Dichas acciones comprenderán lo siguiente: de investigación y educación ambiental, de protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la flora y fauna, para el desarrollo de actividades productivas, de financiamiento para la administración del área, de prevención y control de contingencias, de vigilancia y las demás características propias del área natural protegida.

III La forma en que se organizará la administración del área y los mecanismos de participación de los individuos y comunidades asentadas en la misma, así como de todas aquellas personas, instituciones, grupos y organizaciones sociales interesadas en su protección y aprovechamiento sustentable.

IV Los objetivos específicos del área natural protegida.

V La referencia a las normas oficiales mexicanas aplicables a todas y cada una de las actividades sujetas al área.

VI Los inventarios biológicos existentes y los que se prevea realizar.

VII Las reglas de carácter administrativo a que se sujetarán las actividades que se desarrollen en el área natural protegida de que se trate.

La Secretaría deberá publicar en el Diario Oficial de la Federación, un resumen del programa de manejo respectivo y el plano de localización del área (LGEEPA, 2008)

Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas 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 y las acciones dentro de ellas, se incluyen en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento, por medio de regímenes de protección, conservación, restauración y desarrollo (CONANP, 2008)

Cuadro 3: Categorías de las áreas naturales protegidas y sus características

Categorías	Descripción	Acciones	Prohibiciones
Reservas de la Biosfera	<p>Son áreas biogeográficas a nivel nacional representativas de unos o más ecosistemas no alterados por la acción del ser humano o que requieran a ser preservados y restaurados, en los cuales habiten especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. El principal objetivo de las Reservas de la Biosfera es la zonificación que es el instrumento técnico de planeación que puede ser utilizado en el establecimiento de la áreas naturales protegidas, que permite ordenar su territorio en función del grado de conservación y representatividad de sus ecosistemas, la vocación natural del terreno, de su uso actual y potencial, de conformidad (LGEEPA, 2008).</p> <p>Se dividen principalmente:</p> <p>a) Núcleo: Su objetivo es la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazo, en donde se podrán autorizar las actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación y colecta científica, educación ambiental, y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Se subdividen en subzonas de Uso restringido y de protección</p> <p>b) Amortiguamiento Su objetivo principal es orientar a las actividades de aprovechamiento, que ahí se lleven a cabo, se conduzcan hacia el desarrollo sustentable, creando al mismo tiempo las condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas a largo plazo. Se subdividen: de preservación, de</p>	<p>Se podrán determinar superficie o superficies mejor conservadas, o no alteradas, que alojen ecosistemas o fenómenos naturales de especial importancia, flora o fauna que requieran protección especial y que sean conceptuadas como zona o zonas núcleo. En ellas podrá efectuarse actividades de preservación de los ecosistemas, investigación científica y educación ambiental, se restringe o limita los aprovechamientos que alteren los ecosistemas. Se podrá determinar la superficie o superficies que protejan a la zona núcleo del impacto exterior (zonas de amortiguamiento), en donde se podrán efectuar actividades productivas que en la comunidad se practiquen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verter o descargar contaminantes en el subsuelo o en cauces, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante • Interrumpir, rellenar, desecar o desviar los flujos hidráulicos • Realizar actividades cinéticas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora o fauna silvestre y extracción de tierra de monte y su cubierta vegetal. • Introducir ejemplares o poblaciones exóticas de la vida silvestre, así como organismos genéticamente modificados. • Ejecutar acciones que contravengan lo dispuesto por esta Ley, la declaratoria respectiva y las demás disposiciones

	<p>uso tradicional, de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, ecosistemas o especial, uso público, de asentamientos humanos de recuperación.(LGEEPA, 2008)</p> <p>c) Transición: zona de desarrollo sustentable e investigación experimental.</p> <p>Este tipo de figura legal se aplica en lugares de dimensiones amplias y cada zona tiene que ser concéntrica</p>		
Parques Nacionales	<p>Son representaciones biogeográficas, a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, recreo, su valor histórico, por la existencia de flora o fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo.</p>	<p>Solo actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de la flora o fauna y en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológicos.</p>	
Monumentos naturales	<p>Áreas que contengan uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva a incorporar a régimen de protección absoluta</p>	<p>No tiene la variedad de ecosistema, ni la superficie necesaria para ser incluidos en otra área de manejo.</p> <p>Solamente actividades relacionada con su preservación, investigación científica, recreación y educación</p>	
Áreas de Protección de Recursos Naturales	<p>Son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos localizados en zonas forestales, las zonas de protección de ríos, lagos, lagunas, manantiales y demás cuerpos considerados aguas nacionales, particularmente que se destinen al abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones.</p>	<p>Solamente actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológica</p>	
Áreas de Protección de Flora y Fauna	<p>Se constituirán conforme con las disposiciones de esta Ley, de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley de Pesca y demás aplicables en donde son lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen de la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres.</p>	<p>Solamente actividades de preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión de la materia.</p> <p>Podrá autorizarse el aprovechamiento de los recursos naturales a las comunidades que ahí habiten en el momento de la expedición de la declaratoria respectiva, o que resulte posible según los estudios que se realicen, el que deberá sujetarse a las normas mexicana y usos del suelo que al efecto se establezcan en la propia declaratoria.</p>	
Santuarios	<p>Son aquellas áreas que se establecen en</p>	<p>Se permitirán actividades de investigación,</p>	

	zonas caracterizadas por su riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas, u otras unidades topográficas que requieran ser conservadas o protegidas.	recreación y educación ambiental, compatibles con la naturaleza y características del área.	
Área destinadas voluntariamente a la conservación	Son aquellas que pueden presentar cualquiera de las características y elementos biológicos de cualquiera de las anteriores características, proveer servicios ambientales o por su ubicación favorezcan a dar una declaratoria	Dichos predios se consideran como áreas productivas dedicadas a una función de interés público	
Parques y reservas estatales	Las autoridades de los Estados y del Distrito Federal podrán promover ante el Gobierno Federal el reconocimiento de las áreas naturales protegidas que conforme a su legislación establezcan, con el propósito de compatibilizar los regímenes de protección correspondiente.		
Elaborado por Anabell Pérez Flores			

2.2 Nivel Estatal:

Está encargado de la administración de aquellas áreas definitivas como de importancia regional en término de los mismos valores (Anaya, 1992), por ello se debe de considerar los trámites pertinentes para poder aprovechar los recursos que se encuentran en el Estado de Sonora, en donde quedaría vinculados las legislación nacional, estatal e internacional, para favorecer a la administración y apoyo político del lugar.

En cuanto a la Legislación Ambiental del estado de Sonora (Legislación Ambiental de Sonora, 2008) este tiene la facultad de:

ARTICULO 1.— Las disposiciones de la presente Ley son de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria en el territorio del Estado y tienen por objeto establecer las bases para:

- I. El ejercicio de competencia del Estado y los municipios en materias de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;
- II. La definición de los principios de la política ecológica local y la regulación de los instrumentos para su aplicación;
- IV. La preservación, la conservación y la restauración del equilibrio ecológico y el mejoramiento del ambiente en el territorio del Estado.
- V. La protección de las áreas naturales de jurisdicción local y el aprovechamiento racional de sus elementos naturales, de manera que sea compatible la obtención de beneficios económicos y sociales con el equilibrio de los ecosistemas;
- VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo, y
- VII. La coordinación entre las diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal y Municipal y con la Federación, así como para la participación corresponsable de la sociedad, en las materias que regula este ordenamiento.

ARTICULO 2o.— Se considera de utilidad pública:

- II. El establecimiento de parques urbanos, de zonas sujetas a conservación ecológica y de otras zonas prioritarias de preservación y restauración del equilibrio ecológico en el Estado;
- III. El establecimiento de museos, zonas de demostración, zoológicos, jardines botánicos y otras instalaciones o exhibiciones similares relacionados con el objeto de esta Ley.

En la Ley de Bienes y Concesiones del Estado de Sonora (2008), al ejecutivo le corresponde vigilar y administrar los bienes inmuebles del dominio del Estado, son bienes del dominio público los vasos de los lagos y lagunas y los cauces y las riberas de las corrientes, cuando sus aguas son de propiedad estatal. Las concesiones sobre inmuebles podrán ser revocadas al dañar ecosistemas como consecuencia del uso, aprovechamiento o explotación.

En la ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora (2006) promueve el ordenamiento Forestal, en el cual es un instrumento donde se identifican, agrupan y ordenan los terrenos forestales y preferentemente forestales dentro de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidroforestales por funciones y subfunciones biológicas, ambientales, socioeconómicas, recreativas, protectoras y restauradoras con fines de manejo y con el objeto de propiciar una administración y contribuye al desarrollo forestal sustentable.

El Programa Regional de Ordenamiento Territorial son acciones de las zonas naturales de valor ecológico y paisajístico, así como la protección de acuíferos y las cuales comprenderán medidas para la conservación de los recursos naturales, culturales y la protección ambiental de los municipios y sus centros de población.

La ley de Turismo del Estado de Sonora (2006) impulsa los mecanismos y las acciones que induzcan a la creación, conservación, mejoramiento,

protección, promoción y aprovechamiento de los recursos y atractivos turísticos del Estado, sobre todo en los municipios y regiones con vocación turística, preservando el equilibrio ecológico. La Cofetur evaluará los lugares que permita el desarrollo del turismo alternativo.

En el Plan Estatal de Desarrollo de Sonora en el diagnóstico que menciona:

El estado de Sonora cuenta con importantes ventajas con relación con otras entidades. Destaca su dotación de recursos naturales y su privilegiada ubicación geográfica.

El capital humano, la infraestructura física, el uso racional de los recursos naturales y el avance tecnológico, son también de vital importancia para el crecimiento económico sustentable y la generación de empleos. La experiencia demuestra que la rentabilidad social de invertir en estas actividades es mayor que su rentabilidad privada. Por ello, como lo confirman múltiples casos de éxito a nivel internacional, el estado promotor es necesario asegurar un buen funcionamiento de los mercados, alcanzar un crecimiento económico sustentable y para corregir los desequilibrios regionales. Con esto es importante mencionar que el apoyo del estado a nivel estatal de la inversión extranjera no limita a ONG, a tener una posición abierta hacia el mercado.

En cuanto en materia ambiental, al desarrollo económico e infraestructura competitiva, El estado de Sonora propone como línea estratégica y de acción:

- Promover, con la participación de las organizaciones de la sociedad civil, del sector educativo y de los agentes productivos, una nueva cultura ecológica que garantice el aprovechamiento racional y eficiente de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente.
- Fortalecer a la coordinación con la Federación, municipios, organizaciones empresariales y sociales para vigilar el cumplimiento de leyes y reglamentos ecológicos.
- Asesorar a los gobiernos municipales en la formulación de planes y programas ambientales.

- Desarrollar un sistema estatal de información y monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo, que incluya una red de monitoreo atmosférico e inventario estatal de emisiones de fuentes fijas y semifijas.
- Prevenir y controlar emergencias ecológicas y contingencias ambientales.
- Promover la inversión privada en obras de infraestructura ambiental, mediante su inclusión en los planes de desarrollo urbano, la complementación con inversión pública y esquemas financieros novedosos.
- Alentar la incorporación de tecnologías no contaminantes y consistentes con el desarrollo sustentable de los procesos industriales, particularmente en aquellos con alto grado de emisiones contaminantes.
- Normar, supervisar y promover la construcción y uso de sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición de desechos sólidos.

En cuanto al manejo del agua, el estado desarrolla una política integral para el aprovechamiento eficiente y sustentable del agua, por lo que

- Promover, con la participación de los medios de comunicación, el sector educativo, las organizaciones de la sociedad civil y los agentes productivos una nueva cultura del agua que mediante campañas de concientización y nuevos mecanismos de reúso y facturación, que estimulen la conservación y el uso sustentable de este recurso.
- Fortalecer la coordinación con las autoridades federales para ejercer un estricto control de la explotación de los mantos acuíferos y para abatir los niveles de contaminación en las cuencas y ríos del estado.
- Preservar e incrementar la disponibilidad de agua mediante una coordinación más eficaz con la CNA, la SEMARNAT y los centros de investigación, así como mediante un uso más eficiente y cuidadoso de los sistemas de almacenamiento.
- Explorar el desarrollo de fuentes no tradicionales y de innovación tecnológica de abastecimiento de agua.

- Elevar la eficiencia y mejorar la administración de los organismos operadores de los servicios de agua, alcantarillado y saneamiento, mediante la autonomía financiera y de gestión, la incorporación de tecnología de punta, la capacitación personal, la incorporación de esquemas eficaces de medición y cobranza, así como de detección y corrección oportuna de fugas.
- Fomentar un uso racional del agua en el sector agropecuario, a través de la modernización de los sistemas de riego y la reconversión de cultivos.
- Fortalecer el marco normativo y los mecanismos de supervisión y control de la administración y aprovechamiento del agua para el uso industrial.
- Inhibir el desarrollo de actividades con procesos intensivos en el uso del agua a través de una estructura tarifaria diferenciada.

En cuanto a la infraestructura el Estado ampliará y modernizará la infraestructura y equipamientos de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, por medio:

- Revisar el marco normativo para incentivar la inversión privada en el desarrollo de infraestructura destinada al reaprovechamiento del agua.

También ampliará y modernizará la infraestructura de comunicaciones y transportes, en donde:

- Gestionará ante el gobierno federal y el H. Cámara de Diputados del Congreso de la Unión, la autorización de los recursos necesarios para ampliar y modernizar las carreteras de Sonora.
- Aprovechará los instrumentos de financiamientos de la banca de desarrollo y los esquemas de inversión privada que promueve el gobierno federal como medios para desarrollar la infraestructura carretera que requiere la entidad.

En cuanto a aprovechar las fuerzas de las regiones, modernizar la producción local, el estado de Sonora propone:

- Identificar las ventajas competitivas y limitaciones de cada región para diseñar políticas en el ámbito regional.
- Canalizar inversión pública y, mediante esquemas novedosos, atraer inversión privada para el desarrollo de infraestructura en las regiones definidas como prioritarias.

En cuanto al turismo el estado promueve:

- Promover y arraigar una nueva cultura de excelencia de servicios turísticos, mediante la capacitación, sensibilización y desarrollo de habilidades de los empresarios y del personal del sector.
- Impulsar la modernización integral de los servicios que presta el sector para homologarlos de acuerdo a los rangos internacionales.
- Fortalecer los programas de ecoturismo y de desarrollo turístico rural y regional.
- Revisar los programas de promoción para enfocarlas hacia mercados de alto potencial, en particular hacia Arizona.

En cuanto al desarrollo urbano el Estado promueve:

- Fortalecer el contenido de protección ecológica en la legislación urbana.
- Consolidar el sistema de ciudades de la entidad con base en la posición de éstas en el contexto regional, nacional e internacional a través de aprovechar sus fortalezas, neutralizar sus debilidades, enfrentar las oportunidades y minimizar los riesgos, en los contextos económico, social, ambiental y territorial.
- Incorporar la perspectiva ambiental en su ordenamiento territorial y el crecimiento urbano en un marco de sustentabilidad, acorde con las condiciones físico naturales del sitio.
- Incorporar al ámbito rural como el espacio proveedor de insumos, bienes y servicios productivos y ambientales a la población, a las ciudades y a las regiones.
- Impulsar una política agresiva de regularización de la tenencia de la tierra y de incorporación y ampliación de reservas territoriales, para garantizar la disponibilidad de suelo para el crecimiento urbano ordenado.

- Constituir reservas territoriales, aprovechando los programas federales de incorporación de suelo, el patrimonio inmobiliario del estado y de los municipios, y la oferta privada de suelo para el desarrollo urbano.

Las áreas naturales del territorio estatal, podrán ser materia de protección, como reservas ecológicas, para los propósitos y con los efectos y modalidades que en tales ordenamientos se precisen, mediante la imposición de las limitaciones que determine el Estado para realizar en ellas solos los usos y aprovechamientos social y racionalmente relacionados. El establecimiento de áreas naturales protegidas es de interés público.

En ellas quedará estrictamente prohibido: verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso o acuífero así como desarrollar cualquier actividad contaminante; interrumpir, rellenar o desviar los flujos hidráulicos; realizar actividades cinegéticas o de explotación o de aprovechamiento de especies de flora o fauna silvestre, o extracción de tierra de monte y su cubierta vegetal; introducir ejemplares o poblaciones exóticos de la vida silvestre; ejecutar acciones que contravengan las disposiciones que en ellas se deriven.

Cuadro 4 Categorías Estatales

Categorías	Descripción
Parques urbanos	Son aquellas áreas naturales protegidas de uso público, constituidas en los centros de población para obtener y preservar el equilibrio en los ecosistemas urbanos e industriales, entre los equipamientos e instalaciones respectivos y los elementos de la naturaleza, de manera que se proteja un ambiente sano, el esparcimiento de la población y valores artísticos, históricos y de belleza natural que se signifiquen en la localidad
Zonas sujetas a conservación ecológica	Son aquellas áreas naturales protegidas, constituidas en zonas circunvecinas a los asentamientos humanos, en la que existen uno o más ecosistemas en buen estado de conservación, destinadas a preservar los elementos naturales indispensables para el equilibrio ecológico y el bienestar general.
Servidumbres ecológicas	Constituidas mediante el acuerdo de dos o más propietarios de los predios que se pretenden someter a un régimen de protección, para limitar el tipo o intensidad de uso de uno o más de dichos predios, con el fin de preservar sus atributos naturales y bellezas escénicas.
Reservas Rurales	Establecidas en terrenos ejidales o comunales que por sus condiciones biológicas o por sus ambientes no alterados significativamente por la acción del ser humano se destinan a la conservación, preservación y protección de tierras comunales.
Jardines Privados de Conservación o regeneración de especies	Conformado por una área de propiedad privada destinadas a la conservación o regeneración del germoplasma de variedades nativas de una región.
Tierras sujetas a contratos de conservación	Constituidas en terrenos de propiedad privada o social a que los propietarios limitan el uso o constituyen cargas de carácter real con el objeto de conservar, preservar, proteger y restaurar sus atributos naturales o ecológicos a favor de terceros.
Elaborado por Anabell Pérez Flores	

El programa de manejo deberá contener:

- 1) La descripción de las características físicas, biológicas, sociales, culturales del área natural protegida.
- 2) Los objetivos específicos del área natural protegida, las metas a corto, mediano y largo plazo, estableciendo la vinculación con programas estatales o municipales.
- 3) Las forma en la que se organizará la administración del área, y los mecanismos de participación de la sociedad en su protección y aprovechamiento sustentable, así como el análisis de la guarda de tenencia de la tierra en la superficie respectiva.
- 4) La referencia a las normas oficiales mexicanas aplicables a las actividades a que esté sujeta el área.

- 5) Los inventarios existentes y los que se prevea a realizar, así como las reglas de carácter administrativo que se sujetarán las actividades que se desarrollan en el área natural protegida.

La comisión y los ayuntamientos deberán publicar en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado un resumen del plan de manejo y el plano de localización respectiva (LGEEPA Sonora, 2008).

Las Leyes y reglamentos estatales que se utilizaron para la tesis fueron:

- Ley de Equilibrio y Protección al Ambiente del Estado de Sonora.
- Ley de Aguas del Estado de Sonora.
- Reglamento forestal Sustentable del Estado de Sonora.

En casos particulares se esgrimieron:

- Ley de Planeación del Estado de Sonora.
- Ley de Fomento al Turismo.

Participan las siguientes dependencias del gobierno estatal:

- La Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora para formular, ejecutar y evaluar la política ambiental del Estado de Sonora. A la cual le pertenecen todos los bienes muebles e inmuebles por los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal (Ley que crea un organismo Público Descentralizado, denominado Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, 2005).
- El Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, por medio del cual se realiza y promociona estudios e investigaciones de carácter científico y tecnológico que contribuya a impulsar el conocimiento de los diversos ecosistemas y medio ambientales de la Entidad. Celebra convenios con instituciones de educación superior, fomenta la investigación e inversiones. Participa en los términos de las leyes aplicables (Decreto que crea el Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora, 1996).
- Consejo Estatal Forestal, es un órgano de carácter consultivo de asesoramiento y concertación en materia de planeación, supervisión, evaluación de las políticas y programas de aprovechamiento,

conservación y restauración de los recursos forestales (Ley de Fomento para el Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Sonora, 2005).

- Comisión Estatal del Agua que coadyuvará con las autoridades federales y municipales en la conservación de los cauces, zonas federales y protección de los centros de población y áreas productivas dentro del Estado, así como, para ejecutar las acciones necesarias para la prevención del desastre de origen hidrometeorológico y la atención de la población afectada. Vigilar y promover la aplicación de las disposiciones y normas sobre el equilibrio ecológico y protección al ambiente, en materia de prevención y control de la contaminación del agua (Ley de Agua del Estado de Sonora, 2006).

Las sanciones administrativas que implanta el estado en materia ambiental, son:

- Amonestación pública o privada.
- Multa.
- Suspensión temporal, parcial o total de las autorizaciones de aprovechamiento de los recursos forestales o de la plantación forestal comercial.
- Decomiso de materias primas forestales y de los instrumentos, maquinaria, equipos y herramientas y medios de transporte utilizado para cometer la infracción.
- Clausura temporal o definitiva, parcial o total de las instalaciones, maquinaria y equipos de los centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales o de los sitios o instalaciones donde se desarrollan las actividades que den lugar a la infracción respectiva.
- Se pagará de 20-10,000 veces el salario mínimo por sanción en un máximo de 15 días hábiles (Ley de Bienes y Concesiones, 2008).

2.3 Nivel Municipal.

El gobierno municipal, no cuenta con figuras legales de protección. Sin embargo, la ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de

Sonora (2006) menciona el Programa Municipal de Ordenamiento Territorial que definirá la aptitud territorial del suelo en las categorías siguientes.

- a. Área de conservación: comprende las tierras, agua y vegetación en estado natural, que por sus características de valor ambiental, científico o paisajístico deben ser conservadas como patrimonio ecológico.
- b. Área apta para desarrollo urbano.
- c. Área no aptas para el desarrollo urbano, que comprenden el suelo cuyas características geológicas, hidrológicas, topográficas, resulten altamente riesgosa para el asentamiento humano.

2.4 Nivel privado

Las reservas privadas, conformadas por terrenos de propiedad privada que por sus condiciones biológicas o por sus ambientes originales no alterados significativamente por la acción del hombre se destinan a preservar los elementos naturales indispensables al equilibrio ecológico y bienestar general (LGEEPA Sonora, 2008).

El Sistema Nacional de Pronatura, organización no gubernamental sin fines de lucro dedicada a conservar la biodiversidad de México, tiene un Programa de Conservación de Tierras Privadas, donde este proyecto trabaja mano a mano con los propietarios de los recursos naturales en la búsqueda de alternativas de conservación a largo plazo.

El programa ofrece una serie de alternativas de uso y conservación de los recursos naturales, que permiten trabajar junto a los propietarios en la búsqueda de potenciar los usos productivos, y a la vez de conservar la perpetuidad de los atributos naturales, escénicas, culturales, recreativo o ambientales de los predios.

El programa trabaja mediante.

1. La identificación de predios críticos para la conservación de los ecosistemas de todo el país.

2. La protección de estos predios mediante el trabajo conjunto con las comunidades, propietarios, ejidos y otras organizaciones públicas o privadas
3. El manejo de áreas naturales protegidas en coadministración con la CONANP.

Objetivos

1. Ampliar el área de predios privados y sociales, bajo protección en ecosistemas boscosos, áridos, semiáridos y costeros, mediante el uso de mecanismos de conservación de tierras privadas.
2. Crear un paquete de herramientas legales, incentivos y técnicos de implementación para los propietarios privados que promuevan la conservación y uso sustentable de terrenos biológicamente importantes.

Metodología

- Identificación de predios
- Elaboración de la línea base:

Las herramientas de conservación privada que se han desarrollado por el programa, se fundamenta en el marco normativo vigente de nuestro país como:

 - ✓ Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
 - ✓ Códigos Civiles.
 - ✓ Leyes de cada estado.
 - ✓ Ley Agraria y para fideicomisos.
 - ✓ Ley general de títulos y operaciones de crédito.
- Negociación:

Pronatura se pone en contacto con los dueños de los recursos y de la manera en la que reaccionan a estímulos externos que amenazan los recursos naturales, por lo crea un ambiente de confianza con la organización conservacionista.
- Implementación de instrumentos legales de conservación:

Garantizar la conservación a largo plazo de tierras privadas y sociales que requiere de la creación de acuerdos o compromisos legales que sean vinculantes entre las partes y que pueden ser

definidos legalmente, aún contra las acciones de otras personas que pretendan dañar los atributos naturales de los predios.

Cada herramienta es única e irrepetible y pretende adecuarse a las circunstancias, necesidades e intereses de uno de los propietarios.

- ✓ Servidumbres Ecológicas
 - ✓ Limitaciones de Uso
 - ✓ Jardines privados de regeneración
 - ✓ Usufructos
 - ✓ Reservas Privadas y campesinas de conservación
 - ✓ Fideicomisos de tierras
 - ✓ Asociaciones Civiles y Mercantiles
 - ✓ Compra de derechos de corte
 - ✓ Contratos de superficie
 - ✓ Comodatos
 - ✓ Donaciones
 - ✓ Legados
 - ✓ Arrendamientos.
 - ✓ Contratos de Asociación en Participación
 - ✓ Concesiones de recursos naturales son herramientas para abogados, notarios y registradores
- Elaboración de Programas de monitoreo
 - El monitoreo físico- biológico de cada sitio es indispensable para asegurarnos que los fines de la conservación se cumplan y que las limitaciones de uso, estén siendo respetadas por los propietarios.
 - Elaboración del Plan de Manejo:
 - Que permitan a los propietarios establecer acciones y lineamientos básicos para la conservación, protección y administración de las áreas sujetas a instrumentos desarrollados en el Programa. Todas estas actividades deben de estar estrictamente apegadas a los lineamientos y condiciones que se hayan establecido en el contrato de conservación.
- Metodología de la Valuación

El valor económico total de un área sujeta a conservación y manejo (bosque, selva, desierto u otro ecosistema) está compuesto por valores que se determinan a través del mercado y por otra serie de valores asociados con los servicios ambientales. Estos últimos no susceptibles para el mercado, por ello desarrollan una metodología de valorización económica que permita estimar el valor real de la conservación en tierra sujeta a esquemas de conservación y cumple con la siguiente función.

1. Dar el Valor de los Predios antes y después de la aplicación de herramientas legales de conservación.

Bases justificativas para la implementación de incentivos

3. PERCEPCIÓN REMOTA

3.1 Teoría de la Percepción Remota

La percepción remota es la técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en donde se asume que entre la Tierra y el sensor existe una interacción energética que incluye la distribución de las variaciones de la fuerza de las ondas acústicas o de la energía electromagnética (Lillesand, 2000), desde el punto de reflexión de la energía solar o de un haz energético artificial, y puede ser por emisión o reflexión (Chuvieco, 2002). Esta energía es almacenada en el satélite o en estaciones receptoras (Chuvieco, 2002). El doble proceso básico de adquisición de datos implica la adquisición de imágenes y análisis de datos. Los elementos del proceso de la adquisición de datos son los recursos energéticos:

- a) La propagación de energía a través de la atmósfera (ventana de transmisión atmosférica).
- b) La interacción de la energía con las características de la superficie de la tierra.
- c) La retransmisión de la energía a través de la atmósfera.
- d) La aerotransportación y/o transportación espacial de los sensores.
- e) El resultado en la generación de datos del sensor en la imagen y/o forma digital.
- f) En corto, se usa los registros de las variaciones del sensor en la manera de la reflectancia de las características de la superficie de la tierra y la emisión de la energía electromagnética.

En el proceso del análisis de datos:

- g) Implica, la examinación de los datos, usando varias vistas e interpretación del dispositivo del análisis de la imagen y/o el análisis digital de los datos del sensor en una computadora. Los datos se estudian con una base informática previamente encontrada (por ejemplo mapas de suelos, estadísticas agrícolas, o campo, datos conocidos). Con la ayuda de los datos de referencia, el

analista extrae la información, sobre el tipo, extensión, localización y condición de la variación de los recursos.

- h) Generalmente en la forma de mapas impresos y tablas o como archivo de computadora. El programa puede combinar con otras capas de la información en un sistema de información geográfica.
- i) Por último se puede formular decisiones en el proceso (Lillesand, 2000).

Un sensor remoto es un instrumento, órgano o sistema que detecta a distancia, alguna propiedad de un objeto o fenómeno, que mide algún tipo de radiación o emanación proveniente de él.

Estos se clasifican en pasivos y activos; los primeros son los que reciben energía proveniente de un foco exterior como son los sensores fotogramétricos, óptico- electrónicos y de antena, en los cuales se aplican la fotografía tradicional (Chuvienco, 2002). La única facilidad vista de la superficie de la tierra con este sensor son los cambios sensitivos de la temperatura, rugosidad, salinidad y contenido de humedad, utilizando otra parte del espectro electromagnético (Woodhouse, 2006). Los activos son los que tienen su propia energía, como el radar, en donde trabaja en la región de micro-ondas, por lo que traspasa la nubosidad (Chuvienco, 2002). Sistema de radar proveen dos diferentes tipos de información, primero el tiempo de retardo en el eco provee la información de distancia y también en la intensidad y polarización (Woodhouse, 2006).

El sensor trabaja con una cierta resolución, esto se refiere a la capacidad de discriminar información a detalle, que depende de los efectos combinados de sus distintos componentes, para distinguir distintos objetos y para localizarlos, que se entiende como el objeto de estudio, que tiene distinto comportamiento espectral.

Los tipos de resolución son:

- a. *Resolución Espacial*: Se define como el objeto más pequeño que puede ser distinguido en la imagen (Chuvieco, 2000), el cual depende de la longitud focal y la altura del satélite sobre la superficie y se mide en milímetros sobre la foto. Esta distancia se corresponde al tamaño de la mínima unidad de información incluida en la imagen que se denomina píxel (del inglés picture element) (Chuvieco, 2000). En donde el tamaño del píxel será el nivel de detalle que tenga la imagen, porque proporciona el elemento del área observada de los restantes (Slapak, 1998), por lo que esta tiene relación a la escala que se quiere trabajar y será importante en la interpretación (véase Figura 2).

50		80
10	20	60
45	75	

Fig 2 El tamaño del Píxel provoca el nivel de detalle. Elaborado por Chuvieco, 2002.

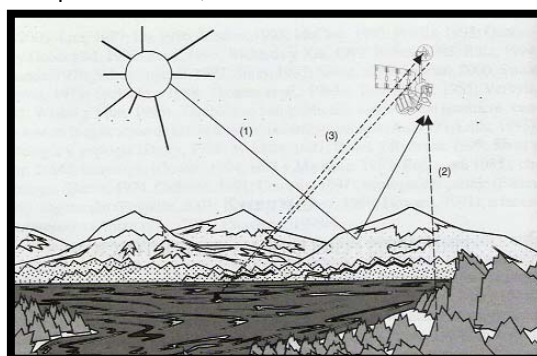
- b. *Resolución Espectral*: Indica al número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor (Chuvieco, 2000), en donde se elige por la transparencia de la atmósfera que varía con la longitud de onda, luego se selecciona por cada radiómetro, aquellas bandas más adecuadas para identificar los distintos elementos a estudiar, teniendo en cuenta la respuestas espectrales

correspondientes (Slapak, 1998). Entre mayor sea el número de bandas mayor será la respuesta espectral.

- c. *Resolución Radiométrica*: Es la capacidad del sensor para detectar variaciones en la radiación espectral que recibe y se expresa en el número de bits, o sea se refiere a las intensidades y a los cambios de las mismas que se van a medir (Slapak, 1998).
- d. *Resolución Temporal*: Se refiere al tiempo cuando se obtuvieron las imágenes, porque los cambios de la superficie terrestre puede ser en días (vegetación) o en años (geológicas), también la hora de observación puede diferir (las sombras, en donde puede cambiar la floración de la vegetación) (Slapak, 1998). El ciclo de cobertura está en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad e inclinación), así como del diseño del sensor, principalmente el ángulo total de abertura (Chuvieco, 2000). También depende de las condiciones atmosféricas de cuando se hace la toma de la imagen.

La forma de interacción del medio observado y el sensor remoto, con el fin de adquirir información son los siguientes:

Fig 3. Formas de teledetección: reflexión (1), emisión (2) y reflexión- emisión (3) Elaborado por Chuvieco, 2002



- La reflexión que deriva directamente del Sol. La luz ilumina la superficie terrestre y esta la refleja en función de la cubierta que exista. Ese flujo lo recoge el sensor, que lo transmite posteriormente a las estaciones receptoras. Entre el sensor y la cubierta terrestre se interpone la atmósfera, que dispersa y absorbe la señal original, además de convertirse en un prisma donde la

respuesta espectral puede ser distinta, por ejemplo el agua será de color negro, la erosión de color blanco, etc.

- La emisión se provoca cuando la energía se dispersa de un objeto hacia el sensor o cuando este tiene luz propia.
- La emisión-reflexión, es cuando se combinan las dos.

Las curva de reflectividad espectral es la composición espectral del flujo radiante que emana de la superficie de la tierra proporciona información sobre las características biológicas, química y física del suelo, agua y de las características de la vegetación en ecosistemas terrestres y marinos. Sus características de cada uno son:

Vegetación: Su reflectividad depende de las propiedades de las hojas, ya que tienen una estructura compleja con tejidos internos y morfología externa (estructura del dosel), que varía entre género y especie, así como por su condición medio ambiental y de las hojas expuestas a la luz solar (orientación).

La proporción de la radiación que es reflejada en diferentes partes del espectro (patrón de reflectividad) depende de la pigmentación y composición de la hoja (estructura celular) y densidad, así como de la cantidad de agua en el tejido fino de la misma (Woldai, 2001).

La incidencia de la luz solar pasa a través de la capa de células de la cutícula y la epidermis y esta parte es absorbida por los cloroplastos en la banda azul y en la banda roja (carotenos, clorofila y xantofila) (Howard, 1991), que es comparativamente baja (cerca $0.50 \mu\text{m}$); se debe a la fotosíntesis de tal manera que la vegetación refleja relativamente más en la porción verde, y por ellos los humanos los vemos en ese color, cuando la misma está en buenas condiciones (Woldai, 2001).

La reflectividad más alta se da en el infrarrojo cercano y parte del medio, aunque existen experimentos que han registrado también a finales de la banda roja, pero el aumento depende en el desarrollo de la hoja como estructura. En parte del infrarrojo medio, la respuesta tenderá a ser muy baja por el agua libre en el tejido fino de la hoja. Por lo tanto, se le nombra *banda de absorción de agua*.

Cuando las hojas se secan (senescencia) resulta una respuesta más alta en el infrarrojo medio y en el rojo, mientras que en el infrarrojo cercano puede aumentar, debido a la desaparición de pigmentos y la aparición de otros (que dan colores rojizos y amarillentos). La gran variedad espectral que representa la vegetación se debe a que las hojas varían de especie a especie y a los eventos naturales involucrados en la vida de las plantas (Woldai, 2001).

Por lo tanto, la interpretación de la vegetación dependerá de la constitución física de la hoja, por lo que puede provocar problemas en la radiancia final, detectada por el sensor, tales como:

1. Relacionados con la reflectividad de la hoja, suele ser la presencia de pigmentos, estructura celular y contenido de humedad.
2. Las características Geométricas de cualquier planta son principalmente el área foliar, forma de las hojas, distribución de la planta, geometría del dosel, componentes leñosos.
3. Situación geográfica de la planta, pendiente, orientación asociada con las especies, reflectividad del sustrato, condiciones atmosféricas.

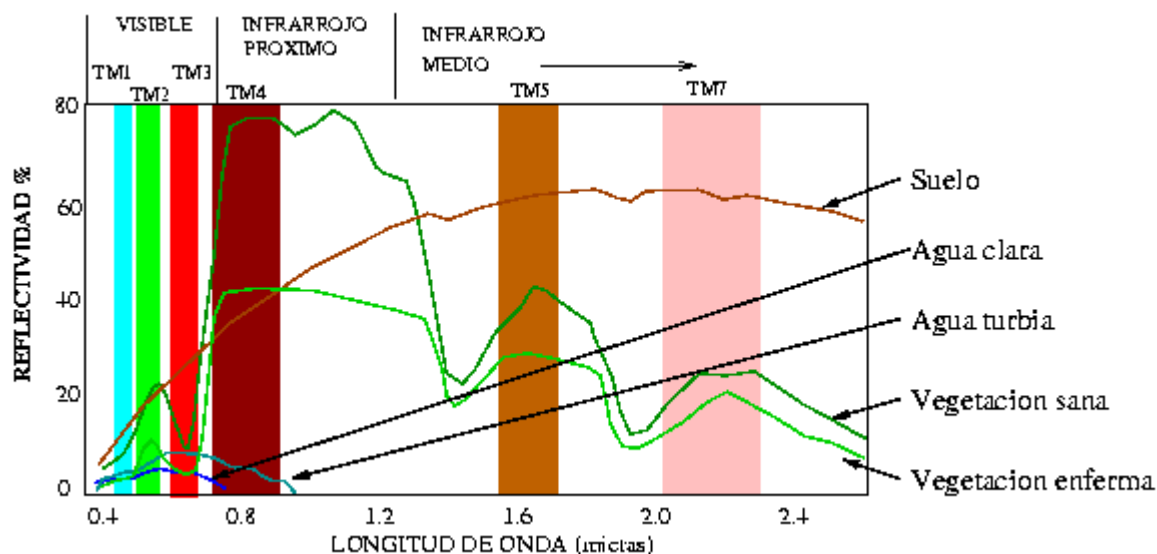


Fig 4: Curvas de la respuesta espectral del suelo, agua y vegetación. Modificado por Anabell Pérez Flores

Suelo: La reflexión de los suelos es difusa y principalmente del primer orden en la superficie de la reflexión de las partículas del suelo (Howard, 1991). Los factores que se deben de tomar en cuenta son: la composición química, textura, color, contenido de humedad, la presencia de materia orgánica y óxidos de hierro en los suelos. Estos también se pueden modificar los tonos en diferentes días, dependiendo del contenido de humedad, en donde las áreas de superficie de vegetación disminuyen durante la estación seca, la reflectancia de la escena es más el resultado de las características de la vegetación que del tipo de suelo (Lillesand, 2000). Las curvas espectrales que presentan los suelos son bastantes planas y de carácter ligeramente ascendente (Chuvienco, 2002).

Agua: este tienen una reflectividad espectral especial, debido a que es menor cuando no tiene sedimentos, por ser un cuerpo negro, esto quiere decir que absorbe toda la energía y no la refleja al sensor, por lo tanto se observa oscuro. Sin embargo esto puede modificarse por varios factores como: sedimentos, materia orgánica y profundidad (Woldai, 2001) que pueden reflejar tonos de distinto color.

Otra parte importante de la percepción remota, es la interpretación de imágenes, la cual puede ser explícita (razonamiento intelectual) o implícitas (análisis de imagen digital). Los modelos explícitos requieren de un diseño riguroso a-priori, como redes o reglas de producción. Los implícitos, son entrenados por un operador humano (Bhāra, 2005).

Los elementos son: *tamaño, forma, sombra, tono y color*, así como el *reconocimiento y la identificación*. Sus características de cada uno de ellos son:

Tono: se define como el brillo relativo de una imagen, por el sistema intensidad- tonalidad- saturación (IHS). Esto se relaciona con la cantidad de luz reflejada desde la superficie. Las variaciones en tonalidad se relacionan sobre todo con las características espectrales del área medida y también de las bandas seleccionadas para la visualización (Rabben, 1960, CCRS, 2006, Chuvieco 2002, Jassen, 2001).

Forma: se refiere en general a la configuración o el contorno de objetos individuales (Lillesand, 2000), cuando se habla de la altura (relativa) se deberá utilizar estereoscopios. La diferencia de la altura es importante para distinguir entre diversos tipos de vegetación y mapeo geomorfológico. La forma de los objetos ayuda a identificarlos (cultivos, avenidas, cuerpos de agua y edificios) (Chuvieco, 2002).

Tamaño de los objetos: El tamaño relativo de los objetos de las superficies terrestre nos permite estimar las dimensiones de los mismos. El tamaño del objeto en la escena puede ser considerada en el contexto de la escala de la foto.

Patrón: se refiere al arreglo espacial de los objetos e implica la repetición característica de ciertas formas y relaciones que son característicos de muchos objetos, tanto naturales y construidos, por lo que facilitan su interpretación (Lillesand, 2000).

Textura: se relaciona con la frecuencia del cambio del tonal. La textura se puede relacionar a menudo con la aspereza del terreno y de la resolución espacial del sensor aplicado (Chuvienco, 2002). Esto es un producto de su forma individual, lugar, diseño, sombra y tono, así como la escala, que puede dar al objeto o área finura progresiva hasta desaparecerla. En la interpretación se puede distinguir entre característica con similar reflectancia en sus diferencias de las texturas (Lillesand, 2000).

Sitio: se relaciona con la localización topográfica o geográfica y es particularmente importante, porque ayuda en la identificación de tipos de vegetación (Lillesand, 2000).

Asociación: es la relación entre otros objetos o características identificables en la proximidad del objeto de interés (Chuvienco, 2002).

Sombra: puede proporcionar una idea del perfil y la altura relativa de un objeto, pero puede reducir o eliminar la interpretación de un área de influencia, puesto que los objetos dentro de las sombras son mucho menos perceptibles que sus alrededores.

Color: que percibe el ojo humano es resultado de la reflectividad de los objetos a diferentes longitudes de onda; en donde si le incremento de información se comprende que el color obtenido es un elemento primordial.

También existe la interpretación digital, en donde el usuario pone las condiciones para poder clasificar la imagen, por las similitudes de las propiedades espectrales de los píxeles. La separación de estas clases es realizada con métodos estadísticos o geométricos, la cual es más exitosa cuando son diferentes espectralmente y es afectada cuando son similares. El conocimiento previo del área

mapeada es un requisito fundamental, así como un trabajo previo de campo. De esta existe supervisada y no supervisada, y se definen:

Supervisada: Parte de un conocimiento previo del área de estudio. El usuario selecciona píxeles que representa patrones que reconocen o que puede identificar con la ayuda de otras fuentes (fotografías aéreas, trabajo de campo, cartografía digital, modelos tridimensionales del terreno etc.). Implica el uso de un sistema de entrenamiento de datos que consiste en los píxeles representativos de cada categoría de la cobertura del suelo de interés dentro de una escena del cual un mapa temático o etiqueta de la escena completa puede estar generalizada (Canty, 2007) y el algoritmo a utilizarse requiere antes de empezar a relacionar las muestras o áreas de entrenamiento, que se utiliza para las categorías en función de la similitud de sus niveles digitales extraídos como referencia. Los pasos son

- 1) Definir el conjunto de tipos de cobertura de la tierra, en los cuales la imagen debe ser dividida en segmentos como agua, regiones urbanas, etc.
- 2) Elegir los píxeles representativos o prototipos de cada uno de los conjuntos de las clases deseadas. Estos píxeles se utilizan para establecer sitios de entrenamiento, por medio de visitas a campo, mapas, fotografías aéreas o incluso fotointerpretación de un componente o color.
- 3) Utilizar los datos del entrenamiento para estimar los parámetros que serán las ecuaciones que definen particiones en el espacio multiespectral.
- 4) Usando el clasificador de entrenamiento, etiquetar o clasificar cada píxel en la imagen deseada según los diferentes tipos de cubierta de la tierra (clases de información).
- 5) Producir los resúmenes tabulares o mapas temáticos de (clase), que sintetizan los resultados de la clasificación (Richards, 1993).

La opción de un conjunto de áreas, donde adecuadamente representa las características espectrales de cada categoría, es muy importante supervisar la clasificación como la calidad del sistema de entrenamiento teniendo un profundo

efecto en la validación de los resultados. Terminando y verificando el entrenamiento de cada uno de la clasificación visual examina los datos de la imagen y extrae recursos adicionales (Canty, 2007).

No supervisada o clustering: Su finalidad es de fabricar una estructura de clases subyacente automáticamente, para organizar los datos dentro de grupos distribuidos similarmente (homogeneidad de las características espectrales), por lo que estas deben ser lo más heterogéneas para asegurar todas las posibles clases y sus variaciones sean incluidas. A menudo solo se necesita especificar de antemano el número de clases presentes. El principal objetivo del uso de algoritmos de clustering para datos de sensores remotos multiespectrales es obtener información útil para la selección de regiones de entrenamiento para una siguiente clasificación supervisada (Canty, 2007).

3.2 *Imágenes de satélite:*

Las imágenes que se escogieron son SPOT 5, en el cual cuenta con cinco bandas. Este satélite fue lanzado el 3 de mayo del 2002, su altitud de órbita es 822 km con una inclinación de la órbita de 98.7° con sincronización solar, a una velocidad de 7.4 km/seg, con un horario de cruce por el ecuador 10:30 (nódulo en descenso), su tiempo en órbita es de 101.4min. y de regreso es de dos a tres días dependiendo su altitud y latitud (Satellite Imaging Corporation, 2006).

La resolución espacial para este trabajo (SPOT 5) es de 2.5 a 10 metros para los canales Pan y MS. La cobertura global abarca una superficie mínima de 3,600 km² (60kmx60km) (Blas, Morato, y et al 2004).

La resolución temporal tiene una frecuencia de repetición de 26 días, la capacidad para variar su campo de visión (27° a ambos lados del nadir) hace disminuir su frecuencia de revista de 2 o 3 días, por lo tanto se puede programar la

captura de imágenes de cualquier punto del globo y en un momento determinado (Blas, Morato, y et al 2004).

En cuanto la respuesta espectral por banda en este tipo de imágenes se puede mencionar en el cuadro 5

Cuadro 5: Respuesta espectral (longitud de onda) del Satélite SPOT5

Espectro Electromagnético	Tamaño de los píxeles	Bandas espectrales
Pancromático	2.5m a 5 m	0.48-0.71 μm
B1: verde	10m	0.50-0.59 μm
B2: rojo	10m	0.61-0.68 μm
B3: infrarrojo cercano	10m	0.78-0.89 μm
B4: infrarrojo medio (SWIR)	20m	1.38-1.75 μm

Blas, Morato y et al 2004 Elaborado por Morato

Se utilizó una clasificación, por lo que se tuvo que obtener clases espectrales, de acuerdo a la respuesta que tenía el sensor en la superficie terrestre, con la ayuda de la información del trabajo de campo, en donde se pudo extrapolar la información y conocer respuesta espectral, ya que puede variar en cuanto la pendiente, el efecto ladera o la humedad que pueda tener el lugar.

El Satélite Landsat se lanzó en abril de 1999, con las siguientes características:

- Anchura de barrido: 185km
- Altitud: 705 Km.
- Quantización: 8 bits
- Capacidad de almacenamiento a bordo: ~375Gb
- Inclinación solar sincrónica 98.2°
- Paso ecuatorial descendiente 10 am +/- 15min
- Tiene instalado el sensor ETM+ (Thematic Mapper Plus) y TM (Thematic Mapper) (Fernández, n.d).

La única diferencia es el número de bandas en donde en el primero es de 8, por lo que se acerca al radar, siendo que las imágenes se pueden obtener sin nubes que interfieran en su visibilidad, además pueden utilizarse en distintos tratamientos,

por su presencia en casi todo el espectro electromagnético. Su inconveniencia es la escala, que es menor y se debe de utilizar en espacios mayores.

La resolución radiométrica del sensor ETM+ dispone de la lectura en 8 canales, o bandas situadas en distintas zonas del espectro electromagnético (Fernández, n.d) (véase cuadro 6):

Cuadro 6: resolución radiométrica ETM+

Banda número	Rango espectral (μm)	Líneas de datos por escaner	Longitud de línea (bytes)	Bits por píxel
1	.450-.515	16	6.600	8
2	.525-.605	16	6.600	8
3	.630-.690	16	6.600	8
4	.775-.900	16	6.600	8
5	1.550-1.750	16	6.600	8
6	10.40-12.5	8	3.300	8
7	2.090-2.33	16	6.600	8
8	.500-.900	32	13.200	8

(Fernández, I, n.d.)

Su anchura máxima y mínima, por cada banda véase cuadro 7:

Cuadro 7: anchura máxima y mínima por banda (ETM+)

Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
ETM+	0.45-0.52	0.53-0.61	0.63-0.69	0.78-0.90	1.55-1.75	10.4-12.5	2.09-2.35	.52-.90
Región	Visible azul	Visible verde	Visible rojo	Infrarrojo próximo	Infrarrojo lejano	Térmico lejano	Térmico próximo	Visible

(Fernández, I, n.d.)

La resolución espacial cuantifica el tamaño de píxel, mínima a la unidad de medida del territorio, que es capaz de definir la lectura de las bandas del sensor, (véase cuadro 8):

Cuadro 8: Resolución espacial ETM+

Banda	Rango espacial μm	Zona del espectro	Resolución en el terreno (m)
1	0.45-0.515	Visible-azul	30
2	0.525-0.605	Visible-verde	30
3	0.63-0.690	Visible-rojo	30
4	0.75-0.90	Infrarrojo próximo (visible)	30
5	1.55-1.75	Infrarrojo lejano	30
6	10.40-12.5	Térmico lejano	60
7	12.09-2.35	Térmico próximo	30
Pancromática	0.52-0.90	Prácticamente visible	15

(Fernández, n.d.)

La resolución temporal mide el tiempo que pasa desde la obtención del imagen de un punto de la tierra, hasta la siguiente imagen, siendo de 16 días, o sea 23 imágenes por año (*Fernández, n.d*).

El producto de la imagen satelital es un arreglo bidimensional donde cada elemento de la matriz constituye la medida de la radiación electromagnética en cada unidad de información (píxel) detectable por el sensor (Slapak, 1998).

3.3 Clasificación por objetos:

La escala de la imagen es un factor importante para este proceso. La clasificación orientada de un objeto es basada en la segmentación multi-escala de imágenes raster, cuando se elabora la extracción de la respuesta espectral y de las unidades internamente homogéneas de una particular escala espacial (Andrzej J, y et al 2009).

El acercamiento de un objeto orientado al análisis de imagen es basada en objetos como un grupo de pixeles que refleja las características del mundo real. Los elementos pueden ser extraídos de imágenes multiespectrales basados en su homogeneidad interna y separación espectral. Esto significa un objeto, en contraste a un píxel, tiene no solo vecinos, si no además subobjetos y superobjetos a diferentes escalas. Los grupos de pixeles, debido a su estructura jerárquica, pueden incluir muchos atributos, los cuales pueden describir sus características intrínsecas (usando características físicas como color, textura y forma), características tipológicas (la relación a otros objetos sub objetos y superobjetos) y al contexto (Andrzej J, y et al 2009). La mejor diferencia evidente del análisis de imágenes con base en pixeles y/o objetos, primero en el análisis de imágenes orientado en objetos; la unidad básica de procedimiento es la imagen del objeto o segmento, no solamente en un píxel. Segundo, la clasificación orientada a objetos en el análisis de imágenes son clasificaciones sencillas que están basadas en una lógica inexacta (Matinfar H. R y et al, 2007).

Como un resultado del proceso de segmentación de raster layers (imágenes satelitales multi-espectrales) y si es necesario layers de vectores de objetos son delineados. Cuando la segmentación es realizada a diferentes escalas espaciales, lleva a la creación de una estructura jerárquica de los objetos. Finalmente, las características del espacio que está describiendo objetos es aplicado para la regla fijada de la clasificación de objetos (Andrzej J, y et al 2009).

3.4 Segmentación:

Se define como el proceso de dividir la imagen en un número finito de regiones que tiene significado geoespacial (Iturriate, 2007). La imagen es descrita como áreas homogéneas de acuerdo a una o muchos atributos a prior. La información espacial es organizada dentro de clases de acuerdo a atributos específicos, particularmente útiles, cuando se trabajan con numerosas entidades con un par de rangos de valores, para muchos atributos (Hong, 1997). El primer método aparece durante los 60`s y diferentes algoritmos han tenido constantes desarrollo (Jaffar Lamia y Mourou Salid, 2009). En ella la clasificación estadística es el procedimiento para el análisis digital de la imagen, basado únicamente en los atributos espectrales, en donde se extrae los objetos relevantes para la aplicación deseada (SPRING-4.3.3, 2007).

Este es un proceso de optimización, donde minimiza el promedio espectral y la heterogeneidad para dar números de las imágenes de objetos y maximiza la homogeneidad. Entonces los objetos de un lugar espacial comparable son creados. Sus números y lugares de un particular nivel de segmentación dependen de los parámetros de la escala (Andrzej J, y et al 2009). La imagen está dividida dentro de regiones, que corresponden a la aplicación en las áreas de interés. Para las regiones esta entendido como un sistema de pixeles conectados, donde es bidireccional una uniformidad (SPRING-4.3.3, 2007).

El crecimiento de regiones es una técnica de agrupación de datos donde las regiones adyacentes, pueden ser agrupadas por un proceso de segmentación. Inicialmente el proceso de etiqueta de cada píxel es con una región distinta. El criterio similar es calculado especialmente para cada región adyacente. El criterio similar es basado en pruebas de estadística hipotéticas, donde se checa el promedio entre regiones. Después, la imagen es dividida dentro de un sistema de sub imágenes y entonces la unión de operación es reunida, siguiendo una definición de agregación de límites (SPRING-4.3.3, 2007).

Para la unión de dos regiones cercanas A y B, sigue el criterio adoptado:

- A y B son similares (prueba de promedio).
- Los alcances de la similitud define los límites.
- A y B son espacialmente cerrado.

Si A y B satisface el criterio de arriba entonces, las regiones son agregadas, si no, el sistema repite el proceso de agregación de prueba.

La detección de bahías es realizada por un algoritmo de detección de límites, por medio del filtro Sobel. Este algoritmo considera los gradientes de los niveles de gris de la imagen original a generar una imagen de gradiente o los límites de intensidad de la imagen (SPRING-4.3.3, 2007).

La clasificación del vecino más cercano (NN, por sus siglas en inglés) es usado en la segmentación, y este sitúa en cada píxel de la imagen corregida el valor del más cercano en la imagen original (Chuvieco, 2002) y tienen las siguientes ventajas; NN evalúa la correlación entre características favorables de los objetos; las superposiciones del NN disminuye en las características espaciales con la dimensión y puede ser manualmente más fácil y rápido (Matinfar H. R y et al, 2007).

El algoritmo calcula un límite para las siguientes fronteras. Cuando un píxel es encontrado con un valor superior al establecido como límite superior, el siguiente

proceso es encendido. La vecindad es analizada al seleccionar el siguiente píxel uno (con un valor digital mayor) y su dirección su dirección es siguiente, hasta alcanzar una nueva frontera. En este proceso se genera una imagen binaria, un píxel con un valor corresponde a una frontera y un píxel con valor a cero no tiene regiones con fronteras (SPRING-4.3.3, 2007). El proceso de segmentación ayuda a retener objetos de la fuerza espectral y de la homogeneidad de las formas (Andrzej J, Mazur A. y Janas, U, 2009).

Las ventajas que puede tener este proceso son las siguientes:

- El usuario define la resolución o escala a la cual la segmentación es óptima para cada situación e imagen (Iturriarte, 2007).
- Otra ventaja es la rapidez por lo que aumenta de forma significativa la utilidad del proceso completo, proporcionando resultados inmediatos a medida que se trabaja con los parámetros (Iturriarte, 2007).

Sin embargo, las desventajas son:

- ❖ Existe subsegmentación (pocos segmentos encontrados) (Iturriarte, 2007).
- ❖ La sobresegmentación (más segmentos que los necesarios) (Iturriarte, 2007).

4. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN EL RANCHO SAN BERNARDINO.

4.1 Biofísicos:

En los estudios de degradación ambiental se deben de tomar en cuenta los elementos bióticos (seres vivos: flora y fauna) y abióticos (rocas, suelo, agua, atmósfera), así como los factores humanos que intervienen modificando la naturaleza y que pueden producir el deterioro ambiental. El deterioro ambiental se define como *la modificación de las propiedades del ambiente que da lugar a una reducción de su calidad para los seres vivos y para el ser humano* (Valverde et al, 2005). En donde provoca un desequilibrio tanto en factores económicos, sociales, políticos y naturales. En esta tesis se tomaron en cuenta para la medición de la degradación ambiental:

- *Suelo:*

El término degradación de los suelos se utiliza como sinónimo de improductivo (Miller R y Gardiner D, 1998), esto depende del uso de suelo que tenga, por lo tanto no existe una buena planeación, que provoca la erosión y la pérdida de los suelos.

En cuanto a este tipo de degradación, es importante mencionar a la erosión, en donde los factores del agua y viento merman las propiedades y calidad del suelo. La primera es el movimiento del suelo causado por el agua de lluvia, incluida la nieve derretida, al escurrirse rápidamente sobre las superficies expuestas.

La degradación del suelo se define como (Porta, 2005):

- Características inherentes del suelo.
- Aptitud para soportar el crecimiento de las plantas.
- Sostenimiento de la base de los recursos y mejora de los medios.
- Utilidad del suelo para funciones específicas en una escala amplia del tiempo.

Donde los factores como el viento, agua y el ser humano le disminuyen su capacidad para sostener vida, por ello es importante solucionar lo antes posible la

erosión, debido a que sin vegetación se acelera el desgaste de las rocas y del mismo suelo, Porta en 2005 menciona los tipos de degradación del suelo (véase cuadro 9)

Cuadro 9: Tipos de degradación del suelo

Desplazamiento del suelo	Deterioro interno del suelo
Erosión hídrica: In situ (on side) Pérdida del epipedión Deformación del terreno Fuera del área (out-side) Sedimentación Inundación Erosión Eólica In situ Pérdida del epipedión Deformación del terreno Fuera del área Invasión de depósitos eólicos	Deterioro químico Pérdida de nutrientes Contaminación: por acidificación: metales pesados: xenobióticos (P y N) y por radionucleidos. Salinización Discontinuidad de la fertilidad inducida por interrupción del entarquinado Gleificación Sulfatos ácidos Cargas eléctricas negativas Toxicidades diversas Deterioro Físico Sellado y encostramiento Compactación Deterioro de la estructura del suelo Anegación por elevación de la capa freática Aridificación Subsistencia en suelos orgánicos

Elaborado por Porta, 2005

El estrés de la degradación se debe a las fuerzas que producen un deterioro progresivo del sistema, con una intensificación del trabajo interno que genera tensiones (de tipo físico, químico, biológico) y este a veces es imperceptible en el lugar (Porta, 2005). Las fuentes de estrés son (véase cuadro 10):

Cuadro 10: Fuentes de estrés

Expansión/ retracción elevada Disminución de C de la biomasa microbiana Disminución de la biodiversidad del suelo Elevadas temperaturas del suelo Exceso del agua estacional Restricciones para el desarrollo radicular Bajas temperaturas Drenaje impedido Estrés hídrico estacional Elevada capacidad de intercambio aniónico Alto contenido del aluminio intercambiable	Lavado de nutrientes Baja capacidad de almacenamiento de nutrientes Elevada retención P y N Presencia de sulfatos ácidos Bajo contenido de humedad y nutrientes Baja capacidad de retención de agua disponible para los cultivos Contenido de materia orgánica elevado Salinidad/ Sodicidad/ Alcalinidad Aumento de Contaminantes Profundidad insuficiente Pendiente muy pronunciada Elevado contenido de caliza Elevado contenido de yeso
--	--

Elaborado por Porta 2005

Esto es incrementado por la escasa precipitación pluvial y la elevada evaporación de los climas desérticos, propicia que los suelos:

- Permanezcan deshidratados la mayor parte del año.

- Cuenten con una cubierta vegetal escasa y en consecuencia, con un bajo porcentaje de materia orgánica.
- Presentan una elevada porción relativa de arenas, limos y arcillas actuando como partículas unitarias.
- Pierdan la materia orgánica fina del suelo, que ha sido removido y transportado por el viento (Velasco, 1991).

Su velocidad de progreso depende de factores como el declive, la naturaleza del suelo y la densidad del manto de vegetación y la cantidad e intensidad de lluvia (Benneth, 1965).

La erosión por el viento es cuando la arena y el material más fino es llevados por el viento o cerca de la superficie expuestas del suelo, lo cual recubre pastizales, en donde impide el crecimiento de cualquier forma de de vegetación, porque asfixia la vida de las plantas y elimina el manto protector de la hierba, esto priva del efecto aglutinante de las raíces de la hierba y de la materia orgánica esponjosa que se acumula debajo de esta. Después de algunos periodos de sequía, el suelo se convierte en una masa seca y polvorienta, donde es fácilmente levantada por el viento y es trasladada a grandes distancias. Las partículas mas pesadas y gruesas, se quedan atrás, la más finas son empujadas por el viento a ras de la superficie como “suelo a la deriva”, lo cual puede formar dunas (Benneth, 1965). Los factores que aceleran la degradación del suelo son:

1. Excesivo desprendimiento de tierra: erosión.
2. Depósito de productos de la erosión: recubrimiento.
3. Agotamiento de los elementos nutritivos de las plantas debido a la lixiviación, cultivo excesivo o pastoreo sin medida.
4. Incendio, destrucción efectiva en el caso del suelo orgánico (turbales) y quema de vegetación seca.
5. Acumulación de sales tóxicas: estado alcalino.

6. Formaciones de acumulación de agua perjudicial y falla consistente del drenaje superficial, por ello se debe proporcionar un drenaje adecuado a tierras cultivables y de pasto.
7. Cultivo inapropiado: como arar hacia arriba y hacia abajo en el sentido de la pendiente.
8. Uso inapropiado de la tierra, conducente al perjuicio del suelo.
9. Pérdida innecesaria del agua de lluvia debido a un escurrimiento controlable.
10. Falta de rotación en los cultivos, lo que conduce a una estructura del suelo (Benneth, 1965).

Alguna fauna perjudica o favorece al suelo, por ejemplo si el suelo ya está desgastado, algunos roedores como son los perritos de la pradera, por las madrigueras que hacen, degrada más rápidamente el suelo. En cuanto a los microorganismos (parásitos, bacterias, protozoarios, hongos y algas) y lombrices descomponen la materia orgánica y ventilan el suelo, haciéndolo más productivo.

La evaluación de la degradación (Porta, 2005) consiste:

- Identificar los síntomas y signos.
- Realizar un diagnóstico provisional.
- Llevar a cabo el análisis para verificar el diagnóstico.
- Realizar un pronóstico.
- Prescribir tratamiento.

El suelo es uno de los principales factores que se tienen que conservar, ya que si este elemento mantiene sus propiedades, podrá sostener la vegetación y a su vez la fauna que vive y se desarrolla en el lugar. Así como el balance hídrico de recarga del acuífero y de los escurrimientos naturales. Además la descomposición de la materia orgánica será más eficiente.

Por ello, Benneth en 1965 menciona que la conservación del suelo es *la prevención y control eficaz de la erosión del suelo y la conservación adecuada del agua de lluvia en el campo, granja o rancho, dependiendo a las necesidades individuales y las capacidades de cada área particular considerable. La conservación del suelo es la explotación de la tierra, dentro de límites económicos practicables, de acuerdo a su capacidad y necesidades con el objeto de mantenerla en estado de productividad permanente.*

Algunos medios para conservar el suelo son:

1. Empleando prácticas convenientes de conservación del suelo, las obras necesarias para evitar y controlar la erosión del suelo, el depósito perjudicial de los productos de la propia erosión.
2. Empleando un mejor laboreo y prácticas mejoradas de recubrimiento del suelo con hoja arasca etc. y de cultivo para conservar el agua de lluvia necesaria.
3. Controlando el desagüe para satisfacer las necesidades del suelo.
4. Combinando el drenaje y la irrigación para evitar la acumulación de sales y mejorar al suelo alcalino.
5. Desaguando, con objeto de evitar encharcamientos o de mejorar los campos húmedos y los pastos.
6. Manteniendo el manto de agua a un nivel adecuado por medio de diques y bombeo, y conservando el nivel del agua mediante desagües y compuertas, entre otras medidas (Benneth, 1965).

El cual puede ser ocasionado por la deforestación en taludes y piedemontes de lomas y cerros que terminan con el potencial natural de las zonas semiáridas y se vuelven áreas de escurrimiento (Velasco, 1991).

En la evaluación del suelo existen niveles de degradación (véase cuadro 11), con el fin de conocer la calificación y las acciones que se deben de tomar para solucionar

el problema. Esta fue elaborada por el Inventario Nacional Forestal y de suelos (Flores, 2005) por lo que se clasifican:

Nivel	Características
Ligeros	Terrenos aptos para sistemas forestales pecuarios y agrícolas locales con alguna reducción apenas perceptible en su productividad.
Moderado	Terrenos que presentan una marcada reducción en su productividad
Severos	Terrenos a nivel de predio o de granja con una productividad irrecuperable, a menos que se realicen proyectos de restauración
Extremo	Su productividad es irrecuperable y su restauración es imposible

Elaborado por Flores, 2005

Esta zona suele ser muy vulnerable a la erosión eólica y la hídrica por la difícil recuperación de su cubierta vegetal una vez sobrepastoreada y/o intensamente taladas (Velasco, 1991). Las variaciones en vegetación depende de los suelos químicos y físicos, provenientes del material parental, la topografía y el clima (Velasco, 1991), por ejemplo suelos muy salinos que impidan la existencia de vegetación, alta permeabilidad, pendientes muy inclinadas o lluvia nula. En el caso del Rancho, se requiere saber la cantidad de sales que tienen en suspensión el suelo y medir la pendiente que pueda ocasionar la pérdida del mismo, sin olvidar la cantidad de lluvia que pueda precipitar en el lugar.

- *Agua*

También suele ser un factor degradante del suelo, cuando éste se encuentra sin protección vegetal, por ello, se debe de mencionar la hidroerosión, que es provocada por el pastoreo, el paso de personas por un mismo lugar y el mal uso de técnicas de cultivo, por lo que queda el suelo desnudo. En estos lugares, la acción del agua forma cárcavas, terminando con la vegetación arbórea, para después presentar erosión laminar.

La precipitación es un factor determinante en los recursos existentes y en el uso que se le pueda dar al agua. Además es un componente principal en el balance del

agua. La cantidad de precipitación depende entre otras cosas, en el uso del suelo y la cubierta vegetal asociada. Este puede incrementar la cantidad de partículas de agua en la atmósfera por la evaporación (Dolman A.J et al, 2003).

En cambio la cantidad y calidad del agua depende de la deforestación La deforestación causa el incremento de la evaporación, mayor albedo, el aumento sensible del calor y el empobrecimiento del suelo. Si la deforestación es local se convierte en una isla de calor. En cambio la reforestación, incrementa la lluvia que es principalmente atribuida a una positiva alimentación del agua interceptada y de lluvia. (Dolman A.J et al, 2003).

La evaporación se puede dividir en tres partes:

1. Evaporación de la precipitación interceptada, que golpea la superficie del suelo (intercepción perdida).
2. Evaporación del agua absorbida por la raíz de la planta. En donde los estomas están abiertos excediendo su vapor (transpiración).
3. Evaporación del suelo (evaporación del suelo).

Estas tres se comportan de distinta forma, en el cual la superficie de la vegetación y de la evaporación del suelo es menor comparada con la transpiración y la evaporación del agua absorbida, dando como resultado la cantidad de agua en el lugar (Dolman A.J et al, 2003).

- Vegetación.

Se llama vegetación al conjunto de plantas que forman parte de un ecosistema en un sitio dado y que está determinada por las condiciones naturales del mismo. También es una capa de materia viva que recubre la superficie del sitio, con mayor o menor grado de cobertura, el cual controla la evaporación a través de la fisiología interna (Dolman A.J y et al 2003). Aunque ambos pueden ser modificados, debido a las características de la superficie (albedo y empobrecimiento) que es determinada

por procesos turbulentos (a escalas de tiempo en segundos), donde el cambio significativo en el albedo normalmente significa la evolución estacional de la vegetación con escalas de tiempo de una semana a un año (Dolman A.J, et al 2003).

Además, es importante que la vegetación modera la bioquímica y el ciclo hidrológico, así como los conjuntos y los flujos de nutrientes y sedimentos para interferir con la redistribución de los cauces de agua y sus constituyentes que son transportados, el intercambio de bióxido de carbono y otros gases del suelo con la atmósfera. También, la influencia de la radiación global de la tierra. Los cambios o alteraciones de estos fenómenos suceden a escalas de tiempo mayores (Dolman A.J, et al 2003).

4.2 Socioeconómicos

La interrelación del ser humano con el medio ambiente se ha desarrollado de manera constante, pero desequilibrada, debido a que se ha llevado a cabo el control, la explotación, el manejo y en algunos casos la restauración del medio, envuelto por ello en escalas de tiempo mayores o menores (Petts, 1999) que han modificado el espacio geográfico.

El equilibrio de los recursos y de la ecología es la principal herramienta que permite la producción de comida, el abastecimiento e invasión del hábitat natural por las especies. Esta herramienta responde a la diferencia de las características espaciales y temporales del lugar de estudio (Petts, 1999), por ello el grado de degradación antrópica que tenga el Rancho San Bernardino y sus alrededores, permite hacer una perspectiva pasada desde que fue habitado, debido a que se ha modificado el espacio a conveniencia de la población que habitó desde tiempos remotos.

La integración de los factores del espacio físico no determinan el establecimiento de la población, por la tecnología que utilizan para la explotación de los recursos, sin embargo es de envergadura cuidar el medio ambiente para asegurar su permanencia

futura en el lugar, actualmente llamado Desarrollo Sustentable, el cual es económicamente viable (Desarrollo Sostenible), siendo importante al nivel de decisión (política, plan o proyecto) (Petts, 1999). En donde, para poder llevar a cabo este tipo de problemáticas, Petts, en 1999, propone:

1. Definir el problema
2. Descripción de la tecnología usada
3. Descripción social
4. Pronóstico social
5. Identificación del impacto
6. Análisis del impacto
7. Análisis político
8. Comunicación de resultados

Además se utilizan distintas herramientas para poder medir este tipo de impacto, como son los Sistemas de Información Geográfica y los modelos matemáticos de programación lineal (Dolman A.J y et al 2003), que optimizan la configuración del uso del suelo y el número de agro- técnica, seguridad alimenticia y socio- económica, para lograr los objetivos medioambientales deseados. Los resultados son caracterizados por un objetivo y la asociación óptima del conjunto de variables de las decisiones, sin embargo no son explícitos con la realidad del lugar (Dolman A.J, et al 2003), por ello es importante explorarlo, elaborar cartografía por medio de SIG's, muestras de campo etc. para disminuir rangos de error que puedan tener los modelos.

Los estudios medioambientales se debe abordar de manera multifactorial, considerando tanto las cuestiones físicas como sociales, que incluye las modificaciones que el ser humano, por medio de la infraestructura transforman el espacio geográfico y merman a las especies que se desarrollan en el lugar. Por ello Dolman mencionan que para el análisis parcial puede significar estrictamente el conocimiento de las interconexiones y las interrelaciones entre sus componentes, sean sociales o naturales. Como cuando, las influencias del espacio sobre el desarrollo del ser humano y la población interactúan con otros grupos y actúan

colectiva o organizadamente (Dolman A.J, et al 2003), entonces el cuidado y la protección del espacio es significativa para un desarrollo sustentable y sostenible de los habitantes.

También los sensores remotos y los Sistemas de Información Geográfica permiten medir varios factores naturales y sociales que intervienen en el espacio (Dolman A.J, et al 2003). Además, los modelos que se utilizan en estos estudios, son usados para desenmarañar el complejo cuadro de factores socio- económicos y biofísicos, que influyen en la tasa y diseño espacial del cambio de uso de suelo, así como el impacto de este cambio. Muchos de ellos, tiene la capacidad de hacer prospectivas del desarrollo del suelo en el futuro (Dolman A.J, et al 2003).

5. AREA DE ESTUDIO

Ubicación: El Rancho San Bernardino se localiza en el municipio de Agua Prieta en el estado de Sonora, sus coordenadas extremas del municipio son 31° 20' N, 30°43' S de latitud norte; al E108°41' y al W 109° 42' (INEGI, 1998). Las coordenadas del Rancho pertenece al siguiente polígono (cuadro 12):

Latitud	Longitud
31°17'42.42" N	109°17'19.20" W
31°17'33.80" N	109°11'13.47" W
31°19'53.75" N	109°11'10.26" W
31°19'55.62" N	109°18'18.95" W
31°16'14.96" N	109°16'52.24" W
31°15'57.33" N	109°11'07.80" W

Cuadro 12 Coordenadas del rancho. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Los dos últimos puntos son aproximados, dado que no se pudo recorrer la totalidad del territorio, por la falta de tiempo. El área total del Rancho es de 84,340,587.355 m² (Ver mapa de coordenadas extremas).

Fisiografía: Se ubica dentro de la Sierra de San Luís en el interior de la Provincia de la Sierra Madre Occidental (abarca los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Sinaloa, Nayarit y Zacatecas) y a la subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte, notándose estas topofomas. (INEGI, 1998), por lo que tiene fuertes contrastes altimétricos, la mayoría de sus corrientes nacen en la Sierra Madre Occidental. Esta provincia se extiende en el área fronteriza con Arizona, en Estados Unidos y termina en el Río Santiago en Nayarit, donde se conecta en el Sistema Volcánico Transversal. Constituye un importante sistema montañoso de origen ígneo, volcánico en su mayor parte; la sierra se levanta hasta los 3,000 msnm con una región escarpada orientada al occidente; hacia el oriente, la sierra desciende a una región con grandes mesetas.

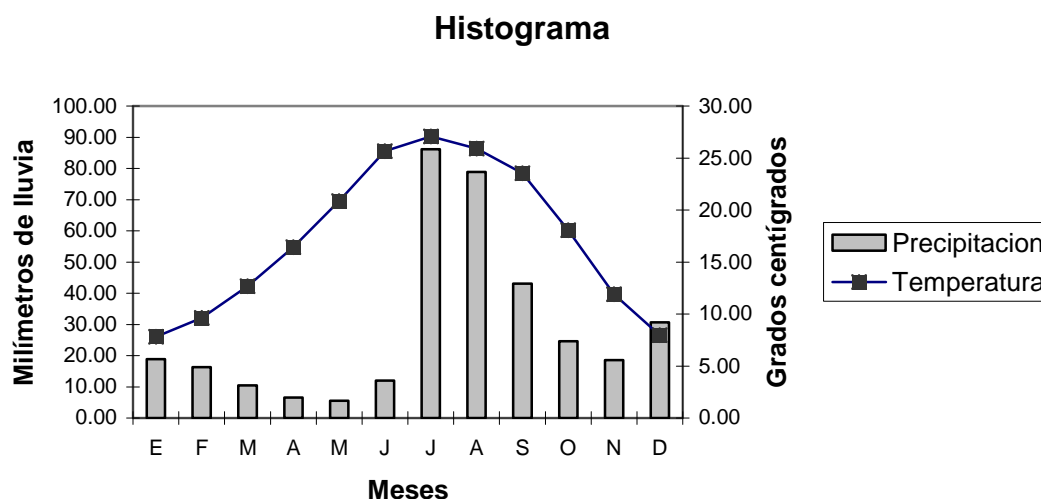
Hidrología: El río es el Silver Creck o San Bernardino, perteneciente a la cuenca del Río Yaqui (INEGI, 2007), en la región hidrográfica de Sonora Sur, se

extiende desde Agua Prieta hasta Yávaros, prolongándose por Chihuahua, ocupa 63.64% de la superficie estatal. El río Yaqui es de uso agrícola, poco pecuario, doméstico e industrial (INEGI, 2005).

Geología y Edafología: La roca es intrusiva de tipo riolita o toba ácida (INEGI, 1998) que data del tiempo geológico entre el terciario y cuaternario. La roca presenta minerales cristalizados, que son equivalentes al granito, es decir cuentan con cuarzo al 20% al 60 % de la roca, feldespatos del 35% al 100% y oligoclasas del 10% al 65%. Su aspecto es muy uniforme o presenta estructura fluidal, se caracteriza por tener sílice, aluminios, óxido de sodio y bajos contenidos en óxidos de hierro, magnesio y calcio, dando suelos de colores claros (Gispert, 1999) de tipo *regosoles eútrico* con una textura gruesa a media (INEGI, 2004); por lo que la porosidad favorece a las plantas, debido a que es permeable y reducen la lixiviación. Estos suelos tienen un pH que puede variar entre 6 al 8.5 (Rzedowski, 1986), los cuales son materiales sueltos sobre la capa dura de la tierra con alta saturación de bases (Ortiz, 1994) y bajos contenidos de materia orgánica y los nutrientes se hallan en abundancia (Rzedowski, 1986). Este suelo es procedente a materiales no consolidados, son una susceptibilidad a la erosión de moderada a alta; posee un horizonte A claro, con muy poco carbono orgánico, demasiado delgado, duro y macizo a la vez cuando se seca y no tiene propiedades sálicas. Este subtipo tiene un grado de saturación del 50% o más en los 20-50 cm. superficiales y sin presencia significativa de carbonato de calcio (Arriaga y et al, 2000). Este tipo de suelo pueden ser de origen piroclástico, resultado de actividades volcánicas recientes y que han sido transportados por el viento; en los cuales la acción del clima y la biota no han podido actuar por mucho tiempo.

Clima: El desierto Chihuahuense se encuentra bordeado de los climas BS (Seco estepario), pudiendo ser una transición con los BW (Seco desértico), puesto que se localiza a altitudes menores a 1,500 msnm.

La estación más cercana al rancho, localizada en Agua Prieta, Sonora, sus coordenadas son latitud 31°19'37" N y longitud 109° 32' 28" W y con una altitud de 1220 msnm. En donde predomina el clima de tipo Seco Desértico con régimen de lluvia en verano BWw (Maderey, 1982) con una temperatura promedio de 17.3° C. El mes más frío (enero) es de 7.8°C y el más caluroso es de 27.1° C (julio) y una precipitación promedio de 310.4mm, muestra una canícula casi imperceptible en los meses de septiembre a noviembre (véase gráfica 2).



Gráfica 2: Histograma: Datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua, Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, de la Estación Meteorológica de Agua Prieta, Sonora. Los datos requeridos fueron Medias Mensuales en Precipitación y Temperatura del periodo 1961-2006. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Vegetación: Según Rzedowsky en 1986, esta zona pertenece a la provincia fitogeográfica de la Altiplanicie, que se extiende desde Chihuahua y Coahuila, hasta Jalisco, Michoacán, Estado de México, Tlaxcala y Puebla, en el cual incluye la porción de Sonora, Nuevo México y Texas (Rzedowsky, 1986).

El desierto Chihuahuense se encuentra constituido por un matorral espinoso y formaciones vegetales leñosas (Grenot, 1981). Este es un semidesierto cálido con lluvias veraniegas a 1,200 msnm (Grenot, 1981). El número de especies endémicas

es muy considerable y su abundancia es favorecida por su diversidad de substratos geológicos (Rzedowsky, 1986).

La vegetación que se encuentra en la Sierra de San Luís se distingue parches de bosque maduro de extensión reducida y vegetación riparia de importancia ecológica que tienen un valor de conservación de dos puntos según CONABIO (Arriaga, 2000).

Los principales tipos de vegetación y uso de suelo representados en la región, son:

- o Pastizal natural, (constituido principalmente de gramíneas) es de 55% de la superficie.
- o Bosque de encino es del 17% de la superficie.
- o Matorral desértico es del 10% de la superficie.
- o Bosque de pino es del 7% de la superficie.
- o Agricultura, pecuario y forestal es de 6% de la superficie.
- o Otros son 5% de la superficie (Arriaga et al, 2000).

La vegetación es de Bosque de Pinus y Quercus; las especies predominantes son *Pinus ponderosa*, *P. coulteri*, *Quercus emoryi*, *Juniperus monosperma* (t scate) en las parte altas, Matorral de *Larrea tridentata* (gobernadora), *Prosopis juliflora* (mezquite), *Cercidium microphyllum* (palo verde), *Jatropha cinerea* (Sangrado),   pastizal: la especie más común es *Eragrostis intermedia* (zacate) en las planicies. (INEGI, 2005). Según por el tipo de suelo soportan comunidades vegetales escasamente desarrolladas con pastos aislados, que forman macollas o plantas herbáceas perennes e inclusive leñosas postradas.

El buen estado de conservación de praderas y serranos, permiten mantener grandes poblaciones de perritos de la pradera (*Cynomys ludovicianus*). También es

un área de anidación de *Aquila chrysaetos* y *Athene cunicularia*, además de ser un lugar apto de anidación de aves de pastizal (Arriaga et al 2000).

Las especies en peligro de extinción son representantes de la pradera norteamericana: bisonte, berrendo, venado bura, halcón de la pradera, puma. Aunque es el único lugar considerado con buenas posibilidades para la sobrevivencia del hurón de patas negras (*Mustela frenata*) y perrito de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) (Arriaga et al, 2000).

Fauna: La riqueza específica de la Sierra de San Luís- Janos que se localiza en la zona de estudio es de valor medio (Arriaga et al, 2000) las especies significativas son: *Cynomys ludovicianus* (perrito de la pradera), *Erethizon dorsatum* (puercoespín norteamericano), *Ursus americanus* (oso americano), *Taxidea taxus* (tejón), *Charadrius montanus* (chorlo llanero), *Aquila chrysaetos* (águila real), *Haliaeetus leucocephalus* (águila calva), *Athene cunicularia* (mochuelo escavador), *Rana chiricahuensis* (rana chiricahua), *Bufo debilis* (sapo verde), *Phrynosoma cornutum* (falso camaleón texano), *Mustela frenata* (hurón de patas negras), *Antilocapra americana* (berrendo), *Vulpes velox* (zorra desértica), *Odocoileus hemionus* (venado vura), *Puma concolor* (puma), *Sciurus aberti* (ardilla Albert), *Euptilotis neoxenus* (trogón orejón) y *Meleagris gallopavo* (guajolote silvestre). Sin embargo su nivel de endemismo es bajo, aunque con especies de gran importancia ecológica por ser especies clave que mantienen el ecosistema como es el berrendo.

Sin embargo, la población humana ha inducido el establecimiento de pasto buffel (Arriaga et al, 2000). Los tendidos de energía eléctrica pasan sobre las poblaciones más grandes de perritos de la pradera y ocasionan que las aves rapaces se electrocuten con los cables de luz eléctrica, por lo que se provoca el desequilibrio del ecosistema, ya que estas especies son claves. Los perritos de la pradera son envenados por ser un peligro para el cultivo de papa, debido a que han acabado con

un tercio de la población de estos animales, igualmente existe caza furtiva de berrendos y osos (*Arriaga et al, 2000*).

En este ecosistema, suelen ser afectados por la actividad económica primaria de la ganadería, en el cual por el pastoreo del ganado bovino existe la introducción de pastos exóticos y la tala de la vegetación natural, que provoca zonas propensas a incendios.

Población En la cabecera municipal de Agua Prieta cuenta con 61, 944 personas, donde el 50.8% son mujeres y 49.2% son hombres (INEGI, 2005) La población más cercanas al rancho son Las Anitas, Correa de Palos (Dieciocho de Agosto), Potrero Seco, Rancho Gallardo y Las Eloísa (Papalote). Su distancia en línea recta al rancho San Bernardino y su población son los siguientes (Cuadro 13):

Localidad	Coordenadas	Distancia (en metros)	Población
Las Anitas	109°19'11"W 31°18'41" N	3,961.21	4
El Potrero Seco	109°10'08"W 31°19'07"N	10,895	8
Dieciocho de Agosto	109°16'14"W 31°14'18"N	9,882.4	43
Las Eloisas	109°22'14"W 31°13'42"N	13,868	1
Rancho Gallardo	109°23'40"W 31°18'35"N	10,953.77	3

Cuadro 13: Distancia, localización y población de las localidades más cercanas. INEGI 2007. Modificado por Anabell Pérez Flores

Estas localidades no causan un impacto directo a la zona, sin embargo, el perjuicio que puedan ocasionar estas, se observará durante el trabajo de campo, ya que es una zona rodeada de ranchos ganaderos y de paso de personas, sin olvidar el daño que sufrió en la antigüedad, siendo relevante para la restauración.

El uso potencial del suelo no es apto para la agricultura (INEGI, 2005), que puede ser por la composición de la roca madre. Su aprovechamiento es de vegetación

natural por ganado caprino (INEGI, 2005). En cambio el uso del suelo es agrícola de riego (INEGI, 2005) por lo que la degradación es intensa porque el suelo no soporta esta vegetación. En el municipio el 6.66% de la población migra, en donde 4,885 personas se dirige a otra entidad y 657 personas a otro país (INEGI, 2005).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Trabajo de Gabinete

Este trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto Nacional de Ecología de SEMARNAT, en la DGIOCE (Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas) a cargo del Dr. Edward Michael Peters Recagno, asesor de esta tesis.

Consistió en el uso de las imágenes de satélites en el software de ERDAS y Spring, así como la consulta de cartografía digital, editada por INEGI escala 1:250,000 y 1:50,000, en donde se efectuaron análisis de elementos físicos que modifican la estructura vegetal o factores humanos que intervienen en el medio.

Este análisis se hizo de forma no supervisada, sin embargo la escala de detalle del objeto observado no era factible, por lo que los resultados pueden cambiar, en el sentido que la respuesta espectral logra ser distinta a lo que en realidad se encuentra en el espacio real, entonces se requiere llevar a cabo el trabajo en campo, para verificar datos que arrojen las imágenes de satélite, así como los resultados obtenidos son la base científica que hagan una investigación más confiable.

Materiales:

Cartografía INEGI: *Serie I:* (elaborada en 1968-1986) es a escala de 1:250,000 para toda la República Mexicana y a una escala 1:50,000 para algunas partes del país, la cual se obtuvo de la interpretación de fotografías aéreas, así como de un trabajo dinámico de campo aproximado 10,000 sitios de verificación. Comprende de 300 categorías, que se sustentan en criterios de fisonomía florística, fenología y estado de preservación, pero no se realizó bajo una visualización cuantificable de confiabilidad (Zaragoza, 2006).

Serie III (elaborada en el 2000-2002). Fue la actualización de la serie II a partir de la interpretación visual sobre imágenes Landsat 7 ETM. Dicha interpretación se logró con el apoyo de verificación de campo que abarco del 2002-2004. La serie III muestra la ubicación de distribución y extensión de los diferentes ecosistemas: vegetación y agrícola. Solamente se encuentra en formato digital (Zaragoza, 2006).

Método

En el trabajo de Gabinete, también se compiló la información pertinente como: clima, fauna, flora, edafología, geomorfología, geología, uso potencial del suelo, uso del suelo, población, cartografía y legislación.

Delimitación del área de estudio: Se utilizó cartografía topográfica escala 1:250,000 editado por INEGI en 1981, por carecer de cartas impresas 1:50000 de la zona, con ello se calcularon las coordenadas cercanas a la zona de estudio, posteriormente en campo se obtuvo la localización del polígono de rancho con ayuda del GPS, por medio de la georreferenciación. Después se llevó a cabo, el análisis de las imágenes, en donde este sistema de coordenadas se estableció en las composiciones a color, y así pudieron establecer puntos de control, para conocer las características de la vegetación, de acuerdo a la respuesta espectral de la imagen.

Procesamiento de las imágenes: Consistió en el manejo de las imágenes dentro de en SIG, Spring versión 4.3.2. El corte de la misma se elaboró con el programa ERDAS y Arc Map, en el cual se requirió el trabajo obtenido en campo, con el fin de utilizar las coordenadas extremas y obtener el polígono del rancho y poder elaborar la zonificación ambiental.

Clasificación por objetos y segmentación: En el programa Spring 4.2 se elaboró la segmentación, en el cual es una forma de clasificar la respuesta espectral por tamaño de píxel (figura 6).

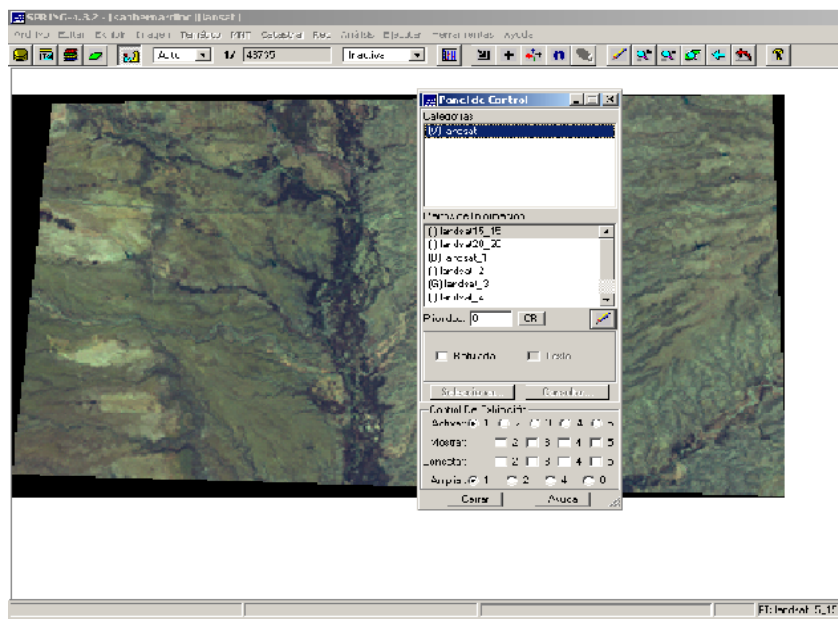


Figura 5: segmentación. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Iturriarte (2007) menciona que la segmentación depende:

- Atributos espectrales: por ejemplo los índices de vegetación
- Atributos espaciales: área
- Atributos textura.

En las imágenes que se están utilizando se llevó a cabo primero un índice de vegetación (NDVI *por sus siglas en inglés*) en el programa Erdas, ya que dependiendo de la curva de reflectividad que tenga la vegetación (hojas, estructura del dosel y de su orientación) proporciona la energía irradiada del suelo al sensor, por lo que este programa clasifica los tipos de vegetación que se encuentre y zonas propensas a la erosión.

Las modificaciones al sistema de clasificación ocurren a menudo mientras procede el mapeo. Los polígonos (unidades) representan varios niveles de la

organización de la información de la vegetación, en otras palabras el sistema clasificatorio se expresa en una leyenda anidada con varios niveles de resolución.

El mapeo de la vegetación requiere de una combinación de conocimiento y experiencia en varias disciplinas, técnicas cartográficas y de fotointerpretación, como son reconocer las texturas, tonos, patrón, asociación, forma, tamaño, sombra y sitio. La clasificación por análisis digital permite un proceso de razonamiento numérico y la aplicación de métodos de análisis multivariado.

El atributo espacial es el área del rancho que es de 84, 340,587.355 m², por lo que no se logró una clasificación muy detallada, porque el trabajo de campo que se elaboró, no proporciona toda la información necesaria.

Por último, la textura que se tenga en el terreno, proporcionará una clasificación más detallada, por lo que el escarpe del lugar hace que la reflectividad sea distinta, debido a la pendiente, que tenga mayor o menor humedad (barlovento o sotavento) o la radiación solar en la que estuvo presente a la hora de tomar la imagen, puede provocar errores o cambios en el proceso.

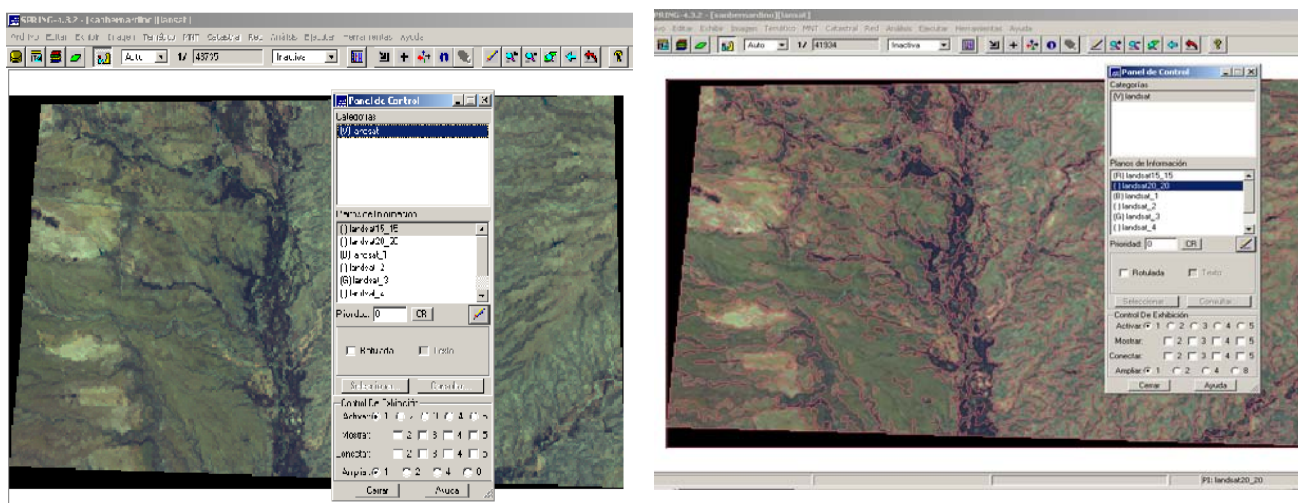


Figura 6 y 7: Generación de objetos. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Edición cartográfica: Tras la generación de objetos (figura 7 y 8), el siguiente paso es el de clasificación de esos objetos en clases con significado concreto. La idea tras esta segunda colección de algoritmos, es agrupar el objeto en distintas clases, en base a sus atributos y características (Iturriarte, 2007), cada uno con atributos espectrales distintos, por ello para poderlos clasificar se utilizó el programa Arc View.

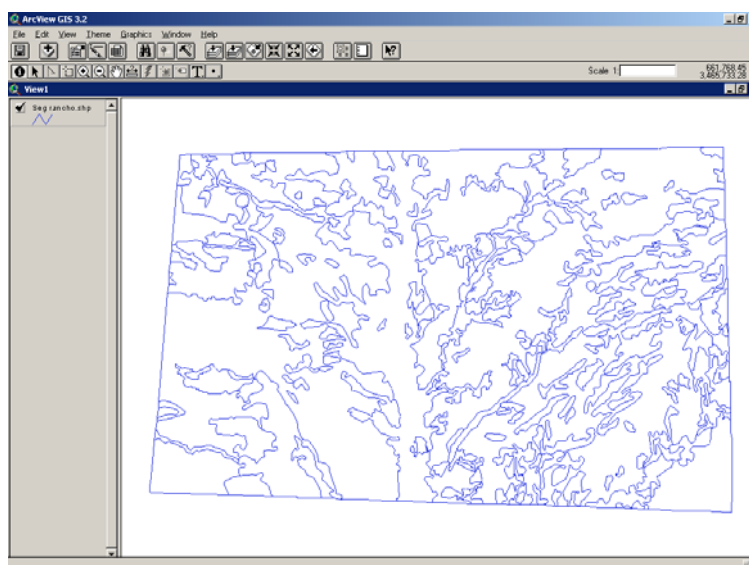


Figura 8: depuración. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Arc View permitió limpiar la sobresegmentación o sea la depuración de líneas, ya que dos respuestas espectrales pueden pertenecer a una misma característica en el espacio geográfico. Este ejercicio se llevó a cabo con la ayuda del diagnóstico ambiental, el trabajo en campo y cartografía existente (INEGI, serie I y III), representándolas sobre la imagen, la cual permitió distinguir para cada una la respuesta espectral, al final la clasificación se convirtió en la leyenda.

El resultado de este proceso se denomina regiones de entrenamiento, los cuales son totalmente diferentes debidos a los atributos (Iturriarte, 2007). Los atributos fueron descargados en una tabla en el programa de Arc View, para que cada polígono sea identificado con un tipo de vegetación y una política del territorio.

Al final, este mapa obtenido, se editó en el programa Arc Gis, ya que facilita la interacción con la información y la presentación puede ser más amplia que en Arc View. Se elaboró la leyenda final, con los colores correspondientes al tema a tratar de vegetación y políticas de manejo o conservación, con el fin de que se observara la relación entre ambas.

Integración de la base cartográfica: Por lo tanto se obtuvieron dos mapas, uno en el cual se midió los tipos de vegetación y el otro los tipos de políticas a aplicar en el rancho, en diferentes escalas, ya que se hizo el mismo tratamiento para las dos imágenes, Spot y Landsat. Se utilizó la última, ya que permite observar hasta el nivel de formación o tipo de vegetación a una escala de 1:500,000 a 1:250,000.

6.2 Trabajo de campo:

Los materiales que se utilizaron en campo son los siguientes:

- Libreta de campo
- Flexómetro
- Pica
- Diurex
- Papel pH
- Agua destilada
- Clavos de 15"
- Navaja y hacha
- Calculadora
- Juego de Geometría
- Hilo cáñamo (un rollo)
- Cámara fotográfica
- Plumones
- Imagen de satélite y cartografía base
- Plomada
- GPS

- Diskets
- Guantes de carnaza

Este consistió en la verificación de datos que no eran fácilmente observables y medibles en las imágenes de satélite, por medio de análisis estadísticos de muestreo, suelo y otros elementos del lugar.

Se llevó a campo una imagen de satélite escala 1:75,000 de vegetación y geológica, el tamaño se eligió debido a que se desconocía el lugar exacto, por lo que primero se obtuvieron los puntos extremos del rancho con ayuda del GPS, se descargaron los puntos en la carta y se elaboró un plano escala 1:10,000 en donde contiene el polígono y las distancias de punto a punto, después se dividieron en transectos de 20 cm. por cada lado con la razón:

$$1\text{km} = 50\text{m}$$

Si el rancho de un lado media 1km se hacía el caminamiento a 50 m. Posteriormente se enumeró cada intersección del transecto con números aleatorios 461 puntos para el censo, sin embargo la finalidad era el muestreo, por lo que se obtuvieron números aleatorios con la calculadora y se obtuvieron 281 puntos, sin embargo la extensión del rancho y el propósito de algunos puntos se tuvo que hacer modificaciones al mismo, tanto en los lugares como en el número, ya que al finalizar la estancia en el rancho se conocieron los puntos extremos, por lo que la accesibilidad y el tiempo fue un inconveniente.

Cada punto se obtuvo latitud, longitud y altitud con el GPS, la descripción del lugar, la muestra de vegetación y fotografías donde hubiera cambios importantes en la cubierta vegetal, deterioro ambiental, así como cuerpos de agua. Se inició cerca de la casa en forma radial para facilitar la accesibilidad, debido a la extensión del rancho. Además en algunos puntos se midió el pH del agua y la erosión en suelos descubiertos, para elaborar una prospectiva a futuro de la lixiviación en temporada de lluvia y la contaminación del agua respectivamente. También se utilizaron tres

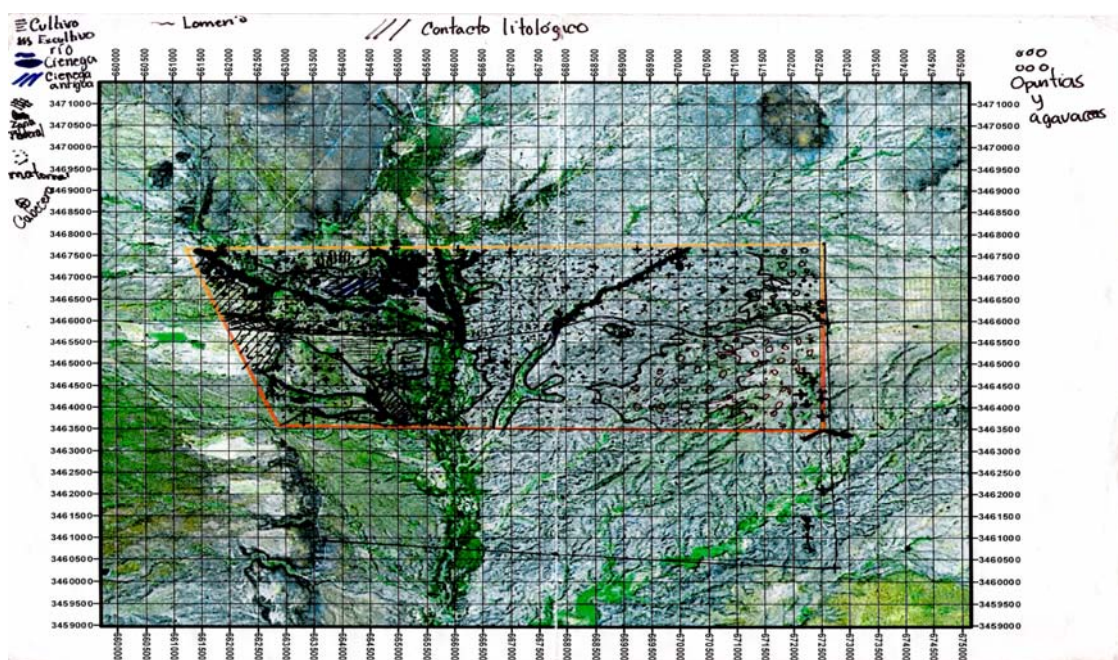
transportes que facilitaron la movilidad en el rancho. Los datos obtenidos se iban anotando en la imagen de satélite y se fueron anotando en un concentrado que fue el siguiente:

Puntos	Latitud	Longitud	Altitud	Características	pH	Fotos	Especies	Erosión	Estrato

Donde:

- a. **Puntos:** nombre o número que se le dio para identificarlos.
- b. **Latitud, Longitud y Altitud:** coordenadas geográficas que se utilizaran para las imágenes de satélite.
- c. **Características:** Características de los Puntos, degradación, construcciones o variaciones del espacio geográfico que se muestreó.
- d. **pH:** pH que se midió en la ciénegas y suelo.
- e. **Foto:** fotografías que se tomaron en cada lugar de la muestra, la cual se ordenaron por disco y número de fotografía.
- f. **Especies:** Especies de la vegetación que se tomaron en el lugar.
- g. **Erosión** Muestra que se tomo en algunos lugares.
- h. **Estrato** dosel de la vegetación en metros.

La estancia en el Rancho fue de un mes, en la temporada de lluvias (agosto), las horas en que trabajaron en cada punto sería de 8:00 a.m. a 12:00 a.m. y de 16:00 a 18:30 p.m., por tener cada cuadrante muestreado, debido al estado del tiempo que dificultó el trabajo (véase mapa trabajo de campo).



Mapa de Trabajo de campo: Zonificación que se efectuó durante la estancia del Rancho, tomando en cuenta las características de vegetación, geológicas y de alteraciones efectuadas por el ser humano. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Los objetos de estudio que permiten valorar la degradación ambiental que está sujeta el Rancho se midió de la siguiente forma:

En los problemas socioeconómicos se utilizó tomaron fotografías de cualquier indicio de degradación antrópica (basura, huellas de automóviles, senderos, construcciones) y se preguntó a los empleados del rancho, debido a la dificultad de aplicar cualquier instrumento de medición (encuesta), por lo que solamente fue observable el fenómeno de la migración.

La medición de la erosión se hizo por medio de la observación de las imágenes de campo, donde se detectaron las zonas con este problema. Para obtener el muestreo, se llevó a cabo de la siguiente forma: se utilizaron unos clavos de 30cm de largo con rondanas holgadas que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos rectangulares, de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente (Anaya et al, 1991).



Fotografía 1: Muestra de Erosión del Suelo. Fotografía Anabell Pérez Flores

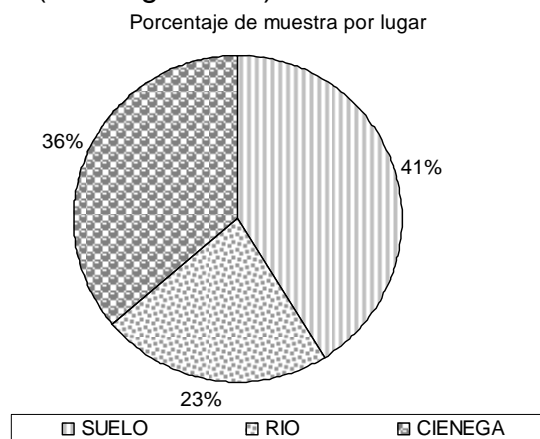
El propósito de las rondanas es marcar cortes en el terreno ocasionadas por la erosión y de esta forma medir el espesor de la capa del suelo perdida a intervalos de tiempos regulares (diarios) (Anaya et al, 1991). Sin embargo en campo solamente se hicieron tres transectos como muestra prueba, ya que se desconocía la metodología.

Las zonas que se escogieron son desprovistas de cubierta vegetal, con pendiente de 50°, por lo general en las laderas de las ciénegas y del Río San Bernardino, debido a que se observó la degradación de los suelos, por la acción antrópica que ha existe y hubo en el Rancho.

Se instalaron clavos de 10" en dirección perpendicular a la pendiente, con distancia de un metro, unidos por una cuerda de hilo cáñamo (véase fotografía 1) y se dejó durante la estancia en el rancho (un mes), al término se regresó a los lugares y se midió la pérdida o ganancia de suelos, con el fin de hacer una prospectiva a futuro, que pudiera afectar a las ciénegas o al curso del río, si se continuara con la degradación actual.

También se midió el Potencial de Hidrógeno, con papel pH y agua destilada, en donde esta tiene un pH neutro y no altera la muestra, se tomo tanto en ciénegas, ríos y suelo de la zona de estudio en forma aleatoria. Se anotó en la tabla de concentrado y se elaboró una gráfica de incidencia, con el fin de observar la saturación de sales, lo que es una forma de observar la desertificación de los estratos, ya si la vegetación no es alterada, el pH será neutro o ácido, en cambio en zonas con erosión se encontrarán costras de caliche por la evaporación de agua y el afloramiento de sales.

La muestra se tomó (véase gráfica 3):



Gráfica 3: Muestras del lugar. Elaborado por Anabell Pérez Flores

El pH es un indicador de degradación del espacio geográfico y que mejor en cualquier cuerpo de agua y el suelo, que son factores físicos que son modificados fácilmente por la acción antrópica y en donde si varían su pH, pueden alterar la vida que habita en este nicho. También es factible, ya que se puede dar formas de manejo, con el fin de aprovechar estos recursos.

Para las variaciones de vegetación en la zona se obtuvo una muestra de flora en cada punto de control y se anotó la altitud del estrato con ayuda de un flexómetro para estratos arbustivos y para estratos arbóreos se utilizó un transportador con una plomada, para que marcara el ángulo tangencial de la punta del árbol al visor y con una calculadora científica se obtuvo la altitud aproximada.

Esto se registró en una libreta, además se colectaron 271 ejemplares de las especies predominantes de vegetación, lo cual consistió en cortar y pegar una muestra de la cobertura principal de cada lugar visitado, posteriormente se identificaron por especie, por los especialistas: los doctores Thomas R. Van Devender, Anna L. Reina-G del museo de Arizona en Estados Unidos.

La bióloga Ana Margarita Pichardo Ramírez del Herbario de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza- UNAM, en donde se pudo clasificar las muestras hasta familia, por el tipo de colecta que no permitió determinarlas hasta especies, ya que el traslado y el material y la forma que se colectó no permitieron ser específicos.

Posteriormente se llevó a cabo un análisis de frecuencia, que permitirá analizar las especies con mayor importancia en la zona, que pueden ser propias del lugar o introducidas, así como el análisis de estrato arbustiva para poder observar si es un ecosistema sano o enfermo. El análisis de frecuencias se lleva a cabo dividiendo las frecuencias absolutas entre el total de observaciones, llamada frecuencia relativa (Infante S. y et al, 2005).

7. Resultados

7.1 Percepción remota

La degradación ambiental, los fenómenos físicos, biológicos y humanos pudieron ser analizados, por medio de las imágenes satelitales, en un momento determinado, que permitieron reconstruir su historia y conocer las causas y consecuencias de su deterioro.

La resolución permite conocer las características de la imagen dependiendo el sensor que se utilice en el trabajo. En esta tesis la resolución espacial nos ayudó a obtener la escala que se necesitaba, ya que el sensor Spot nos hacia la imagen con una escala mayor y la Landsat con una escala menor, por lo que ocurría la sobre segmentación en la primera, siendo poco útil para crear el mapa de políticas del territorio, que nos ayudó a tomar decisiones de su conservación.

La resolución espectral me ayudó a la facilitar la interpretación de la imagen desde el punto de vista del algoritmo que se use, como el índice de vegetación que son operaciones que distinguen atributos de los píxeles y que son objetos en el espacio geográfico, por eso se escogió la Landsat que tiene mayor cantidad de bandas espectrales que la Spot, incluyendo la banda del infrarrojo cercano, que facilitó para el mapa de vegetación.

La resolución radiométrica es la cantidad de bits, que es la unidad más básica de la imagen, entre mas grande sea este, será menos detallada, por lo que los objetos no se diferencian fácilmente. La imagen Spot es más detallada que la Landsat y con la primera imagen ocurrió la sobresegmentación, lo cual no era el propósito para el trabajo, siendo un motivo para escoger la imagen Landsat.

La resolución temporal la escoge el investigador, ya que depende del día y la hora que se tomo la imagen, este puede ser distinto, dependiendo el ángulo que se

tomó la imagen, del sensor remoto y de la órbita que lleve alrededor de la tierra, resultando las formas de teledetección.

Esto conlleva a la curva de reflectividad que depende de cómo se comporten los elementos de espacio geográfico (suelo, agua, vegetación) con la intensidad de la energía que aporta el sensor remoto, en este caso la vegetación en el satélite Spot, se observó en la banda 3 y 4 del infrarrojo próximo y en el Landsat en la bandas 4 y 5 que abarca el infrarrojo próximo y medio dependiendo las características de la flora, por lo que se observó en colores rojo claro a intenso. En las zonas desprovistas de vegetación o con suelos descubiertos en el Satélite Spot se observó en la banda 2, y en la Landsat en la banda 5 a 7, 8 (infrarrojo medio), por lo que reflejó en color blanco, por último el agua se observó en la banda 1 en el Spot y en el visible (1,2, y 3) en el Landsat, que depende la calidad del agua. En la interpretación se apoyó con el trabajo de campo y son fotografías para confirmar la respuesta espectral, así como conocer las condiciones ambientales y geográficas que existen en el lugar, como morfología, hidrología, clima, edafología, etc. que hacen variar los resultados obtenidos, por ejemplo la aridez edafológica de pendientes mayores a 10° que existen en las mesetas que se localizan al Este del rancho o la zona del Río San Bernardino que contiene mucha humedad.

En el proceso de la segmentación, las ventajas son las siguientes:

- Se define la resolución o escala a la cual la segmentación es óptima para trabajar, en el cual se llevó a cabo desde una resolución a 10 metros hasta 70 metros, tanto en la imagen Spot como en la Landsat, con el fin de lograr una clasificación más general, debido al tamaño del Rancho y el trabajo en campo que no fue exhaustivo, por el tiempo que se tuvo y no se consiguió recorrer por completo. Con este problema, se utilizó la imagen Landsat con una segmentación a 15 m., y posteriormente se depuró los polígonos en el programa de Arc View, para que quedara más limpio el proceso.

Sin embargo, las desventajas del proceso son:

- ❖ Existe subsegmentación que depende de la homogeneidad de la imagen y del trabajo que se deseé hacer, en este caso se buscaba que la imagen tuviera pocos polígonos, para poder llevar a cabo la clasificación de vegetación.
- ❖ La sobresegmentación que ocurrió con la imagen Spot, que al efectuar la segmentación, elaboró varios polígonos, que hubieran sido imposibles de depurar.

De este proceso, se obtuvieron dos mapas uno de tipos vegetación y otro de políticas de manejo, que facilitó el conocimiento del estado de conservación del rancho, ya que la vegetación es el indicador principal de la degradación del medio y las políticas de manejo, la forma de actuar dentro del rancho, para lograr la protección, conservación, restauración y aprovechamiento mas adecuado del lugar.

Los mapas obtenidos fueron apoyados totalmente, por la visita al lugar y los estudios que se obtuvieron, así como de la cartografía utilizada, por lo que es de tipo no supervisada, que nos ayudó a clasificar los bits de la imagen.

Para elaborar los mapas fue necesario, un trabajo exhaustivo de gabinete y de campo, que facilitó el manejo de la información, la creación de los polígonos y su clasificación, ya que se debía de conocer el grado de deterioro que tuviera el rancho y su impacto con la vegetación. Por ello, el trabajo preliminar se llevó a cabo de forma manual, para tomar la decisión correcta, en cuanto a las políticas de conservación que se utilizarán en el rancho.

En cuanto a la leyenda se incluyeron por cada tipo de vegetación, una política de territorio, debido a que se analizaron varios puntos: el proceso de sucesión ecológica en su perturbación (suelo desnudo- pastizal), acciones que se han llevado

de restauración e importancia de conservación (Río San Bernardino y ciénegas), lugar de ocupación de asentamientos humanos fuera de la jurisdicción de los propietarios del rancho y factores ambientales que varíen las formaciones vegetativas, por ejemplo localización de los lomeríos y planicies. Esto se descargó en la leyenda con el fin de que el lector observara la relación en ambas y se el facilitara el manejo de los mapas.

Se escogieron estos tipos de vegetación por lo obtenido en campo, la base cartográfica y el material fotográfico existente. Lo recopilado nos proporcionó la información que se requiere para su clasificación, así como la respuesta espectral que hubo en la imagen, pensando a su vez en el grado de deterioro, porque la vegetación está sujeta a una sucesión ecológica donde el suelo desnudo se transforma en un pastizal, posteriormente ingresan otras formaciones vegetativas. También se pensó en las condiciones naturales en donde se desarrolla cada tipo de vegetación, planicie o lomeríos, humedad, pendiente, suelos etc. Por último se evaluó la política de manejo o conservación ambiental ecológica que debería de existir en cada una de los tipos de vegetación, pensando en su importancia ecológica y en las acciones que ya se han llevado a cabo.

Por último, la edición del mapa, en donde se sabe que la cartografía es arte y ciencia, por ello se debe de poder utilizar un software que proporcione estas habilidades al geógrafo. En donde se escogió Arc Gis porque se puede utiliza Arc View y Word para la conformación de un mapa que sea llamativo y fácil de manipular, además de ser la radiografía del espacio, por lo que las decisiones que se tomen sean respaldadas por una herramienta cartográfica, que nos sitúe en un espacio-tiempo correspondiente al tema a tratar.

De esto se obtuvo la cartografía, que se analizó el grado de degradación ambiental que se tiene en la zona, así como la vegetación que permite conocer las especies clave y las características de las formas de vida que existen. En las

imágenes de satélite, se observó que se perdió en su totalidad la cubierta vegetal original y fue substituido por pastizales ganaderos. Lo cual se podría introducir poco a poco la vegetación original, por lo que se aplicaría el reemplazo del ecosistema.

7.2 Zonificación Ambiental: tipos de vegetación (Ver mapa de tipos de vegetación).

El rancho tiene principalmente cinco tipos de vegetación, distribuidas de acuerdo a las condiciones naturales y del deterioro que han perneado en su historia biológica.

En primer lugar de acuerdo la disponibilidad del recurso agua, ya que la vegetación con mayor densidad y riqueza biológica se encuentra en los cauces de ríos, escorrentías temporales o ciénegas, desarrollándose un *tipo de vegetación riparia y rodeada de mezquite (prosopis)*, el cual puede tener una altura hasta de dos metros aproximadamente. Su ubicación se debe a que este tipo de plantas, donde las raíces pueden alcanzar grandes profundidades buscando los mantos acuíferos, por lo tanto en la cercanía de lo ríos se les facilita obtener este recurso, formando barreras a lo largo del cauce. Sin embargo no aguantan mayor humedad, ya que se pudren sus raíces, haciendo el agua inservible para el consumo humano y pudiendo ser nocivo para algunas especies, por lo tanto las represas del río provocan este problema.

El *matorral micrófilo* se encuentran en planicies donde el suelo es arcilloso y profundo, por lo que la humedad se retiene por la impermeabilidad de las condiciones edafológicas. Las raíces se desarrollan con facilidad y adquieren los recursos necesarios para su desarrollo, sin embargo su tamaño se debe por la estacionalidad en el año. Así como la pendiente menor a 10^0 , por lo que disminuyen su tamaño y su densidad, en este lugar se localizan la *Larrea tridentata*.

El Río San Bernardino es un parteaguas entre la densidad del matorral micrófilo abierto y cerrado (natural del desierto Chihuahuense), por su morfología y

edafología de la zona, que esta sujeta a la aridez ocasionada por una serie de lomeríos y al tipo de suelo arenoso, ya que su pendiente es mayor a 10° y la vegetación tiende a disminuir su tamaño, originando el *matorral micrófilo abierto*. La disminución de su tamaño permite no requerir de recursos mayores. Sin embargo puede ser importante ya que su inaccesibilidad permite el endemismo, la conservación y el crecimiento de otro tipo de matorral, por ejemplo opuntias y agaves, pero puede ser tan frágil a los elementos naturales del agua y viento, provocando la erosión de las paredes y la exposición de la roca madre, llegando a la desertificación, acelerado por el ser humano.

El *pastizal* es inducido por el ser humano en muchos casos. El rancho San Bernardino era de carácter pecuario, por lo que introdujeron pastos forrajeros, que fueron desplazando a la vegetación natural. En el rancho son solo manchones y con mayor probabilidad, de que el pastizal forma parte de una sucesión biológica, ya que los suelos quedaron desnudos el agente perturbador del medio, por lo que fueron ingresando este tipo de vegetación. Su distribución es de tipo anular a las zonas sin vegetación aparente.

Las *zonas sin vegetación aparente* son suelos desnudos por la acción del hombre, porque se desmontó el matorral que existía anteriormente, para ingresar pastizales u otro tipo de vegetación. En otros lugares han sido por el ensanchamiento de los cauces del río por efecto de las pendientes mayores a 10° y el uso de maquinaria para el trazo de caminos o en las acciones de restauración. También se debe mencionar el uso de espacios por la Secretaría de la Defensa Nacional, que quitó la cubierta vegetal para construir sus instalaciones a un lado de la carretera, quedando suelos totalmente desnudos.

7.3 Figuras legales

Tipos de Áreas Naturales Protegidas, sus Requerimientos y Factibilidad de implementar en el rancho San Bernardino, Agua Prieta, Sonora

Nivel	Tipos ANP	Requerimientos	Factibilidad
*Federal	Reservas de la Biosfera	<p>Se podrán determinar superficie o superficies mejor conservadas o no alteradas, que alojen ecosistemas o fenómenos naturales de especial importancia, flora o fauna que requieran protección especial y que sean conceptuadas como zona o zonas núcleo. En ellas podrá efectuarse actividades de preservación de los ecosistemas, investigación científica y educación ambiental, se restringe o limita los aprovechamientos que alteren los ecosistemas.</p> <p>Se podrá determinar la superficie o superficies que protejan a la zona núcleo del impacto exterior (zonas de amortiguamiento), en donde se podrán efectuar actividades productivas que en la comunidad se practiquen. Las prohibiciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verter o descargar contaminantes en el subsuelo o en cauces, vaso o acuífero • Interrumpir, rellenar, desecar o desviar los flujos hidráulicos <p>Realizar actividades cinégicas o de explotación y aprovechamiento de especies de flora o fauna silvestre</p>	El rancho San Bernardino no puede entrar en esta categoría, porque es una zona donde han ocurrido alteraciones antrópicas, por lo que no está intacto.
	Parques Nacionales	Solo actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de la flora o fauna y en general	El rancho San Bernardino puede ser incluido en esta categoría, ya que pertenece a una zona biogeográfica en particular, pero su uso debería estar inducido al turismo, lo cual no cumpliría con el propósito de crear zona de Conservación absoluta, pero se podrán efectuar acciones para aumentar la biodiversidad de flora y fauna.
		No tiene la variedad de ecosistemas, ni la superficie necesaria para ser incluidos en otra área de manejo. Solamente actividades relacionadas con su preservación,	En esta categoría, el rancho San Bernardino requiere contener un rasgo

	Monumentos Naturales	investigación científica, recreación y educación.	representativo para la población, como cascadas, cuevas, barrancas etc, que sean identificada por la población de Agua Prieta. Solo sería por el conjunto de Ciénegas, para pedir este tipo de de categoría y un régimen de protección absoluta. Su extensión si entraría en esta categoría, ya que no es exigente. Su uso deberá estar encaminado a la recreación, investigación y educación.
	Áreas de Protección de Recursos Naturales	Solamente actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológica.	El Rancho San Bernardino pertenece a una cuenca hídrica poco sobreexplotada (CONAGUA, 2001), que sería un recurso sumamente valioso para incluirla en esta categoría, sin embargo no es usada para el consumo de la población de Agua Prieta. Su uso sería conducido a la Conservación, Preservación y Aprovechamiento Sustentable, además del turismo, la investigación, la recreación y educación de los habitantes del Estado, lo cual entraría un pequeño sector de la población al lugar.
	Áreas de Protección de Flora y Fauna	Solamente actividades de preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento de las especies mencionadas, así como las	El Rancho San Bernardino pretende tener un equilibrio entre las especies de flora y

		relativas a educación y difusión de la materia. Podrá autorizarse el aprovechamiento de los recursos naturales a las comunidades que ahí habiten, sin embargo tienen que estar sujetas a la Ley o a la declaratoria.	fauna, por lo que sería un candidato para esta categoría. Su uso estará encaminado en la conservación absoluta.
	Santuarios	Se permitirán actividades de investigación, recreación y educación ambiental, compatibles con la naturaleza y características del área	El Rancho San Bernardino no contiene un ecosistema único y restringido, ya que lo comparte con el Desierto Chihuahuense. Tampoco contiene cañadas, vegas, grutas, cenotes o caletas que requieran ser conservadas y protegidas, sin embargo contiene relictos del mar antiguo que se desarrolló en el interior del país, que actualmente se distinguen por ciénegas o pozas, pero no tienen las características salobres que tal vez anteriormente presentaban y por lo tanto no puede ser incluidas en esta categoría.
	Parques Urbanos	Son aquellas áreas naturales protegidas de uso público, constituidas en los centros de población para obtener y preservar el equilibrio en los ecosistemas urbanos e industriales, entre los equipamientos e instalaciones respectivos y los elementos de la naturaleza, de manera que se proteja un ambiente sano, el esparcimiento de la población y valores artísticos, históricos y de belleza natural que se signifiquen en la localidad	El Rancho San Bernardino no puede incluirse en esta categoría; ya que no se encuentra en un centro de población, no contienen construcciones históricas o artísticas de importancia, pero si naturales. El uso sería de turismo después del Decreto, lo cual impediría la Restauración total de la zona y a los propósitos iniciales de los

Estatal			dueños, que es encaminar a las acciones dentro del Rancho a la Conservación y Protección Absoluta.
	Zonas Sujetas a Conservación Ecológica	Son aquellas áreas naturales protegidas, constituidas en zonas circunvecinas a los asentamientos humanos, en la que existen uno o mas ecosistemas en buen estado de conservación, destinadas a preservar los elementos naturales indispensables para el equilibrio ecológico y el bienestar general.	El Rancho San Bernardino tiene un ecosistema en Restauración, que es el desierto, pero no se encuentra cerca de un centro de población. Además la política del Gobierno Municipal no está destinada a preservar los recursos naturales para el bienestar general, por lo que el rancho no puede ser incluido en esta categoría.
	Servidumbres ecológicas	Constituidas mediante el acuerdo de dos o más propietarios de los predios que se pretenden someter a un régimen de protección, para limitar el tipo o intensidad de uso de uno o más de dichos predios, con el fin de preservar sus atributos naturales y bellezas escénicas.	Se desconoce que los ejidos vecinos al Rancho pretendan someter sus predios a un régimen de protección, por lo que no se podría por el momento incluirse el lugar en esta categoría.
	Reservas Rurales	Establecidas en terrenos ejidales o comunales que por sus condiciones biológicas o por sus ambientes no alterados significativamente por la acción del ser humano se destinan a la conservación, preservación y protección de tierras comunales.	El régimen de la tierra no es ejidal o comunal, por lo que no entra en esta categoría.
	Jardines Privados de Conservación o regeneración de especies	Conformado por una área de propiedad privada destinadas a la conservación o regeneración del germoplasma de variedades nativas de una región.	El Rancho San Bernardino entraría en esta categoría, ya que el propósito de los propietarios es que se utilice para conservación.
	Tierras sujetas a contratos de conservación	Constituidas en terrenos de propiedad privada o social a que los propietarios limitan el uso o constituyen cargas de carácter real con el objeto de conservar, preservar, proteger y	También sería candidato por los propósitos que tiene el Rancho.

		restaurar sus atributos naturales o ecológicos a favor de terceros.	
Municipal	No existe	No existe	No existe
**Privada	Área de Conservación de Tierras	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de predios • Elaboración de la línea base: Las herramientas de conservación privada que se han desarrollado por el programa, se fundamenta en el marco normativo vigente de nuestro país como: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente ✓ Códigos Civiles ✓ Leyes de cada estado ✓ Ley Agraria y para fideicomisos ✓ Ley general de títulos y operaciones de crédito • Negociación: Pronatura se pone en contacto con los dueños de los recursos y de la manera en la que reaccionan a estímulos externos que amenazan los recursos naturales, por lo crea un ambiente de confianza con la organización conservacionista. • Implementación de instrumentos legales de conservación Garantizar la conservación a largo plazo de tierras privadas y sociales que requiere de la creación de acuerdos o compromisos legales que sean vinculantes entre las partes y que pueden ser definidos legalmente, aún contra las acciones de otras personas que pretendan dañar los atributos naturales de los predios Cada herramienta es única e irreplicable y pretende adecuarse a las circunstancias, necesidades e intereses de uno de los propietarios <ul style="list-style-type: none"> ✓ Servidumbres Ecológicas ✓ Limitaciones de Uso ✓ Jardines privados de regeneración ✓ Usufructos ✓ Reservas Privadas y campesinas de conservación ✓ Fideicomisos de tierras ✓ Asociaciones civiles y Mercantiles ✓ Contratos de derechos de corte ✓ Comodatos 	<p>Para el sector privado y los dueños de los predios no pierdan sus propiedades, además que adquieran beneficios económicos del Rancho, PRONATURA, sería la opción viable para la conservación de sus recursos. Este programa favorece al Rancho en el sentido que se puede lograr conformar como una Reserva, con asesoría legal, técnica y con un plan de manejo a largo plazo.</p> <p>También, no existe problema alguno, en el sentido de las características, tamaño, localización del predio, nacionalidad de los propietarios. El uso posterior a la declaratoria como Reserva, en donde va estar coadministrada con la CONANP y además adquiriendo un apoyo a nivel federal por la protección de las tierras, sean de cualquier tipo y ecosistema.</p> <p>Este programa se acopla a las necesidades y aptitudes del rancho, para lograr los</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Donaciones. ✓ Lagados. ✓ Arrendamientos. <p>Contratos de Asociación en Participación y Concesiones de recursos naturales son herramientas para abogados, notarios y registradores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de Programas de monitoreo El monitoreo físico- biológico de cada sitio es indispensable para asegurarnos que los fines de la conservación se cumplan y que las limitaciones de uso, estén siendo respetadas por los propietarios • Elaboración del Plan de Manejo: Que permitan a los propietarios establecer acciones y lineamientos básicos para la conservación, protección y administración de las áreas sujetas a instrumentos desarrollados en el Programa. Todas estas actividades deben de estar estrictamente apegadas a los lineamientos y condiciones que se hayan establecido en el contrato de conservación. • Metodología de la Valuación El valor económico total de un área sujeta a conservación y manejo (bosque, selva, desierto u otro ecosistema) está compuesto por valores que se determinan a través del mercado y por otra serie de valores asociados con los servicios ambientales. Estos últimos no susceptibles para el mercado, por ello desarrollan una metodología de valorización económica que permita estimar el valor real de la conservación en tierra sujeta a esquemas de conservación y cumple con la siguiente función. • Dar el Valor de los Predios antes y después de la aplicación de herramientas legales de conservación. <p>Bases justificativas para la implementación de incentivos</p>	<p>acuerdos entre el Programa y los dueños, asesorados en el sentido legal y en las herramientas para la conservación de las tierras, así como un constante monitoreo físico y biológico para lograr que el uso de las propiedades sean respetadas.</p>
--	--	---	---

* A nivel federal, después de la declaratoria formaría parte de la nación.

**Se publicó el pasado 14 de diciembre del 2007, una iniciativa de ley en la cámara de senadores, que modifica la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en la cual incluía esta categoría a nivel federal, con la facilidad de no perder la propiedad los dueños, de recibir apoyo en cuestión de asesorías y retribución económica por parte del gobierno, la cual será de acuerdo al tipo de certificación expedida por SEMARNAT, por sus características físicas y biológicas del predio. Las obligaciones de los dueños, es mantener los objetivos de conservación dados por el plan de manejo que se incluya en el lugar y las disposiciones que marque SEMARNAT, en las asesorías, lo cual proporciona un valor agregado al uso del suelo. Además en esta menciona los requisitos que debe de presentar el propietario del mismo:

1. Nombre del propietario.
2. Documento que acredite la propiedad del predio.
3. Personas autorizadas para realizar actos de administración.
4. Denominación.
5. Ubicación.
6. Superficie.
7. Colindancias del área.
8. Características físicas y biológicas del área.
9. Estrategia de manejo con la zonificación del área y plazo, la vigencia no es menor a 15 años por la que se desea certificar.

En cuanto al certificado de SEMARNAT contendrá

1. Nombre del propietario.
2. Denominación.
3. Ubicación.

4. Superficie.
5. Colindancia del área.
6. Características físicas y biológicas generales.
7. Estado de conservación del predio (Gaceta del Senado).

Este tendrá vigencia mínima de 15 años, por lo que se vuelve una ventaja para el sector privado, ya que este se puede revocar o anular en el momento que se deseé, pero sería un perjuicio, si los intereses del propietario fueran permanentes, ya que este solamente se aplica a los que acrediten sus derechos sobre el suelo en donde se va establecer el Área Natural Protegida, por lo tanto este tipo de categoría, no contempla en caso de cambio de propietario o muerte del mismo.

Esta es una iniciativa del ley, por lo que aún falta que sea aprobada por el Congreso de la Unión y sea publicada en la Diario Oficial de la Federación, en donde incluirá la fecha de que entre en vigor para el país, que puede ser en todo el territorio en forma simultánea o de acuerdo al lugar donde se expidió la ley, cada 14 Kilómetros entra en funcionamiento (en representación radial). Por lo que aún no es aplicable y se requiere que se esté observando la publicación en los medios de comunicación o en el Diario Oficial de la Federación.

7.4 Zonificación ambiental: Políticas de Uso del Territorio (Ver mapa de políticas de uso de territorio).

Conjuntamente con el mapa de vegetación se pensó en elaborar las políticas de manejo o conservación. Este mapa muestra la distribución de las zonas de Aprovechamiento, Restauración, Conservación y Protección, así como sus combinaciones para lograr un ecosistema en equilibrio.

Las zonas de Protección se localizan con la vegetación riparia con mezquite, ya que son zonas mejor conservadas, las cuales pueden ser un banco de semillas natural o proporcionar servicios ambientales para las comunidades cercanas, sin embargo también pueden tener zonas degradadas, por ello se debe restaurar en las

partes perturbadas. Para después no tocarlas, ya que es el lugar donde mantiene el equilibrio del ecosistema y únicamente serán utilizadas para la investigación científica y monitoreo.

En cambio las zonas de Restauración pasiva con conservación se localiza donde el ser humano ha actuado en el espacio geográfico, por lo que se debe cambiar la forma de intervenir en el lugar. El uso de maquinarias pesadas o de intervención del ser humano aún con motivos de restaurar la vegetación, puede ser contradictorio, por lo que se debe de dejar que por si mismo recupere su estado natural, únicamente quitando el factor estresante. Con el fin de lograr la conservación de estas zonas, después de un tiempo.

Las zonas de restauración activa son zonas en donde se requiere intervenir con técnicas biológicas y de ingeniería para que el ecosistema logre sus condiciones anteriores al disturbio. Se recomienda que la restauración que se lleve a cabo en el Rancho sea en forma cuidadosa y precisa, ya que la vegetación que se incluya debe de ser propia del lugar sin introducir ajena, que sea perjudicial en un futuro. En ambos caso se trata de lograr la conservación en lugar.

En las zonas de restauración con conservación son en los pastizales, ya que que naturalmente se han ido estableciendo especies que en muchos casos no son propias del lugar, porque eran suelos desnudos o pueden llegar a serlos en temporada de sequía, por lo que se requiere un plan emergente de restauración y posteriormente de su conservación equiparlo con los alrededores.

7.5 Factores biofísicos (suelo, agua y vegetación) y socioeconómicos

En cuanto al Rancho, la lejanía de los centros de población provoca que no tenga afectación directa, sin embargo las acciones que se han efectuado a lo largo de la historia y actualmente se observan a su alrededor e intervienen en su restauración. Por ejemplo, la mina a cielo abierto con una profundidad de 5.7 metros, donde se

utilizó para la construcción de la carretera número 2 durante los años cuarentas, provocó en primer lugar el cambio de uso de suelo, donde se removió la cubierta vegetal nativa y en segunda parte, la destrucción total de los horizontes, por lo cual actualmente es una zona que no se ha recuperado, porque el suelo perdió su potencial y existe tan solo la vegetación inicial (véase fotografía 2).



Fotografía 2 Mina a cielo abierto. Tomada por Anabell Pérez Flores

Actualmente, la presión que existe en el Rancho es ocasionada por los ejidos que se localizan alrededor, en donde se dedican a la ganadería, esta traspasa los territorios y se alimentan de los pastos y de la vegetación del lugar. Además la carretera federal número 2 atraviesa el rancho partiéndola exactamente a la mitad, por lo que se convierte en una barrera geográfica para las especies, su reproducción y desplazamiento son mermadas.

Los problemas socioeconómicos que existen en el país provocan las altas tasas de migración ilegal de personas de distintos estados de la república hacia países desarrollados como Estados Unidos. En el Rancho la problemática provoca altos índices de contaminación y degradación del medio, ya que los desechos como la basura es un factor que altera las condiciones naturales del suelo, agua y vegetación del lugar, porque impide el crecimiento y desarrollo de las especies de flora,

contamina los cauces, imposibilita la oxigenación del suelo. Además de que es una zona de paso, notándose las veredas que quedan inhabilitadas para el crecimiento de la vegetación, por la compactación de los horizontes (véase foto 3).



Foto 3 Degradación por la basura, se encontró en el lugar: botes de plástico, latas, ropa, bolsas de plástico etc. Foto de

En la zona se encontró una serie de represas (gaviones) que mantienen la humedad de la zona en temporadas de sequía. Estos se construyeron a lo largo del lecho del río (San Bernardino y Silver Creek), con rocas volcánicas encontradas en el lugar (riolitas y basaltos) y alambre galvanizado en forma de rejillas, para provocar la filtración y seguimiento del cauce, a diferencia de las encontradas en el Silver Creek que son de cemento (véase foto 4 y 5).



Fotografía 4 represa del San Bernardino
Fotografías de Anabell Pérez Flores



Fotografía 5 Represa del Silver Creek

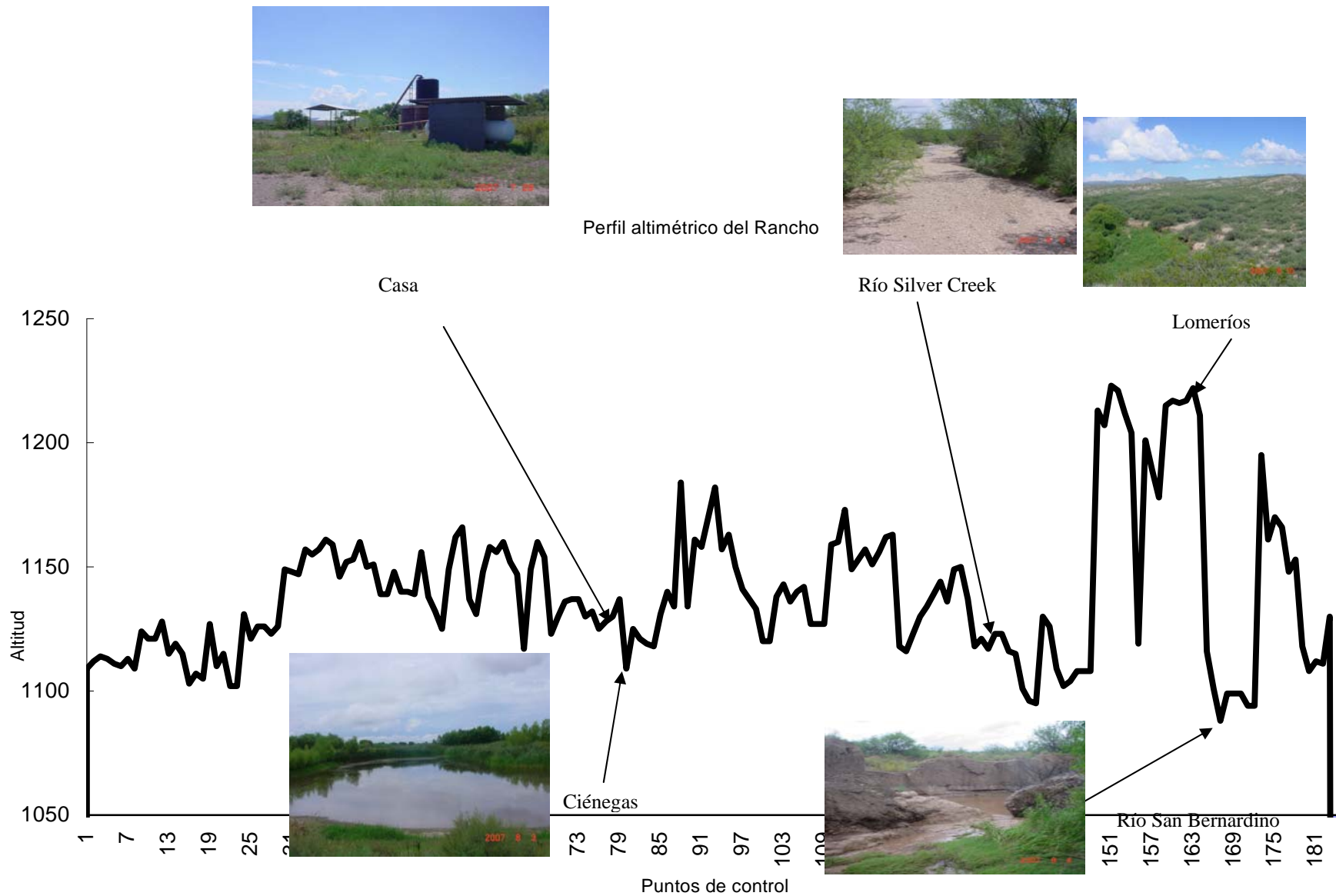
Sin embargo, el uso de los mismos puede ser perjudicial, debido a que el paso constante de maquinaria y deforestación para hacer los caminos, provoca la disolución de partículas del suelo, quedando expuestas a la remoción por el viento y agua, que se convierten en un cementante, por su alto contenido de arcillas.

Además al construir las represas, las especies que habitan en el cauce, empiezan a tener problemas en su ciclo reproducción, ya que no pueden regresar y quedan atrapadas en la temporada de sequía. También, el cauce del río es afectado por el uso de las represas, debido a que interfiere en su recorrido, por lo que busca las zonas más débiles de la roca, cambiando su dirección (véase foto 6).



Foto 6: Gavión que no fue utilizado por el cauce del río. Fotografía de Anabell Pérez Flores

En cuanto a la fisiografía de la zona de estudio comprende de lomeríos de poca altitud y cuencas endorreicas (Veáse Gráfica 4 perfil altimétrico).



Gráfica 4: Perfil altimétrico de la zona de estudio. Elaborado por Anabell Pérez Flores

Los lomeríos alcanzan una altitud de 1220 m.s.n.m. y las cuencas endorreicas de 1099 m.s.n.m donde anteriormente se encontraban las ciénegas, actualmente con el proceso de restauración de las mismas, las laderas muestran erosión por el paso de camiones en el sitio, por lo que muchas de ellas pueden secarse, por la acumulación del suelo, modificando en un futuro el espacio geográfico.

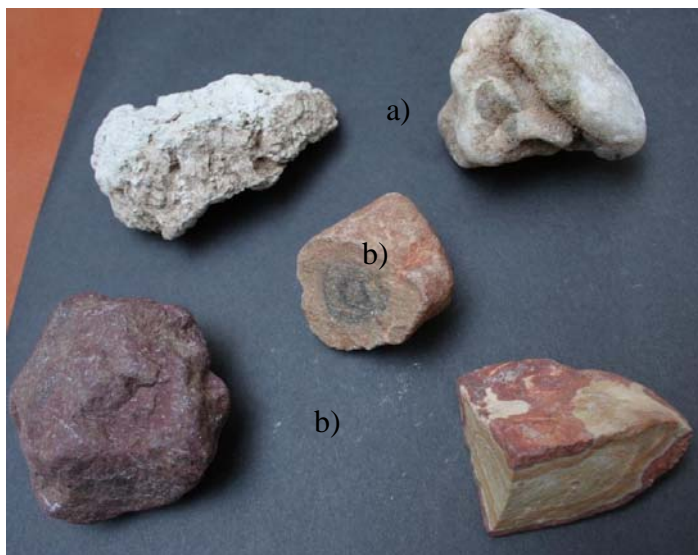
Los suelos son Feozem y Regosoles saturados en sales y con presencia de grava, por lo que la vegetación que se introduzca es de tipo halófito que soporta este tipo de características edafológicas. En cambio con la degradación de la vegetación provocaría el aumento de las sales, que evitaría el crecimiento de cualquier forma de vida.

Las tobas son de tipo sedimentaria con conglomerados, por lo que la permeabilidad es baja, que tiende a saturarse y a formar ciénegas, el cual aumenta la aparición de sales precipitadas del sustrato edafológico en temporada de sequía. En cambio la presencia de un cuerpo constante de agua lava el suelo y permite el crecimiento de la vegetación (véase fotografía 7).



Fotografía 7: Ciénega del Rancho. Fotografía de Anabell Pérez Flores

En esta, ciénega se encontró costras de carbonatos (véase foto 8), ocasionados por la baja precipitación que la lixivie. En temporadas de lluvias, aumenta su nivel de las ciénegas y la vegetación es con mayor densidad. Sin embargo la sobrevivencia de estas es determinada principalmente por el río San Bernardino, ya que es un sistema paralelo el cual proporciona la humedad y su profundidad, que podría ser afectada por la erosión ocasionada en el río y la deforestación ocurrida en el lugar.



Fotografía 8: Rocas encontradas en el Rancho: a) de origen sedimentario, como carbonatos y b) de origen ígneo (riolita y basalto con cuarzo)

Foto: Adriana Seldeño Cortés.

En campo se localizó un contacto litológico de basaltos en la parte NW del Rancho, por lo que es una zona con mayor permeabilidad y aridez, que provoca el cambio en la presencia de especies en la vegetación y ríos intermitentes como el Silver Creek (Veáse fotografía 9 y 10)



Fotografía 9: Contacto litológico
Fotografía Anabell Pérez Flores



fotografía 10: pared del Rio Silver Creek

En el contacto litológico cambia la textura y color de los suelos, en comparación de la zona de rocas riolitas, por lo tanto los suelos son delgados, de color grisáceo y textura gruesa que impiden el crecimiento de una estructura arbórea, por lo que se desarrollan arbustos como el *Prosopis velutina*, opuntias y gramíneas.

En el río Silver Creek se localizó un afloramiento de calcita de origen sedimentario, la cual cristaliza en el sistema trigonal dando formas de concreciones y agregados granulares, masivos y terrosos, es de color blanco o amarillo, de brillo nacarado y se origina por las altas temperaturas y evaporación que existe en la zona, donde se precipita los carbonatos de calcio de las aguas muy ricas de estos elementos o por su historia geológica de la zona.

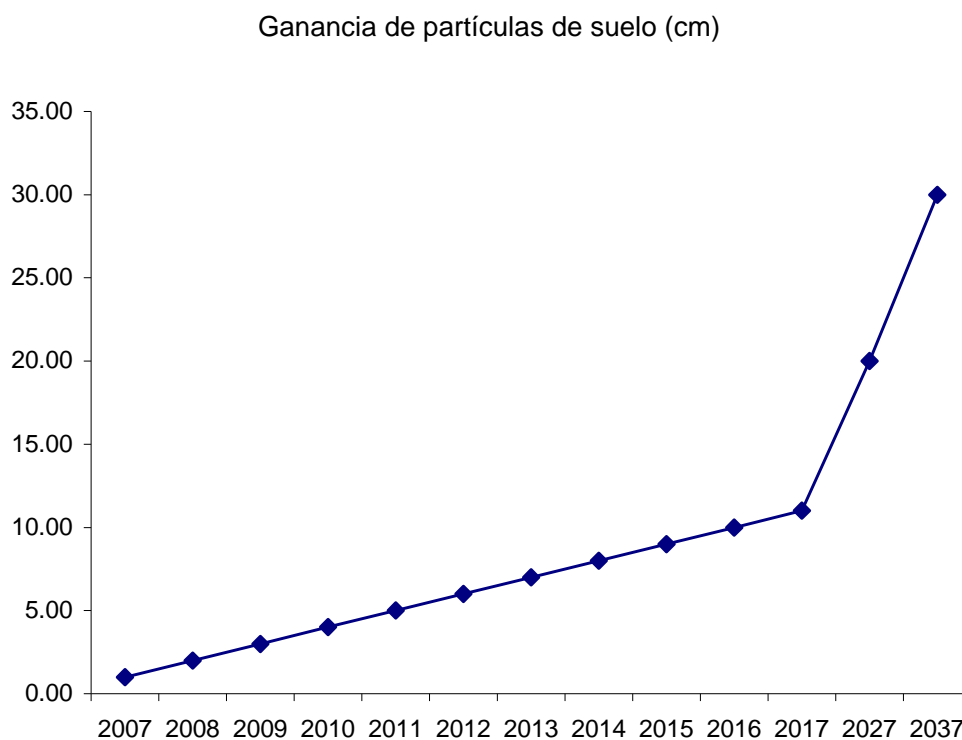
En la zona se encuentra suelos profundos con un horizonte cero poco desarrollado, y un horizonte A que alcanza 1.5 a 2 metros de altura y Hb de más de 4 m aproximadamente, con presencia de arcillas y cantos rodados por las ciénegas y de los afluentes intermitentes que acarrean rocas de las cabeceras (véase fotografía 11).



Fotografía 11: Corte Transversal de los Suelos fotografía Anabell Pérez Flores

La erosión del suelo es de *Moderado a Severo* (véase Cuadro 11) dependiendo la zona y se puede deber principalmente a la deforestación, en donde queda el suelo descubierto, por lo que las partículas del mismo, empiezan a ser volátiles, esencialmente en temporadas de lluvia y sequía, ya que son lixiviadas a la zona de la cuenca del San Bernardino, por lo que cambia su morfología del lugar, que hace más difícil la restauración de las ciénegas, ya que estas van acumulando partículas en el fondo, que impiden su inundación y el agua se hace con cantidades altas en sales y de materia orgánica, según el caso, que impide el crecimiento de vida en ellas.

A continuación se dará la visión a futuro, si se continúa con la deforestación:



Gráfica 5: Ganancia de suelo. Elaborado por Anabell Pérez Flores

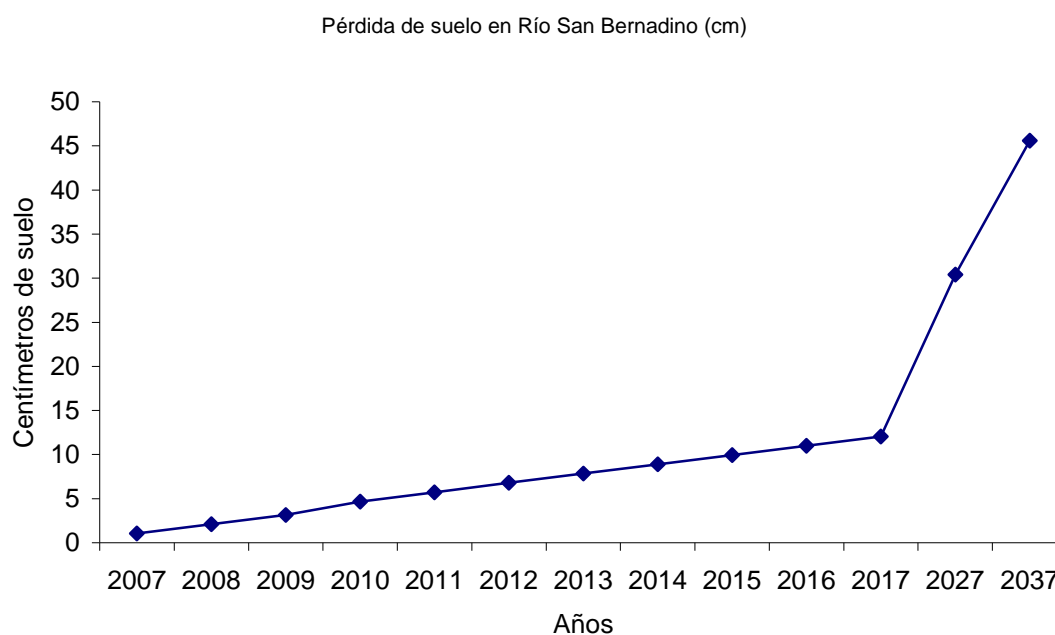


Fotografía 12: lugar donde se obtuvo la muestra de las ciénegas. Fotografía de Anabell Pérez Flores

La muestra se obtuvo de la zona de ciénegas (véase fotografía 11 y gráfica 5), donde tenía una pendiente de 45° durante la temporada de lluvia, por lo que ganó un

centímetro de suelo en promedio, si las condiciones climáticas y la deforestación continúa, este lugar tiende a desaparecer y la materia orgánica a aumentar considerablemente. Este estimado se llevó a cabo a 30 años, se multiplicó por cada año un centímetro de suelo, por lo que la tendencia es aritmética y al término del tiempo calculado, logrará acumular 30 cm. de suelo, y es susceptible a este comportamiento por ser una cuenca cerrada sin lixiviación a las partes del Río San Bernardino.

En cuanto a los márgenes del Río San Bernardino la erosión se comportará de la siguiente forma:



Gráfica 6: pérdida del suelo. Elaborado por Anabell Pérez Flores

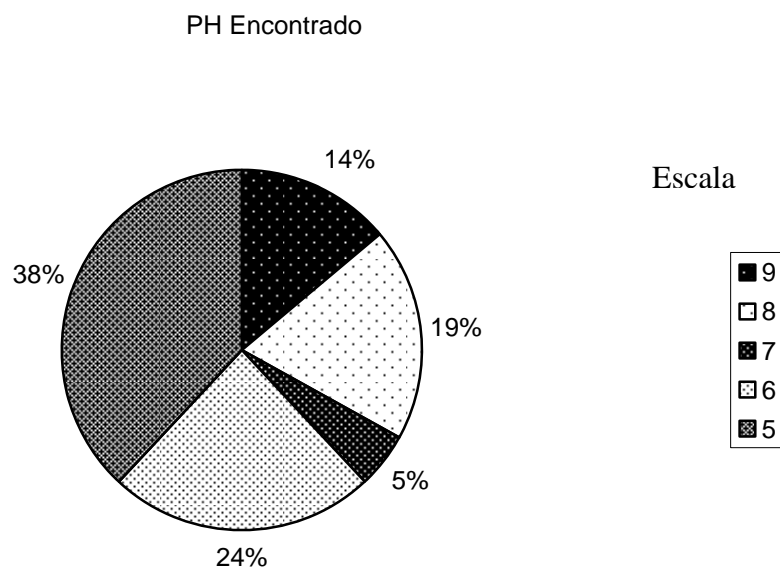


Fotografía 13: Muestra de Pérdida de suelo, márgenes del Río San Bernardino. Fotografía de Anabell Pérez Flores

En cuanto al punto de erosión medido en el Río San Bernardino (véase fotografía 13 y gráfica 6), se perdió 1.052 cm. en promedio, durante el mes de estancia en el rancho en la temporada de lluvias, por lo que este es lixiviado al cauce del río, donde se provoca la formación de meandros que modifica la dirección del cauce del río. En 30 años el estimado de pérdida de suelo es de medio 42.08 cm. de suelo, si se continúa con las condiciones actuales que se presentan. Por otra parte la construcción de gaviones, serán inservibles por el cambio del cauce y la lixiviación provocará la desertificación del suelo, que impedirá el crecimiento de la vegetación y formas de vida en el río, por la acumulación de materia orgánica, que provoca la falta de oxígeno en el mismo.

Esto mismo provoca que el pH de los cuerpos de agua se modifique, sin embargo puede variar en los sistemas lénticos (ciénegas) y lóticos (río San Bernardino, Agua Verde o Silver Creek), ya que el segundo todo el año puede lixivarse y no saturarse de sales por lo que puede ser común lograr un pH de 6, en la primera puede ser más básico por la saturación de sales con un pH de 8 u 9, ya que estas no se puede lavar el suelo, en cambio en los ríos intermitentes habrá será mas ácido por la lixiviación de materia orgánica (Silver Creek y Agua Verde), por lo tanto

su pH es de 5 y es ácido, si embargo se encontraron afloramientos de carbonatos de calcio (véase Gráfica 7).



Gráfica 7: incidencia de PH en la zona de estudio. Elaborado por Anabell Pérez Flores

La degradación de la zona es por la acción antrópica, la cual ha alterado y modificado las características naturales suelo y agua a lo largo del tiempo, impidiendo el desarrollo de la flora y fauna. Esto se puede solucionar con diferentes procesos ya escritos por especialistas en la materia, pero se debe de adecuar a la zona de estudio.

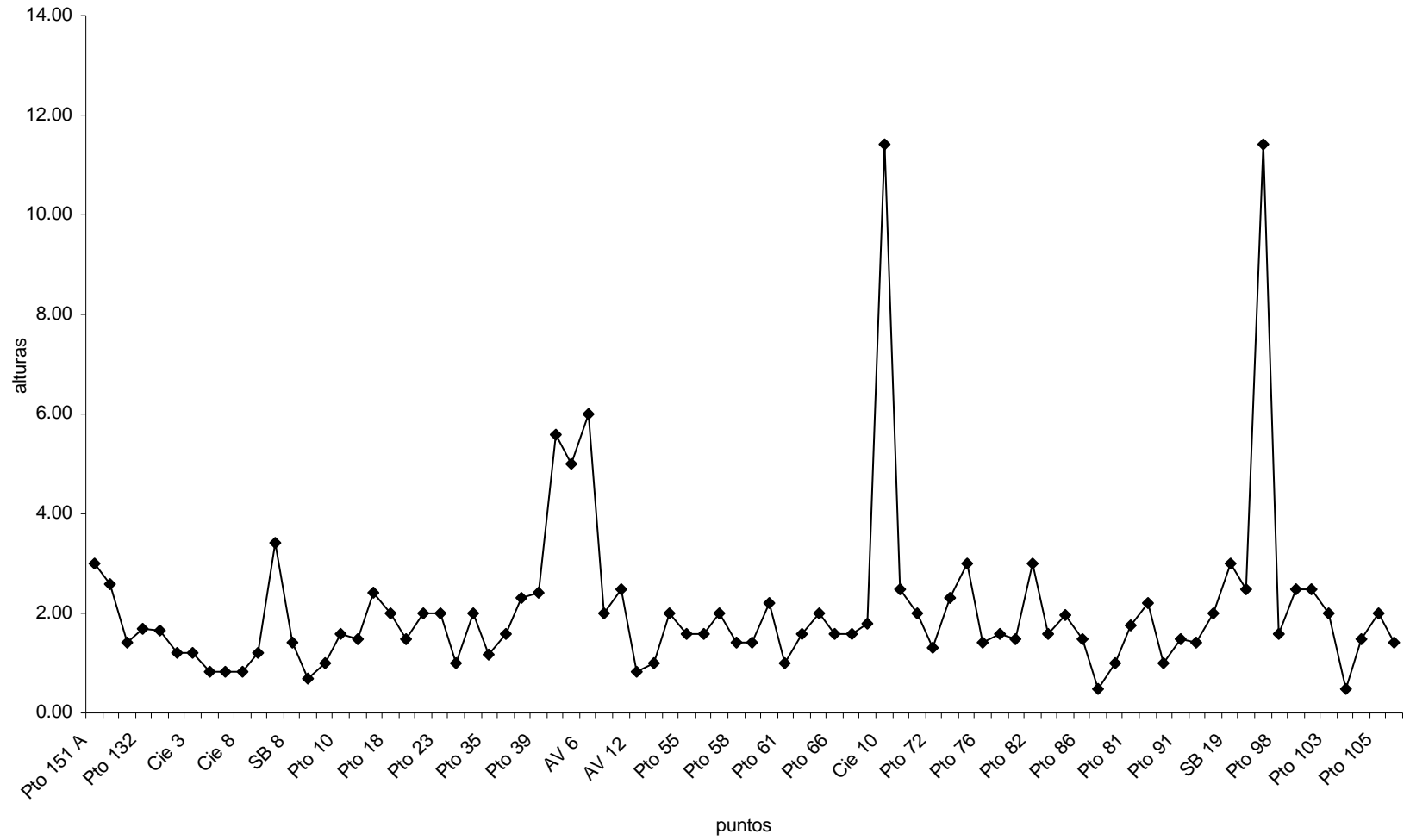
La erosión del suelo es muy importante cuidar y monitorear, ya que si el suelo pierde su capacidad de generar vida, la restauración será más costosa y no rentable, por ello se debe evitar el uso de maquinaria pesada, la deforestación y los cambios bruscos del espacio geográfico; como es el caso de los gaviones y represas. Debido a que las marcas que queden en este momento, serán muy difíciles de borrar, por ello se debe de fomentar la restauración, por medio de la reforestación con especies






propias del lugar, ya que si se ingresan otras, puede generar competencia, desplazamiento o extinción de especies que quizás sean endémicas.






La altura de la vegetación es un índice importante para conocer la degradación que exista en la zona, ya que presenta a un ecosistema joven, maduro o viejo, que proporciona información valiosa en cuanto a la variación genética, los disturbios que ocurrieron en el lugar y a la seguridad de regeneración del lugar.






Este ecosistema es de joven a maduro, debido a la presencia de un estrato conformado por árboles y arbustos de altitud considerable en algunas zonas y joven por la presencia de vegetación incipiente que existe después de un disturbio: La altitud y la vegetación encontrada es: (véase gráfica 8 y cuadro 13).






Gráfica 8: Estrato arbustivo y arboreo








Cuadro 14. Alturas y tipos de especies de plantas en el rancho			
Puntos	Rango de alturas (m)	Especie	Fotografía
1	< 1.4	<i>Parthenium incanum</i>	 <p>Foto: naturesongs.com</p>
		<i>Verbena encelioides</i>	 <p>Foto: sanagelo.tamu.edu</p>
		<i>Conyza canadensis</i>	 <p>Foto. Anabell Pérez Flores</p>
		<i>Gutierrezia microcephala</i>	 <p>Foto: calflora.net</p>
		<i>Panicum hirticaule</i>	 <p>Foto. Anabell Pérez Flores</p>

		<i>Pleuraphis mutica</i>		Foto: plants.usda.gov
2	1.5 a 2.9	<i>Opuntia engelmannii</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Prosopis glandulosa</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Salsola</i>		Foto: hear.org
		<i>Baccharis salicifolia</i>		Foto: lifesciences.asu.edu

		<i>Larrea divaricata</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Prosopis velutina</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Fouquieria splendens</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Flourenzia cernua</i>		Foto: aggie-horticulture.tamu.edu
		<i>Solanum eleagnifolium</i>		Foto: Sbs.utexas.edu

		<i>Agave palmeri</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Ambrosia confertiflora</i>		Foto: allegry.peds.arizona.edu
		<i>Rhus microphylla</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Atriplex canescens</i>		Foto: Anabell Pérez Flores
		<i>Cylindropuntia spinosior</i>		Foto: Anabell Pérez Flores

		<p><i>Opuntia phaeacantha</i></p>		<p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>
		<p><i>Opuntia chlorotica</i></p>		<p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>
<p>3</p>	<p>>3.0</p>	<p><i>Populus fremonti</i></p>		<p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>
		<p><i>Hymenoclea monogyra,</i></p>		<p>Foto: Tcbmed</p>
		<p><i>Salix gooddingii</i></p>		<p>Fotografía Anabell Pérez Flores</p>


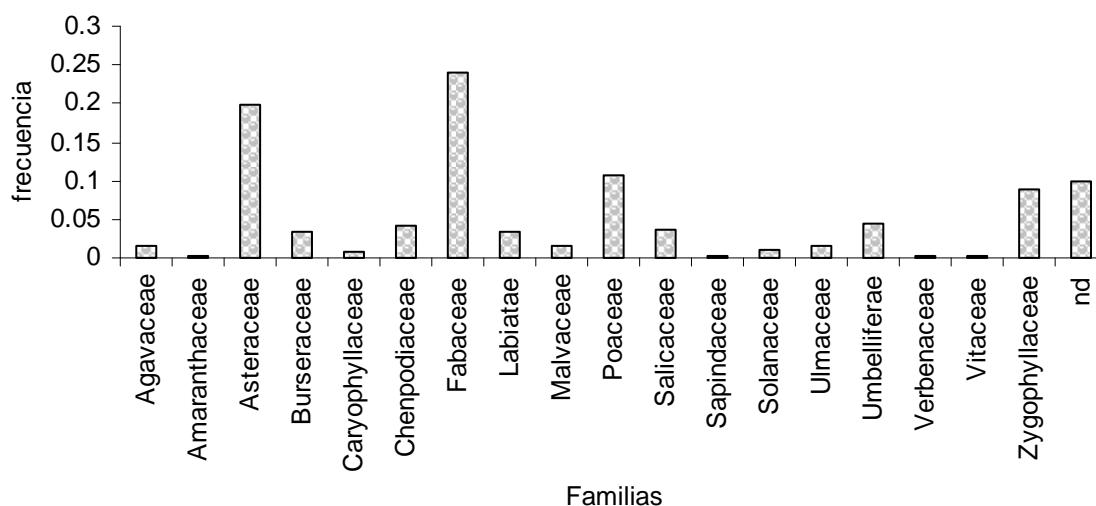
		<i>Acacia neovernicosa</i>			Fotografía de Fat.vlu.cz
--	--	--------------------------------	--	--	--------------------------

Tabla 9 Rangos de altura del estrato arbóreo y arbustivo, especie y fotografía. Elaborado por Anabell Pérez Flores

El estrato arbóreo está principalmente conformado por arbustos de tres metros de altura máximo. La estratificación arbórea y de vegetación incipiente como pastos es determinada por los recursos necesarios para el crecimiento de las plantas como el agua, la pendiente, los suelos profundos etc.

Por lo general los árboles y la zona de *Prosopis glandulosa* se encuentran cercanos a ríos o ciénegas. Los pastizales se localizan en zonas cercanas a la presencia humana y a las zonas más deterioradas del rancho. Algunos pastos son de uso ganadero, que desplazaron a los originales, donde actualmente evitan la erosión y permite la restauración de los suelos, proporcionando la nutrición adecuada. Pero en temporada de sequía puede ocasionar incendios, por lo que es necesario barreras corta fuego, para evitar incidentes mayores y pérdidas irrecuperables.

Se colectaron 271 ejemplares en campo (ver método) con la siguiente frecuencia de aparición en el espacio geográfico, en cuanto a las familias de plantas (gráfica 9):

Gráfica 9: Frecuencia de familias de plantas

Nota: nd: No definido, especies que no fueron posibles identificar. Elaborado por Anabell Pérez Flores

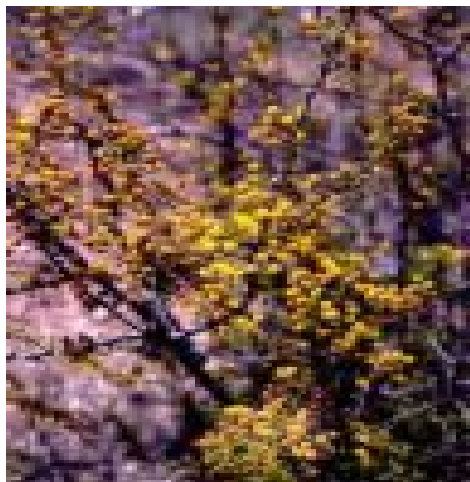
Son 19 familias de plantas encontradas en la zona de estudio durante el muestreo, aunque faltó la familia cactaceae, que también era abundante, pero faltaba experiencia en la colecta. Además de solo incluir las especies predominantes a la vista del observador y a la altitud mayor alcanzada en el estrato de cada punto de control.



Panicum hirticaule. fotografía Anabell Pérez Flores



Baccharis Salisifolia Fotografía de fireflyforest



Acacia Neovernicosa fotografía de faf.vfu.cz



Prosopis spp. Fotografía Desconocido

La familia que predomina en el Rancho y en las zonas circundantes es la Fabaceae con el 24% de presencia en el lugar, en donde sus especies son:

Acacia neovernicosa, *Astragalus allochrous* var. *playanus*, *Astragalus didymocarpus*, *Astragalus nothoxys* A. Gray, *Astragalus nuttallianus* A. DC var. *austrinus* (Small) Barneby, *Astragalus thurberi* A. Gray, *Calliandra eriophylla*, *Dalea formosa*, *Dalea neomexicana* (A. Gray) Cory, *Lotus* cf. *Greenei*, var. *Neomexicana*, *Dalea pogonathra*, *Lotus humistratus*, *Lotus* sp, *Lupinus concinnus*, *Lupinus sparsiflorus*. (Thomas R. Van Devender, Anna L. Reina-G and John Wiens of the Arizona-Sonora Desert Museum, Spanish common names from Pedro Garcia of Rancho Guadalupe and Jesus Barra of Rancho El Porvenir, 2007).

En donde es de tipo arbustivo, como la *Acacia neovernicosa* y *Prosopis spp* donde la disponibilidad de recursos que encuentre la planta como el agua y suelos desarrollados, va a favorecer en su crecimiento y en su frecuencia en el espacio geográfico. Otro factor que importa en la presencia de esta planta es el grado de degradación que exista en el lugar, por la presencia de ganado o de pastos que han desplazado estos arbustos.

En segundo lugar se encontró la familia Asteraceae con el 19% de presencia en el campo, entre las especies más representativas son: *Acourtia nana*, *Acourtia wrightii*, *Ambrosia confertiflora*, *Artemisia ludoviciana*, *Baccharis salicifolia*, *Baccharis sarothroides*, *Bahia absinthifolia* Asteraceae *Brickellia coulteri* (Van Devender, 2007)

Estos son de tipo arbustivo, por ejemplo la *Baccharis salicifolia* que mide desde 1.5 a 3 metros de altitud, dependiendo su localización y su disponibilidad de sus recursos que permiten su crecimiento. Además esta especie favorece en el control de la erosión. Las especies anteriormente mencionadas son nativas de la región, por lo que en la restauración se podría utilizar, así como los pastizales como el *Panicum hirticaule* que es oriundo del desierto sonoreño, por lo que se puede explicar que se debe por la transición que ocurre entre ambos desiertos.

La zona de estudio se encuentra en un estadio de sucesión ecológica de joven a maduro, debido a la presencia de matorral xerófito (maduro) y pastizales (jóvenes), aunque la historia natural muestra el disturbio que ocurrió con la presencia del ganado vacuno y las actividades humanas, por lo que en algunos lugares existen espacios abiertos en contacto con factores degradadores del suelo (erosión e intemperismo) por lo que está perturbado.

Aún con este problema, la especies nativas e introducidas viven en tolerancia, sin embargo las especies invasoras como la *Salsola tragus* que no es endémica, probablemente se estableció después de la presencia del ganado, siendo una especie pionera, que generó condiciones ambientales apropiadas para el desarrollo de la flora por ejemplo suelo, nutrientes etc, que pueden volverse condiciones adversas a las especies iniciales, como los pastizales o el matorral. Por ello las especies que se incluyan para comercio u ornamento deben ser propias del lugar, para evitar trastornos en el espacio geográfico.

Además, se debe investigar y observar las especies que son indicadoras de erosión o de disturbio, así como las que sean afines a ambos desiertos (chihuahuense y sonoreense), por encontrarse en un ecotono el Rancho, como es el caso de la *Cylindropuntia* propia del desierto Sonorense del altiplano de Arizona, dando la riqueza florística del lugar, por ello se debe de conocer algunas formas de restauración, como las siguientes:

La restauración ecológica parece ser una de las estrategias que permite una conservación efectiva en algunos casos se ha llevado de la siguiente manera:

- a) Como primer instancia no se debe de suprimir de un todo la actividad ganadera (bajas densidades), debido a que los pastos exóticos suelen ser muy agresivos y desplazan a la vegetación natural y la zona se vuelve propensa a incendios devastadores.
- b) Para evitar los incendios se debe formar *bardas cortafuego* en torno a las zonas con posibilidades de restauración, debido a que los pastos secos en temporada de sequía son buenos combustibles y se dispersan rápidamente, para ello se debe de estar vigilando y medir el calor del suelo por medio de imágenes de satélite o por una estación meteorológica. También esta técnica sirve para evitar la crecida de pasto en caminos, y se evita incendios accidentales o intencionales.

Con estas dos medidas se puede llegar a la restauración de la vegetación nativa, sin embargo pueden surgir algunas problemáticas, como es la falta de propagación de las semillas de árboles y arbustos, por los animales (aves) y solamente actúa el viento, por lo que la distribución de la vegetación es dispersa, para evitar este problema se pueden sembrar grandes árboles y cercos vivos que sirvan como percha para las aves. Las semillas depositadas y las aves permiten la formación de núcleos de generación. Además las heces de las aves construyen


micrositos ricos en nutrientes ideales para la germinación y el establecimiento de plántulas (Primarck y et al, 1998).


Por lo tanto, se debe conocer las especies que habitan y localizar los bancos de semillas que se encuentren en forma natural, para poder restaurar la zona, así como actividades de bajo impacto en la zona, como el ecoturismo, agricultura o ganadería, para detener la extinción de especies clave como es el mezquite o la *Larrea tridentata*.

En cuanto a las aves, murciélagos e insectos, son favorables para esparcir las semillas de las especies nativas del lugar. También se debe de efectuar el análisis exhaustivo del suelo para conocer la microbiota y las características generales de cada horizonte y su afinidad en cuanto a las especies que puedan sobrevivir en la zona, así como el déficit de nutrientes que actualmente pernean y las soluciones adecuadas que pueda llevarse a cabo.


Las especies que se reintroduzcan deben de ser cuidadas por un especialista en el tema, para evitar la introducción de algún agente patógeno, que pueda afectar el ecosistema, también conocer su fenología de la planta para que se adapte a la zona. El sistema de riego debe ser adecuado al tipo de planta y al lugar, ya que no puede generar un aumento en el consumo de agua o cambie el tipo de flora.

7.6 Diagnóstico ambiental del Rancho San Bernardino


Lugar	Diagnóstico	Problemática	Valor Ecológico
<p>Río San Bernardino</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Río perenne que se encuentra a 1088-1160 msnm, perteneciente a la cuenca del río Yaqui, sus aguas son utilizadas para uso industrial, agrícola y habitacional en la parte sur del estado de Sonora.</p> <p>La vegetación que se encuentra es de tipo rarápuri mayor a tres metros de altura, por ejemplo <i>Salix gooddingii</i>. Las pendientes y las paredes del río en algunos tramos lo convierten inaccesible para el ser humano, por lo que promueve la conservación de algunas zonas.</p> <p>Sin embargo, presenta deforestación y pérdida de suelo por el paso de las maquinarias, que se han utilizado para la construcción de represas, que son para aumentar el caudal en temporada de sequía, pero hacen el agua más turbia y con alto contenidos de arcillas y de materia orgánica que se acarrea del circo de erosión del río.</p> <p>Este se encuentra alterado por varios factores que han disminuido su caudal y aumentado la erosión en sus paredes, como resultado en algunos tramos ha cambiado de dirección.</p> <p>También, la pérdida del caudal afecta los cuerpos de agua que corren paralelamente, por lo que su biodiversidad puede estar en</p>	<p>-Erosión de las paredes del caudal del río, por la construcción de los gaviones.</p> <p>-Deforestación y pérdida de la potencialidad del suelo por el paso de las maquinarias pesadas, automóviles o personas.</p> <p>-Basura por el paso de personas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Captación de humedad ➤ Control climático ➤ Riqueza endémica ➤ Belleza escénica ➤ La vegetación reduce la evapotranspiración

	<p>peligro. En las partes cercanas a la carretera, la población de Agua Prieta lo utiliza para su distracción, ya que en las represas pueden ir a nadar, sin embargo esto puede ser un factor de contaminación si no tiene la infraestructura adecuada y las indicaciones para los visitantes. A lo largo del río se pueden encontrar peces, ranas, serpientes, zorros, venados, jabalí y varias aves que habitan en sus cercanías o consumen de este líquido a su paso</p>		
<p>Río Silver Creek</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Río intermitente, afluente secundario del río San Bernardino, localizado al noroeste del rancho, de 1120 a 1161 msnm, en donde su alta permeabilidad es ocasionada por un contacto litológico, de roca basáltica y la textura de sus suelos de tipo arenoso. Este río tiene represas construidas con cemento, que permite tener zonas de inundación, por lo que el pH del río es ácido. El agua no es para consumo humano por las grandes cantidades de basura acumulada por el tránsito de personas. El estancamiento del agua, provoca la falta de oxigenación del líquido y el crecimiento de hongos en el agua, que se desarrollan en la temporada de sequía. El crecimiento repentino del caudal del río en temporada de lluvias ha</p>	<p>-Ensanchamiento del caudal -Aumento de la erosión y pérdida de la vegetación en las crecidas estacionales del rancho -Presencia de especies invasoras como la salsola -A lo largo se encuentra: latas de aluminio, botes de plástico, ropa, caminos rurales</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recarga de los mantos acuíferos ➤ Equilibrio en el escurrimiento y la infiltración del agua de lluvia hacia el caudal principal (Río San Bernardino) ➤ Biodiversidad media


	<p>provocado el ensanchamiento de las paredes y la erosión de las mismas.</p> <p>En sus cercanías de este río existen ranchos con ganado vacuno, que atraviesan las cercas y consumen el matorral de tipo xerófilo, principalmente es <i>Prosopis spp</i> y otras especies arbustivas de menor tamaño. También en esta zona se observa el uso antiguo del rancho, por la presencia de pastizales o de vegetación incipiente.</p> <p>El cauce del río ha sido alterado por completo, por lo que en sus cercanías se ha extraído material para la construcción de las represas.</p> <p>Es una zona de paso de animales como el zorro, tortugas del desierto, víboras, lechuzas y de personas hacia Estados Unidos.</p> <p>También se forman encharcamiento en las zonas con mayor cobertura vegetal, que permite crear pequeños ecosistemas riparios, utilizados por las personas y animales.</p> <p>En sus cercanías se encuentran alteraciones en el estrato arbustivo por el paso de automóviles, cultivos de <i>Larrea tridentata</i> y de pistachos, por lo que se extrae líquido y se utiliza en la agricultura.</p>		
--	--	--	--


<p>Río Agua Verde</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Río intermitente, que es caudal secundario del río San Bernardino, localizado al noreste del rancho, con la altitud de 1120 a 1163 msnm. Siendo una enclave en un los conjuntos de lomeríos. Los suelos que se encontraron son arenosos, por lo que no existe ningún cuerpo de agua cercana al río.</p> <p>La vegetación es de matorral xerófilo de baja estatura (1.5m) y densidad. La pendiente evita el crecimiento del matorral de mayor estatura.</p> <p>Se encontraron carbonatos de calcio, por la alta evapotranspiración que existe.</p> <p>La erosión vertical en el caudal es más desarrollada, por lo que es proclive a derrumbes durante la temporada de lluvias.</p> <p>Es una zona de paso de emigrantes, por lo que se pueden encontrar distintos desperdicios. Las zonas con más alteración son las cercanas a la carretera donde la basura y desperdicios de materiales de construcción contaminan el cauce.</p> <p>Son zonas que se han ido recuperando poco a poco de la degradación que ocurrió durante la presencia del ganado en el rancho, y no ha existido ningún plan de manejo ambiental en el lugar.</p>	<p>-Basura y desperdicios humanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recarga de mantos acuíferos ➤ Belleza escénica ➤ Recuperación natural del medio
---	---	---------------------------------------	---


<p>Río Guadalupe</p>	<p>Río intermitente, afluente secundario del río San Bernardino, cerca al límite Suroeste del rancho, el cual se encuentra a 1153 msnm. La vegetación es <i>Prosopis spp</i> de 2.5 m. y pastizales. Paso de las personas hacia los ejidos circundantes, que introducen a su ganado y arrojan basura. Es una zona donde no ha existido un plan de manejo y de vigilancia, por lo que sigue habiendo pastoreo en estas zonas, no existiendo recuperación del estrato arbustivo. Algunos afluentes terciarios están mejor conservados por su inaccesibilidad, donde habitan zorros y varias especies de agavaceas y opuntias dependiendo las laderas de los lomeríos circundantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Ganadería extensiva -Desperdicios humanos -Caminos rurales 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de semillas ➤ Captación de humedad
<p>Ciénegas</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Diez cuerpos de agua localizados a lo largo del río San Bernardino, perturbados por la acción antrópica que ha ocurrido a lo largo del tiempo. Se localizan en las planicies y solo algunas en zonas de lomeríos, pero estas últimas usadas para el ganado que anteriormente existía. Su capacidad de retención de agua está vinculado con el nivel de líquido que fluya por el río San Bernardino, por lo que es un sistema que no se debe de romper. Estas son de poca profundidad y tienen un pH ácido por la presencia de pastos, algas y vegetación</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Erosión de las laderas de cada cuerpo de agua -Deforestación de la vegetación nativa. -Extinción del conjunto de ciénegas que anteriormente existía. -Suelos desnudos -Pastizales -Perturbación antrópica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Control climático ➤ Biodiversidad ➤ Belleza escénica ➤ Reduce la evapotranspiración

	<p>riparia. En estas zonas se encuentran aves migratorias y algunas especies de mamíferos que consumen el agua en estos lugares. Sin embargo, la vegetación que permite retener esta humedad ha sido severamente afectada en casi todas las ciénegas, siendo invadidas por pastizales o quedado con los suelos descubiertos. Las ciénegas con mayor nivel de deterioro son las que se han encontrado en contacto directo con los seres humanos.</p>		
<p>Noroeste del rancho</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Zona constituida de planicies y muy pocos lomeríos, en donde ha sido degradada desde tiempos remotos. Actualmente es donde se han efectuado todos los programas de recuperación, por el impacto de las actividades antrópicas que existieron en el lugar. Casi toda la cubierta vegetal fue removida y los suelos quedaron al descubierto. Los programas que se han llevado a cabo son la restauración de la ciénegas y la construcción gaviones en el Río San Bernardino y represas de concreto en el río Silver Creek, sin embargo para su construcción se extrajo material del suelo, por lo que se removió la cubierta vegetal. También se ha sembrado especies como <i>Larrea tridentata</i>, pastizales, <i>Prosopis</i> spp y pistachos, con el fin de recuperar la flora del lugar y atraer algunas especies de</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Zona de mayor degradación antrópica. -Zonas sujetas a restauración e introducción de pastizales. -Zonas sujetas a erosión e intemperismo. -Cultivos. -Minas a cielo abierto y extracción de material para la construcción de represas y gaviones. -Contaminación ambiental. -Construcciones y alteraciones directas efectuadas por el ser humano. -Caminos rurales y veredas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zona de captación de humedad y cuenca de inundación. ➤ Control climático. ➤ Biodiversidad alta. ➤ Reservorio de agua en temporada de sequía.

	<p>animales, como el venado. Existen lugares que requieren atención inmediata, como es el caso de la mina a cielo abierto, que desde los años cuarentas quedó abandonada, perdiendo su vegetación y su potencialidad natural.</p> <p>Igualmente, las zonas cercanas a las ciénegas y a las casas, que anteriormente era un espejo de agua y que actualmente quedaron suelos descubiertos, propensos a la erosión, por la actividad ganadera. Las ciénegas se secaron para introducir pastos, actualmente quedaron abandonados o en restauración de pastizales.</p> <p>También en la parte con mayor erosión esta localizada cerca del retén militar, frente del rancho pasando la carretera, donde estancia de los militares degradaron el lugar por completo, debido a que quitaron la cubierta vegetal y construyeron sus instalaciones, el cual queda por temporadas abandonado, y al regresar contaminan el lugar.</p> <p>También en esta zona se comenzó a efectuar acciones de restauración que no fue concluida, dejando los suelos descubiertos. Es una zona de paso de emigrantes, por ser menos severo climáticamente, ya que se encuentra todos los cuerpos de agua, por esta razón se encuentran veredas y basura.</p> <p>También se observó ganado</p>		
--	---	--	--

	<p>vacuno que ingresa de los ranchos vecinos, sin embargo es donde los trabajadores del lugar están atentos a su captura.</p> <p>En este lugar se observó venados, codornices, libres, conejos, jabalís, murciélagos, patos, aves migratorias, víboras, serpientes, peces, ranas, zorros, tortugas y lechuzas.</p> <p>Es la zona donde las actividades científicas se llevan a cabo con mayor importancia.</p>		
<p>Noreste del rancho</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Zona de lomeríos, mesetas y de valles intermontanos, con matorrales de <i>Prosopis</i> y <i>Larrea</i> de baja altura, con pendientes pronunciadas y con poco o nulos piedemonte. El matorral no es denso, por la pendiente de los lomeríos y solo en los valles intermontanos crece.</p> <p>Este lugar no tiene programa de restauración, por lo que la vegetación poco a poco se ha vuelto a establecer, ya que era en donde el ganado se llevaba a pastorear, por lo que existen zonas con distintos grados de degradación. Se distinguen las zonas cercanas a los cauces de los ríos, por el material que son fácilmente lixiviados en temporadas de lluvias</p> <p>También existen algunos reservorios de agua, ya que varias corrientes fueron represadas, para su uso del ganado, y actualmente</p>	<p>-Zonas abandonadas, sin programas de restauración -Erosión cercana a los ríos. -Contaminación por basura</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zona de captación de agua ➤ Banco de semillas en algunas zonas.

	<p>están abandonados, y sirven tanto para la fauna como para los emigrantes.</p> <p>Los caminos rurales han sido abandonados, por lo que se ha vuelto inaccesible y favorece a su restauración natural.</p> <p>Se observaron liebres, aves, conejos, serpientes y víboras. En cuanto a las laderas con menor perturbación se observan bosques de <i>Agavaceas</i> spp o de <i>Opuntias</i> spp bien conservados.</p> <p>En varios lugares se encuentra basura por los emigrantes. Las zonas con mayor impacto están cercanas a la carretera</p>		
<p>Sureste del rancho</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Zona de montes y mesetas de mayor altitud de pendientes pronunciadas, compuesta de matorral de baja altura y pastizales. En los arroyos crece <i>Prosopis</i> sp de mayor altitud.</p> <p>En este lugar del rancho no cuenta con un plan de manejo. La vegetación se ha removido para construir represas usadas para atraer a los animales que habitan en el lugar o anteriormente eran utilizados para el ganado.</p> <p>Las zonas más deterioradas son las más cercanas a la carretera y caminos rurales que se utiliza para ingresar a otros ejidos, como se sabe que no existe vigilancia, ingresan su ganado a estos lugares, por lo que se pueden encontrar excretas o huellas de los</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Falta de vigilancia -Ganadería extensiva -Falta de un programa de manejo -Basura 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zonas de captación de humedad ➤ Banco de semillas

	<p>animales que ingresan. En la cercanía de los caminos rurales existen zonas con basureros clandestinos. Algunos cauces tienen mayor grado de conservación, por su inaccesibilidad, también las represas favorecen al establecimiento de la flora y fauna. Se encontraron zorros y liebres en los valles intermontanos. También existen aún varios corrales, para el ganado.</p>		
<p>Suroeste del rancho</p>  <p>Foto: Anabell Pérez Flores</p>	<p>Zona de lomeríos de matorrales, principalmente de <i>Larrea</i>, donde la pendiente es menos pronunciada y se establecen con mayor densidad. Sin embargo existen zonas sin vegetación, ya que anteriormente fue removida, o se trató de crear reservorios de agua, por lo que se infiltró, quedando partes totalmente desprovistas de vegetación. Así como se ha tratado de ingresar pastos u otras especies para la restauración, ya que se observa el uso de maquinaria pesada y de caminos para el barbecho o el ingreso de trabajadores o materiales. También, los caminos eran utilizados para ingresar a los ríos con el ganado y actualmente no se ha recuperado la vegetación. Las zonas con mayor deterioro se localizan cerca de a las carreteras. Existe un conjunto de ciénegas con mayor conservación que contiene especies endémicas. También se observaron roedores y serpientes</p>	<p>-Suelos sujetos a erosión -Basura -Caminos y paso de maquinaria pesada</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Banco de semillas ➤ Especies endémicas ➤ Captura de humedad
<p>Elaborado por Anabell Pérez Flores</p>			

7.7 Plan de manejo ambiental del Rancho San Bernardino

Tipo de vegetación	Política de conservación y manejo	Características Naturales	Problemática	Oportunidades	Acciones*
Vegetación riparia con mezquite	Protección y Restauración	Se desarrolla en los márgenes de los ríos y arroyos, siempre bajo condiciones de humedad. Son elementos arbustivos acompañados en ocasiones por elementos subarbóreos o arbóreos. Esta integrada por diversas especies de arbustos y no es raro la abundancia de mezquite (<i>Prosopis</i>).	En el Rancho San Bernardino son zonas con humedad la mayor parte del año, de baja o alta permeabilidad, localizada principalmente en los cauces de río San Bernardino y algunos manchones en las otras corrientes pluviales: Silver Creek (existentes por las construcciones de las represas) Agua Verde y Guadalupe. Sin embargo actualmente se ha llevado a cabo un proceso de restauración activa, perturbando más profundamente algunas zonas, por el uso de maquinaria pesada, paso de automóviles o de personas, así como contaminación o cambios en los cauces de los ríos por el uso de represas o gaviones, con mayor predominancia en las cercanías de las casas o de la presencia del ser humano. En cambio, se ha hecho en otros lugares restauración pasiva, que se ha afectado por las otras actividades en las zonas de restauración activa, ya que se encuentran en las partes superiores o cercanas a las cabeceras de los ríos, por lo que el cauce ha disminuido y el sistema ripario es interrumpido.	El estado y las secretarías competentes en materia forestal y de conservación están destinadas a actuar y ejecutar obras destinadas a la conservación, protección o generación de bienes de servicios ambientales, ya que este lugar proporciona la recarga de mantos acuíferos, regulación climática proporciona oxígeno y de agua, así como el elemento paisajístico en el rancho. Además de la importancia económica que existe en la parte Sur del Estado. Conaza- CONAFOR y el Servicio Forestal Estatal apoya actividades de restauración en materia forestal, en donde aporta los recursos materiales y económicos, para que las zonas se mantengan en su estatus natural. A nivel Federal e internacional, se podría de buscar el apoyo de instituciones educativas de nivel superior, para facilitar el estudio de problemáticas ambientales que tenga el rancho y efectuar las evaluaciones correspondientes para lograr la restauración más rápida. En cambio instituciones de educación medio y medio superior se debe de informar las actividades que se lleven a cabo en rancho, con el fin de concienciar en el cuidado del medio ambiente, por medio de talleres, lo cual debería ser apoyada por el Instituto del Medio Ambiente y el Desarrollo del Estado de Sonora.	Su prioridad de acción es baja a media, ya que existen zonas deterioradas y otras conservadas, por lo que es importante la protección y la restauración combinadas. Buscar asesoría y capacitación en cuanto a procedimientos menos agresivos en el uso del suelo, lo cual aceleraría su restauración. Promover el inventario y evaluación del potencial de los servicios ambientales que tenga la zona. En las zonas donde existan actividades recreativas, por ejemplo en el río San Bernardino en la parte de la carretera, se deberá mantener el orden y la tranquilidad en los sitios que visiten, por lo tanto quedará prohibido: a) excavar o nivelar el terreno b) dejar cualquier tipo de desechos c) alterar las condiciones del sitio. d) hacer fuego e) cortar plantas. Lo cual debe de señalizarse y poner depósitos de basura, así como hacer brigadas de limpieza. Esto último servirá en la zona de emigrantes, para que los desechos no alteren el ecosistema.

				<p>Así mismo queda prohibido contaminar cualquier cuerpo de agua con desechos orgánicos o inorgánicos.</p> <p>La restauración que se realice con propósitos de conservación y restauración no requiere de autorización, solamente estarán sujetas a las normas oficiales mexicanas.</p> <p>Para la restauración se debe de contar con la profundidad del suelo por lo menos de 30 centímetros, la textura de suelo que permita una infiltración adecuada del agua (suelos no compactados). La existencia de un estrato herbáceo que al menos alcance a cubrir el 80% del terreno, con el fin de evitar la erosión del suelo.</p> <p>Cuando se empiece a recuperar el estrato arbóreo se deberá llevar a cabo programas de rescate de plántulas de especies arbustivas y arbóreas, así como la recolección de semillas por medio de las comunidades</p> <p>También se deberá de proteger las zonas de recarga y abastecimiento de agua, principalmente de donde se encuentren los manantiales y escorrentías temporales, en donde no se deben de acumular desechos orgánicos y evitar el paso de maquinaria pesada o personas que perturben el</p>
--	--	--	--	---

					medio. Evitar la acumulación de desechos de construcción.
Matorral desértico micrófilo	Restauración pasiva con Conservación	Es representativo de las zonas áridas, formado por arbustos de hojas o folio pequeño. Se desarrolla sobre suelos aluviales mas o menos drenados y puede formarse por asociaciones de especies sin espinas, con espinas o mezclado, así como otras formas de vida cactáceas, izotes o gramíneas. En Sonora predomina la <i>Larrea spp</i> y <i>Ambrosia spp s</i>	Esta zona se localiza en las llanuras aluviales, de suelos de carácter arcilloso rojizo y profundos en la zona Oeste del rancho y cerca de los ríos o en valles intermontanos, donde hay mas humedad. En donde tiene una mayor densidad y altitud en el estrato (véase gráfica de altitud en el estrato). Se encuentra deteriorado en la parte noroeste del rancho, y conservado en la parte suroeste y en los valles intermontanos, en donde no existe la presencia del ser humano, por lo que se ha ido recuperando de la degradación, sin ninguna acción. En cambio en la parte noreste esta sumamente deteriorada, por las minas a cielo abierto, la zona habitacional y el paso de emigrantes. El ecosistema está fragmentado por la presencia de la carretera que es la barrera geográfica que no permite la diseminación de las semillas, así como del desmonte por actividad agrícola o ganadera que anteriormente se llevaba a cabo o de restauración, en donde se ha tratado de introducir pastizales, quedando el suelo sin protección alguna, expuesta a los procesos de erosión y al ingreso de especies invasoras.	CONAFOR y Conaza, así como el Consejo Estatal Forestal proporcionan asesoría e información de métodos de restauración que no sean agresivos al medio ambiente. Así como recursos materiales y económicos para llevar a cabo las tareas de reforestación. Además podrá proporcionar métodos de concentración de germoplasma, para facilitar la restauración de las zonas perturbadas, por ejemplo la creación de viveros. El Estado de Sonora, con CONAFOR promoverá el desarrollo de un sistema de mejoramiento forestal, con la evaluación y registro de progenitores, creación de áreas, huertos semilleros, viveros forestales y bancos de germoplasma. La Secretaria (SEMARNAT) promueve el desarrollo de un sistema de mejoramiento genético forestal, con la evaluación y registro de progenitores, creación de áreas, huertos y bancos de germoplasma El Sistema Estatal de Información Forestal le interesa conocer las evaluaciones de plantaciones forestales para la reforestación con el propósito de la restauración y conservación por lo que es importante mantener cada acción enterada al Gobierno del Estado. En estas zonas es importante que el conocimiento sea transmitido al público en general, por lo que se recomienda llevar a cabo talleres con	Su prioridad de acción es media a alta, debido a que en unas zonas no es frágil, en el sentido a que los factores naturales no provocan la degradación de los suelos En zonas cercanas a las casas (Noreste) se debe de crear viveros y en las zonas lejanas (Sur y Sureste) se deberá llevar a cabo la conservación del germoplasma <i>in situ</i> . En cualquier de los dos casos se deberá de elaborar y promover una Norma Oficial que contengan a) clasificación de fuentes de germoplasma b) clasificación de bancos de germoplasma c) registro y certificación. d) Utilización de germoplasma según el propósito de la plantación. En zonas donde exista deterioro el banco de germoplasma aumentará el tamaño poblacional de especies, permitiendo el establecimiento de poblaciones locales en extinción, además de que la variación genética que provoca la carretera se amortiguará. En las zonas cercanas a la casa se debe de motivar al manejo de desechos orgánicos e inorgánicos por

				<p>los habitantes de las poblaciones cercanas.</p> <p>La riqueza de especies que pueda tener el Rancho San Bernardino en estas tres últimas regiones debe ser evaluada para que sea apoyada como un corredor biológico entre México y Estados Unidos.</p> <p>Se debe de medir la diversidad biológica, no solo en este rancho si no en la zona, para ingresar a convenios sobre este tema, que promueve CONAZA, gobierno Federal, Estatal e Internacional.</p> <p>Las acciones de reforestación que se lleven a cabo en los terrenos forestales sujetos a su aprovechamiento deberán incluirse en el programa de manejo forestal correspondiente</p>	<p>medio de la separación de basura, ya que los desechos sólidos orgánicos se pueden reutilizar para hacer composta, para la producción de humus y verterlos en los lugares que se utilicen para la restauración y donde haya perdido su potencial.</p> <p>También es importante tener una estación meteorológica con las especificaciones técnicas para saber las condiciones atmosféricas diarias y evitar incendios forestales.</p> <p>Para la restauración se debe de contar con la profundidad del suelo por lo menos de 30 centímetros, la textura de suelo que permita una infiltración adecuada del agua (suelos no compactados). La existencia de un estrato herbáceo que al menos alcance a cubrir el 80% del terreno, con el fin de evitar la erosión del suelo.</p> <p>En las zonas que existió aprovechamiento minero se deberá aplicar programas encaminados a la recuperación del suelo, por medio de control de erosión y transplante de materia vegetativo que contenga banco de semillas para estimular el crecimiento de especies rasantes iniciando los procesos de sucesión de la vegetación.</p> <p>En lugares que aún se extraiga material para el uso</p>
--	--	--	--	--	---

				<p>del rancho y de las represas del Río San Bernardino en donde la inclinación de taludes tenga un ángulo en reposo natural de material que se pueda explotar.</p> <p>Cuando se empiece a recuperar el estrato arbóreo se deberá llevar a cabo programas de rescate de plántulas de especies arbustivas y arbóreas, así como la recolección de semillas por medio de las comunidades</p> <p>Se deberá de proteger la zona de escorrentía temporal, impidiendo la acumulación de desechos orgánicos e inorgánicos.</p> <p>Evitar el paso de maquinaria pesada, la cual compacte el suelo.</p> <p>El diseño de senderos, caminos y veredas deberán contemplar el uso de técnicas para impedir la erosión.</p> <p>Monitorear y vigilar constantemente el paso de animales domésticos que pueda afectar el crecimiento de las plántulas.</p> <p>Elaborar una zona de vigilancia y limpieza a lo largo de la carretera, formando una zona de amortiguamiento en ambos extremos, por medio de señalizaciones, por ejemplo zona y extensión de la zona de protección; Prohibido coleccionar, tirar basura, encender fogatas,</p>
--	--	--	--	---

					avisar a las autoridades de alguna anomalía etc.
Matorral desértico micrófilo (abierto)	Restauración activa con Conservación	<p>Son las mismas características anteriores, únicamente que se desarrolla en laderas de lomeríos de suelo poco profundo, con una aridez local en donde crece el matorral micrófilo abierto, lo cual la densidad y el tamaño del estrato es menor. Este puede ser severamente dañado cuando existió un factor degradador por la presencia del ser humano.</p>	<p>Se localiza en lomeríos de poca altitud (véase perfil altimétrico), pero de una pendiente mayor a 30°, con suelos poco profundos y con una menor altitud del estrato.</p> <p>Esta zona se localiza en la parte Este del rancho, en un estado de restauración pasiva, ya que no se ha llevado a cabo algún plan de manejo, sin embargo no es habitada y el agente perturbador ha sido removido totalmente y únicamente se puede observar el paso de emigrantes hacia Estados Unidos y al Sureste el ingreso de ganado de algún ejido contiguo.</p> <p>Sin embargo su fragilidad se debe a los factores ambientales (viento y agua) que provocan que sea una zona susceptible a la erosión por la pendiente de los lomeríos.</p> <p>En este lugar es en donde se pueden encontrar otros tipos de asociaciones vegetativas, localizada muy lejanamente a la presencia del ser humano.</p>	<p>CONAZA, CONAFOR y el Consejo Forestal Estatal que proporcionan asesoría y técnicas que facilite la restauración adecuada para el tipo de espacio geográfico, sin alterar al sistema natural. Además de materiales y recursos económicos para su restauración.</p> <p>Además promueve la protección y conservación de suelos con el propósito para evitar su erosión. Además de que el trabajo es en conjunto con los propietarios.</p> <p>A nivel Federal e internacional, se debería de buscar el apoyo de instituciones educativas de nivel superior, para facilitar el estudio de problemáticas ambientales que tenga el rancho y efectuar las evaluaciones correspondientes para lograr la restauración más rápida. En cambio instituciones de educación medio y medio superior se debe de informar de las actividades que se lleven a cabo en rancho, con el fin de sensibilizar del cuidado del medio ambiente, por medio de talleres.</p> <p>Las acciones de reforestación que se lleven a cabo en los terrenos forestales sujetos a su aprovechamiento deberán incluirse en el programa de manejo forestal correspondiente</p>	<p>Para la restauración se debe de contar con la profundidad del suelo por lo menos de 30 centímetros, la textura de suelo que permita una infiltración adecuada del agua (suelos no compactados). La existencia de un estrato herbáceo que al menos alcance a cubrir el 80% del terreno, con el fin de evitar la erosión del suelo. En caso que sean permisibles y controladas por medio de prácticas de conservación del suelo, por ejemplo la construcción de terrazas en zonas con una pendiente mayor a 10°.</p> <p>Cuando se empiece a recuperar el estrato arbóreo se deberá llevar a cabo programas de rescate de plántulas de especies arbustivas y arbóreas, así como la recolección de semillas por medio de las comunidades, por ejemplo de opuntia y/o agave.</p> <p>Pero toda colecta y uso de recursos forestales y biológicos forestales, con fines de investigación o utilización de biotecnología (en áreas donde las especies de flora o fauna silvestre endémica, amenazadas o en peligro de extinción) se deberá de dar aviso a la SEMARNAT, entregando un protocolo de investigación y se llevará a cabo con esmero especial, para que no se</p>

					<p>disminuyan las condiciones necesarias para la subsistencia, desarrollo y evolución de dichas especies.</p> <p>Utilizar maquinaria que permita el crecimiento de las plantas, en donde existan caminos o suelos desnudos. Monitorear y vigilar constantemente el paso de animales domésticos que pueda afectar el crecimiento de las plántulas</p> <p>Elaborar una zona de vigilancia y limpieza a lo largo de la carretera, formando una zona de amortiguamiento en ambos extremos, así como instalar señalizaciones.</p>
Pastizal	Restauración y Conservación	<p>Comunidad dominado por especies de gramíneas, en ocasiones acompañados por hierbas y arbustos de diferentes familias. Se localiza en zonas de transición de matorrales xerófilos y bosques. Están en suelos medianamente profundos, de mesetas casi siempre de naturaleza ígnea y perteneciente a los climas BS. Los suelos son en general de reacción cercana a la neutralidad (pH 6 o 8) varía de migajón arcilloso a arenoso y coloración rojiza a café. La coloración amarillenta pálida es característica durante la mayor parte del año y la comunidad sólo reverdece en la época más húmeda. Se erosiona con facilidad cuando se encuentra en</p>	<p>Son zonas que anteriormente formaban parte del matorral micrófilo o de galería y que actualmente forman parte de una sucesión ecológica después del factor perturbado que dejó los suelos desnudos y actualmente son pastizales inducidos, que se establecen por la acción del ser humano o por el viento, ya que no pertenece a su historia biológica del lugar.</p> <p>Este tipo de vegetación, sea inducido o natural es importante su existencia debido a que permite el ingreso de carbono y la retención de los suelos ante los fenómenos erosivos, pero su presencia puede variar a las estaciones del año.</p> <p>Aún así, se debe de tener cuidado en el ingreso de</p>	<p>La Ley Forestal Estatal de Sonora apoya principalmente donde existan incendios forestales y con mayor importancia los reiterados, en donde puede ser importante evaluar estas zonas, en temporadas de sequía.</p> <p>Las acciones de reforestación que se lleven a cabo en los terrenos forestales sujetos a su aprovechamiento deberán incluirse en el programa de manejo forestal correspondiente.</p>	<p>Su prioridad de acción es media a alta, ya que puede estar sujeta a las condiciones atmosféricas en temporadas de estiaje, y el descuido humano puede provocar el aumento de temperatura e incendios forestales que provoquen la pérdida de biodiversidad.</p> <p>Su importancia de estas zonas se debe a su distribución que se encuentra rodeado de lugares con suelos desnudos, por lo que la temperatura del albedo en temporadas de sequía, puede alcanzar a los 70° C y ocasionar incendios forestales que en un lapso mayor a 10 minutos pueden eliminar a los hongos del suelo, así como protozoos y algunas bacterias que</p>

		<p>declive.</p> <p>El pastizal inducido es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original y aparece a consecuencia del desmonte de cualquier tipo de vegetación o áreas agrícolas abandonadas.</p> <p>Algunas veces corresponde a una fase de sucesión normal de comunidades vegetales como el matorral. Su presencia se debe a la actividad humana.</p>	<p>especies invasoras o introducidas por la acción del ser humano, ya que pueden desplazar a las especies nativas y rompen con la cadena de varias especies.</p>		<p>encargados de desintegrar los materiales orgánico. Además que el humo incrementa el efecto invernadero, por eso es relevante el uso de barreras corta fuego.</p>
<p>Áreas sin vegetación aparente</p>	<p>Aprovechamiento y Restauración</p>	<p>No existe</p>	<p>Son zonas que han quedado con suelos desnudos, por el desmonte de la vegetación. En estas zonas el suelo queda a disposición de factores erosivos, en donde puede provocar la degradación completa del medio, al perder su potencialidad de recuperación. Son zonas que están ocupadas por pequeños asentamientos humanos caminos o que son zonas que fue removida la vegetación totalmente, por ejemplo zonas de cultivo, en donde las maquinarias compactaron los suelos, impidiendo el ingreso de la vegetación, ya que no les ingresa oxígeno, nutrientes y agua. También donde se crearon represas temporales para el ganado o zonas donde la pendiente evita el establecimiento de la vegetación.</p> <p>Son zonas que requieren una atención de emergencia.</p>	<p>Estas zonas son con mayor importancia en acción, para recuperar su potencial e ingrese al sistema de restauración que tenga cualquier secretaria.</p> <p>CONAFOR proporciona asesoría y técnicas para la recuperación de suelos erosionados, con el fin de recuperar su potencialidad biológica, por medio de técnicas biológicas y de maquinaria que no perjudiquen la calidad de los suelo.</p> <p>Además CONAZA llegó a un acuerdo con el programa de las Naciones Unidas para la lucha contra de la desertificación, por lo que se debe de revisar convenios internacionales que proporcione ayuda para casos de erosión y pérdida de potencialidad biológica del suelo.</p> <p>El derecho Real de Usufructo Forestal, menciona que las formas y el manejo del aprovechamiento de los recursos forestales estarán a cargo y serán responsabilidad del propio titular.</p>	<p>Su prioridad de acción es alta, debido a su grado de deterioro.</p> <p>Las zonas con erosión mantendrán una protección estricta de la vegetación de las áreas aledañas, con el propósito que se esparzan las semillas en estos lugares.</p> <p>Además de elaborar la composta para que se nutra el suelo y adquiera sus condiciones naturales, sin olvidar el barbecho para romper los epipedones del suelo y pueda ingresar el oxígeno, así como la microbiota.</p> <p>En estos lugares se pueden llevar a cabo programas de reforestación de especies nativas arbustivas o arbóreas, con ayuda de brigadas de estudiantes de educación de medio superior.</p> <p>El diseño de senderos, caminos y veredas deberán</p>

					<p>contemplar el uso de técnicas para impedir la erosión.</p> <p>Los propietarios, poseedores o usufructuarios de terrenos forestales deforestado o degradados estarán obligados a restaurarlos mediante la regeneración natural o artificial en un plazo no mayor a dos años.</p>
<p>*se clasificó el espacio geográfico:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alta prioridad: Son las acciones que requiere una atención inmediata con prioridad para la reserva, dentro de esas acciones se puede considerar la reforestación, restauración ecológica y reconversión del ecosistema. ➤ Mediana prioridad: Se considera las acciones que sin ser relevantes ayudan a conservar zonas deterioradas, pero estas no están en un punto crítico. ➤ Baja prioridad: Las acciones en este rubro permiten que los procesos ecológicos y ambientales se mantengan en su dinámica actual. Aunque se puede reforzar con la vigilancia, actividades de difusión y concientización 					
<p>Elaborado por Anabell Pérez Flores</p>					

8. Conclusiones

El rancho San Bernardino se encuentra degradado por distintos niveles de intensidad, debido a los factores naturales, sociales y económicos que han perneado en su historia, por ello es importante llevar a cabo un plan de manejo, con el fin de lograr que el medio natural recupere su estatus previo al deterioro.

La situación en que se encuentra el rancho es estratégico, tanto a nivel político como natural, ambos con el mismo valor de importancia. En lo natural es una zona de transición entre el desierto Sonorense y Chihuahuense (con mas afinidad a este), en lo cual lo convierte en un ecosistema frágil, por la combinación de los últimos elementos que lo componen, y a su vez con una gran diversidad biológica.

La percepción remota nos permitió conocer el área de estudio en su totalidad, que junto con el trabajo de campo permitió obtener dos mapas uno sobre los tipos de vegetación y otro de las políticas de manejo del territorio y con ello se pudo obtener las decisiones que favorecerían a la restauración y conservación del medio.

En estos mapas se observó que el rancho se encuentran zonas prioritarias de actuación en la restauración (75% del territorio aproximadamente), ya que existen lugares con falta de vegetación, por la acción del ser humano que permitió la degradación total del suelo, por ejemplo el uso de maquinaria pesada, paso de personas, remoción de la cubierta vegetal etc.

Para un mayor éxito en la restauración y la conservación del territorio estudiado, se requiere que el trabajo sea conjunto, entre instituciones educativas e instancias gubernamentales tanto federales, estatales, municipales, universidades y el público en general interesado.

Dadas las características de escasa extensión, la tenencia particular de la tierra y la homogeneidad de los atributos biofísicos del Rancho se consideran que no es recomendable transitar hacia la formulación de un área Natural

Protegida Federal o Estatal, si no buscar esquemas de conservación de tierras privadas. Al respecto la organización ambiental PRONATURA tienen muchas experiencias sobre el tema, por lo que es recomendable recibir asesoría de esta. Una de las figuras más socorridas y que aplicaría muy bien para el caso del Rancho San Bernardino es la Servidumbre Ecológica, que es un instrumento de conservación, donde destaca básicamente la correlación y dependencia que existe entre dos propietarios, lo cual es un acuerdo, donde se asegura la conservación de un sitio a través de una serie de restricciones autoimpuestas mediante las cuales se mantiene la integridad de los recursos naturales (PRONATURA, 2009). Además PRONATURA ha diseñado una serie de herramientas contractuales y paquetes de beneficios para los dueños de las tierras.

La sequía de las ciénegas provocada por la remoción de la vegetación, actualmente tiende a acumular materia orgánica y suelo, por lo que varía la dinámica ecosistémica que tiene el estanque, por lo que pueden desaparecer, en donde las características edafológicas permitirán la restauración del suelo, ya que es una zona semidesértica, con suelos ricos en arcillas que permiten la inundación de la cuenca y la restauración de las ciénegas, por lo que se debe de controlar la erosión, para evitar la pérdida del potencial en las características del suelo.

Entre otras cosas la remoción de partículas de suelo por la mina a cielo abierto, provoca que el suelo pierda su estructura, en cuanto a los epipedones, mesofauna y orificios, por lo que este pierde su potencialidad de producción y crecimiento de la flora.

El factor agua, que permite el crecimiento de vegetación riparia, que es de tipo arbórea y de gran altitud. El Río San Bernardino principalmente, es un parteaguas a las condiciones del medio, ya que aporta humedad a las zonas de las ciénegas siendo un sistema paralelo a la fuente pluvial, por lo que es de suma importancia la conservación del mismo, pero este ha sido cortado transversalmente por la carretera federal número 2, siendo alterado y

contaminado por turistas, así como el paso de automóviles y camiones que perturban a los seres vivos (flora y fauna).

Asimismo, la altura de la vegetación indica el grado de conservación y salud del ecosistema, sin embargo actualmente estas son variables, lo que puede estar ocurriendo: por factores físicos del lugar, como la aridez edáfica y morfológica; por el ganado de otros ranchos de alrededor que ingresan y consumen plántulas y ramas verdes, por el paso de emigrantes, de personas que habitan en el rancho o automóviles que transitan en el lugar, evitando la restauración. Por lo que en zonas que completamente han perdido su potencial medioambiental, se propuso la restauración pasiva (15% del territorio aproximadamente), esto es el evitar el uso del suelo para cualquier actividad. Sin embargo, los estudios realizados en campo deben de ser, verificados y ampliados, ya que el tiempo no fue suficiente para terminarlos. Por causa de la remoción total o parcial de la vegetación estimuló el ingreso de vegetación invasora como pastos que desplaza a la original del matorral micrófilo, por lo que modifica la cadena trófica para algunas especies especialistas, por ejemplo los *himenópteros* o mariposas que terminan por extinguirse. Además muchas veces este tipo de vegetación modifica el tipo de suelo, lo hacen más ácido o básico, y provocan cambios en la mesofauna.

Lo más importantes es conocer las necesidades del espacio geográfico desde lo natural hasta lo político y social, ya que cada elemento que lo compone no es un hecho aislado, si no es una ecuación, en donde interactúa cada una de las unidades, por lo tanto se debe mantener en balance, con el propósito de armonizar el medio.

La aportación de este trabajo a la ciencia geográfica es el uso de un conjunto de elementos que intervienen en el espacio geográfico, tanto los aspectos físicos, humanos, económicos, sociales hasta la legislación mexicana desde el nivel federal, estatal, municipal y privado, que influyen en la toma de decisiones en el Rancho.

9. Discusión:

En cuanto a la elección de las imágenes de satélite, en un principio se escogería las de la plataforma Spot, sin embargo, en el momento de la segmentación, la escala de la imagen sería muy pequeña por lo que el detalle es más amplio y queda sobresegmentado, provocando que el trabajo hubiera sido interminable y en campo poco identificable y confiable, debido a que quedaban polígonos muy pequeños y serían muy difíciles de ubicar en los lugares para un muestreo.

En la interpretación de las imágenes faltó información de algunos lugares, por lo que se trasladó las mismas características de los lugares conocidos. También la imagen de satélite puede o pudo ocasionar que la información mapeada sea distinta a la realidad, por la reflectancia que tenga el lugar por su geomorfología, así como la época en que fue tomada la imagen de satélite tanto estiaje o temporada de lluvias, en donde la vegetación es más vigorosa, y por ello sería importante llevar a cabo otro remuestreo para reafirmar y corroborar lo obtenido en gabinete.

En cuanto a la identificación de la vegetación se optó por una comparación de lo obtenido por los investigadores de la universidad de Arizona y la elaborada en la UNAM, por lo que se propuso manejarlos a nivel de familia, debido a que faltaban especies en ser determinadas, pero esta tesis se enfoca en una escala mayor y el trabajo de campo no fue exhaustivo para poder elaborar otro tipos de análisis.

También, en el monitoreo que se llevó a cabo del Potencial de Hidrógeno, se sabe que este método no es factible, ya que el papel pH, puede contaminarse fácilmente, dando errores, pero no se pudo obtener un Peachímetro, por lo que se obtuvo resultados de esta forma y se propone hacer una revisión. Pero se concluye que el suelo de la zona puede ser un poco ácido en lugares sin alteración o lixiviadas constantemente por el agua, lo cual son escasas en el Rancho, sin embargo estas pueden tener un comportamiento muy distinto en la temporada de sequía. En

cambio, existen zonas totalmente degradadas que mostraron cambio en su pH de tipo básico, estos lugares tienen que lavarse, por medio del regadío o al cultivar especies resistentes a la salinidad, para que puedan sobrevivir en estos ambientes.

En las cartas editadas de INEGI (1981) la zona del Rancho está erosionada y aumenta en temporada de sequía, para solucionarlo se tendría que reintroducir pastos halófitos y posteriormente se tendría que introducir la vegetación resistente a sales de procedencia xerófito del Desierto Chihuahuense, conociendo la vegetación que anteriormente coexistía en el lugar. En este desierto es común encontrar el huizache, Izotal, Nopal y matorral xerófito. Este se puede encontrar en zonas aledañas, para que no se varíe la genética, por lo que se recomienda llevar a cabo un banco de semillas de la especies endémicas y restaurar la vegetación.

La restauración se debe de realizar sin aplicar criterios de mantenimiento, después de cierto tiempo de haber crecido la planta, ya que el mantenimiento provoca que las partículas del suelo queden al descubierto y sean volátiles por la acción de los agentes del agua y el viento. Esto mismo sucede con el barbecho que rompe los epipedones, haciendo que el suelo quede en sus partículas muy pequeñas, como talco y sean volátiles o acarreadas, por el agua y el viento.

En el caso de las ciénegas, ríos o espacios abiertos con suelos totalmente descubiertos, se debe cultivar especies protectoras, en dirección contraria a los vientos dominantes, estos por lo general son árboles de gran talla como el Álamo, que impide que los vientos erosionen el suelo, además de proporcionar humedad y menor evapotranspiración de los estratos menores y este tipo de vegetación impide el golpeteo directo del agua sobre la superficie, durante una lluvia torrencial, que evita la falta de aeración del suelo y obstrucción de los conductos a la superficie y la entrada de la mesofauna.

En cuanto al ganado, se debe de revisar constantemente las cercas, porque estos se pasan de los ejidos o ranchos circundantes, pisoteando el suelo y comiéndose a las plántulas o partes verdes de las plantas, por lo que la restauración puede tardar más tiempo, sin embargo este tipo de alambrado forma una barrera entre las especies de mamíferos de mayor talla que se trasladan de Estados Unidos a México y viceversa, por lo que sería de importancia retomar este tema si se construye un muro entre ambos países, siendo un tema del derecho internacional. Los gobiernos deben de lograr acuerdos, que impidan los perjuicios, en cuanto a la movilidad de fauna y flora entre las dos naciones.

En cuanto a la basura, se deberá recoger por los mismos empleados del rancho, ya que en el corto plazo parece imposible eliminar la migración de México a Estados Unidos, por lo tanto si no se limpiara, las bolsas, botellas, latas etc. que se encuentran en los recorridos por el lugar, cada vez será más notoria la contaminación y estará debilitada la resistencia del medio para regenerarse.

En conclusión de este trabajo se derivan los siguientes productos y recomendaciones para la zonificación y el plan de manejo del Rancho San Bernardino:

Productos	Utilidad	Limitaciones/ Recomendaciones
1. Mapa de los tipos de vegetación del Rancho.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer la distribución de los tipos de vegetación del Rancho San Bernardino. ✓ La vegetación es un indicador de la degradación ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> -Hacer un remuestreo, para corroborar los resultados obtenidos en el mapa. -Los tipos de vegetación y su densidad pueden variar, al tiempo que se hizo el muestreo.
2. Mapa de políticas de conservación del Rancho.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer las acciones que se pueden llevar a cabo para una conservación eficaz, de acuerdo a sus características y aptitudes del Rancho. 	<ul style="list-style-type: none"> -Los estudios pueden variar de acuerdo a los requerimientos de los dueños e instituciones gubernamentales que participen en su restauración.
3. Diagnóstico ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Conocer las características biofísicas y sociales que existen en el Rancho San Bernardino. ✓ Conocer el grado de degradación y contaminación del rancho. 	<ul style="list-style-type: none"> -Efectuar otros estudios científicos que profundicen en el tema. -Monitorear las condiciones ambientales del Rancho San Bernardino

4. Plan de manejo ambiental.
- ✓ Conocer las características que tuviera el rancho si no existiera la degradación ambiental.
 - ✓ Conocer las acciones de conservación que se pueden llevar a cabo en el rancho de acuerdo a la categoría ambiental que se propuso
- Las acciones pueden variar de acuerdo a los requerimientos de los dueños e instituciones gubernamentales que participen en su restauración.
- Únicamente es útil para la extensión y características ambientales que existen en el Rancho San Bernardino.

Otras recomendaciones para la zonificación y plan de manejo son las siguientes:

- De acuerdo a las características de vegetación se zonificó el rancho y se propuso una política de conservación quedando de la siguiente forma en los mapas:

Tipos de vegetación	Política de conservación
Zonas sin vegetación	Aprovechamiento o restauración
Pastizales	Restauración y conservación
Matorral micrófilo (abierto)	Restauración activa con conservación
Matorral desértico micrófilo	Restauración pasiva con conservación
Vegetación riparia con mezquite	Protección y restauración con protección.

- Se deben de conocer las características y aptitudes ambientales de los lugares donde se aplicará cada política de manejo, así como respetar las restricciones de uso que tengan.
- Debe de ser una tarea conjunta del programa de conservación y restauración del rancho San Bernardino, el Gobierno Federal, Estatal, Municipal, iniciativa privada, universidades y público en general, para lograr que tenga éxito y se alcancen las metas.
- Se deben de conocer los beneficios que proporcionan las instancias gubernamentales en materia de conservación y restauración del medio ambiente.

- Procurar no llevar a acabo procedimientos agresivos de restauración en el lugar, como el uso de maquinaria que propicie la compactación del suelo, desmonte de vegetación, extracción de material del subsuelo, entre otras.
- Se deben de llevar a cabo las acciones del plan de manejo que se efectuó en esta tesis. Para lograr que la conservación sea eficaz, de las cuales destacan:
 - Elaborar inventarios de especies, bancos de germoplasma y viveros.
 - Llevar a cabo un plan de manejo de residuos sólidos.
 - Vigilar y evitar el paso de ganado de ejidos y ranchos vecinos.
 - Monitorear los cambios de temperatura del suelo que pueden propiciar incendios forestales, por ello debe de existir una estación meteorológica en el rancho.

10. REFERENCIAS

10.1 Bibliográficas:

1. Andrade, A. 1974. *El Desierto Chihuahuense*. Fondo de Cultura Económica, México, 65pp.
2. Andrzej J, Mazur A. y Janas U. 2009. *Object-oriented classification of QuickBird data for mapping seagrass spatial structure*. Vol 28º No1. International Journal of Oceanography and Hydrobiology. Polonia 27-43 pag.
3. Anaya, A L.1992. *Las áreas naturales protegidas de México*. Sociedad Botánica de México, México, 200pp.
4. Anaya, M, Martinez, M., Trueba, A., Figueroa, B. y Fernandez O.1991. *Manual de conservación de suelos y agua*. Colegio de posgraduados Chapingo, México 574pp.
5. Arriaga, L., Espinoza M., Aguilar C, Martínez E, Gómez L y Loa E (coordinadores).2000. *Regiones Prioritarias terrestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.609pp.
6. Benneth, H. 1965. *elementos de conservación del suelo*. Fondo de Cultura Económica, Argentina 427pp.
7. Blas, M; González, A. y Gurría, G. 2004. *Cartografía de áreas quemadas con Spot 5*. Departamento de Geografía. Laboratorio de teledetección. España. 14pp.
8. Boland, R. 2001. *Administración General del Medio Ambiente: capacitación en administración del medio ambiente*. Alfa-omega, Colombia 226 pp.
9. Cámara de Senadores. 2007. *Gaceta del Senado*. México.11pp.
10. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2009. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México 175pp.
11. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2008. *Ley de Aguas Nacionales*. México. 103pp.
12. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2008. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. México. 47 pp.

13. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2008 Ley General de Vida Silvestre. México. 34 pp.
14. Canty, M. 2007. *Image analysis classification and change detection in remote sensing: with algorithms for envi/ IDL*. Taylor and Francis. EUA 348 pp.
15. Challenger, A. 1998 *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. CONABIO. México 848 pp.
16. Chuvieco, E. 2002. *Teledetección espacial: la observación de la tierra desde el espacio*. Ariel Ciencia, España, 586 pp.
17. Comisión Nacional del Agua, Unidad del Servicio Meteorológico Nacional, Estación Agua Prieta Sonora
18. Dolman J., Verhagen A y Rovers C. A. 2003. *Global Environmental Change and Land use*. Kluwer Academic Publisher. Reino Unido de la Gran Bretaña y Norte de Irlanda, 210 pp.
19. Flores, A. 2005. *Informe de la situación del medio ambiente en México: compendio de estadísticas ambientales*. SEMARNAT. México, 384 pp.
20. Gandia, S y Melia, J. 1993. *Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales Climatología y Desertificación*. Universidad de Valencia, España 308 pp.
21. Gispert, C. 1999. *Minerales y rocas*. Océano. México. 288 pp.
22. Grenot, C. 1981. *Desierto Chihuahuense: Fauna del Bolsón de Mapimí* Ed. Coordinación de Publicidad del Departamento de Zonas Áridas de la Universidad de Chapingo, México. 63pp.
23. Gobierno de Sonora. 2005. *Ley de Fomento para el Desarrollo forestal sustentable del Estado de Sonora*. Primera y segunda comisiones del Fomento Agrícola y Ganadero y la Comisión del Medio Ambiente Unidas. 33 pp.
24. Gobierno de Sonora. 2006. *Ley de Agua del Estado de Sonora*. Comisión de Asuntos del Agua. 78 pp.
25. Gobierno de Sonora. 2006. *Ley de Turismo del Estado de Sonora*. Comisión de Asuntos Turísticos. 32 pp.

26. Gobierno de Sonora. 2008. *Ley de Bienes y Concesiones*. Congreso del Estado Libre y Soberano de Sonora. 24 pp.
27. Gobierno de Sonora. 2006. *Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Sonora*. Primera Comisión de Gobernación y Puntos Constitucionales. 61 pp.
28. González, D. 2008 *Análisis multicriterio para la priorización de subcuencas y municipios para la aplicación de las políticas de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales en la Laguna de Cuitzeo* Tesis de Maestría Geografía. UNAM. México 114 pp.
29. Hong, Y. 1997. *Exploring spatial analysis in geographic information systems*. On Word. E:U.A. 474pp.
30. Infante, S. y Zárate, G. 2005. *Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario*. 8^{va} reimp- Trillas México 644pp.
31. Instituto Nacional de Ecología, 2007. *Áreas Naturales Protegidas Federales, Estatales y Municipales*, INE-SEMARNAT. México.
32. INEGI, 1998. *Cuaderno Estadístico Municipal de Agua Prieta. Sonora* INEGI, México 149pp.
33. INEGI, 2004. *Anuario estadístico de Sonora*. INEGI, México, 664pp.
34. INEGI, 2005. *Anuario estadístico de Sonora*. Tomo 1. INEGI, México 380pp.
35. Iturriarte, E, 2007. *De píxeles a objetos: Hacia un procesamiento de clasificación de imágenes más inteligentes*. Itt. Visual Information solutions. USA 9pp
36. Jaafar L. y Mourou. W. 2009. *Image Segmentation: A Watershed transformation Algorithm*. Image Anal Stereo. Tunes 99-102 pag.
37. Jassen L.L.F., 2001. *Visual image interpretation*. En Lucas L.F. Principles of remote sensing. ITC. The Netherlands 307-334 pag
38. Legislación Ecológica, 2008. *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente*. Sista, México, 364 pp.
39. Lillesand, T. y Kiefer, R, 2000. *Remote sensing and image interpretation*. 4^a edición. John Wiley and Sons Inc. EU. 724 pp.

40. Louw G y Seely K 1982. *Ecology of deserts organisms*. Longman Scientific y technical E.U 194pp.
41. Maderey, E. 1982 *Geografía de la atmósfera* Ed Universidad Nacional Autónoma de México. México 84pp.
42. Matinfar H., Sarmadian F., Alavi S. y Heck R., (2007) *Comparisons of object-oriented and pixel-based Classification of Land Use/Land Cover Types Based on Landsat7, ETM+ Spectral Bands (Case Study: Arid Region of Iran)*. IDOSI publications, IRAN 448- 456 pag.
43. Miller, R. y Gardiner, D 1998 *Soils in our environment* 8ª edición Prentice Hall, EUA, 736pp
44. Ortiz, S, y Pájaro H. 1994. *Introducción a la leyenda mundial de suelos FAO- UNESCO, versión 1988*. Colegio de postgrado, ciencia agrícola, México, 45pp.
45. Petts, J. 1999 *Handbook the environmental impact assessment* Vol 1. Blacwell Science. Reino Unido de la Gran Bretaña y Norte de Irlanda. 481pp.
46. Primarck, R; Rozzi, R.; Feinsinger, P. y Massardo, F. 1998 *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas* Fondo de Cultura Económica, México 797 pp.
47. Porta, J. y López, M. 2005. *Agenda de campo de suelos: información de suelos para la agricultura*. Mundi- Prensa, España, 542pp.
48. Rabben. E.L 1960 *Fundamentals of photo interpretation*. En *Manual of Photography Interpretation*, R.N. Colwell E.U 99-168 pag.
49. Richards, J. 1993. *Remote sensing digital image análisis*. Springer- Verlag. Germany, 333pp
50. Richards, L. A 1982. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos* 4ª reimp. Limusa. México, 172pp.
51. Rzedowsky, J. 1986. *La vegetación de México*. Limusa. México 431pp.
52. SEMARNAT, 2006 *Revista Ambiente "Desierto Chihuahuense"*. SEMARNAT, Num 32, 23-25 pag.
53. Slapak, S. 1998 *Sistemas ambientales complejos: Herramientas de análisis espacial*. Karszenbaum, Haydee. *Procesamiento de imágenes satelitales para gestión ambiental*. Cap 8. Eudeba. Argentina. 197-217 pag.

54. Spring 2007 *Manual Spring Vers 4.3.3*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Brasil.
55. Velasco, M 1991 *Las zonas áridas y semiáridas: sus características y manejo*. Limusa. México. 725 pp.
56. Woldai, T. (2001). *Electromagnetic energy and remote sensing*. En Lucas L. F. Janssen and Gerrit C Huurneman. Principles of remote sensing. ITC. The Netherlands. 49-81 pag.
57. Woodhouse, L. 2006 *Introduction to microwave remote sensing*. Taylor and Francis. Inglaterra. 370 pp.
58. Zaragoza, R. 2006. *Cartografía de formaciones vegetales del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas a partir del procesamiento digital de Imágenes Landsat 7 ETM+* Tesis de Licenciatura. UNAM. 96 pp.

10.2 Páginas de internet

59. Barraza, L. *La invención educativa y su aplicación en la restauración ecológica*. [en línea] Instituto Nacional de Ecología. 2002. [fecha de consulta: 16 de agosto del 2008]. Disponible en www.ine.gob.mx/ueaje/publicaciones/libros/467barraza.html.
60. Bhära, P. y Hans L. *Steps to cognition in image análisis and philosophy a comparison* [en línea] 2005. [fecha de consulta 18 de agosto del 2008] disponible en <http://www.isprs.org/commission3/proceedings02/papers/paper058.pdf>
61. Bours, E. *Plan Estatal de Desarrollo, 2004-2009*. [en línea] Gobierno del Estado de Sonora. 2003. 104 pp [fecha de consulta 19 de marzo del 2008] Disponible en <http://www.sonora.gob.mx/ped/>
62. CONANP *¿Qué son las ANP?* [en línea] Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2008 [fecha de consulta 10 de agosto de 2008]. Disponible en. <http://www.conanp.gob.mx>
63. CCRS Tutorial: *Fundamentals of Remote Sensing* [en línea] Canada Centre for Remote Sensing. 2006. [fecha de consulta 18 de octubre del 2008]. Disponible en http://ccrs.nrcan.gc.ca/index_e.php
64. Diario Oficial de la federación, [en línea], 2008 [fecha de consulta 22 de abril del 2008]. Disponible en www.diariooficial.gob.mx

65. Fernández, I y Herrero E. *El satélite landsat: análisis de imágenes obtenidas del sensor ETM+satélite landsat*. [en línea] Universidad de Valladolid (n.d)¹ [fecha de consulta 12 de diciembre del 2007]. Disponible en: www.caece.edu.ar/tea/apuntes/landsat-analisis-visual-pdf.)
66. Gobierno de Sonora. *Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para el estado de Sonora* [en línea] Gobierno del Estado de Sonora. 2008 74pp [fecha de consulta: 15 de mayo del 2009]. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Leyes%20del%20Sector%20Estatal/SONORA.pdf>
67. Hernández, J. C. *Combate a la degradación de tierras en México proyecto*. [en línea]. Instituto Nacional de Ecología 2008 [fecha de consulta: 15 de mayo del 2008]. Disponible en: www.ine.gob.mx/dgioce/cuencas/descargas/con_nal_06/tema_06/04_juan_hernandez.pdf.)
68. INEGI *Mapa de regiones hidrológicas: Sonora* [en línea]. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2007 [fecha de consulta enero del 2008]. Disponible en <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/son/rh.cfm>)
69. INEGI. *Mapa digital de México*. [en línea] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 2007 [fecha de consulta: enero del 2008]. Disponible en <http://galileo.inegi.gob.mx/website/mexico/viewer.htm?bsqTable=56&bsqFiel d=CLAVE&bsqStr=260020048&TName=ITER2000&seccionB=mdm&pagant =1>
70. Márquez, R. *Fundamentos teóricos y convenciones para la restauración ecológica: aplicación de conceptos teóricos y teorías a la resolución de problemas en restauración*. [en línea] Instituto Nacional de Ecología. 2005 [fecha de consulta 15 febrero del 2007]. Disponible en: www.ine.gob.mx/viaje/publicaciones/libros/467/marquez1html
71. PRONATURA. Programa Nacional de Conservación de Tierras. [en línea] PRONATURA 2009. [fecha de consulta 30 de septiembre del 2009]. Disponible en: http://www.pronatura.org.mx/pnct_las_canadas.php
72. Satellite Imaging Corporation. *Imágenes satelitales: Spot 5 sensor satelital*. [en línea] Satellite Imaging Corporation. 2006 [fecha de consulta marzo del 2008]. Disponible en: satimagingcorp.es/gallery.spot5.images.html

¹n.d: abreviatura utilizada para indicar que la fecha no fue encontrada de la publicación del artículo.

73. Secretaria de Economía. *Diario Oficial de la Federación. NOM 022 SEMARNAT 2003* [en línea]. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2003 [fecha de consulta febrero del 2007]. Disponible en: www.economia.gob.mx/work/normas/noms/2003/022/semarnat

74. Van Devender T, Anna L. Reina-G and Wiens J Spanish common names of plants from Pedro Garcia of Rancho Guadalupe and Jesus Barra of Rancho El Porvenir. [en línea]. Cuenca los ojos. 2007 [fecha de consulta enero del 2007]. Disponible en: www.cuencalosojos.org

10.3 Cartográficas

75. Carta topográfica Clave H12B36 (1982) San Bernardino. INEGI, México Esc 1:50,000.

76. INEGI, 1981 Carta Geológica H12-3 Esc 1:250,000.

77.- Carta Edafológica H12-3 Esc 1:250,000.

78.- Carta de Uso de Suelo y Vegetación H12-3 Esc 1:250,000

79.- Carta de Aguas Superficiales H12-3 Esc 1:250,000.

80.- Carta de Agua Subterranas H12-3 Esc 1:250,000.