



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN
MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL
TERRITORIO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO GEOMÁTICO

PRESENTA:

JAÉN ALBERTO ARROYO GONZÁLEZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. ERIK DE VALLE SALGADO

MÉXICO, D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA 2015





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/027/15

Señor
JAÉN ALBERTO ARROYO GONZÁLEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ERIK DE VALLE SALGADO, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO GEOMÁTICO

"ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. MARCO TEÓRICO DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO
- III. APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA AL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO
- IV. MARCO TEÓRICO DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO
- V. ZONA DEL CASO DE ESTUDIO: LA YESCA, NAYARIT
- VI. METODOLOGÍA
- VII. RESULTADOS
- VIII. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 7 de abril del 2015.
EL PRESIDENTE

[Firma]

M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH*gar.

Recibi *[Firma]*
Norma I. Vega Debya
08/04/15

Recibi *[Firma]*
Rafael Acuña V.
8/04/15

Recibi *[Firma]*
Benito Gómez Jazm
9/abril/15

Recibi *[Firma]*
Erik de Valle Salgado
9/04/2015

Recibi *[Firma]*
Erik Marquez Garcia
9/04/2015



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 5 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 6 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 7 |
| 3. OBJETIVOS | 8 |
| 3.1. <i>OBJETIVO GENERAL</i> | 8 |
| 3.2. <i>OBJETIVOS PARTICULARES</i> | 8 |
| 4. MARCO TEÓRICO DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO | 9 |
| 4.1. <i>ANTECEDENTES EN MÉXICO</i> | 9 |
| 4.2. <i>CONCEPTO Y MODALIDADES</i> | 10 |
| 4.3. <i>JUSTIFICACIÓN</i> | 12 |
| 4.4. <i>PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO</i> | 13 |
| 4.5. <i>ETAPAS DEL ESTUDIO TÉCNICO</i> | 15 |
| 5. APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA AL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO | 23 |
| 5.1. <i>DEFINICIÓN DE GEOMÁTICA</i> | 23 |
| 5.2. <i>OBJETIVOS DE LA GEOMÁTICA</i> | 23 |
| 5.3. <i>ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN</i> | 24 |
| 5.4. <i>PLATAFORMAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN</i> | 25 |
| 5.5. <i>PRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN</i> | 26 |
| 6. MARCO TEÓRICO DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO | 27 |
| 6.1. <i>DEFINICIÓN</i> | 27 |
| 6.2. <i>LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO</i> | 28 |
| 6.3. <i>ESTRUCTURA</i> | 30 |
| 6.4. <i>APROXIMACIONES PARA ESTABLECER PESOS A LOS CRITERIOS</i> | 33 |
| 6.5. <i>ANÁLISIS DE APTITUD SECTORIAL Y CONFLICTOS</i> | 41 |
| 7. ZONA DEL CASO DE ESTUDIO: LA YESCA, NAYARIT | 44 |
| 7.1. <i>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</i> | 44 |
| 7.2. <i>DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE</i> | 45 |
| 7.3. <i>CLIMAS</i> | 46 |



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| | | |
|------------|---|------------|
| 7.4. | <i>GEOLOGÍA Y SUELOS</i> | 47 |
| 7.5. | <i>VEGETACIÓN</i> | 48 |
| 7.6. | <i>FAUNA</i> | 49 |
| 7.7. | <i>HIDROLOGÍA</i> | 50 |
| 7.8. | <i>POBLACIÓN Y ECONOMÍA</i> | 51 |
| 8. | METODOLOGÍA | 53 |
| 8.1. | <i>DATOS PARA EL ESTUDIO Y SU ESTRUCTURACIÓN EN UNA GEODATABASE</i> | 53 |
| 8.2. | <i>PROCESOS PARA LA ETAPA DE CARACTERIZACIÓN</i> | 58 |
| 8.3. | <i>ANÁLISIS EN LA ETAPA DE DIAGNÓSTICO</i> | 66 |
| 9. | RESULTADOS | 79 |
| 9.1. | <i>ESQUEMA DE LA GEODATABASE “DATOS”</i> | 79 |
| 9.2. | <i>ESQUEMA DE LA “CARACTERIZACION”</i> | 80 |
| 9.3. | <i>CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA NATURAL</i> | 81 |
| 9.4. | <i>CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA FÍSICO</i> | 82 |
| 9.5. | <i>CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO SOCIAL Y ECONÓMICO</i> | 83 |
| 9.6. | <i>ESQUEMA DE LA “APTITUD”</i> | 84 |
| 9.7. | <i>ESQUEMA DE “CONFLICTO”</i> | 84 |
| 9.8. | <i>NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR AGRÍCOLA</i> | 85 |
| 9.9. | <i>NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR GANADERO</i> | 87 |
| 9.10. | <i>NIVEL DE APTITUD PARA EL DESARROLLO URBANO</i> | 89 |
| 9.11. | <i>NIVEL DE APTITUD DE ÁREAS A CONSERVAR</i> | 91 |
| 9.12. | <i>CONFLICTOS SECTORIALES</i> | 93 |
| 9.13. | <i>ANÁLISIS DE CONFLICTOS</i> | 99 |
| 10. | CONCLUSIONES | 105 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 107 |



RESUMEN

Hoy en día, la mayoría de los países en el mundo utilizan la Geomática en la solución de problemas que requieren un análisis espacial y México no es la excepción (Aguirre *et al.* 2009). En este trabajo se aborda la Geomática en lo que respecta a sus objetivos, sus alcances y la importancia de visualizar a esta ciencia como una herramienta para la toma de decisiones en lo que se refiere a temas ambientales y la evaluación de conflictos sectoriales en una misma zona geográfica.

El presente trabajo muestra un panorama de la política ambiental que se implementa en México actualmente y brinda al lector un análisis de los procesos de la Geomática y la Evaluación Multicriterio a través de un caso de estudio en la zona de La Yesca, Nayarit.

El lector visualizará la metodología Evaluación Multicriterio como una herramienta de análisis espacial empleado en la Geomática. Dicha metodología tiene por objetivo asistir en los procesos de toma de decisiones a través del análisis de un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y conflictos.

Las etapas de Caracterización y Diagnóstico del estudio técnico del Ordenamiento Ecológico del Territorio tienen tres propósitos generales: Caracterizar y determinar niveles de aptitud para cada sector económico, sistema físico y natural, para posteriormente evaluar el nivel de conflicto entre dichos sectores. Estos propósitos se logran a través de la integración de talleres de participación sectorial y el uso de técnicas de Evaluación Multicriterio con los Sistemas de Información Geográfica.

A través de este trabajo se podrán visualizar los alcances que tiene esta rama de la ingeniería y los alcances de la metodología Evaluación Multicriterio para lo que respecta el estudio técnico del Ordenamiento Ecológico del Territorio, particularmente para las etapas de Caracterización y Diagnóstico.



1. INTRODUCCIÓN

Procesos como la deforestación, la erosión, la contaminación y demás actividades generadas por el hombre, afines a la urbanización, nos han mostrado a través de los años el impacto negativo que vienen generando al medio ambiente: la degradación de los recursos naturales y la extinción de diversos ecosistemas.

En México, los bosques y selvas en su conjunto comprenden los ecosistemas dominantes. Estos ecosistemas cubren aproximadamente un 32.75% de la superficie del país (Palacio *et al.*, 2000). En el año 2000, el Inventario Nacional Forestal (INF) estimó para el periodo que comprende de 1976 a 2000 una tasa de deforestación a nivel nacional del 0.25% (Vázquez *et al.*, 2002).

Las principales causas de degradación en México son el cambio de uso de suelo hacia la agricultura y el sobrepastoreo (ambas con 17.5%). La deforestación ocupa el tercer lugar con 7.4%, seguida de la urbanización (1.5%). Todos estos procesos tienen que ver con la reducción de la cubierta vegetal, responsable de la conservación del suelo. En el decenio de 1993 a 2003, la superficie agrícola creció 8.5%, agravando los procesos de degradación. La superficie ganadera, con sobrepastoreo correspondió al 24% de la superficie nacional (SEMARNAT, 2005).

La política ambiental mexicana reconoce que el territorio no es sólo un espacio físico en donde confluyen los recursos naturales, sino un ensamble de ecosistemas articulados históricamente a las actividades humanas, en donde a toda transformación o cambio social relevante corresponden significativas modificaciones ecológicas (Toledo *et al.*, 2002).

A razón de identificar y proponer una solución territorial para encontrar un equilibrio entre actividades humanas y mitigación al impacto ambiental en los ecosistemas y recursos naturales, surge el Ordenamiento Ecológico Territorial.

El Ordenamiento Ecológico Territorial o simplemente Ordenamiento Ecológico, se concibe como un proceso y una estrategia de planificación, de carácter técnico-político, con el que se pretende configurar, en el largo plazo, una organización del uso y la ocupación del territorio, acorde con las potencialidades y limitaciones del mismo, expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo (económicos, sociales, urbano-regionales y ecológicos) (Massiris, 2001).

Debido a la naturaleza del ordenamiento ecológico (identificar, analizar y proponer) se busca en este trabajo resaltar la importancia de la ingeniería Geomática como una herramienta de apoyo de suma importancia para la identificación bajo el contexto geográfico espacial, el análisis bajo el contexto ingenieril y científico, y la modelación ecológico ambiental como producto final de estos elementos.



2. JUSTIFICACIÓN

Es importante que la Geomática sea reconocida como una ciencia integral para lo que se refiere a la adquisición, procesamiento y presentación de datos espaciales, tanto a nivel de detalle como a nivel de geografía de paisaje y estudios técnicos ambientales, entre otros grupos.

La evolución de la tecnología en sistemas y hardware obligan a que el ingeniero en Geomática continúe actualizando sus conocimientos en esta ciencia, de ahí, destacar el empleo de herramientas de análisis y plataformas de software, con el fin de conocer sus alcances y también sus posibles desarrollos para generar soluciones para otras ciencias.

Ejecutar metodologías y nuevas tecnologías de procesamiento de datos, como los Sistemas de Información Geográfica, a temas ambientales es una manera de conocer esta rama de la ingeniería como una ciencia cuya aplicación se extiende además de a proyectos de ingeniería, al desarrollo de proyectos sustentables integrales.

Los trabajos de investigación en Geomática aplicada, permiten además de determinar alcances, extender el concepto de esta ciencia a diversos campos tanto de la ingeniería como de las ciencias sociales y naturales que requieren de su aplicación, generando así, colaborar como futuros egresados de Geomática en otras ciencias y lograr que México sea un país donde quede demostrado que la unión de capacidades multidisciplinares brinde resultados más eficaces.



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Resaltar la importancia de la Geomática para llevar a cabo el estudio técnico del Ordenamiento Ecológico del Territorio, destacando cada herramienta, metodologías de análisis y modelación cartográfica territorial para la toma de decisiones.

3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Adquirir e integrar datos cartográficos y estadísticos de diferentes fuentes de información geoespacial para la **caracterización** de la zona de estudio.
- Implementar las técnicas de Evaluación Multicriterio y Multiobjetivo bajo un ambiente SIG para el desarrollo de la fase de **diagnóstico** de la zona de estudio.
- Determinar los **alcances** de la Geomática para el estudio técnico del ordenamiento ecológico.



4. MARCO TEÓRICO DEL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

4.1. ANTECEDENTES EN MÉXICO

El Ordenamiento Ecológico en México tiene sus orígenes en filosofías a nivel mundial, basadas en la gestión del territorio, particularmente en las ideas que tienen que ver en la planeación de explotación de recursos naturales y crecimiento demográfico.

Un ejemplo claro de este tipo de filosofías lo menciona Berrotán, cuando dice que la protección del ambiente, conservación y uso racional de los recursos naturales renovables forma parte esencial de la política de ordenación del territorio por parte del estado. La planificación ambiental y ordenación del territorio deben proponer estrategias y métodos que permitan evaluar el territorio desde aspectos físicos naturales, bióticos, sociales, culturales y económicos, con inclusión del carácter espacial y evolutivo de cada variable (Berroterán, 2001).

La Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (Estocolmo 1972) marco un hito a nivel global en cuanto a la necesidad de planear el uso de los recursos naturales y de regular el crecimiento de los asentamientos humanos. A partir de entonces son diversos los países que utilizan al Ordenamiento del Territorio, con diferentes denominaciones, como un instrumento para planificar y regular en sus territorios las actividades productivas, conservar sus recursos naturales y mejorar la calidad de vida de sus poblaciones (Arriaga *et al.* 2006).

Las primeras experiencias en México se originaron con la Ley General de Asentamientos Humanos, publicada en 1976, en ésta empezaron a considerarse los aspectos ambientales del desarrollo para la planeación de los usos de suelo del territorio (Arriaga *et al.* 2006).

En 1982 la Ley Federal de Protección al Ambiente incluye por primera vez el concepto de Ordenamiento Ecológico como instrumento básico de la planeación ambiental, y en la Ley de Planeación de 1983, el gobierno federal continúa con su labor de planificación ambiental instrumentando proyectos de Ordenamiento Ecológico del territorio en zonas y áreas prioritarias para el desarrollo nacional. Con la Ley de Protección al Medio Ambiente el Ordenamiento Ecológico no incorporaba la participación social y la falta de reglamentación dificultaba su aplicación (Arriaga *et al.* 2006).

Con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) de 1988, se fortalece el concepto de Ordenamiento Ecológico lo que permite el



establecimiento de un marco básico de gestión integral del territorio y sus recursos, siendo una herramienta estratégica para la convergencia eficaz entre estado y sociedad (Arriaga *et al.* 2006).

En 1996 con las modificaciones a la LGEEPA, el Ordenamiento Ecológico adquirió su forma actual, y en su metodología se incorporaron los conceptos de la teoría de sistemas para realizar los análisis relativos a las tendencias de deterioro, la aptitud territorial y las potencialidades de aprovechamiento de los recursos naturales, apoyándose además en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Arriaga *et al.* 2006).

4.2. CONCEPTO Y MODALIDADES

En base a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de enero de 1988 y que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional, se define el concepto de ordenamiento ecológico en nuestro país, México, como:

Un instrumento de política ambiental cuyo objetivo es regular o inducir el uso de suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias del deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos.

En base a este concepto y bajo el contexto del presente trabajo, se puede entender al ordenamiento ecológico como un sistema que consta de:

- a) Un análisis geográfico espacial de la zona a estudiar (catastro, actividades económicas, crecimiento poblacional, recursos naturales, descripción fisiográfica, etc.)
- b) Un modelo geográfico, basado en técnicas geomáticas, que tiene como objetivo ordenar al territorio basándose en políticas ambientales vigentes en nuestro país para proponer un plan de gestión integral territorial.

El Ordenamiento Ecológico busca un equilibrio entre las actividades productivas y la protección de los recursos naturales. Por ello, uno de los principales retos del ordenamiento ecológico es armonizar las actividades de todos los sectores entre sí y con el medio ambiente (SEMARNAT, 2009).

En la LGEEPA se establecen la definición, modalidades y contenido de los programas de ordenamiento ecológico, así como las autoridades responsables de



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



su formulación y expedición (SEMARNAT, 2009). El Ordenamiento Ecológico se puede presentar en diversas modalidades. De acuerdo con la LGEEPA en sus artículos 5º fracción IX, 7º fracción IX, 8º fracción VIII y los artículos 19 Bis al 20 Bis 7, las siguientes modalidades:

- *PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO GENERAL DEL TERRITORIO (OEGT)*

Tiene como objetivo fundamental, vincular las acciones y programas de la Administración Pública Federal cuyas actividades inciden en el patrón de ocupación del territorio. Su formulación deberá atender a lo establecido en el artículo 20 de la LGEEPA y el capítulo tercero de su Reglamento de Materia de Ordenamiento Ecológico (Arriaga *et al.* 2006).

- *PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO MARINO (OEM)*

Su objetivo es establecer los lineamientos y previsiones a que deberá sujetarse la preservación, restauración, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales existentes en áreas o superficies específicas ubicadas en zonas mexicanas, incluyendo las zonas federales adyacentes (Arriaga *et al.* 2006).

- *PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO REGIONAL (OER)*

Tiene por objetivo establecer y orientar la política de uso de suelo en función del impacto ambiental que generan las actividades productivas en regiones consideradas prioritarias o estratégicas para el país (Arriaga *et al.* 2006).

- *DE DOS O MÁS ESTADOS*

Cuando una región ecológica se ubique en el territorio de dos o más entidades federativas, el Gobierno Federal, del de los Estados y Municipios respectivos, en el ámbito de sus competencias, podrán formular un programa de Ordenamiento Ecológico regional (Arriaga *et al.* 2006).

- *DE LA TOTALIDAD DE UN ESTADO*

Los Gobiernos de los Estados en los términos de las Leyes locales aplicables, podrán formular y expedir programas de Ordenamiento Ecológico regional que abarquen la totalidad o una parte de una entidad federativa (Art. 20 bis 2) LGEEPA. En estos casos el Estado en cuestión puede invitar a participar al



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Gobierno Federal a través de la suscripción de un Convenio de Coordinación (Arriaga *et al.* 2006).

- *PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL (OEL)*

Que abarquen la totalidad o parte del territorio del Municipio. Tienen como objetivo determinar el diagnóstico de las condiciones ambientales y tecnológicas, regular los usos del suelo fuera de los centros de población. En ellos se establecen los criterios de regulación ecológica de los centros de población, para que sean integrados en los programas de desarrollo urbano con carácter obligatorio para las autoridades municipales (Arriaga *et al.* 2006).

De acuerdo con lo que establecen los artículos 20 bis 4 y bis 5 de la LEGEEPA y los artículos 57 al 61 de su Reglamento en materia de Ordenamiento Ecológico. Asimismo, los municipios tendrán que formular su programa de ordenamiento con bases en las leyes locales en la materia. De igual forma los municipios en cuestión podrán invitar al Gobierno Federal a participar en el Proceso de Ordenamiento Ecológico a través de la suscripción de un convenio de coordinación bien, en los casos en que exista un área natural protegida federal la participación del Gobierno Federal será cuestión obligada (Arriaga *et al.* 2006).

4.3. *JUSTIFICACIÓN*

En base a los conceptos planteados por la LGEEPA, el Ordenamiento Ecológico es una herramienta primordial de gestión territorial para resolver conflictos en los diversos sectores económicos sociales que habiten una zona en particular como lo son el crecimiento de zonas agrícolas hacia zonas de recargas de acuíferos, crecimiento urbano hacia zonas de áreas naturales protegidas, crecimiento industrial hacia zonas boscosas, etc.

Cuando dos sectores tienen interés por el uso del mismo espacio o recurso para desarrollar sus actividades, pueden surgir conflictos si las acciones de uno de ellos interfieren directa o indirectamente con las del otro, lo cual dificulta su realización (SEMARNAT, 2009).

Entre muchos otros, los principales beneficios que acarrearán los ordenamientos ecológicos son:

1. Dirigir prioridades de atención, inversión y gastos a zonas de mayor prioridad.
2. Orientar inversiones gubernamentales.



3. Sustentar la solicitud de apoyos financieros para establecer y desarrollar programas que permitan atender los principales problemas ambientales (SEMARNAT, 2009).

Una justificación adicional que se puede inferir en base a lo expuesto, es conocer el comportamiento urbano de nuestra sociedad y determinar específicamente que tipo de sector económico, productivo o social está afectando directamente los recursos naturales o ecosistemas dentro de la zona de estudio.

4.4. PROCESO DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO

El proceso de Ordenamiento Ecológico en cualquiera de sus modalidades se compone por el conjunto de procedimientos que permiten su formulación, expedición, ejecución, evaluación y modificación (Arriaga *et al.* 2006).

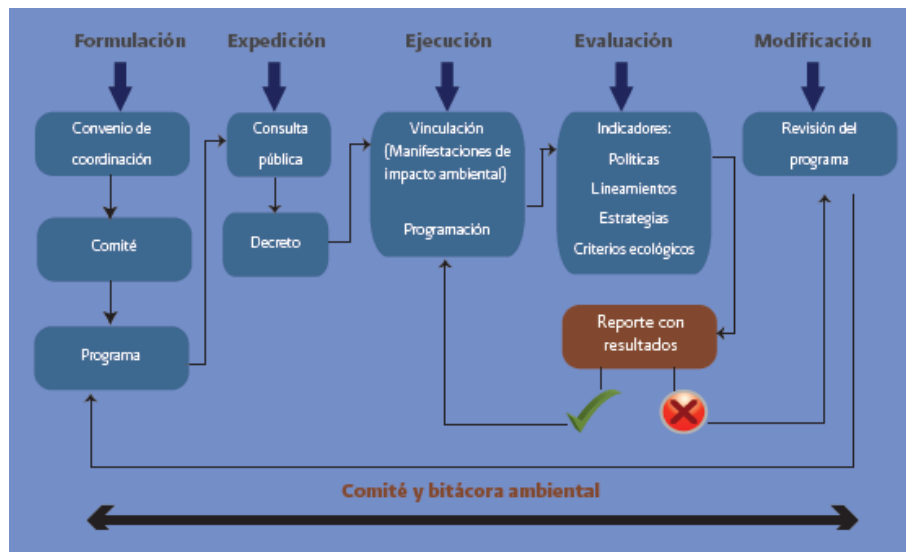


Fig. 4.1. Fases del Proceso del Programa de Ordenamiento Ecológico

A continuación se explicará de manera breve cada una de las fases del Proceso del Programa del Ordenamiento Ecológico sólo con el fin de contextualizar el presente trabajo.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



1) FASE DE FORMULACIÓN

Según la Guía de Ordenamiento Ecológico Territorial distribuida gratuitamente por SEMARNAT, se entiende a la formulación como la fase en el proceso de Ordenamiento Ecológico en la cual se plantean los mecanismos e instrumentos para llevar a cabo el Ordenamiento Ecológico. La fase de formulación consta de los siguientes elementos:

- a) Firma del convenio de coordinación: acuerdo legal que firman las autoridades gubernamentales en el cuál se oficializa y se establecen las reglas generales para el desarrollo del proceso de Ordenamiento Ecológico.
- b) Instalación del Comité de Ordenamiento Ecológico: es un órgano que estará integrado por representantes de la sociedad civil con el fin de mantener un proceso de Ordenamiento Ecológico transparente.
- c) Integración de la agenda ambiental: es un documento donde se identifican y ponderan los principales problemas socio-ambientales del área de estudio, el comité ejecutivo es responsable de su integración.
- d) Diseño y construcción de la bitácora ambiental: aquí se registran todas las actividades del Ordenamiento Ecológico, con lo que se promueve la transparencia y la rendición de cuentas. La bitácora debe ser de libre acceso a todo el público.
- e) Elaboración del estudio técnico: el estudio técnico es el sustento del programa del Ordenamiento Ecológico. El reglamento de la LGEEPA establece su estructura y contenido. Este punto se tocará más a fondo en el siguiente subtema debido a su relevancia para el presente trabajo.

2) FASE DE EXPEDICIÓN

Es el proceso en el cuál se decreta el programa y le da legalidad al Ordenamiento Ecológico, incluye la realización de la consulta ciudadana y la publicación del Programa de Ordenamiento Ecológico.

Cabe resaltar que concluido el estudio técnico, el comité debe integrar la propuesta del Programa de Ordenamiento Ecológico e iniciar la fase de expedición.



3) FASE DE EJECUCIÓN

Es la fase donde se aplica el Ordenamiento Ecológico como instrumento normativo y de planeación. Es donde se implementan las estrategias ecológicas y criterios de regulación ecológica mediante la ejecución de programas de gobierno, la coordinación de acciones sectoriales y la aplicación de los instrumentos de gestión, para el cumplimiento de los lineamientos ambientales.

4) FASE DE EVALUACIÓN

Determina el grado de cumplimiento, tanto de los acuerdos del proceso de Ordenamiento Ecológico para reformular el programa, como de los lineamientos, estrategias y acciones.

5) FASE DE MODIFICACIÓN

El programa de Ordenamiento Ecológico puede ser modificado cuando las condiciones ambientales, económicas y sociales en el área de ordenamiento o cuando el programa no atiende con eficiencia los problemas y conflictos ambientales.

4.5. ETAPAS DEL ESTUDIO TÉCNICO

Como se vio anteriormente en el proceso de Ordenamiento Ecológico, la fase de Formulación comprende la elaboración del estudio técnico, que es el sustento del Programa del Ordenamiento Ecológico.

En base a la LGEEPA en materia de ordenamiento ecológico se señalan las etapas del estudio técnico de la siguiente manera:

1) Caracterización

Según la LGEEPA, en la etapa de caracterización se buscan dos objetivos básicos: determinar los atributos ambientales del territorio a ordenar y cuáles de estos atributos busca cada sector económico para satisfacer su interés.

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico (DOF 08/08/2003), un **interés sectorial** es el objetivo particular de personas, organizaciones o instituciones con respecto al uso del territorio, entre los que se incluyen el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



mantenimiento de los bienes y servicios ambientales y la conservación de los ecosistemas y biodiversidad. Igualmente, el Reglamento señala que un **atributo ambiental** es aquella variable cualitativa o cuantitativa que influye en el desarrollo de las actividades humanas y de los demás organismos vivos (Arriaga *et al.*, 2006)

El objetivo de la caracterización es describir el estado de los componentes natural, social y económico del área a ordenar, considerando, entre otras, las siguientes actividades (Arriaga *et al.*, 2006):

| Actividades principales | Productos principales |
|---|--|
| Delimitar el área a ordenar | Mapa del área a ordenar |
| Identificar los sectores con actividades en el área a ordenar | Descripción de los sectores en el área a ordenar y la compatibilidad entre ellos |
| Realizar talleres sectoriales | Definición de intereses sectoriales Identificación de atributos ambientales Ponderación de los atributos ambientales |

Fig. 4.2. Tabla de actividades y entregables de la caracterización (Arriaga et al., 2006)

En las actividades principales, se parte de definir el área a ordenar, que geográficamente se expresa como un polígono que encierre en su perímetro la zona a atender y a partir de este polígono trabajar con los posteriores procesos sin exceder más allá del límite marcado.

Debido a lo anterior, Arriaga et al., 2006 considera que la actividad de delimitar el área a ordenar debe contemplar primero que nada las actividades sectoriales, las cuencas, los ecosistemas, las unidades geomorfológicas y los límites político-administrativos, las áreas de atención necesaria y demás información necesaria.

Otro aspecto importante después de definir el área a ordenar es el que se refiere a la escala geográfica del trabajo, debido a que la presentación de los entregables en su mayoría contempla mapas, este punto debe quedar muy bien establecido desde el principio del trabajo.

La selección de la escala geográfica adecuada, según Arriaga et al. 2006, debe hacerse tomando en cuenta los siguientes factores:

- a) La extensión del área que se va a ordenar, por ejemplo: si se trata de uno o varios municipios, de todo un Estado, de más de un Estado o de dos Estados.
- b) El nivel de detalle o profundidad al que se pretenden abordar los conflictos ambientales que serán evaluados durante el proceso de Ordenamiento Ecológico.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



- c) La existencia y disponibilidad de la información documental, estadística y cartográfica relativa al área a ordenar.

Basados en estos factores es importante partir de recolectar la información necesaria sobre el área a ordenar del tipo geográfico y estadístico. En México el organismo regulador de esta información es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Además del INEGI, como ciudadanos mexicanos contamos con dependencias gubernamentales que pueden brindarnos información geográfica, estadística y ambiental sobre temas afines a los insumos necesarios para esta etapa y las demás del estudio técnico.

Cabe resaltar la importancia de la **información**, en el sentido que esta requiere ser adquirida por diversos grupos multidisciplinarios, como geólogos, ecólogos, agrónomos, etc. Ya que el nivel de cantidad y calidad de la información determinará el nivel de calidad del estudio, así mismo la adquisición de datos debe tener definido una escala, ósea **precisión** a la cual se va a trabajar para el estudio técnico.

En cuanto a la actividad de identificar los sectores con actividades en el área a ordenar, según *Arriaga et al., 2006*; algunos ejemplos de los sectores que pueden ser incluidos en el Proceso de Ordenamiento Ecológico son los siguientes:

4. Agricultura
5. Acuicultura
6. Pecuario
7. Aprovechamiento forestal
8. Minería
9. Conservación
10. Comunicaciones
11. Urbano
12. Turismo
13. Áreas naturales protegidas
14. Forestal

La identificación tanto de los intereses sectoriales como de los atributos ambientales (mencionados en párrafos anteriores) y su priorización es elaborada por los propios sectores involucrados. Para esto, es necesaria la realización de al menos un taller sectorial con mecanismos de participación pública, en donde se convoque a los representantes de cada sector de la región del Ordenamiento Ecológico (*Arriaga et al., 2006*).

Con base a la Guía de Ordenamiento Ecológico de SEMARNAT, los intereses sectoriales y los atributos ambientales deben ir ordenados en una matriz de acuerdo al siguiente ejemplo:



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| Atributo ambiental | Interés sectorial | | | |
|---|-------------------|--|---------------------|--------------|
| | Acuicultura | Agropecuario | Pesquero | Conservación |
| Cuerpos de agua | <= 50 m | No aplica | <= 100 m de manglar | No aplica |
| Cercanía a carreteras y caminos | <= 500 m | <= 3 km | No aplica | >= 500 m |
| Distancia a uso agropecuario | No aplica | No aplica | No aplica | >= 300 m |
| Lagunas | No aplica | No aplica | No aplica | Presencia |
| Manglar | <= 100 m | No aplica | No aplica | Presencia |
| Pozos de agua | No aplica | Presencia | No aplica | No aplica |
| Selva baja caducifolia y matorral | No aplica | No aplica | No aplica | Presencia |
| Tipo de suelo | Solonchak | Feozem Vertisol Fluvisol, Camb. Regosol y Luv. | Solonchak | No aplica |
| Zonas inundables (agua salobre) | Presencia | Ausencia | No aplica | Marismas |
| Zonas inundables estacionalmente (agua dulce: lechos de los ríos) | No aplica | Presencia | No aplica | No aplica |

Fig. 4.3. Matriz de intereses sectoriales y atributos ambientales (SEMARNAT, 2009)

La parte que se refiere a la realización de talleres, es muy importante debido a que lleva en paralelo al estudio técnico del Ordenamiento Ecológico, la comunicación con los diferentes sectores ubicados en el área de estudio para recalculer y replantear información sobre sus respectivos sectores.

2) Diagnóstico

La etapa de diagnóstico se refiere al análisis de conflictos ambientales entre los sectores con actividades en el área a ordenar.

Las actividades principales de esta etapa según Arriaga et al. , 2006 son:

| Actividades principales | Productos principales |
|--|---|
| Realizar el análisis de aptitud | Mapas de aptitud por sector |
| Analizar los conflictos ambientales | Mapa y descripción de conflictos ambientales |
| Realizar el taller para validación de los mapas de aptitud | Mapas de aptitud y de conflictos validados por los sectores |
| Delimitar las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar. | Mapas con las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar |

Fig. 4.4. Tabla de actividades y entregables de la etapa de diagnóstico (Arriaga et al., 2006)



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Una vez habiendo caracterizado el área a ordenar conforme a los lineamientos expuestos anteriormente, se procederá a hacer los análisis correspondientes entre los sectores y su ubicación geográfica dentro de la zona de estudio.

El análisis de aptitud es un método que permite conocer la capacidad del territorio para sostener las actividades de los diferentes sectores en el área de Ordenamiento Ecológico. De acuerdo con este enfoque, dicho análisis utiliza el conocimiento que tienen los sectores para decidir qué zonas proporcionan las mejores alternativas para su emplazamiento. El resultado es un mapa por actividad para toda el área de Ordenamiento Ecológico y que presenta un gradiente entre las zonas que son menos aptas y las zonas que son más aptas para cada sector (Arriaga et al, 2006).

El análisis de los conflictos ambientales se realiza mediante la combinación de los mapas de aptitud territorial de cada sector, obtenidos en el apartado anterior. El resultado es un mapa que refleja el gradiente de intensidad de los conflictos ambientales en el área (Arriaga et al, 2006).

Lo referente a la realización del taller para validación de los mapas de aptitud se refiere a la comunicación constante con los diferentes sectores y comunidades que habitan el área de estudio con el fin de modificar y/o replantear conflictos ambientales.

Una vez hechos los análisis y haciendo modificaciones en caso de haberlas en los talleres de validación, se procederá a delimitar las áreas que se deberán preservar, conservar, proteger o restaurar.

3) Pronóstico

El pronóstico es la evaluación del comportamiento futuro de una situación, basándose en el análisis del pasado. Por ello, depende de un buen diagnóstico para que las previsiones que se puedan hacer a través del pronóstico sean robustas y nos permitan hacer inferencias válidas (Arriaga et al. ,2006).

| Actividades principales | Productos principales |
|---|---|
| Analizar los procesos de deterioro de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector | Mapas de tendencias de degradación de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector |
| Construcción de escenarios | Mapa y descripción de los escenarios tendencial, contextual y estratégico |

Fig. 4.5. Tabla de actividades y entregables de la etapa de pronóstico (Arriaga et al., 2006)



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



El análisis de los procesos de deterioro de los atributos ambientales que definen la aptitud de cada sector es una representación geográfica a través del tiempo de cómo ha ido evolucionando el crecimiento del sector estudiado (para cada uno de los sectores que compongan la zona) y el tipo de ecosistema que ha ido degradando debido a su actividad.

La actividad que se refiere a la construcción de escenarios es una representación geográfica del comportamiento espacial que tienen los sectores en cuestión de la zona de estudio, básicamente hacia donde se están moviendo y de qué forma.

El objetivo del pronóstico es conocer el posible comportamiento en un futuro de aquellos atributos ambientales que determinan la aptitud territorial para sustentar las actividades de cada sector así como visualizar si la aptitud por sector en el área a ordenar se modifica en el tiempo y a qué causas se debe.

Debe tomarse en cuenta que es importante dar un seguimiento a la etapa de pronóstico, debe considerarse como un ciclo iterativo en el cuál, a través de técnicas de percepción remota, se generará información sobre el comportamiento del territorio. Esta información, además de ser adquirida con técnicas geomáticas, debe ser representada con Sistemas de Información Geográfica para un apropiado entendimiento de la misma.

4) Propuesta

La propuesta es la etapa final del estudio técnico del Ordenamiento Ecológico. La propuesta abarca las etapas estudiadas anteriormente ya que tiene como propósito obtener un patrón de ocupación del territorio que equilibre actividades sectoriales y conflictos ambientales.

La propuesta será la base para la construcción del Programa de Ordenamiento Ecológico, que es un documento que contiene los objetivos, prioridades y acciones que regulan o inducen el uso del suelo y las actividades productivas de una región. El propósito de estos programas es lograr la protección del medio ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Arriaga et al., 2006).



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| Actividades principales | Productos principales |
|---|---|
| Delimitar de la Unidades de Gestión Ambiental | <ul style="list-style-type: none">• Mapa de Unidades de Gestión Ambiental (Modelo de Ordenamiento Ecológico) |
| Asignar los lineamientos ecológicos a cada una de las Unidades de Gestión Ambiental | <ul style="list-style-type: none">• Tabla de asignación de lineamientos ecológicos por Unidad de Gestión Ambiental |
| Definir las estrategias ecológicas para cada uno de los lineamientos ecológicos | <ul style="list-style-type: none">• Tabla de asignación de las estrategias ecológicas por Unidad de Gestión Ambiental |
| Integrar el Programa de Ordenamiento Ecológico | <ul style="list-style-type: none">• Modelo de Ordenamiento Ecológico• Tablas de asignación de lineamientos ecológicos y estrategias ecológicas |

Fig. 4.6. Tabla de actividades y entregables de la etapa de propuesta (Arriaga et al., 2006)

Como se puede observar el producto esperado de la propuesta es el Programa de Ordenamiento Ecológico (que a su vez de desglosa en una serie de entregables), y dicho Programa de Ordenamiento Ecológico se integra por dos elementos:

a) El modelo de Ordenamiento Ecológico:

El modelo de Ordenamiento Ecológico es la representación, en un sistema de información geográfica, de las Unidades de Gestión Ambiental (UGA) y sus respectivos lineamientos ecológicos. Una UGA es la unidad mínima del área de Ordenamiento Ecológico a la que se asignan lineamientos y estrategias ecológicas. Posee condiciones de homogeneidad de atributos físico-bióticos, socioeconómicos y de aptitud sobre la base de un manejo administrativo común (Arriaga et al., 2006).

Para definir las UGA, Arriaga et al proponen la utilización del análisis Multiobjetivo. Dicho análisis permite elegir una alternativa de decisión y reconocer que los atributos de las alternativas son sólo medios para alcanzar los objetivos de los tomadores de decisiones.

b) Las estrategias ecológicas:

Se refiere a la asignación de política ambiental y de lineamientos ecológicos que le corresponden en función de la definición y caracterización de las Unidades de Gestión Ambiental.

En cuanto a la política ambiental se tratan los temas de aprovechamiento sustentable, preservación, conservación y restauración. Los lineamientos ecológicos son el enunciado general que refleja el estado deseable de una UGA.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



A continuación se presenta una figura que ilustra las estrategias ecológicas:

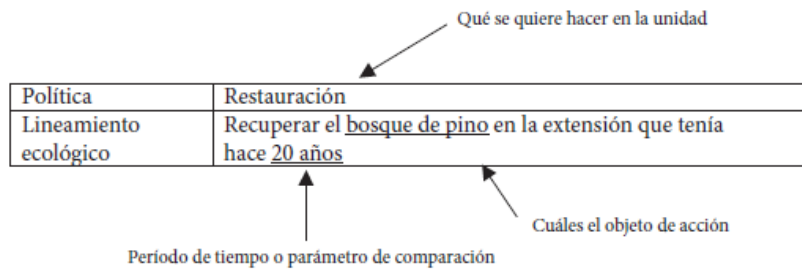


Fig. 4.7. Esquema explicativo sobre las estrategias ecológicas (política ambiental y lineamiento ecológico) (Arriaga et al., 2006)



5. APLICACIÓN DE LA GEOMÁTICA AL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

5.1. DEFINICIÓN DE GEOMÁTICA

Desde principios de la década los 90 se ha venido observando un desarrollo paulatino y sin precedente en el análisis y el manejo de datos espaciales. Una de las razones fundamentales de este proceso es la afortunada unión entre las Ciencias de la Tierra y la Informática. Esta alianza de disciplinas se denomina Geomática (Aguirre *et al.* 2009).

La Geomática a manera de definición, es un término científico moderno que sirve para expresar la integración sistémica de técnicas y metodologías de adquisición, almacenamiento, procesamiento, análisis, presentación y distribución de información geográficamente referenciada (Aguirre *et al.* 2009).

Estos datos espaciales provienen del análisis y de mediciones hechas con diversas técnicas empleadas en disciplinas tales como: la geodesia y la topografía, la cartografía, la teledetección o percepción remota, la fotogrametría, la geo estadística o análisis espacial, los Sistemas de Posicionamiento Global de Navegación por Satélite (GPS) y los Sistemas de Información Geográfica (Aguirre *et al.* 2009).

Con el paso de los años, los seres humanos vamos siendo más dependientes de la tecnología y del conocimiento de nuestro entorno. Desde un punto de vista ingenieril, todo proyecto y toda obra que implique el desarrollo de infraestructura requiere conocimiento del terreno donde se vaya a llevar a cabo, desde un punto de vista estadístico, cualquier censo poblacional y económico implica la correcta georreferenciación de los datos recolectados en campo y por último, y no porque sean todos los casos: desde un punto de vista ambiental, el estudio del territorio en cuanto a sus límites políticos, la características sociales y económicas de su población y la caracterización de su ecosistema se traduce en una herramienta de conocimiento para una apropiada administración territorial ecológica que busque la armonía entre aspectos ambientales y de crecimiento urbano con todas sus implicaciones.

5.2. OBJETIVOS DE LA GEOMÁTICA

Debido a su naturaleza multidisciplinaria, la Geomática puede expresar sus objetivos desglosándose de la siguiente manera:

1.- **Adquirir** información espacial y estadística a través de diferentes técnicas como lo son: la topografía, la geodesia, la percepción remota, las encuestas y demás áreas relacionadas con la recolección de datos en la Tierra.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



2.- **Procesar** información espacial y estadística a partir de datos recolectados en campo con las diferentes técnicas aplicadas para adquisición.

3.- **Analizar** información espacial y estadística generada a partir del procesamiento de datos, con el fin de interpretar, evaluar y modelar el fenómeno de estudio a través de su información recabada y procesada.

4.- **Presentar y distribuir** información espacial y estadística analizada con el fin de divulgar información del fenómeno de estudio de manera clara y entendible para el interés particular que la persigue.

Una de las premisas para plantear una propuesta de Ordenamiento Ecológico es el estudio y evaluación de cambios del espacio geográfico, elementos necesarios para la planeación del uso de la tierra y el ordenamiento del territorio (Tricart y Killian, 1982).

En el caso específico de las áreas destinadas a la conservación de los recursos naturales, es decir, las reservas biológicas, los estudios geográficos y cartográficos permiten reconocer el espacio con distintos niveles de aproximación y detalle, para lo cual es necesario hacer uso de diferentes escalas y herramientas, a fin de construir modelos cartográficos. Así mismo, el proceso de Ordenamiento Ecológico requiere de la disponibilidad y manejo de gran cantidad de información especializada, sistematizada y de buena calidad, que pueda ser organizada en bases de datos que se integren a un SIG para hacer eficiente su almacenamiento, procesamiento, análisis y síntesis con fines de planeación (Aguirre et al., 2009).

Con base a los objetivos de la ingeniería Geomática y contextualizando el estudio del Ordenamiento Ecológico, tenemos los siguientes procesos y plataformas orientadas al estudio técnico:

5.3. *ADQUISICIÓN DE INFORMACIÓN*

La adquisición de información es la parte de investigación y categorización de datos, fundamental para la etapa de **Caracterización**, debido a que su objetivo será la adquisición de los insumos para llevar a cabo el Ordenamiento Ecológico. Las fuentes de información para la adquisición de información son las siguientes:

- a) Portal de información estadística y geográfica de INEGI: El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) funge como el principal productor de información geoespacial en nuestro país, además de ser el organismo oficial en cuanto a información estadística y geográfica se refiere.

En dicho portal de información podemos acceder a datos topográficos, de recursos naturales, geológicos, socioeconómicos y una amplia gama de información estadística georreferenciada que se empleará en la etapa de insumos en la metodología explicada más adelante.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



- b) Portal de imágenes satelitales LANDSAT del Servicio Geológico de Estados Unidos: Este portal nos permite tener acceso a la descarga gratuita de imágenes satelitales, las cuales podrán ser procesadas y así extraer información referente a la caracterización de la zona de estudio, en cuanto a su uso de suelo, cubierta vegetal, etc.

Es importante mencionar que mucha de la información no tiene una escala adecuada e incluso los datos requieren una homogenización geográfica (del sistema de coordenadas). Esto se subestima en algunas ocasiones, por tanto, es importante resaltar que este trabajo hace énfasis en los procedimientos de análisis y las herramientas de la Geomática para el tratamiento de datos, ya que si se hace un estudio a profundidad y que implique una investigación integral para la adquisición de los datos, los resultados reflejarían una alta calidad al presentarlos.

Lo anterior, da lugar a la aplicación de la Geomática y sus diversas técnicas de recolección de datos, ya que con esta ciencia los alcances de este tipo de estudios quedan definidos en cuanto a su nivel cuantitativo como cualitativo.

5.4. PLATAFORMAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Estas herramientas tienen por objetivo el procesar los datos cartográficos y estadísticos para generar el proyecto de **Diagnóstico** y **Pronóstico** de la zona de estudio.

- a) Sistemas de Información Geográfica (SIG) : Es una herramienta Geomática de análisis espacial para resolver problemas por medio de modelos que permiten encontrar patrones y entender cuáles son los eventos que dan origen a los fenómenos que se estudian; de manera informal podría ser el arte de expresar de la forma más abstracta posible la realidad (Aguirre et al., 2009). Los SIG nos permiten procesar, integrar y analizar información. En este sentido el análisis es determinar la aptitud del territorio en la etapa de Diagnóstico del Ordenamiento Ecológico. Los SIG son la herramienta fundamental para el modelado cartográfico, que bajo el contexto de este trabajo se interpreta como el Diagnóstico del Ordenamiento Ecológico.
- b) Software de procesamiento digital de Imágenes: Esta herramienta, propia de la técnica Geomática Percepción Remota, permite procesar y analizar imágenes satelitales, de manera que se puedan visualizar rasgos geológicos, ecológicos, topográficos, etc. y posteriormente clasificarlos para complementar la etapa de Diagnóstico en el Ordenamiento Ecológico. Así también, debido a que el tiempo y el espacio están asociados a la Percepción Remota, el procesamiento digital de imágenes nos permite analizar cambios geográficos con respecto al tiempo, objetivo



principal de la etapa de Pronóstico en el estudio técnico del Ordenamiento Ecológico.

5.5. PRESENTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En cuanto a la presentación y distribución de la información, las plataformas geomáticas para este punto se asocian a los SIG, ya que además de proporcionar una integración, procesamiento y análisis de los datos, cuentan con módulos que permiten dar formato a la información, ordenarla para ser explicativo en cuanto al contenido y exponerla en la forma de Mapas Temáticos e informes Estadísticos, que fungirán como entregables de cada una de las etapas que componen el estudio técnico del Ordenamiento Ecológico Territorial.

Haciendo énfasis en la presentación y distribución de la información, se puede observar como las tecnologías de la información y los sistemas de información geográfica crean una importante fusión al permitirnos transmitir mapas interactivos a través de plataformas WEB, tal como los servicios WMS (Web Mapping Services), servicios web que permiten que el usuario visualice, analice y manipule información geográfica desde cualquier parte del mundo siempre y cuando tenga al alcance una conexión a internet.

En México, los mapas WEB tienen un auge interesante en temas como catastro, atlas interactivos (como el Atlas de Zonas Áridas del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP, SAGARPA, 2013) y plataformas geográficas para información y representación de entornos turísticos, entre otras.



6. MARCO TEÓRICO DE LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO

El objetivo de trabajar en el Caso de Estudio de La Yesca, Nayarit es:

Caracterizar económica y ambientalmente el municipio de La Yesca, Nayarit y, mediante la aplicación de la Evaluación Multicriterio (EMC), definir el nivel de adecuación del territorio para proponer zonas óptimas de ocupación sectorial y de conservación ecológica.

Bajo ese esquema, a continuación se introducirá al lector al marco conceptual de la EMC, con el fin de entender cada uno de los pasos utilizados en esta metodología para llegar al objetivo propuesto para el caso de estudio.

6.1. DEFINICIÓN

La EMC puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de EMC es investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto (Voogd, 1983).

La toma de decisiones multicriterio se puede entender como un “mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los tomadores de decisiones a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la teología: objetivos, metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad” (Colston y De Bruin, 1989).

Desde el punto de vista espacial, las alternativas son unidades de observación o porciones del territorio que se evalúan con base en sus características geográficas. La aplicación de la EMC en el contexto de la Geografía permite asistir en los procesos de ordenamiento territorial mediante la obtención del nivel de adecuación del territorio para el mantenimiento de los ecosistemas naturales y para el desarrollo de actividades productivas (Aguirre et al., 2009).

Bajo este contexto, la técnica de EMC funge como método favorito para el estudio técnico del Ordenamiento Ecológico ya que este tiene como fin el equilibrio entre los diferentes sectores y aspectos ambientales en la zona de estudio.



6.2. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Autores como Eastman et al. (1993), Barredo (1996) y Malczewski (1999), asientan las bases conceptuales de la EMC en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), estas bases conceptuales contextualizarán la metodología aplicada para este caso de estudio, debido a la profundización de los autores en el tema y su amplia relación con la Ingeniería Geomática.

En el mundo de la EMC un **objetivo** se puede entender como una función a desarrollar, aquí el objetivo indica la estructuración de la regla de decisión (Eastman et al., 1993) o el tipo de regla de decisión a utilizar. Un objetivo podría ser: determinar los lugares más adecuados para la localización de un vertedero de material radioactivo. Así, basados en este objetivo podríamos elegir y estructurar una regla de decisión adecuada al problema planteado que integre los **criterios** asimismo establecidos a partir de dicho objetivo (Gómez y Barredo, 2005).

A continuación, se muestra un esquema de la EMC con objetivo simple, este procedimiento es propuesto por Gómez y Barredo (2005), los objetivos son el elemento fundamental para plantear una EMC, los objetivos pueden ser múltiples en determinados problemas de decisión, lo que conlleva a plantear una evaluación multiobjetivo.

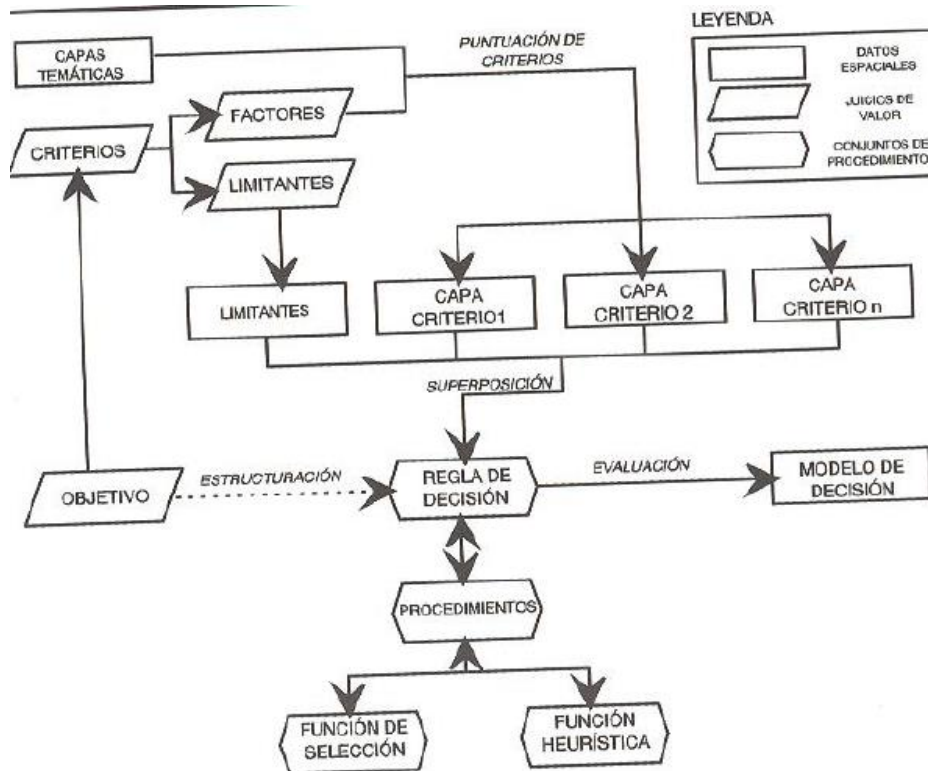


Fig. 6.1. Esquema de procedimiento e integración entre un SIG y la EMC



A) FACTORES Y LIMITANTES (CRITERIOS)

Un criterio es la base para la toma de una decisión, esta base puede ser medida y evaluada. Es la evidencia sobre la cual se basa una decisión (Eastman et al., 1993).

Se puede entender ante la definición planteada por Eastman et al. que el criterio es el fundamento para tomar una decisión, pero la manera de que este sea cuantificado determina el resultado del proceso de la evaluación que apliquemos.

La puntuación de los criterios (valoración de las alternativas) puede considerarse como el paso inicial del proceso de la EMC, en el cual recae gran parte del éxito o fracaso de la evaluación desarrollada (Gómez y Barredo, 2005).

Los **criterios** pueden ser de dos tipos: **factores y limitantes**. Un factor es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala continua (Eastman et al., 1993). Por ejemplo en una evaluación de la capacidad agrícola, podríamos establecer el criterio de que las zonas con menor pendiente tengan un valor más alto que las zonas más inclinadas. Por lo tanto, las mejores áreas de acuerdo con el criterio de la pendiente, para la actividad agrícola, son las de menor pendiente (Gómez y Barredo, 2005).

El criterio de tipo limitante restringe la disponibilidad de algunas alternativas en función de la actividad evaluada, con este tipo de criterio se excluyen varias categorías de la capa analizada para la evaluación, es decir, se genera una **capa binaria** (por capa binaria entendemos una en la que sólo se representan dos valores temáticos para los datos espaciales, por lo general, 0 y 1) en la cual un código representa las actividades susceptibles de ser elegidas para la actividad, y otro la no disponibilidad para la actividad. Por ejemplo, en una capa de vegetación natural, ciertas categorías, como los bosques, podrían ser descartadas para la instalación de zonas industriales, mientras que las demás categorías estarían disponibles para dicha actividad (Gómez y Barredo, 2005).

B) REGLAS DE DECISIÓN EN LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Una regla de decisión puede ser muy simple como cuando únicamente se aplica a un criterio simple (Eastman et al., 1993), tal es el caso si consideramos una capa de orientación del terreno, en la cual decidimos que todas las orientaciones, excepto la sur, son aptas para un determinado cultivo. Sin embargo, la regla de decisión puede ser compleja, cuando pretendemos integrar en ella una serie de criterios distintos (evaluación multicriterio). Es en este caso cuando los métodos de EMC proveen procedimientos que permiten integrar de manera coherente los criterios implicados en la toma de una decisión, a través de reglas de decisión específicas (Gómez y Barredo, 2005).



Se plantean dos tipos de reglas de decisión en la EMC, la primera es la **función de selección**, la cual se fundamenta en métodos matemáticos para hacer un proceso de comparación entre las alternativas presentes, la segunda es una **selección heurística**, la cual es muy simple ya que se basa en la mayoría de los casos en el sentido común y se limita únicamente a seleccionar.

6.3. ESTRUCTURA

El objetivo inicial de la evaluación puede desglosarse en una serie de objetivos específicos que indiquen cómo va a actuar la regla de decisión, asimismo, los criterios son estructurados en buena medida en función de los objetivos propuestos, es decir, cada objetivo puede ser representado por uno o varios criterios, con cuya optimización (maximización o minimización) se lograrían los objetivos (Gómez y Barredo, 2005).

Para lograr un modelo de decisión de asentamiento de áreas urbanas, por ejemplo, debemos tener en cuenta varios criterios basados, por ejemplo, en la pendiente del terreno, distancia a vías de transporte, estabilidad de terreno, ocupación del suelo y otros. Estos criterios se estructurarán como **capas-criterio**, para posteriormente ser **evaluados** por la regla de decisión con el fin de establecer el **modelo** final. La forma de plantear los criterios y cómo van a ser utilizados por la regla de decisión, es especificada a través de los **objetivos** (Gómez y Barredo, 2005).

Una vez que la regla de decisión ha sido estructurada, el proceso de aplicarla sobre las capas-criterio es llamado **evaluación**, y será el que producirá finalmente el modelo de decisión (Gómez y Barredo, 2005).

Anteriormente se definió el concepto de la EMC y cómo se integra en un SIG, así como los elementos que componen dicha metodología. Gómez y Barredo, entre otros autores, plantean que la mejor organización o dicho en otras palabras: la estructuración de la EMC, es una matriz.

En dicha matriz, se definen a los criterios como columna principal (j) y se definen a las alternativas como la fila principal (i).

| | | | | | | | |
|---------------|---|--|---|---|---|-------|---|
| | | ALTERNATIVAS (i) | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | l |
| CRITERIOS (j) | 1 | PUNTUACIONES DE CRITERIOS (x_{ij}) | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | · | | | | | | |
| | · | | | | | | |
| | J | | | | | | |

Fig. 6.2. Matriz de evaluación (Voogd, 1983).



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Los valores internos de esta matriz son llamados puntuaciones de criterios (X_{ij}) estos representan el valor o nivel de adecuación que ha obtenido cada alternativa en función de cada criterio. Siendo a partir de aquí donde los distintos métodos de EMC basan todo su funcionamiento intrínseco, para lograr la evaluación de las alternativas (Gómez y Barredo, 2005).

La asignación de los valores cuantitativos a las categorías correspondientes de cada criterio son tarea del **tomador de decisiones** directamente, esta asignación de valores se hace conforme al sentido propio del tomador de decisiones y de referencias previas basadas en datos empíricos o documentados según sea el caso.

Gómez y Barredo brindan un ejemplo que facilita la comprensión de este apartado de la siguiente manera:

Ejemplo: Se busca establecer una zona industrial en una determinada región, en este caso la matriz de evaluación estaría formada por varios criterios:

- Proximidad a núcleos urbanos: en los cuáles existe una cierta disponibilidad de mano de obra para la zona industrial.
- Proximidad a carreteras y autopistas: basándonos aquí en los aspectos de suministro y distribución de productos.
- Topografía del terreno (pendiente): tomando en cuenta la disponibilidad de zonas planas como las más adecuadas para este tipo de infraestructura.
- Distancia a lugares ambientalmente sensibles: previendo en este caso la ocurrencia de impactos negativos sobre estas zonas.

Estos cuatro criterios se indican en la columna de la izquierda de la matriz de evaluación, siendo expresados dichos criterios por cuatro **capas temáticas** en la base de datos correspondiente a la región estudiada (Gómez y Barredo, 2005).

En este ejemplo, las distintas alternativas están representadas por los objetos espaciales contenidos en las capas temáticas, pudiendo asignar un valor o puntuación de criterio (X_{ij}) a cada alternativa a través de las clases temáticas existentes en cada criterio, por ejemplo, en el de proximidad a núcleos urbanos podríamos asignar unos valores que representen la preferencia en relación a la actividad estudiada en la región:

| PROXIMIDAD A NÚCLEOS URBANOS (m) | | |
|----------------------------------|-------------|----------------------|
| PROXIMIDAD (m) | PREFERENCIA | VALORES (x_{ij}) |
| 0 – 1000 | ALTA | 1 |
| 1000 - 2500 | MEDIA | 0,6 |
| 2500 - 5000 | BAJA | 0,2 |
| 5000 Y MÁS | NO DESEABLE | 0 |

Fig. 6.3. Ejemplo de una matriz de evaluación (asignación de valores a un criterio) (Gómez y Barredo, 2005).



A partir de la matriz de evaluación, es posible aplicar algunos de los métodos de la EMC, como lo es el Punto Ideal, Sumatoria Lineal, etc.

Una vez construida la matriz de evaluación, otro aspecto a tomar en cuenta, es la importancia relativa de cada criterio frente al tipo de evaluación que se pretenda realizar. Esto es importante en el caso de que los criterios tengan distinta relevancia frente a la evaluación a desarrollar, es decir, que tengan distintas jerarquías para la posterior evaluación. Con lo cual también se requiere asignar un valor específico a cada criterio de acuerdo con su nivel de importancia relativa. Este valor recibe el nombre de **peso o ponderación (W_j)** cuando se expresa cuantitativamente y **jerarquía** cuando se realiza de modo cualitativo u ordinal (Voogd, 1983).

Gómez y Barredo plantean en el ejemplo anterior pensar que los cuatro criterios establecidos tienen un nivel de importancia distinto frente al problema evaluado, pudiendo definir un orden de importancia de mayor a menor de la siguiente manera:

Criterios:

- Proximidad a las carreteras y autovías
- Topografía del terreno
- Distancia a lugares ambientalmente sensibles
- Proximidad a núcleos urbanos

Sin embargo, para desarrollar un procedimiento de EMC, por lo general es necesario establecer las preferencias a través de valores que definan en términos cuantitativos la importancia de cada criterio, por ejemplo (Gómez y Barredo, 2005):

Criterios (PESOS):

- Proximidad a las carreteras y autovías (0.38)
- Topografía del terreno (0.35)
- Distancia a lugares ambientalmente sensibles (0.16)
- Proximidad a núcleos urbanos (0.11)

Habiendo asignado pesos a los criterios, así como puntuaciones a cada alternativa, se procederá a integrar los criterios en una nueva matriz, llamada matriz de prioridades. La cual estará conformada por los puntos de vista y los criterios con sus respectivos pesos.

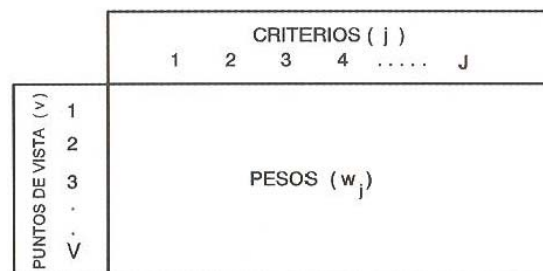


Fig. 6.4. Matriz de prioridades



Teniendo definida la matriz de evaluación y los pesos, podemos proceder a aplicar una técnica de la EMC, como lo es la **Sumatoria Lineal Ponderada**, la cual es una operación de álgebra de mapas que relaciona cada uno de los criterios y sus respectivos pesos en una ecuación que opera pixel a pixel, de esta manera tendremos ahora la matriz de valoración (mapas de aptitud):

| | | ALTERNATIVAS (i) | | | | | |
|---------------------|---|-------------------|---|---|---|-------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | I |
| PUNTOS DE VISTA (v) | 1 | VALORES (r_i) | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| | · | | | | | | |
| | V | | | | | | |

Fig. 6.5. Matriz de valoración (mapa de aptitud)

6.4. APROXIMACIONES PARA ESTABLECER PESOS A LOS CRITERIOS

Para el caso de estudio propuesto en este trabajo se hará uso de dos métodos de asignación de valores a las alternativas (atributos) y factores (criterios), mismos que estarán conformando las matrices anteriormente mencionadas.

Arriaga et al. proponen esquematizar la jerarquía de los atributos, basado en el cumplimiento de los objetivos que persigue el ordenamiento ecológico. Es una estructura jerárquica en el caso de los ordenamientos territoriales se conjugan diferentes intereses que persigue cada sector.

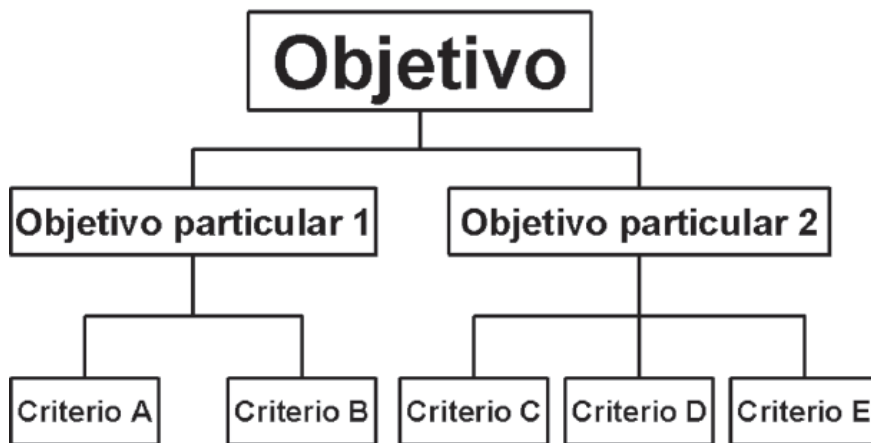


Fig. 6.6. Estructura jerárquica de atributos (Arriaga et al. 2006)



Tomando en cuenta el ordenamiento ecológico, Arriaga et. 2006 al sugiere el siguiente esquema de ejemplo aterrizado al ordenamiento ecológico:

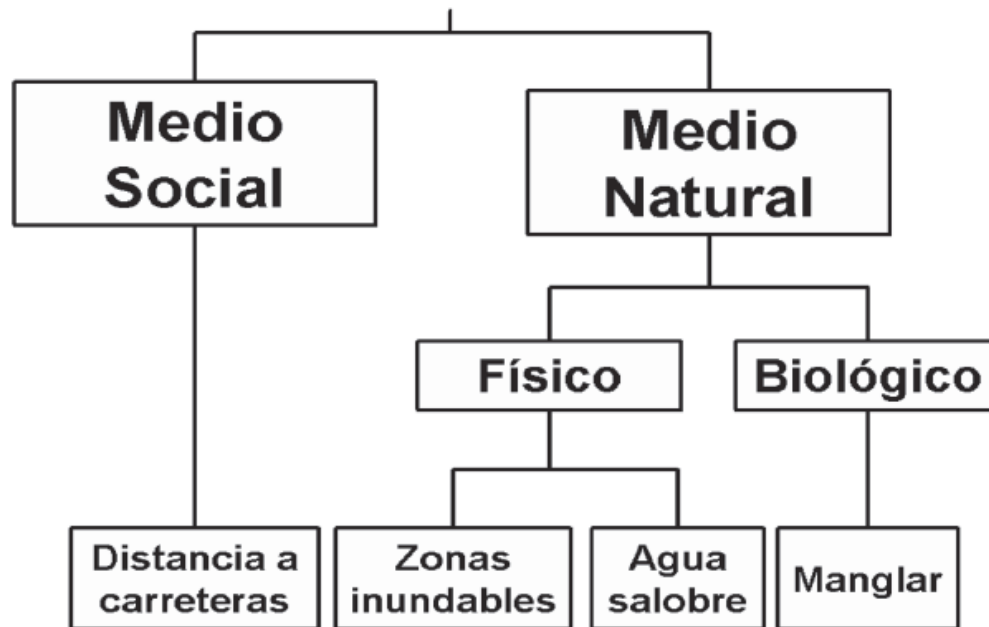


Fig. 6.7. Ejemplo de estructura jerárquica de atributos aplicada al análisis EMC de un ordenamiento ecológico (Arriaga et al. 2006)

Una vez teniendo definidos los atributos que integran a cada uno de los criterios y su escala de medición (continua o discreta), se debe proceder a establecer la importancia relativa de cada atributo de cada criterio.

MÉTODO DE CLASIFICACIÓN

Es de los métodos más sencillos para asignar valores a los atributos, consiste en evaluar cualitativamente el orden de importancia o de valor de cada atributo para después asignarle un valor cuantitativo.

Se puede hacer la asignación de valores a los atributos de manera directa o inversa. En el primer caso, se asigna el número 1 al atributo más importante, mientras que en el segundo, el valor menos importante tiene valor de 1. Después de establecer el orden de los atributos se pueden realizar varios procedimientos para generar pesos (valores) numéricos; los más comunes son suma y recíproco (Arriaga et al. 2006).

El método de suma consiste en sumar los pesos de los atributos, los cuales se calculan de acuerdo a la siguiente fórmula:



$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum (n - r_k + 1)}$$

Fig. 6.8. Fórmula del método de la suma (Arriaga et al. 2006)

De la fórmula:

w_j es el método normalizado para el j -ésimo atributo, n es el número de atributos bajo consideración ($k=1,2,3,\dots,n$), y r es la posición que ocupa el atributo en la lista ordenada. Cada atributo es pesado con $n-r+1$ y el valor se normaliza dividiéndolo entre la suma de pesos (Arriaga et al. 2006).

En el método de recíprocos, los pesos se derivan de los recíprocos normalizados de los atributos, con la siguiente fórmula:

$$w_j = \frac{1/r_j}{\sum (1/r_k)}$$

Fig. 6.9. Fórmula del método recíproco (Arriaga et al. 2006)

De la fórmula:

w_j es el peso normalizado para el j -ésimo atributo, k es el número de atributos bajo consideración ($k=1,2,\dots,n$), y r es la posición que ocupa el atributo en la lista ordenada (Arriaga et al. 2006).

MÉTODO DE COMPARACIÓN POR PARES DE SAATY

Este procedimiento parte de establecer una matriz cuadrada en la cual: el número de filas y columnas está definido por el número de factores a ponderar, así se establece una matriz de comparación entre pares de factores, comparando la importancia sobre cada uno de los demás (a_{ij}), posteriormente se determina el eigenvector principal, el cual establece los pesos (w_j) y el eigenvalor que proporciona una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor entre pares de factores (Saaty, 1980).



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| FACTORES | A | B | C | D |
|----------|---|----------|---|---|
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | a_{cb} | | |
| D | | | | |

Fig. 6.10. Matriz de comparación por pares esquematizada por Gómez y Barredo, 2005.

Para llenar la matriz de comparaciones se utiliza una escala del 1 al 9 para asignar juicios de valor (a_{cb}), esto en una escala de tipo continuo que va desde un valor 1/9 hasta 9:

| | | | | | | | | |
|---------|------------------|----------|-------|----------|----------------|---------|---|---|
| 1/9 | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| Extrema | Fuerte | Moderada | Igual | Moderada | Fuerte | Extrema | | |
| | Menos importante | | | | Más importante | | | |

Fig. 6.11. Escala de juicios de valor (Saaty, 1970).

Durante el llenado de la matriz debe considerarse que la matriz es recíproca. Esto implica que si el atributo A es cuatro veces preferido que el atributo B, podemos concluir que el atributo B es preferido solo una cuarta parte del atributo (Arriaga et al. 2006).

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|--|-----|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Llenado de la matriz de comparaciones pareadas | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | Criterio | A | B | C | | | | | |
| 4 | A | 1 | 4 | 7 | | | | | |
| 5 | B | 1/4 | 1 | 5 | | | | | |
| 6 | C | 1/7 | 1/5 | 1 | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | |

Fig. 6.12. Ejemplo de una matriz de comparaciones pareadas en una hoja de cálculo (Arriaga et al. 2006)

El siguiente paso de la obtención de la matriz de comparaciones pareadas es la obtención del eigenvector principal.

Para obtener el eigenvector principal debemos proceder a los siguientes pasos:

- Sumas los valores de los criterios por columna
- Normalizar la matriz de comparaciones
- Obtener el eigenvector con el promedio de la suma de las filas (de cada fila) de la matriz de comparaciones normalizada.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| b) Cálculo de los pesos en la matriz de comparaciones pareadas | | | | | | | |
|--|------|------|----|------------------------|---------|---------|---------------|
| i) suma de valores | | | | ii) matriz normalizada | | | iii) promedio |
| Criterio | A | B | C | A | B | C | Peso |
| A | 1.00 | 4.00 | 7 | =B7/B10 | =D7/D10 | =F7/F10 | =(H7+J7+L7)/3 |
| B | 0.25 | 1.00 | 5 | 0.718 | 0.769 | 0.538 | 0.675 |
| C | 0.14 | 0.20 | 1 | 0.179 | 0.192 | 0.385 | 0.252 |
| Sumas | 1.39 | 5.20 | 13 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.000 |

Fig. 6.13. Hoja de cálculo para obtener el eigenvector, ubicado en la columna (iii promedio) (Arriaga et al. 2006).

El paso siguiente a la obtención del eigenvector principales sin duda uno de los aspectos más importantes e interesantes del Proceso Analítico de Jerarquías (AHP, por sus siglas en inglés). Este paso diferencia al método de los demás de asignación de pesos, ya que indica un dato cuantitativo acerca de la consistencia en la asignación de los juicios de valor.

- Estimación de la consistencia (EC):

La estimación de la consistencia es un número real que indica si las comparaciones son consistentes. Dicho valor se establece a partir del **índice de consistencia** y del **índice aleatorio**.

- Cálculo del índice de consistencia (IC):

La fórmula para el cálculo del índice de consistencia es la siguiente:

$$IC = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

Fig. 6.14. Fórmula del índice de consistencia por Arriaga et al. 2006



De la fórmula:

Lambda: es el promedio del vector de consistencia (más adelante se mencionará el procedimiento para obtener el vector de consistencia).

n: número de atributos

- Calculo de la proporción de consistencia

La proporción de consistencia indica el nivel de consistencia de la matriz de comparaciones pareadas.

$$PC = \frac{IC}{IA}$$

Fig. 6.15. Fórmula de la proporción de consistencia por Arriaga et al. 2006.

De la fórmula:

IC: índice de consistencia

IA: índice de azar, esto es, el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada aleatoriamente.

El índice de azar (IA) depende del número de elementos que son comparados. Un valor de PC < 0.10 indica un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas; PC > 0.10 indica inconsistencia en los juicios (Arriaga et al. 2006).

Para la asignación del índice de azar, se recurre a la siguiente tabla que menciona Arriaga et al. 2006:

CUADRO 5. INDICES DE INCONSISTENCIA ALEATORIA PARA N=1,2,...,15

| N | RI | n | RI | n | RI |
|---|------|----|------|----|------|
| 1 | 0.00 | 6 | 1.24 | 11 | 1.51 |
| 2 | 0.00 | 7 | 1.32 | 12 | 1.48 |
| 3 | 0.58 | 8 | 1.41 | 13 | 1.56 |
| 4 | 0.90 | 9 | 1.45 | 14 | 1.57 |
| 5 | 1.12 | 10 | 1.49 | 15 | 1.59 |

Fig. 6.16. Tabla de índices de azar para N=1,...15 atributos (Arriaga et al. 2006)



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



- Cálculo del vector de consistencia para la obtención de (Lambda)

Una vez obtenido el eigenvector, se procede al cálculo del vector de consistencia de la siguiente manera:

| c) Cálculo del índice de inconsistencia | | | | | | | |
|---|---|------|------------------------|------------------------|---------------|---------------|--------------|
| i) suma de valores | | | ii) matriz normalizada | | | iii) promedio | |
| Criterio | A | B | C | A | B | C | Peso |
| | | | | =B6/B9 | D6/D9 | F6/F9 | (H6+J6+L6)/3 |
| A | 1.00 | 4.00 | 7 | 0.718 | 0.769 | 0.538 | 0.675 |
| B | 0.25 | 1.00 | 5 | 0.179 | 0.192 | 0.385 | 0.252 |
| C | 0.14 | 0.20 | 1 | 0.103 | 0.038 | 0.077 | 0.073 |
| | 1.39 | 5.20 | 13 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.000 |
| Criterio | Vector de la suma ponderada | | | Vector de consistencia | | | |
| | | | | | | | =J14/N6 |
| A | (0.675*1) + (0.252*4) + (0.073*7) = | | | 2.192 | 2.192/0.675 = | | 3.247 |
| B | (0.675*0.25) + (0.252*1) + (0.073*5) = | | | 0.784 | 0.784/0.252 = | | 3.110 |
| C | (0.675*0.14) + (0.252*0.20) + (0.073*1) = | | | 0.220 | 0.22/0.073 = | | 3.022 |
| | Lambda = (3.247+3.11+3.022)/3 = 3.126 | | | | | | |

Fig. 6.17. Proceso de cálculo de Lambda en una hoja de cálculo (Arriaga et al. 2006)

Del eigenvector, se procede a obtener el vector de la suma ponderada el cuál se obtiene al multiplicar el vector columna del eigenvector por la matriz de valores de criterios. El vector resultante se normaliza al dividir elemento a elemento de cada columna del vector resultante entre el eigenvector, obteniendo así el vector de consistencia, tal como lo muestra la hoja de cálculo de la figura 6.16.

Los procesos de asignación de valores a los factores mencionados anteriormente, funcionan como reguladores metodológicos para tener un control de calidad en los datos a procesar con la técnica de EMC que se vaya a emplear, ya que además de hacer una asignación basada en medidas de juicios cualitativos, dicha asignación precede a un método de normalización, esto con el fin de tener todos los valores estandarizados y evitar así extremidades entre valores.

Definidos los valores de los factores, se continúa con un esquema del tratamiento de los datos para generar un modelo de capacidad. Este modelo de capacidad va a resultar de la aplicación de alguna técnica de Evaluación Multicriterio a los datos mencionados anteriormente.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



De manera gráfica, Gómez y Barredo presentan un “**modelo de capacidad**”, el cual expresa a través de resultados (r_i) los valores más altos:

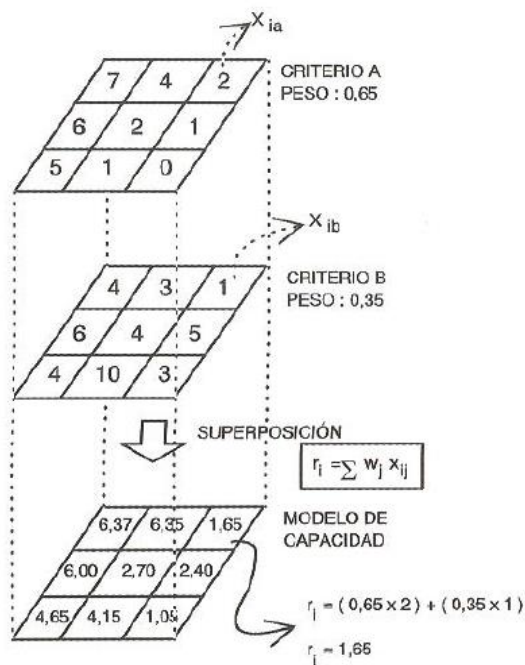


Fig. 6.18. Ejemplo de modelado espacial (Gómez y Barredo, 2005).

Malczesky, 2000, propone los siguientes pasos para la aplicación de la EMC en un ambiente SIG:

- 1) Definición del conjunto de atributos (objetivos y capas de atributos asociados).
- 2) Identificación del conjunto de alternativas posibles.
- 3) Obtención de mapas conmensurables de atributos (normalizados).
- 4) Definición de pesos de los criterios (importancia relativa de cada atributo).
- 5) Combinación de los mapas de atributos normalizados y ponderados utilizando una regla de decisión para obtener el puntaje total para cada alternativa.
- 6) Obtención del orden de las alternativas de acuerdo con su puntaje total de desempeño.



Para este caso de estudio, la aplicación de la EMC se apega a cada uno de estos pasos, ya que se parte de definir objetivos sectoriales a partir de la integración de atributos económico-ambientales del municipio de La Yesca, Nayarit.

6.5. ANÁLISIS DE APTITUD SECTORIAL Y CONFLICTOS

El análisis de aptitud es una estrategia para lidiar con problemas de decisión espacial complejos, ya que permite evaluar las características del terreno que favorecen los distintos intereses sectoriales, y diseñar, a partir de esto, un patrón de ocupación del territorio que segregue las actividades incompatibles para resolver o prevenir los conflictos ambientales entre los grupos involucrados.

Gómez y Barredo, esquematizan las técnicas de la Evaluación Multicriterio en la siguiente figura:

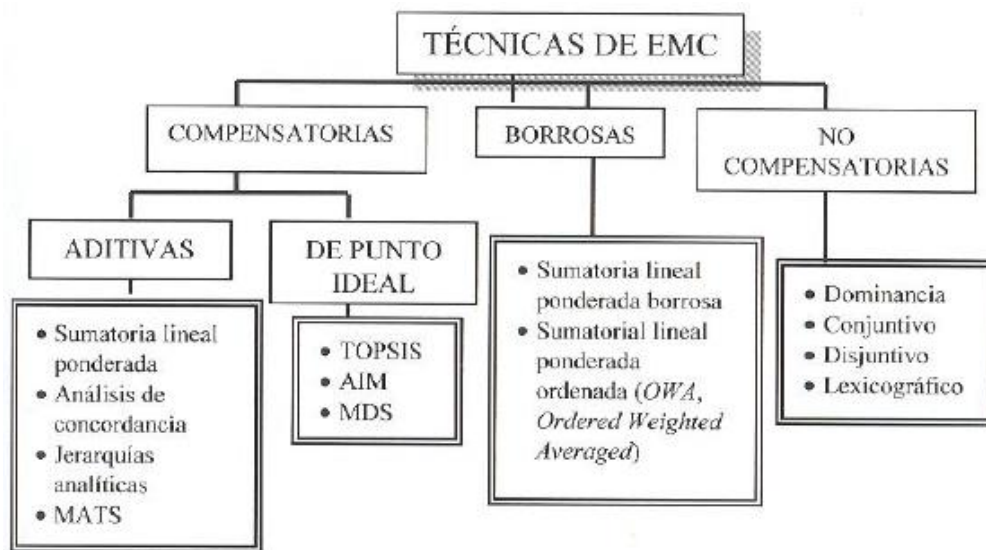


Fig. 6.19. Clasificación de las técnicas de EMC (Gómez y Barredo, 2005).

Para este caso de estudio, haremos uso de la técnica compensatoria aditiva llamada “**sumatoria lineal ponderada**”, la cual es una de las técnicas más empleadas en este tipo de evaluaciones, y que para el caso de ordenamiento ecológico se emplea en ejemplos por Gómez y Barredo, 2005; Aguirre et al. 2009 y Arriaga et al. 2006.

La obtención del nivel de adecuación (nivel de aptitud) de cada alternativa se halla sumando el resultado de multiplicar el valor de cada criterio por su peso:



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

Fig. 6.20. Fórmula de la sumatoria lineal ponderada para la EMC (Gómez y Barredo, 2005).

De la fórmula:

r_i: es el nivel de aptitud de la alternativa *i*

W_i: es el peso del criterio *j*

V_{ij}: es el valor ponderado de la alternativa *i* en el criterio *j*

El resultado final del análisis a través de la sumatoria ponderada de los atributos es un mapa por cada sector, llamado mapa de aptitud sectorial, el cual tiene asignado un valor de aptitud por cada alternativa de decisión.

La metodología que se propone en este caso de estudio para hacer los análisis de conflictos sectoriales, consiste básicamente en emplear cada uno de los mapas de aptitud resultantes y aplicar la técnica SIG de **sobreposición espacial** a través del promedio estadístico.

Lo anterior se refiere a tomar mapas de aptitud por pares de sectores y sobreponerlos uno a uno para obtener su promedio y de esta manera el número resultante en el pixel será el del nivel de conflicto.

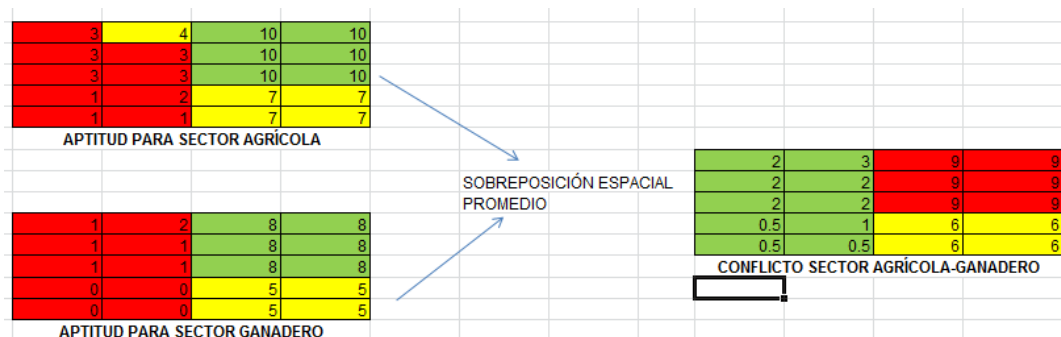


Fig. 6.21. Esquemática matricial de los mapas de aptitud y el análisis de sobreposición espacial para la determinación de conflictos sectoriales

De la figura 6.20 se tiene:

- Del lado izquierdo están los mapas de aptitud para el sector agrícola y el sector ganadero, la gama de colores se relaciona:
 - verde: Aptitud óptima para el sector
 - amarillo: Aptitud media para el sector
 - rojo: Aptitud muy baja o nula para el sector



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



- En el centro de la figura se aprecia la aplicación del método de sobreposición espacial (estadística promedio) para la obtención del mapa de conflictos entre sectores.
- Del lado derecho se tiene el mapa de conflicto del sector agrícola y ganadero, la gama de colores se relaciona:
 - verde: Conflicto bajo o sin conflicto entre sectores
 - amarillo: Conflicto medio entre sectores
 - rojo: conflicto alto entre sectores

Como se puede observar, ambos sectores tienen aptitud óptima para su desarrollo en la parte superior derecha de su respectiva matriz (mapa), por tal motivo, el mapa de conflictos resulta muy elevado en esa parte superior derecha de la matriz.

Lo que sucede es que la aptitud es inversamente proporcional al conflicto, por tal motivo la reclasificación de los mapas de conflictos se generan de manera que la escala sea de menor a mayor conflicto, en orden ascendente de la numeración.



7. ZONA DEL CASO DE ESTUDIO: LA YESCA, NAYARIT

La delimitación del área de estudio será definida por el límite del municipio de La Yesca ubicado en la parte este del estado de Nayarit.

El nombre de la Yesca, deriva de una especie de madera porosa y bofa llamada yesca, está abundada en todo el municipio y se enciende al tallar el pedernal y el eslabón (Romero, 2012).

7.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de la Yesca, se localiza en coordenadas geográfica extremas, 22°00' al 21°10' latitud norte y 103° 43' al 104°33' de longitud oeste. Se ubica en la parte sur de la Sierra Madre Occidental. Limita al norte con el municipio de El Nayar y el estado de Jalisco; al sur con este mismo estado y con los municipios de Ixtlán del Río y Jala; al este con el mismo estado de Jalisco, y al oeste con los municipios de Jala, Santa María del Oro y el Nayar (Romero, 2012).

El municipio de La Yesca, tiene una extensión territorial aproximada de 4,310 kilómetros cuadrados, lo que corresponde al 15.5% de la superficie total del estado de Nayarit.



Fig. 7.1. Mapa de ubicación de la zona de estudio, La Yesca
Fuente: Marco Geoestadístico Municipal, INEGI 2005.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Fig. 7.2. Mapa de delimitación y colindancias de la zona de estudio, La Yesca
Fuente: Marco Geoestadístico Municipal, INEGI 2005.

7.2. DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE

El 90% de la superficie total del municipio de La Yesca es de zona accidentada y solo el 10% de zona plana, tiene numerosas sierras y cerros que pertenecen a la Sierra Madre Occidental y sus ramificaciones (Ayuntamiento de La Yesca, 2005).

| Sierras | Altitud (msnm) |
|-----------------|-----------------------|
| El Pinabete | 2,500 |
| Pajaritos | 2,360 |
| Álica | 2,200 |
| La Parida | 1,660 |
| Berberías | 2,760 |
| Cerros | Altitud (msnm) |
| El Vigía | 2,760 |
| Los Cardos | 2,300 |
| Las Canoas | 2,280 |
| Tapeixtes | 2,240 |
| El Rincón | 2,200 |
| Pinoso | 2,060 |
| La Breyera | 2,020 |
| La Aguja | 1,900 |
| La Cuchilla | 1,720 |
| El Tlacuache | 1,700 |
| La Mastepe | 1,660 |
| Santa Rosalía | 1,600 |
| La Calera | 1,500 |
| Puerto Colorado | 1,460 |
| Tezinte | 860 |

Fig. 7.3. Cuadro de las elevaciones en La Yesca, Nayarit (Cuaderno Estadístico Municipal, INEGI, 1998).



De los cerros sobresale el Cerro del Vigía, que es el más alto del Estado de Nayarit, las regiones semiplanas se localizan en las zonas de Puente de Camotlán, San Antonio, La Manga, El Pinal, El Trapiche, San Juan Ixtapalapa, Huajimic y las Jaras (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

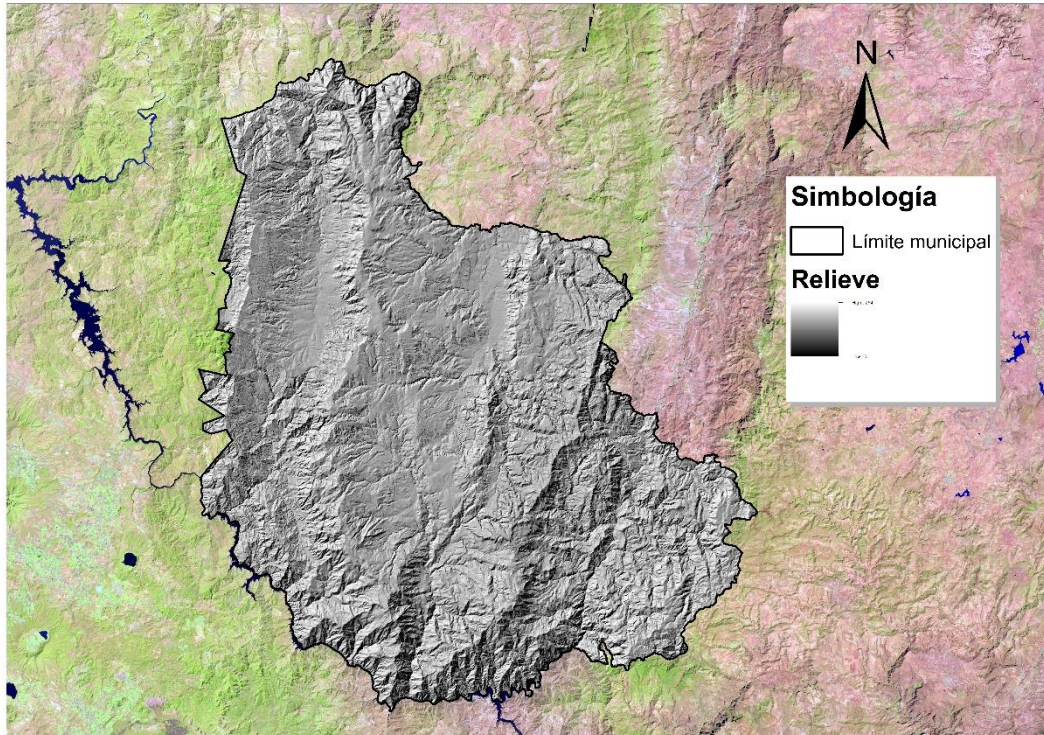


Fig. 7.4. Relieve de la Yesca INEGI en escala de grises, LANDSAT, 2015

7.3. CLIMAS

El municipio tiene varias regiones con diferentes climas, aunque predomina el semicálido subhúmedo con lluvias en verano en un 35.32% de la región (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

En la zona de La Yesca según datos de INEGI 2010, se encuentra un clima templado, lluvioso y tropical, mientras que en las zonas bajas y medias propias del relieve, se presentan lluvias en los meses de julio y agosto. Los meses calurosos van de los meses marzo a julio.

La precipitación media anual es de 1,000 mm. con máximas anuales de 2,000 y mínimas de 375 mm., presentándose en algunas zonas vientos, heladas y granizadas (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

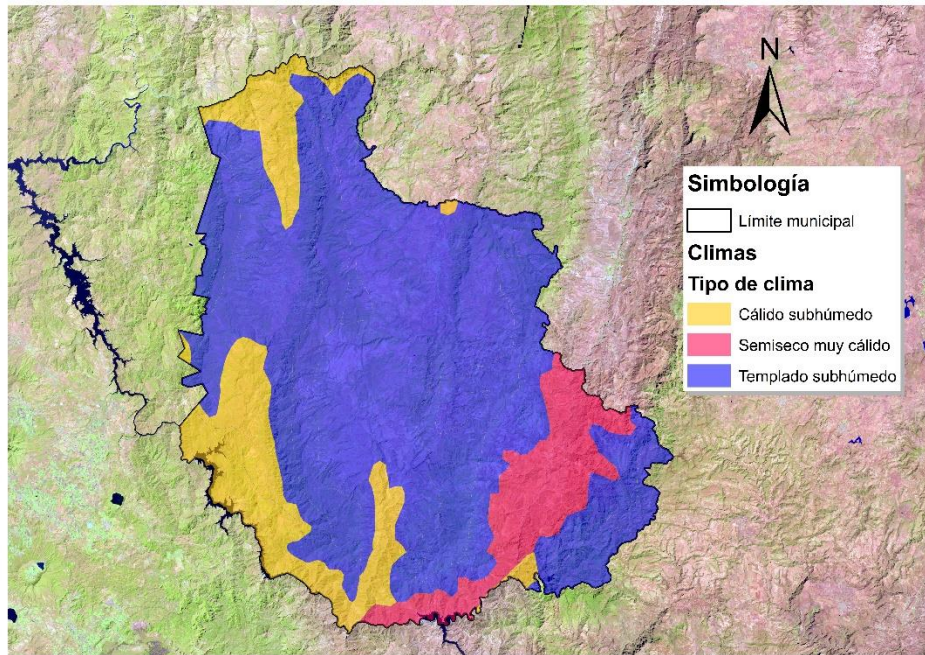


Fig. 7.5. Tipo de climas INEGI, LANDSAT, 2015

7.4. GEOLOGÍA Y SUELOS

Se considera suelo a la materia orgánica desmenuzable que cubre la superficie sólida del planeta, diferenciada de la roca o material coherente. Según el Cuaderno Estadístico Municipal del INEGI, el 90.3% del suelo municipal se clasifica como de roca ígnea extrusiva, lo que significa que tienen una composición magmática y un origen litológico de toba ácida, que es una roca de origen eruptivo, formado por la consolidación de material volcánico.

El 7.32% refiere una composición de Basalto, lo que significa que es roca magmática de color oscuro y muy densa; el resto, se compone de Conglomerado y Residual, que tienen una composición básica rocosa. De esta manera, el municipio pareciera estar sentado en un macizo de roca, que en partes aflora hacia la superficie en manchones blanquecinos conocidos en la región como tepetate. Lo poco que hay de tierra es muy variable en la profundidad, aunque se podría asegurar que no sobrepasa un metro (INEGI, 1998).

El INEGI hace referencia al suelo del tipo aluvial en un 0.26% de la superficie municipal, lo que nos permite afirmar que en las cuencas de los arroyos podemos encontrar pequeñas porciones de tierras aptas para la agricultura de temporal.

En los lomeríos encontramos tierra muy pobre en material orgánico, de forma de que cuando se utilizan para siembra, la cosecha depende generalmente del fertilizante que se utilice (INEGI, 1998).

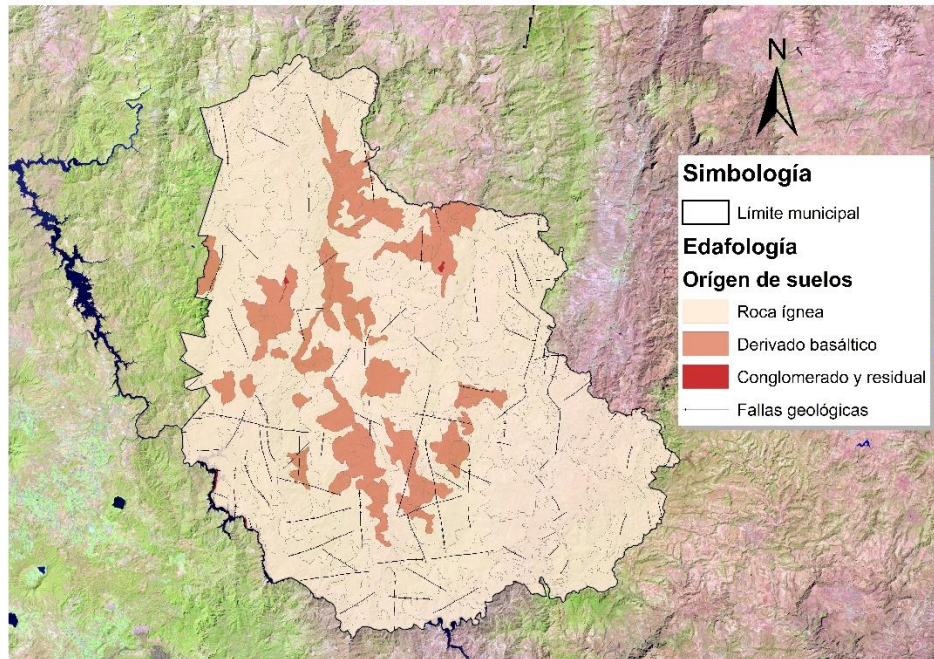


Fig. 7.6. Clasificación de suelos por su origen y fallas geológicas, INEGI, LANDSAT, 2015

7.5. VEGETACIÓN

En el Municipio de la Yesca encontramos abundante vegetación boscosa en un 54.16% de la superficie. Predominan los árboles de destino maderero y destacan los pinos y los encinos, aunque de manera empírica, los pobladores también identifican los robles, que de acuerdo a la información proporcionada por el INEGI, no tiene clasificación (INEGI, 1998).

El 25% de la superficie municipal cuenta con pastizales dedicados a la alimentación de la ganadería de tipo extensivo que se practica en la región, de los que destacan: el zacatón, la navajita, el zacate pelillo y colorado.

El 19.20% de la superficie municipal presenta selva, de la cual se aprovechan el tepeguaje y el copal en forma maderable, y solamente la guásima y el tepame se utilizan en forma de forraje de manera muy marginal (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

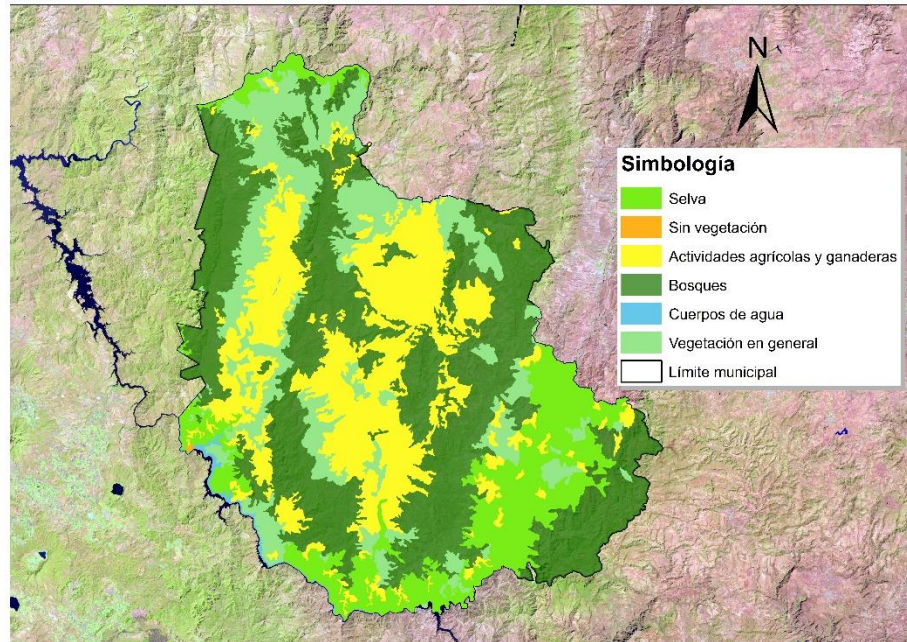


Fig. 7.7. Uso de suelo y vegetación, INEGI, LANDSAT, 2015

7.6. FAUNA

Dentro de la fauna silvestre del municipio, destaca de manera representativa como parte de la cultura de la población indígena, el venado cola blanca. En los últimos años este animal se ha visto seriamente mermado, llegando al extremo de estar en peligro de extinción (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

Algunas otras especies que se pueden observar son: el tigrillo, leoncillo, armadillo, tlacuache, tejón, onza, diversos tipos de serpientes, zorrillos, coyotes, lagartijas e iguanas y algunos roedores de menor tamaño, como las ardillas (INEGI, 1998).

Las aves que aquí figuran son las aguilillas, gavilanes, zopilotes, guajolotes silvestres, garzas y gran variedad de palomas y pájaros (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

Entre la fauna nociva que se observa en la zona, destacan las arañas capulinas y los zancudos. No podemos dejar de mencionar la enorme cantidad de alacranes que se encuentran en las grandes extensiones boscosas y en los pastizales, el sitio ideal para su reproducción (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

Además, las condiciones climatológicas y ambientales propician el establecimiento de éstos en las zonas habitadas, llegando a constituirse en un grave problema de salud pública, al mismo tiempo que proliferan las cucarachas y los ratones (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



De manera particular resalta la fauna en los ríos en donde se pueden encontrar mojarras y bagres las cuales se llegan a constituir en importante fuente de alimentación para los habitantes que viven cerca de las corrientes de agua que se mantienen a lo largo del año (Ayuntamiento de la Yesca, 2005).

7.7. HIDROLOGÍA

El municipio pertenece a la región hidrológica del río Lerma - Santiago. Cabe aclarar que el mencionado río delimita al municipio y se convierte en vertiente de algunas corrientes de agua procedentes del interior del municipio.

| REGIÓN | CUENCA | SUB - CUENCA | % DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL |
|----------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Lerma-Santiago | Río Santiago- Aguamilpa | Río Bolaños - Río Huaynamota | 19.19 |
| | | Río de la Manga | 14.44 |
| | Río Bolaños | Bolaños Bajo | 21.41 |
| | Río Huaynamota | Río Atengo | 2.02 |
| | | Río Huaynamota | 1.5 |
| | | Río Huajimic | 13.24 |
| | | Río Huichol | 28.20 |

Fig. 7.8. Cuadro de las principales regiones, cuencas y sub-cuencas hidrológicas en La Yesca, Nayarit (Cuaderno Estadístico Municipal, INEGI, 1998).

Según datos de los planes de desarrollo municipal de la Yesca de la administración 2005-2008, entre los ríos de mayor importancia para el municipio de estudio se encuentran: El río Bolaños, El río Santiago, y el Huichol. Estos ríos se localizan a una distancia considerable de las zonas habitadas y por consiguiente su acceso a estos es casi nulo.

| RÍOS | ARROYOS |
|---------------------|-----------------|
| Grande de Santiago | El Diablo |
| Bolaños | El Capulín |
| Huajimic | El Salto |
| Camotlán | Chico |
| San Antonio | Escondida |
| Cuixtla | El Platanar |
| La Tinaja | El Pujido |
| Salto de las Animas | Tierra Amarilla |
| Jora Viejo | Carrizales |
| El Tapanco | Las Pilas |
| El Alamo | La Palmilla |
| La Manga Larga | Verde |
| La Labor | El Ocote |
| El Huichol | El Pescado |
| Las Huertas | Higueras |
| El Jirón | Los Amoles |
| La Cebadilla | Atengo |
| La Guacamaya | El Gigante |
| El Cora | |

Fig. 7.9. Cuadro de los principales ríos y arroyos en La Yesca, Nayarit (Cuaderno Estadístico Municipal, INEGI, 1998).

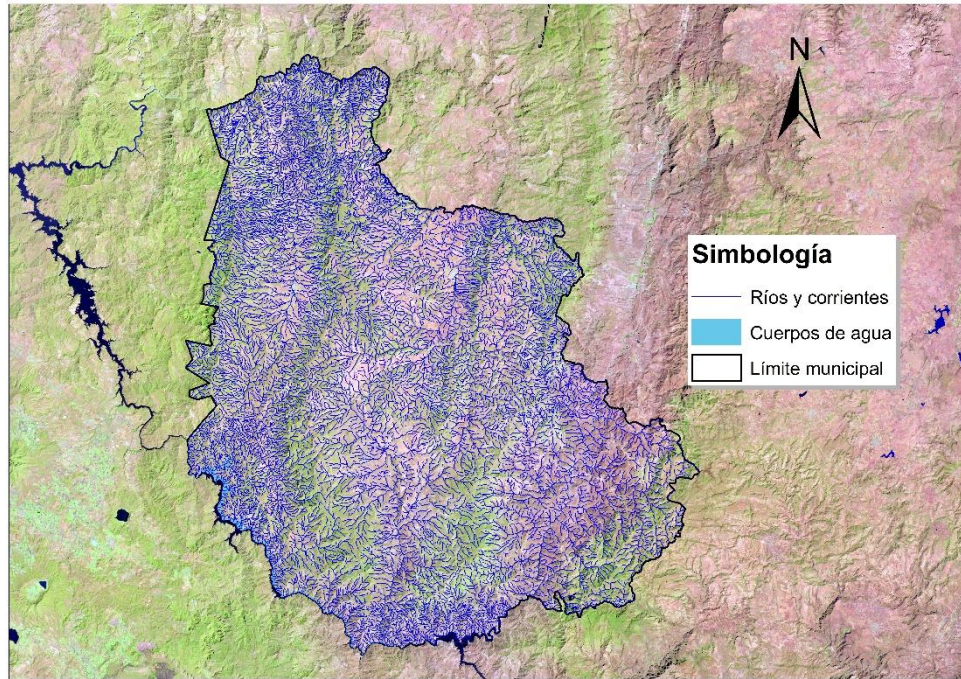


Fig. 7.10. Hidrología, INEGI, LANDSAT, 2015

7.8. POBLACIÓN Y ECONOMÍA

Fuentes oficiales del municipio de la Yesca, como el Plan de Desarrollo Municipal 2010-2014 indican que en la zona existen 2,960 viviendas, con un total de 13,600 habitantes, contando con un promedio de 4.6 habitantes por vivienda.

El municipio de la Yesca tiene su desarrollo económico distribuido en los siguientes sectores:

| | |
|-----------|-----|
| Ganadera | 70% |
| Agrícola | 10% |
| Comercio | 10% |
| Forestal | 05% |
| Pesca | 03% |
| Artesanía | 02% |

Fig. 7.11. Distribución económica por sector. Plan de Desarrollo Municipal La Yesca 2014



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

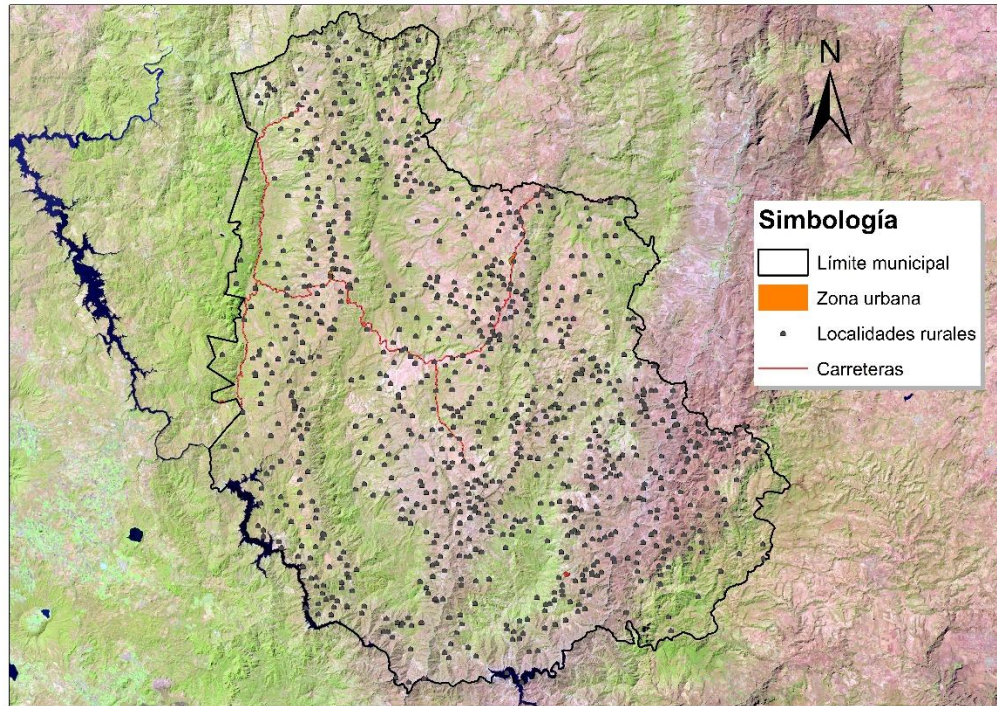


Fig. 7.12. Entorno urbano y comunicaciones, INEGI, LANDSAT, 2015



8. METODOLOGÍA

A continuación se mostrará la integración de los datos para el estudio en un Sistema de Información Geográfica y la aplicación de la metodología de Evaluación Multicriterio para generar resultados de caracterización y diagnóstico para el Ordenamiento Ecológico del municipio de La Yesca, Nayarit.

8.1. DATOS PARA EL ESTUDIO Y SU ESTRUCTURACIÓN EN UNA GEODATABASE

Se procedió a la recopilación de datos, para trabajarlos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) en dos tipos de formato: vectorial (shape) y ráster.

Las fuentes de datos fueron portales de información oficial de información geográfica, censal y de entorno físico, las cuales fueron el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Instituto de Geografía de la UNAM y la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO).

Para este trabajo se realizó una estructura de almacenamiento de datos basado en la **GEODATABASE**. La Geodatabase es una colección de datasets (conjunto de datos) geográficos de varios tipos, estos datos se alojan en una carpeta de un sistema de archivos en común, tal como lo puede ser una base de datos de Microsoft SQL Server, IBM u Oracle.

Las geodatabases tienen diversos tamaños, distinto número de usuarios, pueden ir desde pequeñas bases de datos de un solo usuario generadas en archivos hasta geodatabases de grupos de trabajo más grandes, departamentos o geodatabases corporativas a las que acceden muchos usuarios (*ESRI, 2013*).

La GEODATABASE que se generó, en primera instancia fue una nombrada como "**DATOS**", en esta se alojaron los datos vectoriales y ráster (capas) para el proceso de caracterización del cual se hablará posteriormente.

Es importante mencionar que el formato de modelo de GEODATABSE que se empleó para este trabajo fue el **Personal Geodatabase** de ESRI.

La siguiente tabla muestra los datos recopilados de fuentes de INEGI, CONABIO, SEMARNAT e Instituto de Geografía de la UNAM, los cuales son considerados para este trabajo como insumos para efectuar el caso de estudio del Ordenamiento Ecológico de La Yesca, Nayarit:



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| CAPA | NOMBRE | FORMATO ORIGINAL | ESCALA/PIXEL | FUENTE | SISTEMA DE COORDENADAS |
|---------------------------------|--|------------------|---------------|--|--|
| Entidades_2013 | Marco geoestadístico Estatal | shape | 1:250,000 | Marco Geoestadístico 2013 versión 6.0, INEGI, 2013 | Cónica Conforme de Lambert Datum ITRF 92 |
| Municipios_2013 | Marco geoestadístico Municipal | shape | 1:50,000 | Marco Geoestadístico 2013 versión 6.0, INEGI, 2013 | Cónica Conforme de Lambert Datum ITRF 92 |
| Localidades urbanas_2013 | Marco geoestadístico de localidades urbanas | shape | 1:50,000 | Marco Geoestadístico 2013 versión 6.0, INEGI, 2013 | Cónica Conforme de Lambert Datum ITRF 92 |
| Localidades rurales_2013 | Marco geoestadístico de localidades rurales | shape | 1:50,000 | Marco Geoestadístico 2013 versión 6.0, INEGI, 2013 | Cónica Conforme de Lambert Datum ITRF 92 |
| edafología_SII | Conjunto de datos Vectorial Edafológico Serie II | shape | 1:250,000 | INEGI, 2006 | Cónica Conforme de Lambert Datum GRS80 |
| rios | Red hidrográfica y subcuencas | shape | 1:50,000 | INEGI, 2009 | Cónica Conforme de Lambert Datum GRS80 |
| Nayarit30_R15m | Continuo de Elevaciones 3.0 | bil | 15 m. / pixel | INEGI, 2014 | ITRF 92 |
| usvs5 | Uso de suelo y vegetación serie 5 | shape | 1:250,000 | INEGI, 2014 | Cónica Conforme de Lambert D_ITRF92 |
| preci4mgw | Precipitación media anual | shape | 1:4,000,000 | CONABIO, 2001 | WGS 84 |
| unidadesClimaticas | Tipos de climas | shape | 1:1,000,000 | INEGI, 2000 | Cónica Conforme de Lambert D_ITRF92 |
| carretera | Red Nacional de Caminos | shape | 1:1,000,000 | INEGI, 2014 | Cónica Conforme de Lambert Datum ITRF 92 |
| ejes_viales | Cartografía Urbana | shape | 1:20,000 | INEGI, 2005 | SIN REFERENCIA ESPACIAL |
| fallas_fracturas | Geología | shape | 1:50,000 | INEGI, 2015 | Cónica Conforme de Lambert Datum GRS80 |
| degra250kgi | Degradación del suelo | shape | 1:250,000 | SEMARNAT, 2012 | ITRF 92 |

Tabla 8.1. Conjunto y descripción de datos para el caso de estudio de Caracterización y Diagnóstico para el Ordenamiento Ecológico de La Yesca, Nayarit



Los datos, también denominados **capas** son representación temática de información geoespacial, ósea, es información geográficamente referenciada, la cual contiene **tablas de atributos**. Estas tablas de atributos alojan además de un **identificador único de dato**, información **característica** de cada tema, como son tipo de vegetación, alturas, área, perímetro, y nombres de cada una de las propiedades que integran el tema o capa geográfica.

A continuación se explicará el proceso de tratamiento a los datos integrados:

HOMOGENIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS DATOS

Como se puede observar en la tabla 1, existen diferencias entre los sistemas de coordenadas, la mayoría de las diferencias radican en la denominación que INEGI le asigna a los datos, como ejemplo D_ITRF92 y Datum_ITRF92. Estas diferencias, a pesar que son de nomenclatura y no de referencia cartográfica, pueden causar ruido al abrir las capas.

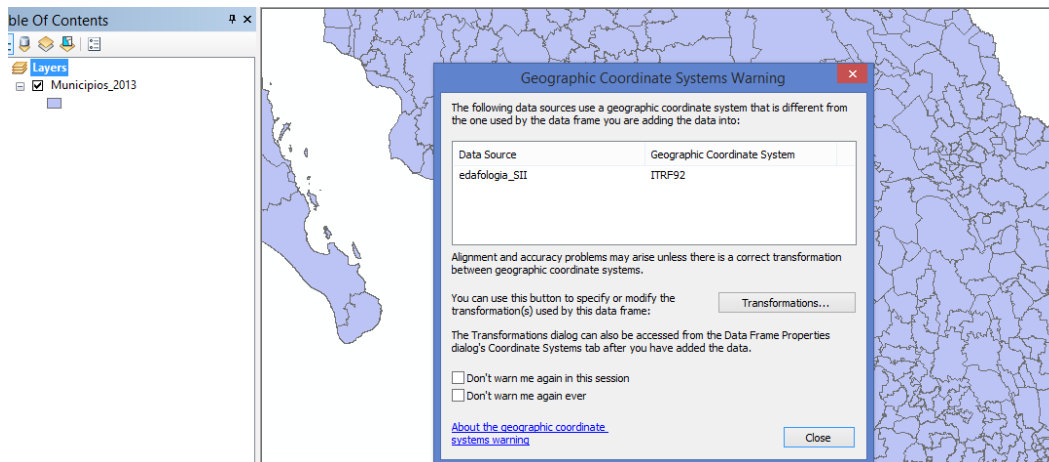


Fig. 8.1. Ejemplo de pantalla de advertencia por diferencia entre sistemas de referencia espacial

Para la homogenización cartográfica de los datos se seleccionó un único sistema de coordenadas cartográficas. En este caso se usó el sistema de coordenadas que viene designado para las capas que conforman el Marco Geoestadístico Nacional 2013.

A continuación se presenta el sistema de coordenadas extraído de la exploración y administración de datos en ArcGIS:

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA:

North_America_Lambert_Conformal_Conic_1
Authority: Custom
Projection: Lambert_Conformal_Conic
False_Easting: 2500000.0
False_Northing: 0.0



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Central_Meridian: -102.0
 Standard_Parallel_1: 17.5
 Standard_Parallel_2: 29.5
 Scale_Factor: 1.0
 Latitude_Of_Origin: 12.0
 Linear Unit: Metros (1.0)

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

Geographic Coordinate System: ITRF92
 Angular Unit: Degree (0.0174532925199433)
 Prime Meridian: Greenwich (0.0)
 Datum: International_Terrestrial_Reference_Frame_1992
 Spheroid: GRS_1980
 Semimajor Axis: 6378137.0
 Semiminor Axis: 6356752.314140356
 Inverse Flattening: 298.257222101

Se puede observar que los parámetros que se utilizan para el sistema de coordenadas es la Proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL), y de Datum el ITRF92 en el elipsoide GRS80. Por tanto las capas que no cuenten con este tipo de estructura de referencia espacial, se procederá a homogenizar.

| CAPAS CON PROYECCIÓN CCL ITRF92 PERO VARIACIÓN EN NOMENCLATURA O PARÁMETROS | CAPAS QUE REQUIERAN PROYECTARSE CARTOGRÁFICAMENTE | CAPAS CON UN SISTEMA DE COORDENADAS DIFERENTE |
|---|---|---|
| edafologia_SII | Nayarit30_R15m | preci4mgw |
| rios | degra250kgi | ejes_viales |
| usvs5 | | |
| unidadesClimaticas | | |
| fallas_fracturas | | |

Tabla 8.2. Relación de datos que requieren homogenización geográfica

Con el fin de preservar la integridad de los datos originales y de resaltar los procesos mencionados, la GEODATABASE “DATOS” conserva la nomenclatura de los datos originales y los resultados de los procesos de homogenización cartográfica se caracterizan por tener los caracteres **_CCL** al final del nombre de los datos, como ejemplo: *rios_CCL*.

En general, los procesos empleados para la **adquisición e integración** de datos en una **geodatabase** son elementos básicos antes de pasar a cualquier tipo de procedimiento y análisis SIG que se vaya a ejecutar. La homogenización de datos es vital para tratar información geográficamente referenciada.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Al llevar archivos shape (formato original) a una GEODATABASE, estos cambian a formato **feature class** y los archivos ráster son **ráster dataset**.

| CAPA | FORMATO | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------|----------------|---|
| carretera_CCL | feature class | Dato original con sufijo agregado: CCL |
| degra250kgi | feature class | Dato original en ITRF 1992 |
| degra250kgi_CCL | feature class | Dato proyectado a CCL |
| edafologia_SII_CCL | feature class | Dato original como homogenización en nomenclatura de Datum |
| ejes_viales_CCL | feature class | Dato original, asignado con coordenadas CCL ITRF 1992 |
| Entidades_2013_CCL | feature class | Dato original (coordenadas base) |
| fallas_fracturas_CCL | feature class | Dato original como homogenización en nomenclatura de Datum |
| Localidades_rurales_2013_CCL | feature class | Dato original (coordenadas base) |
| Localidades_urbanas_2013_CCL | feature class | Dato original (coordenadas base) |
| Municipios_2013_CCL | feature class | Dato original (coordenadas base) |
| Nayarit30_R15m | Ráster dataset | Dato original en ITRF 1992 |
| Nayarit30_R15m_CCL | Ráster dataset | Dato proyectado a CCL |
| preci4mgw | feature class | Dato original |
| preci4mgw_ITRF92 | feature class | Dato convertido a ITRF 1992 |
| preci4mgw_ITRF92_CCL | | Dato proyectado a CCL |
| rios_CCL | feature class | Dato original como homogenización en nomenclatura de Datum |
| unidadesClimaticas_CCL | feature class | Dato original como homogenización en nomenclatura de Datum |
| usvs5_CCL | feature class | Dato original como homogenización en nomenclatura de Datum |

Tabla 8.3. Estructuración de los datos en la GEODATABASE "DATOS"



8.2. PROCESOS PARA LA ETAPA DE CARACTERIZACIÓN

Como se menciona en el punto 4.5.1. los objetivos principales que persigue la caracterización es **delimitar el área a ordenar**, que se expresa como un polígono que encierre en su perímetro a la zona de estudio; y **describir el estado de los componentes natural, social y económico del área a ordenar**.

Una vez homogenizados los datos con los que se trabajara para este caso de estudio, se procedió a ejecutar herramientas de **geoprocesamiento**.

El primer paso consistió en crear la GEODATABASE “CARACTERIZACION”, y dentro de esta crear como primer **subconjunto de datos** (feature dataset) aquel que se denominó “DELIMITACION”.

La delimitación de la zona de estudio, es uno de los objetivos que persigue la Caracterización.

Se realizó la extracción de la capa de municipio para recortar el polígono de la zona de estudio (conforme a la división política municipal) de La Yesca, a partir de este polígono se procedió a hacer el **geoprocesamiento** para delimitar todas las capas de información, esto con el fin de tener datos únicamente del territorio de estudio.

Los propósitos fundamentales del geoprocesamiento son permitirnos **automatizar** las tareas SIG y realizar **análisis y modelado espacial** (ESRI, 2015).

El geoprocesamiento se basa en un marco de transformación de datos. Además permite conectar secuencias de herramientas, utilizando la salida de una herramienta para alimentar a otra (ESRI, 2015).

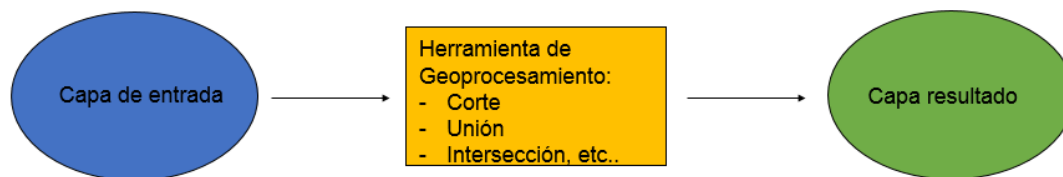


Fig. 8.2. Esquema de operación del Geoprocesamiento. Elaboración propia con base a literatura de ESRI, 2015.

Para el caso de la delimitación geográfica de la información, se empleó simplemente la herramienta **Corte**, la cual requiere como parámetros:

- a) Capa de corte: La_Yesca
- b) Capas a cortar: Datos CCL de “DATOS”



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| Clip | | | |
|----------------|--|----------------------|---------------------------------------|
| Input Features | Clip Features | Output Feature Class | XY Tolerance |
| 1 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 2 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 3 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 4 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 5 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 6 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 7 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 8 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 9 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 10 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |
| 11 | C:\Users\Jaén Alberto\Dropbox\tesis_ja | La_Yesca | C:\Users\Jaén Alberto\Documents\ArcGI |

Fig. 8.3. Visualización de cada capa (primer columna) y capa de corte (segunda columna)

De modo similar se realizó una extracción para el Modelo Digital del Terreno. Los procesos mencionados implicaron la asignación de nueva denominación a las capas resultado, tal denominación se eligió que fuera con el sufijo: *_Yesca*.

| CAPA | FORMATO | Subconjunto de entidad de clase (feature dataset) |
|-------------------------------|----------------|---|
| La_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| calles_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| carretera_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| climas_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| degradacion_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| edafologia_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| fallas_fracturas_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| loc_rurales_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| loc_urbanas_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| precipitacion_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| rios_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| uso_suelo_veg_Yesca | feature class | DELIMITACION |
| MDE_Yesca | Ráster dataser | N/A |

Tabla 8.4. Estructuración de la GEODATABASE "CARACTERIZACION", en el subconjunto DELIMITACION y el ráster MDE_Yesca



Con el fin de representar información característica de la zona de estudio para tener una clara visualización de la información, los SIG ofrecen una variedad de herramientas para tratamiento de datos geográficos.

El relieve a partir de la sombra es una herramienta que forma parte de la categoría de **Análisis Espacial**. Las transparencias, permiten visualizar múltiples datos en un mismo entorno espacial.

Estas dos funciones son fundamentales para la representación de datos en la etapa de caracterización, ya que se emplearon para el diseño de los mapas temáticos de esta etapa.

Con las capas de datos se puede cubrir el segundo objetivo de la caracterización, que es la descripción del estado de los componentes natural, social y económico del área a ordenar. Para ello se procedió a categorizar los datos para posteriormente generar mapas temáticos que describan los componentes que Arriaga et al., 2006 menciona.

Para la caracterización del **sistema físico y natural** se propuso en este trabajo emplear las categorías: “Caracterización del sistema natural” y “Caracterización física”.

Para la caracterización del **entorno social y económico** se propuso emplear la categoría “Entorno social-económico y vías de comunicación”.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA FÍSICO Y NATURAL

Para llevar a cabo la caracterización del sistema físico y natural, se procedió a generar mapas temáticos de cada categoría, los cuáles son visualizados por medio de **atributos representativos** del conjunto de capas que integran la categoría:

Se retomaron y agruparon algunos de los mapas ya vistos en la descripción de la zona de estudio.

| CATEGORÍA | CAPAS DE INFORMACIÓN | ATRIBUTOS PARA DESCRIPCIÓN |
|--|---|--|
| Caracterización del sistema natural | climas_Yesca rios_Yesca uso_suelo_veg_Yesca MDE_Yesca | - Relieve - Tipos de vegetación - Ríos y cuerpos de agua |
| Caracterización física | degradacion_Yesca edafologia_Yesca fallas_fracturas_Yesca precipitacion_Yesca MDE_Yesca | - Relieve - Pendiente de terreno - Fallas y fracturas |

Tabla 8.5. Categorización de datos para la descripción del componente físico y natural



Las capas de información se agruparon en un **subconjunto de datos** (feature dataset), el cual lleva el nombre de cada categoría, los atributos para descripción se tomaron de la tabla de atributos de cada capa con el fin de visualizar la información más **representativa** de cada categoría.

Para el caso del sistema natural, se realizó una consulta para seleccionar cuerpos de agua y tipos de vegetación: bosques, pastizales, selvas y vegetación secundaria. Además de atributos propios del uso de suelo, se excluyeron los temas de agricultura de temporal y pastizal inducido ya que estos están asociados a actividades agrícolas y de ganadería respectivamente, y se emplearon para hacer la descripción social económica.

Para la clasificación de vegetación se seleccionó por atributos conforme a la siguiente tabla para generar nuevas entidades de clase y almacenarlas en el subconjunto de datos "CARACTERIZACION_NATURAL":

| VEGETACIÓN NOMENCLATURA INICIE CON: | CUYA NOMBRE NUEVA ENTIDAD |
|--|---------------------------|
| Bosque | Bosque |
| Desprovisto | Sin Vegetación |
| Selva | Selva |
| Vegetación | Vegetación general |

Tabla 8.6. Atributos para la descripción del componente natural de uso de suelo y vegetación

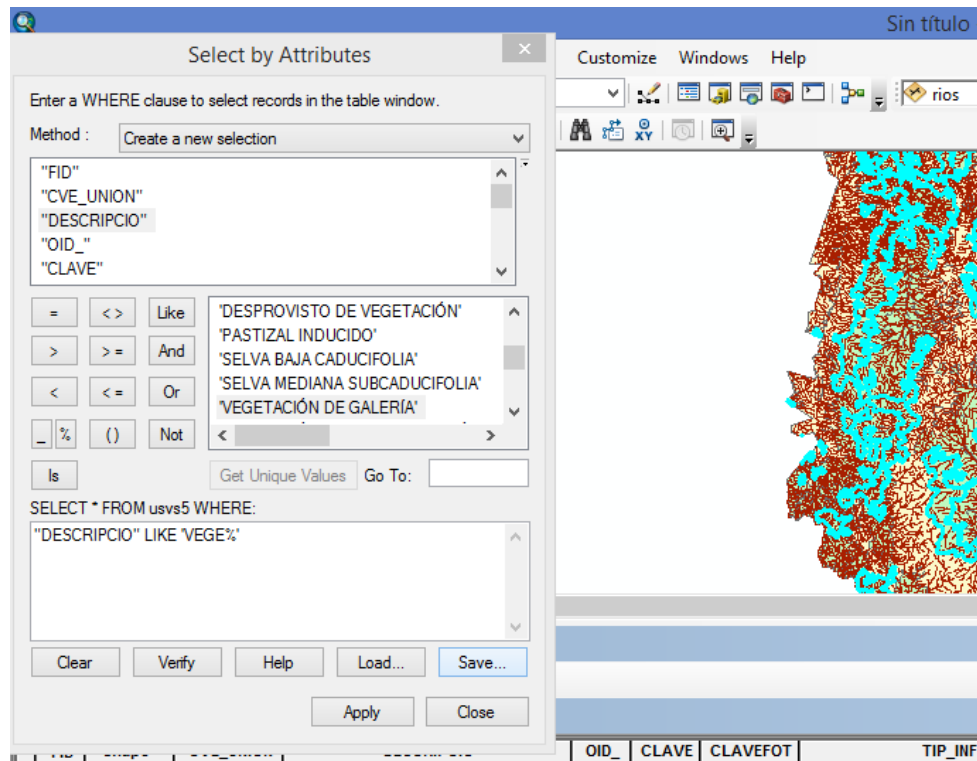


Fig. 8.4. Entrada del enunciado en SQL para seleccionar atributos que inicien con determinados caracteres



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Para la caracterización física, se empleó la capa de *fallas_fracturas_Yesca* para describir conformación geológica del municipio.

En ambos mapas descriptivos de cada categoría se emplea como mapa base el Relieve.

En el explorador de datos de la plataforma ArcGIS se desarrollaron los dos **subconjuntos de datos**: “CARACTERIZACION_NATURAL” y “CARACTERIZACION_FISICA”, la estructuración de los datos dentro de estos dos subconjuntos quedó como se indica en la tabla 8.5. Por tanto se procedió a importar a los dos subconjuntos de datos las capas correspondientes.

Los datos fueron importados desde el subconjunto de datos “DELIMITACION”, cabe resaltar que al importar datos entre subconjunto de datos de una misma GEODATABASE, debe cambiarse el nombre de la entidad de clase importada, esto para no generar conflicto dentro la GEODATABASE. La idea de tener todo ordenado en GEODATABASES y subconjuntos de datos es para tener un orden de la información.

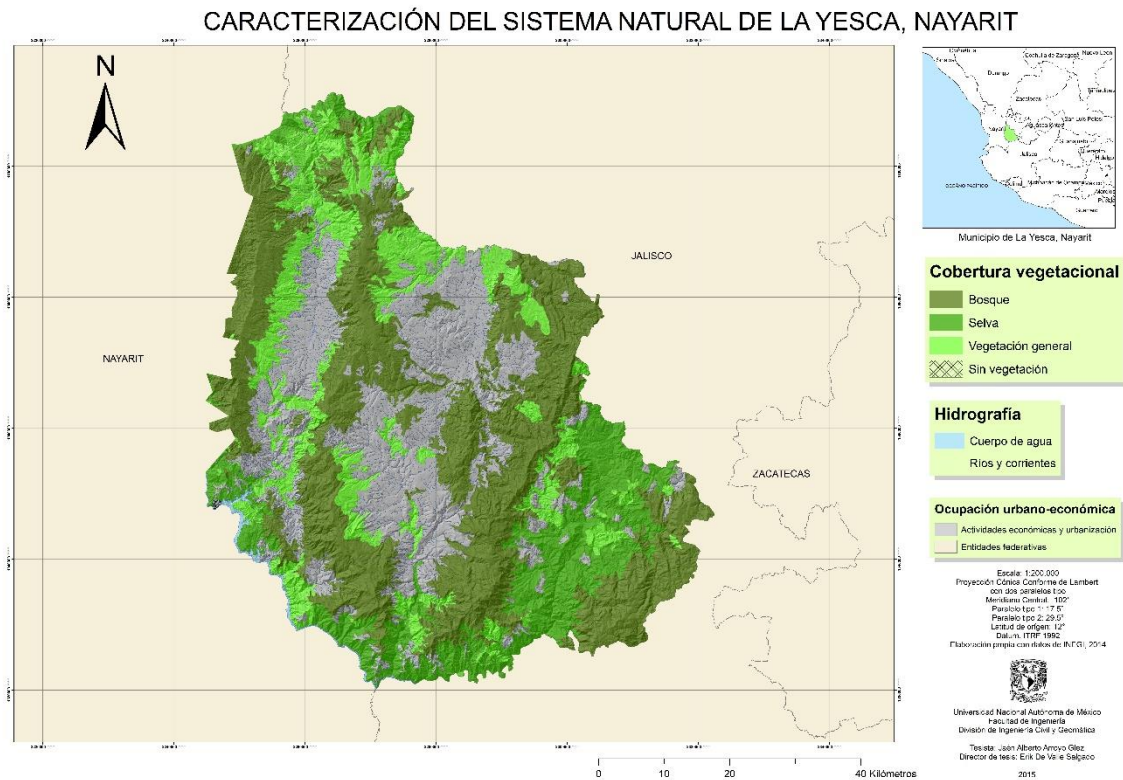


Fig. 8.5. Caracterización del Sistema Natural. Elaboración propia con datos de INEGI, 2015.



Fig. 8.6. Caracterización del Sistema Físico. Elaboración propia con datos de INEGI, 2015.

CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO SOCIAL Y ECONÓMICO

Haciendo un análisis al diccionario de datos de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, se pueden observar los objetos espaciales que componen a dicha capa, entre los que destacan para este subtema el de: Agricultura (agricultura de temporal), Pastizal (pastizal inducido). Estos dos tipos de objetos espaciales describen tanto la actividad agrícola como la actividad ganadera.

Para el caso del marco geoestadístico nacional, se puede observar que en los diferentes niveles del marco (estatal, municipal, localidad urbana y localidad rural) se definen adecuadamente las zonas de ocupación urbana. Tal es el caso de la capa de carretera_Yesca, la cual contiene la red de caminos federales en formato de línea.

| CATEGORÍA | CAPAS DE INFORMACIÓN | ATRIBUTOS PARA DESCRIPCIÓN |
|--|--|--|
| Caracterización del entorno económico social | La_Yesca uso_suelo_veg_Yesca carretera_Yesca calles_Yesca | - Sector urbano y división política: Marcos geoestadísticos |



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| | | |
|--|---|---|
| | loc_urbanas_Yesca loc_rurales_Yesca MDE_Yesca | (estatal, municipal, localidades urbanas y rurales) - Sectores (agricultura, pastizal) - Vías de comunicación - Relieve como mapa base |
|--|---|---|

Tabla 8.7. Categorización de datos para la descripción del componente social y económico

El primer paso para esta caracterización fue crear el subconjunto de datos “CARACTERIZACION_SOC_EC” donde se importaron las capas que componen dicha categoría.

Para el caso de la importación de atributos de sectores (agrícola y ganadero) se procedió a consultar y seleccionar por atributos los temas AGRICULTURA DE TEMPORAL y PASTIZAL INDUCIDO, la expresión en lenguaje de SQL quedó de la siguiente manera:

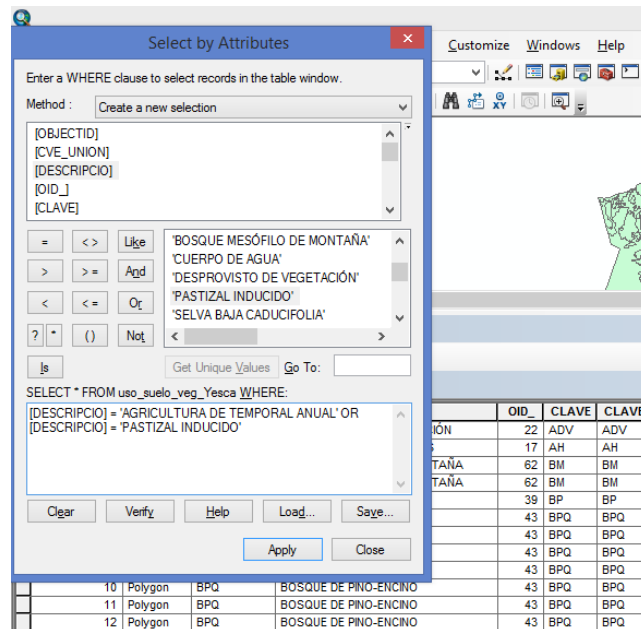


Fig. 8.7. Sintaxis para selección de atributos

Una vez seleccionados los atributos, se exportaron al subconjunto de datos “CARACTERIZACION_SOC_EC” y se denominaron sectores_ag_gan_Yesca.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



En lo referente a vías de comunicación, se empleó el **geoproceso de fusión**, para tener en una sola capa las entidades que se definen *carretera_Yesca* y *calle_Yesca*, la capa resultado se denominó *accesos_Yesca*.

Respecto al sector urbano se hizo un geoproceso de fusión para tener en una sola capa las entidades de clase siguientes: *loc_urbanas*, de uso de suelo y vegetación: *zona urbana* y *asentamientos humanos*, la capa resultado se denominó *sector_urbano*.



Fig. 8.8. Descripción del componente social y económico



8.3. ANÁLISIS EN LA ETAPA DE DIAGNÓSTICO

La etapa de diagnóstico se divide en dos subetapas: aptitud territorial y evaluación de conflictos. Para iniciar con este procedimiento se definieron los sectores en la siguiente tabla:

| SECTOR | JUSTIFICACIÓN |
|------------------------------|---|
| Sector agrícola | Abarca un total de 11,819 hectáreas según la etapa de caracterización. En la tabla 7.6 del Plan de Desarrollo Municipal este sector junto con el comercio abarcan el segundo lugar de actividad económica de La Yesca. |
| Sector ganadero | La fig. 7.6 del Plan de Desarrollo Municipal, lo ubica como la principal actividad económica del municipio, en la etapa de caracterización este sector abarca un área de ocupación de 93,741.586 hectáreas a lo largo de todo el municipio. |
| Desarrollo urbano | El Desarrollo urbano es uno de los principales rubros que el Ordenamiento Ecológico del Territorio pretende ubicar y delimitar, por ser un municipio poco urbanizado pero con proyección de crecimiento según datos del Plan de Desarrollo municipal, se deberá evaluar su nivel de aptitud en toda el área de estudio. |
| Áreas de conservación | De los datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación no vienen indicadas Áreas Naturales de Protección, sin embargo en la caracterización natural se aprecia que bosques, selvas y vegetación abarcan un total de 319,913.935 hectáreas, lo que representa un 74.8% de la superficie total del municipio. |

Tabla 8.8. Propuesta de sectores a ordenar para este caso de estudio

El Ordenamiento Ecológico del Territorio contempla definir talleres sectoriales para definir los criterios para determinar el nivel de aptitud para cada sector, debido a que el presente trabajo tiene por objetivo demostrar los procesos en Geomática con la Evaluación Multicriterio y sus alcances, los criterios para cada sector quedarán definidos de forma arbitraria y en base a la experiencia.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



a) CRITERIOS PARA DEFINIR EL NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR AGRÍCOLA

A continuación se presentan los datos y atributos para realizar el ejercicio de Evaluación Multicriterio para determinar el nivel de aptitud para el sector agrícola:

| CRITERIO | ATRIBUTOS | DATO FUENTE |
|----------------------------------|--|---------------------|
| Topografía | Tipo de pendiente | MDE_Yesca |
| Hidrografía | Cercanía a ríos, corrientes de agua | rios |
| Uso de suelo y vegetación | Cobertura de vegetación y uso de suelo (bosques, selvas, vegetación general, asentamientos humanos, zona urbana, agricultura de temporal, sector ganadero) | uso_suelo_veg_Yesca |
| Precipitación media anual | Nivel de precipitación (bajo, alto, medio) | precipitación |

Tabla 8.9. Conjunto de criterios sector Agrícola

MATRICES DE EVALUACIÓN PARA EL SECTOR AGRÍCOLA

A continuación se presenta la matriz de evaluación para cada sector con los respectivos cálculos de asignación de pesos y su respectiva proporción de consistencia. Para el caso de los atributos se hizo uso de la siguiente escala:

| Nivel de aptitud | Valor |
|-------------------|-------|
| MUY ALTA | 10 |
| ALTA | 9 |
| MEDIA ALTA | 8 |
| MEDIA | 6 |
| MEDIA BAJA | 5 |
| BAJA | 4 |
| MUY BAJA | 3 |

Tabla 8.10. Escala de asignación de valores para los atributos



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| TOPOGRAFÍA | | | |
|--------------------------------|---------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Pendiente en porcentaje | 0 - 5 % | Alta | 9 |
| | 5 - 10 % | Media | 6 |
| | 10 - 20 % | Baja | 4 |
| | 20% o más | Muy baja | 3 |

Tabla 8.11. Matriz de evaluación para la topografía

| HIDROGRAFÍA | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Cercanía a ríos y corrientes | 0 - 800 mts. | Alta | 9 |
| | 800 - 1200 mts. | Media | 6 |
| | 1200 - 2000 mts. | Baja | 4 |
| | 2000 mts. o más | Muy baja | 3 |

Tabla 8.12. Matriz de evaluación para el criterio Hidrografía

| USO DE SUELO Y VEGETACIÓN | | | |
|---|------------------------------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Tipo de cobertura vegetal/uso de suelo | Agricultura de temporal | Muy alta | 10 |
| | Sin vegetación | Media alta | 8 |
| | Vegetación en general | Media | 6 |
| | Asentamientos humanos, zona urbana | Media baja | 5 |
| | Pastizal inducido | Baja | 4 |
| | Bosques y selvas | Muy baja | 3 |

Tabla 8.13. Matriz de evaluación para el criterio Uso de Suelo y Vegetación

| PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL | | | |
|-------------------------------|----------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Nivel de precipitación | 600 - 800 mm. | Alta | 9 |
| | 800 - 1200 mm. | Baja | 4 |

Tabla 8.14. Matriz de evaluación para el criterio Precipitación Media Anual



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



b) CRITERIOS PARA DEFINIR EL NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR GANADERO

| CRITERIO | ATRIBUTOS | DATO FUENTE |
|----------------------------------|--|---------------------|
| Hidrografía | Cercanía a ríos y corrientes de agua | ríos |
| Uso de suelo y vegetación | Cobertura de vegetación y uso de suelo (bosques, selvas, vegetación general, asentamientos humanos, zona urbana, agricultura de temporal, sector ganadero) | uso_suelo_veg_Yesca |
| Precipitación media anual | Nivel de precipitación (bajo, alto, medio) | precipitación |
| Climatología | Tipo de clima (Cálido, templado, Semiseco) | climas |

Tabla 8.15. Conjunto de criterios sector ganadero

MATRICES DE EVALUACIÓN PARA EL SECTOR GANADERO

| HIDROGRAFÍA | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Cercanía a ríos y corrientes | 0 - 800 mts. | Alta | 9 |
| | 800 - 1200 mts. | Media | 6 |
| | 1200 - 2000 mts. | Baja | 4 |
| | 2000 mts. o más | Muy baja | 3 |

Tabla 8.16. Matriz de evaluación para el criterio Hidrografía

| USO DE SUELO Y VEGETACIÓN | | | |
|---|------------------------------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Tipo de cobertura vegetal/uso de suelo | Pastizal inducido | Muy alta | 10 |
| | Vegetación en general | Media alta | 8 |
| | Agricultura de temporal | Media | 6 |
| | Sin vegetación | Media baja | 5 |
| | Asentamientos humanos, zona urbana | Baja | 4 |
| | Bosques y selvas | Muy baja | 3 |

Tabla 8.17. Matriz de evaluación para el criterio Uso de suelo y vegetación



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL | | | |
|---------------------------|----------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Nivel de precipitación | 800 - 1200 mm. | Alta | 9 |
| | 600 - 800 mm. | Baja | 4 |

Tabla 8.18. Matriz de evaluación para el criterio Precipitación Media Anual

| CLIMATOLOGÍA | | | |
|---------------|---------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Tipo de clima | Templado | Alta | 9 |
| | Cálido | Media | 6 |
| | Semiseco | Baja | 4 |

Tabla 8.19. Matriz de evaluación para el criterio Climatología

c) CRITERIOS PARA DEFINIR EL NIVEL DE APTITUD PARA EL DESARROLLO URBANO

| CRITERIO | ATRIBUTOS | DATO FUENTE |
|---------------------------|---|------------------|
| Vías de comunicación | Proximidad a carreteras | accesos_Yesca |
| Zonas urbanas | Proximidad a zonas urbanas y de asentamientos humanos | sector_urbano |
| Topografía | Pendiente del terreno para el desarrollo inmobiliario | MDE_Yesca |
| Conformación Geológica | Proximidad a fallas y fracturas geológicas | fallas_fracturas |
| Uso de suelo y vegetación | Prioridad a evitar bosques y selvas | uso_suelo_veg |

Tabla 8.20. Conjunto de criterios desarrollo urbano

MATRICES DE EVALUACIÓN PARA EL DESARROLLO URBANO

| VÍAS DE COMUNICACIÓN | | | |
|------------------------------|------------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Cercanía a vías a carreteras | 0 - 1000 mts. | Alta | 9 |
| | 1000 - 2500 mts | Media | 6 |
| | 2500 – 5000 mts. | Baja | 4 |
| | Más de 5000 mts. | Muy baja | 3 |

Tabla 8.21. Matriz de evaluación para el criterio Vías de comunicación



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| ZONAS URBANAS | | | |
|--|----------------------|-------------------------|--------------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Cercanía a zonas urbanas, localidades rurales y asentamientos humanos | 0 – 8000 mts. | Muy alta | 10 |
| | 8000 – 17000 mts. | Alta | 9 |
| | 17000 – 26000 mts. | Media | 6 |
| | 26000 mts o más | Baja | 4 |
| | | | |

Tabla 8.22. Matriz de evaluación para el criterio Zonas Urbanas

| TOPOGRAFÍA | | | |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Pendiente en porcentaje | 0 - 5 % | Alta | 9 |
| | 5 - 10 % | Media | 6 |
| | 10 - 20 % | Baja | 4 |
| | 20% o más | Muy baja | 3 |

Tabla 8.23. Matriz de evaluación para el criterio Topografía

| CONFORMACIÓN GEOLÓGICA | | | |
|---|----------------------|-------------------------|--------------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Proximidad a fallas y fracturas geológicas | 2500 mts. o más | Muy alta | 10 |
| | 1500 - 2250 mts. | Alta | 9 |
| | 750 - 1500 mts. | Media | 6 |
| | 0 - 750 mts. | Muy baja | 3 |

Tabla 8.24. Matriz de evaluación para el criterio Conformación Geológica

| USO DE SUELO Y VEGETACIÓN | | | |
|---|------------------------------------|-------------------------|--------------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Tipo de cobertura vegetal/uso de suelo | Asentamientos humanos, zona urbana | Muy alta | 10 |
| | Sin vegetación | Media alta | 8 |
| | Vegetación en general | Media | 6 |
| | Pastizal inducido | Media baja | 5 |
| | Agricultura de temporal | Baja | 4 |
| | Bosques y selvas | Muy baja | 3 |

Tabla 8.25. Matriz de evaluación para el criterio Uso de suelo y vegetación



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO
PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



d) CRITERIOS PARA DEFINIR EL NIVEL DE APTITUD PARA LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN

| CRITERIO | ATRIBUTOS | DATO FUENTE |
|---------------------------|---|-------------------|
| Uso de suelo y vegetación | Prioridad de conservar a bosques y selvas | uso_suelo_veg |
| Degradación de suelos | Conservar aquellas zonas donde existe una degradación de suelo moderada | degradacion_Yesca |
| Hidrografía | Conservar zonas próximas a cuerpos de agua, ríos y corrientes con el fin de evitar su contaminación | rios |
| Climatología | Climatología (seco, cálido, templado) | climas |

Tabla 8.26. Conjunto de criterios áreas de conservación

MATRICES DE EVALUACIÓN PARA LAS ÁREAS A CONSERVAR

| USO DE SUELO Y VEGETACIÓN | | | |
|--|------------------------------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Tipo de cobertura vegetal/uso de suelo | Bosques y selvas | Muy alta | 10 |
| | Vegetación en general | Media alta | 8 |
| | Sin vegetación | Media | 6 |
| | Agricultura de temporal | Media baja | 5 |
| | Pastizal inducido | Baja | 4 |
| | Asentamientos humanos, zona urbana | Muy baja | 3 |

Tabla 8.27. Matriz de evaluación para el criterio Uso de suelo y vegetación

| DEGRADACIÓN DE SUELOS | | | |
|-----------------------|---------------|------------------|-------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Nivel de degradación | Moderado | Muy alta | 10 |
| | Ligero | Media alta | 8 |

Tabla 8.28. Matriz de evaluación para el criterio Degradación de Suelos



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| HIDROGRAFÍA | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Cercanía a ríos y corrientes | 0 - 800 mts. | Muy alta | 10 |
| | 800 - 1200 mts. | Alta | 9 |
| | 1200 - 2000 mts. | Media Alta | 8 |
| | 2000 mts. o más | Media | 6 |

Tabla 8.29. Matriz de evaluación para el criterio Hidrografía

| CLIMATOLOGÍA | | | |
|----------------------|----------------------|-------------------------|--------------|
| ATRIBUTOS | CLASIFICACIÓN | NIVEL DE APTITUD | VALOR |
| Tipo de clima | Semiseco | Alta | 9 |
| | Cálido | Media | 6 |
| | Templado | Baja | 4 |

Tabla 8.30. Matriz de evaluación para el criterio Climatología



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



b) MATRIZ DE PRIORIDAD PARA LA APTITUD GANADERÍA

| CÁLCULOS ASIGNACIÓN DE PESOS A SECTOR GANADERÍA | | | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 40 | | | | | | |
| 41 | | | | | | |
| 42 | | CRITERIOS | Hidrografía | Uso de suelo y vege | Precipitación Me | Clomatología |
| 43 | | Hidrografía | 1 | 3 | 5 | 7 |
| 44 | MATRIZ DE COMPARACIONES | Uso de suelo y vegetación | 0.333333333 | 1 | 4 | 5 |
| 45 | | Precipitación Media Anual | 0.20 | 0.25 | 1 | 3 |
| 46 | | Clomatología | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1 |
| 47 | | | | | | |
| 48 | | SUMA= | 1.67619048 | 4.45 | 10.33333333 | 16 |
| 49 | | | | | | |
| 50 | | | 0.596590909 | 0.674157303 | 0.483870968 | 0.4375 |
| 51 | | | 0.198863636 | 0.224719101 | 0.387096774 | 0.3125 |
| 52 | MATRIZ NORMALIZADA | | 0.119318182 | 0.056179775 | 0.096774194 | 0.1875 |
| 53 | | | 0.085227273 | 0.04494382 | 0.032258065 | 0.0625 |
| 54 | | | | | | |
| 55 | | | | | | |
| 56 | | | | VECTOR DE LA SUMA PONDERADA | | VECTOR DE CONSISTENCIA |
| 57 | | EIGENVECTOR PRINCIPAL (PESOS) | | | | |
| 58 | | Hidrografía | 0.55 | 2.358755643 | | 4.304064604 |
| 59 | | Uso de suelo y vegetación | 0.28 | 1.204405074 | | 4.289270039 |
| 60 | | Precipitación Media Anual | 0.11 | 0.463444584 | | 4.031950031 |
| 61 | | Clomatología | 0.06 | 0.228995582 | | 4.072314753 |
| 62 | | SUMA= | 1 | | LAMBDA= | 4.174399872 |
| 63 | | | | | n= | 4 |
| 64 | | | | | IC= | 0.058133291 |
| 65 | | | | | IA= | 0.9 |
| 66 | | | | | | |
| 67 | | | | | PC= | 0.064592545 |

Fig. 8.11. Hoja de cálculo de pesos y método de Saaty para normalización y constante de proporcionalidad para el Sector Ganadería

MAPA DE NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR GANADERO. LA YESCA, NAYARIT

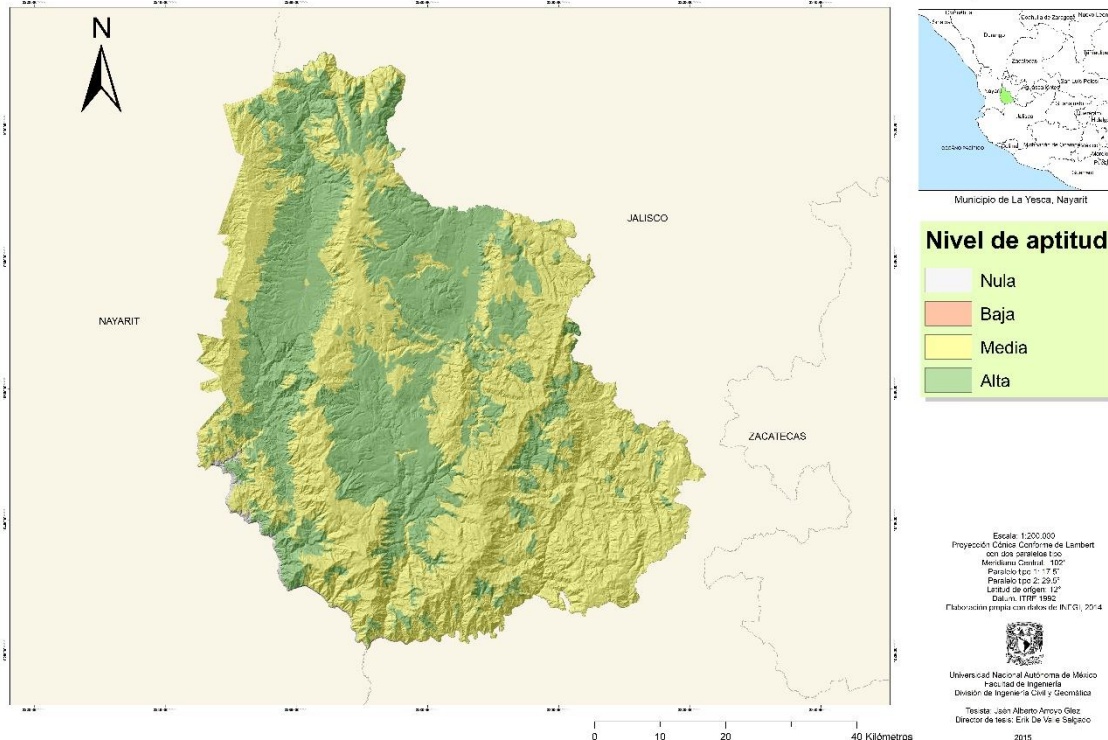


Fig. 8.12. Aptitud Ganadera



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



d) MATRIZ DE PRIORIDAD PARA LA APTITUD DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN

| CÁLCULOS ASIGNACIÓN DE PESOS A ÁREAS DE CONSERVACIÓN | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------|
| | | Uso de suelo y vegetación | Degradación de suelos | Hidrografía | Climatología |
| | CRITERIOS | 1 | 3 | 4 | 2 |
| | Uso de suelo y vegetación | 0.333333333 | 1 | 2 | 3 |
| | Degradación de suelos | 0.25 | 0.50 | 1 | 1 |
| | Hidrografía | 0.50 | 0.33 | 1 | 1 |
| | Climatología | | | | |
| | SUMA= | 2.08333333 | 4.83333333 | 8 | 7 |
| | | 0.48 | 0.620689655 | 0.5 | 0.285714286 |
| | | 0.16 | 0.206896552 | 0.25 | 0.428571429 |
| | | 0.12 | 0.103448276 | 0.125 | 0.142857143 |
| | MATRIZ NORMALIZADA | 0.24 | 0.068965517 | 0.125 | 0.142857143 |
| | | | | | |
| | | | VECTOR DE LA SUMA PONDERADA | | VECTOR DE CONSISTENCIA |
| | CRITERIO | EIGENVECTOR PRINCIPAL (PESOS) | | | |
| | Uso de suelo y vegetación | 0.47 | 2.035418719 | | 4.315976393 |
| | Degradación de suelos | 0.26 | 1.096837028 | | 4.196539917 |
| | Hidrografía | 0.12 | 0.515615764 | | 4.1979245 |
| | Climatología | 0.14 | 0.589954844 | | 4.091065659 |
| | SUMA= | 1 | | LAMBDA= | 4.200376617 |
| | | | | n= | 4 |
| | | | | IC= | 0.066792206 |
| | | | | IA= | 0.9 |
| | | | | PC= | 0.074213562 |

Fig. 8.15. Hoja de cálculo de pesos y método de Saaty para normalización y constante de proporcionalidad para definir áreas a conservar

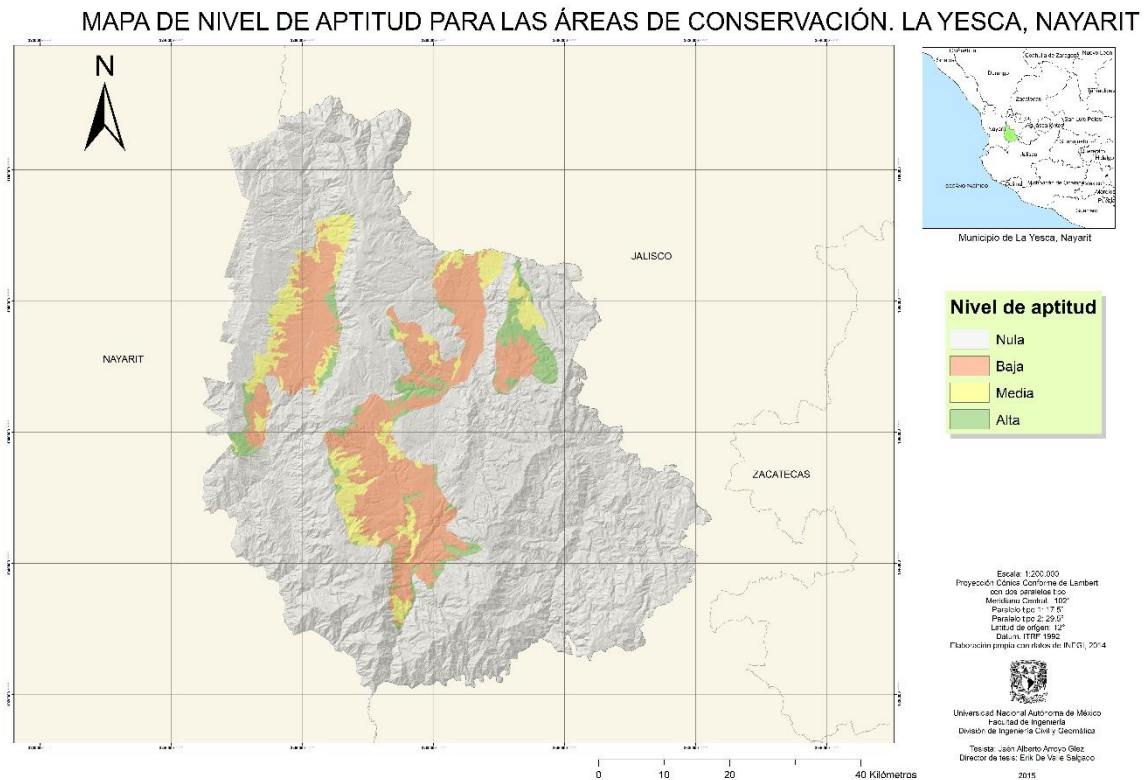


Fig. 8.16. Aptitud áreas de conservación



A continuación se resumirán aquellas herramientas que se emplearon para la etapa de diagnóstico:

a) ANÁLISIS DE PENDIENTE

Es el proceso que forma parte del conjunto de herramientas de análisis espacial, consiste en identificar la pendiente, ósea tasa de cambio máximo en el valor de elevación, dicho valor de elevación se obtiene del Modelo Digital de Elevación.

b) DISTANCIA EUCLIDIANA

Forma parte de las herramientas de **análisis espacial**, consiste en calcular para cada capa la distancia euclidiana almacenada en valores de **pixel** hasta el origen más cercano, el tamaño de celda de salida se asigna conforme al tamaño de pixel que tenemos del Modelo Digital de Elevación, **15 metros, esto con el fin de estandarizar la escala general que se emplea para este trabajo.**

c) CLASIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN DE VALORES

La clasificación y asignación de valores se emplea para **seleccionar por atributos** en entidades de clase, temas en común, como ejemplo todos los tipos de bosques y todos los tipos de selva, para posteriormente **asignarle valores** conforme al nivel de aptitud que se va a establecer.

d) ENTIDAD DE CLASE A RÁSTER

Debido a que se va a trabajar con datos **ráster**, por el empleo del álgebra de mapas, se **procesarán** todos las **entidades de clase resultantes** del análisis en **capas ráster**.

e) RECLASIFICACIÓN DE RÁSTER

Es un proceso que consiste en **reclasificar** los valores de las capas **ráster resultado** de los procesos anteriores, con el fin de normalizar los rangos de valores para el posterior análisis.

f) CALCULADORA RÁSTER PARA APLICAR OPERACIONES DE ÁLGEBRA DE MAPAS

La calculadora ráster forma parte de las herramientas de **análisis espacial**, es un proceso que construye y ejecuta una expresión simple de **álgebra de mapas**, se hará uso de esta herramienta para ingresar el modelo de análisis de evaluación multicriterio: **la sumatoria lineal ponderada** y para hacer el **cálculo del promedio de celdas** para determinar el nivel de .



9. RESULTADOS

A continuación se presentarán los resultados de cada uno de los procesos descritos en el punto 8.

9.1. ESQUEMA DE LA GEODATABASE “DATOS”

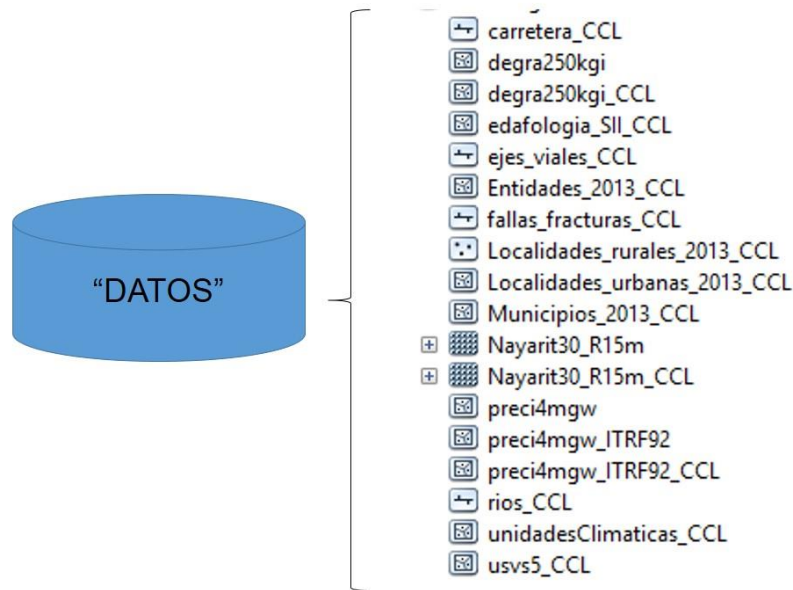


Fig. 9.1. Esquema de la GEODATABASE “DATOS”

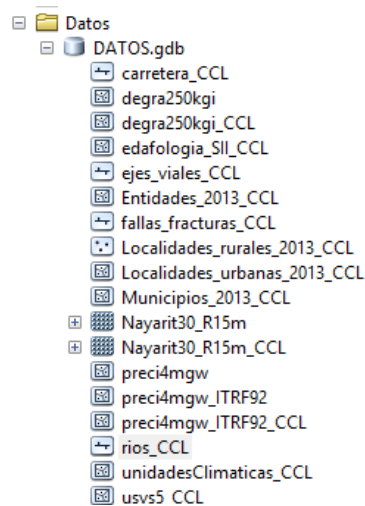


Fig. 9.2. Visualización de “DATOS” en el explorador de datos de la plataforma ArcGIS



9.2. ESQUEMA DE LA “CARACTERIZACION”

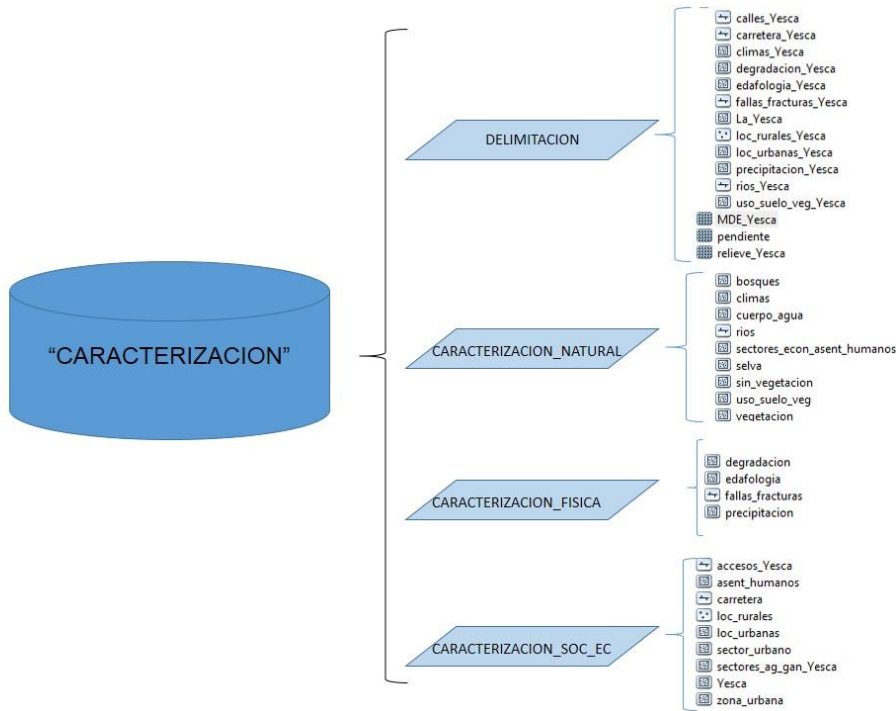


Fig. 9.3. Esquema de la GEODATABASE “CARACTERIZACION”

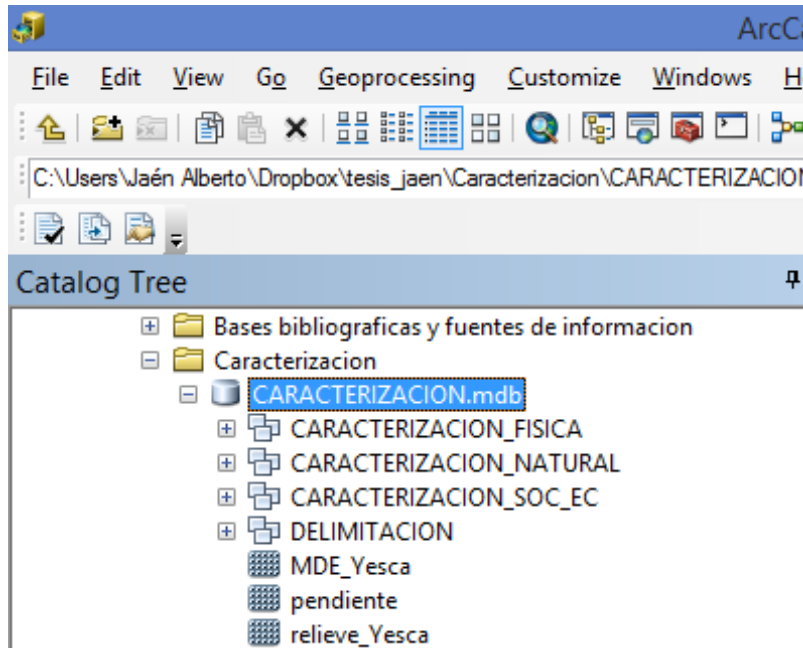


Fig. 9.4. Visualización de la GEODATABASE “CARACTERIZACION” en explorador de datos de la plataforma ArcGIS



9.3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA NATURAL



Fig. 9.5. Mapa de caracterización del sistema natural en La Yesca



9.4. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA FÍSICO



Fig. 9.6. Mapa de caracterización física de La Yesca



9.5. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO SOCIAL Y ECONÓMICO



Fig. 9.7. Caracterización del componente social y económico de La Yesca



9.6. ESQUEMA DE LA “APTITUD”

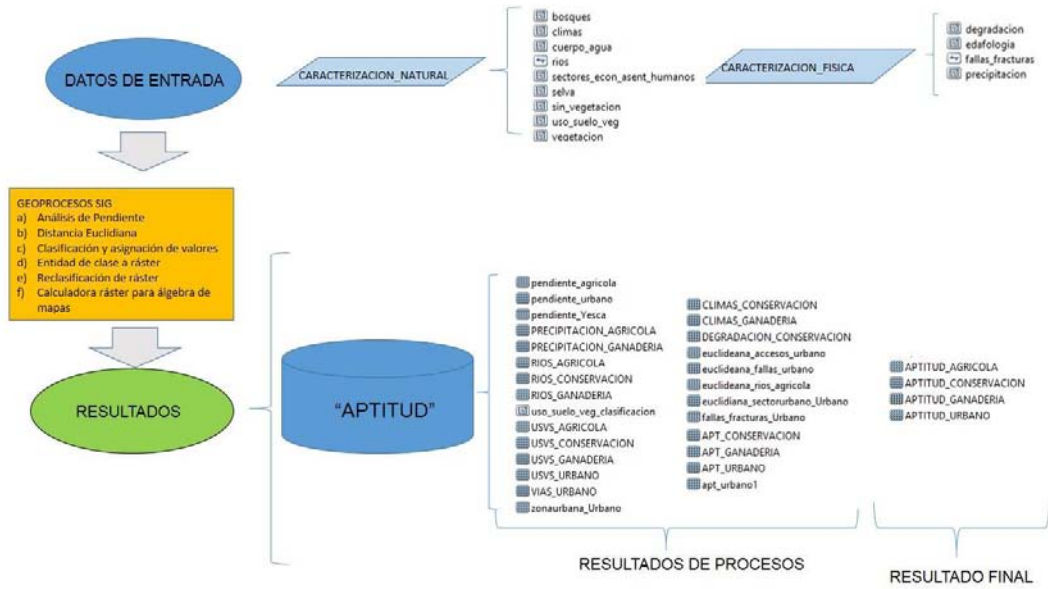


Fig. 9.8. Esquema de la GEODATABASE “APTITUD”

9.7. ESQUEMA DE “CONFLICTO”



Fig. 9.9. Esquema de la GEODATABASE “CONFLICTO”



9.8. NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR AGRÍCOLA

MAPA DE NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR AGRÍCOLA. LA YESCA, NAYARIT

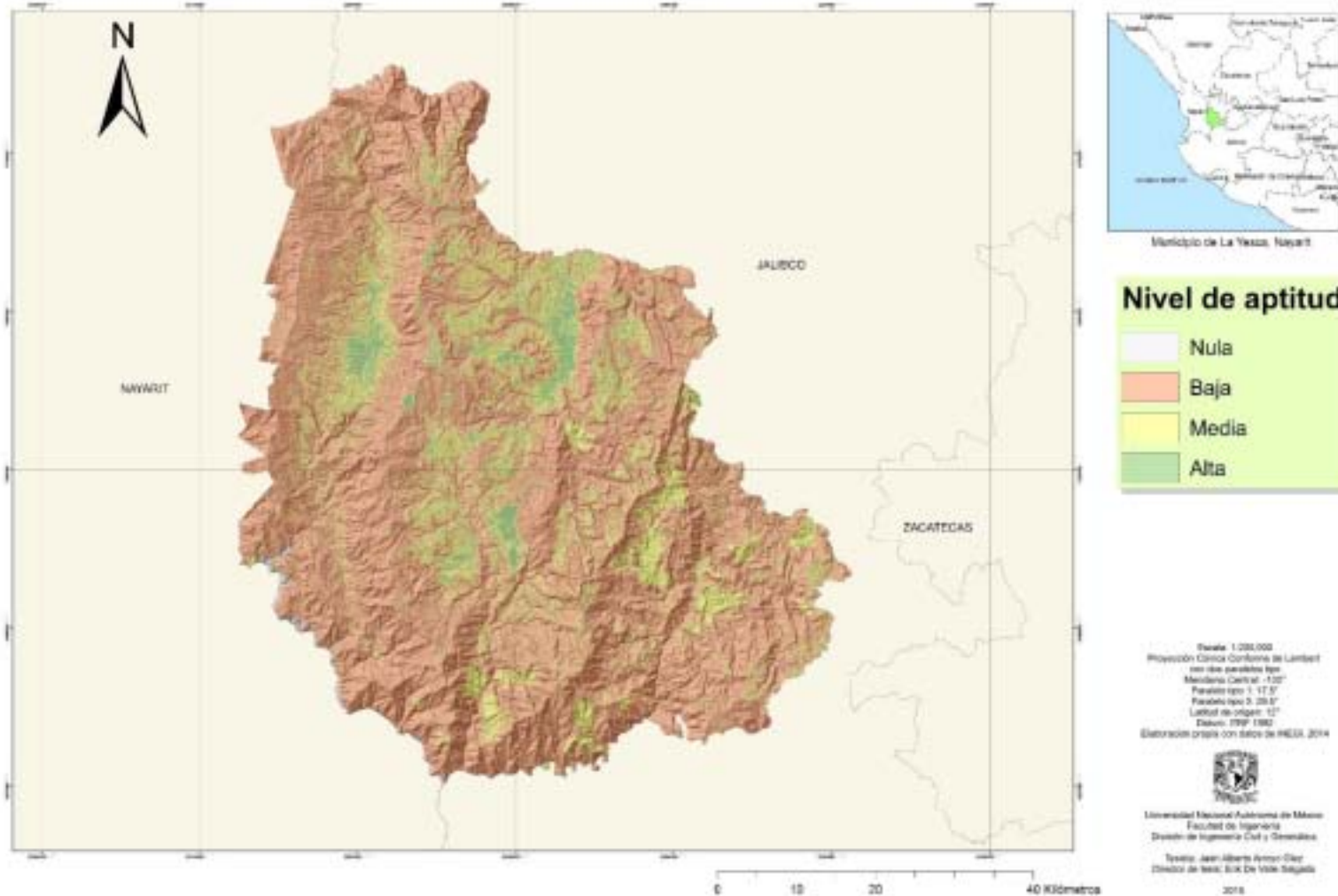


Fig. 9.10. Aptitud sector agrícola

Haciendo un análisis cercano al mapa, podemos observar lo siguiente:

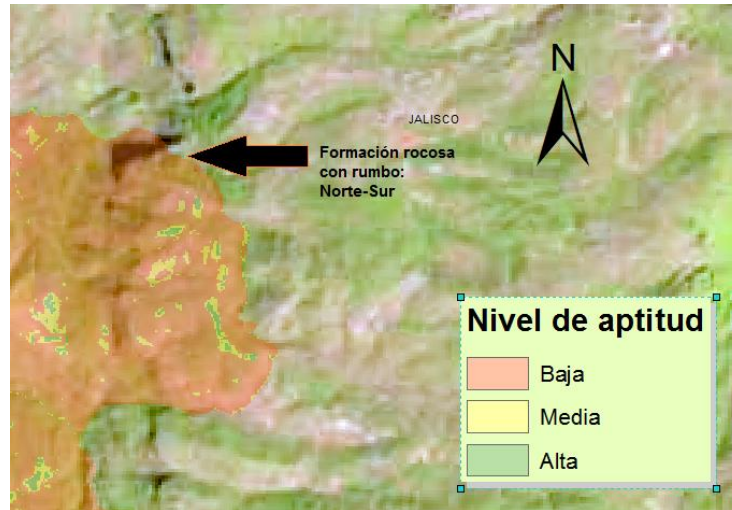


Fig. 9.11. Análisis de la topografía visualizado en Imagen LANDSAT

Como se indica en la matriz de evaluación para este sector, se determinó un peso de 0.57 al criterio de la topografía, por tanto, se puede apreciar como zonas en el mapa como la mostrada en la fig. 9.11. muestran un nivel de aptitud bajo para aquellas zonas aledañas a pendientes pronunciadas.

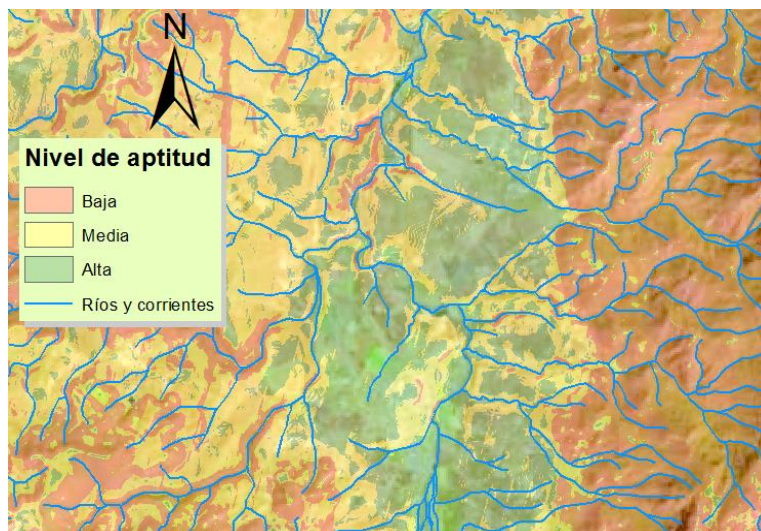


Fig. 9.12. Análisis de la topografía e hidrografía visualizado en Imagen LANDSAT

Observando el factor de la proximidad a las corrientes de agua y ríos, se puede observar en la parte derecha, como se tiene una aptitud baja en zona montañosa, pero al cambiar la topografía a una planicie y con corrientes de agua en la zona se denota un nivel de aptitud alto para el desarrollo agrícola.



9.9. NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR GANADERO

MAPA DE NIVEL DE APTITUD PARA EL SECTOR GANADERO. LA YESCA, NAYARIT

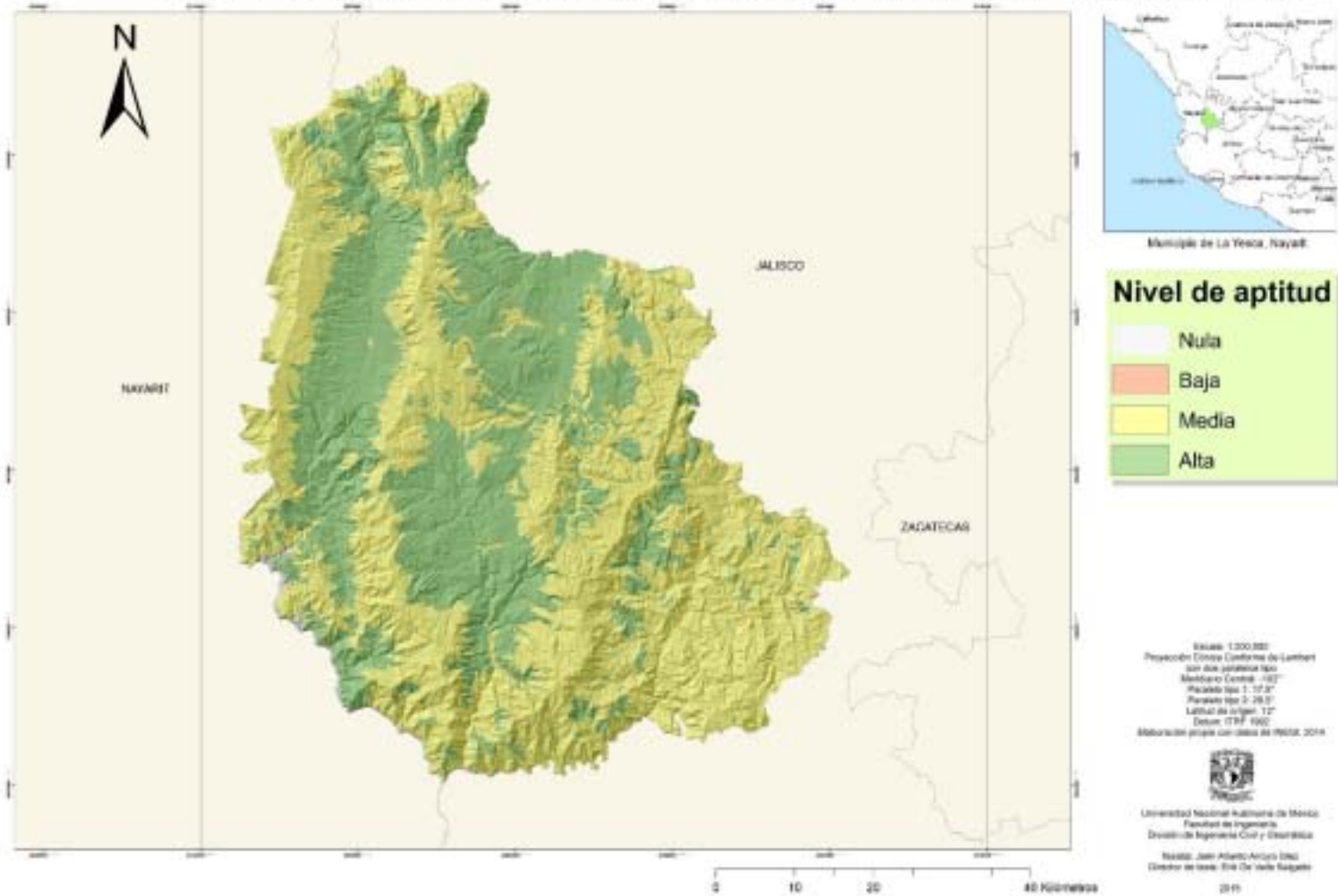


Fig. 9.13. Aptitud sector ganadero

Revisando a nivel de detalle el mapa de aptitud para el sector ganadero:

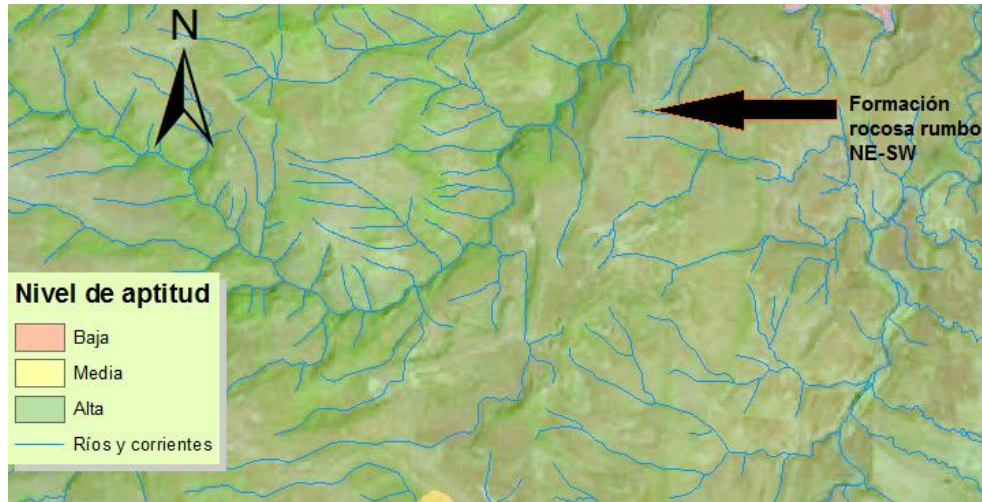


Fig. 9.14. Acercamiento a imagen LANDSAT y aptitud ganadera

A diferencia del sector agrícola, el sector ganadero tuvo como prioridad el factor de proximidad a red hidrográfica con un peso de 0.55, y en este ejercicio la topografía no se consideró como factor, por tal motivo, se puede apreciar como a pesar de tener pendientes pronunciadas, si el lugar presenta una alta densidad de corrientes de ríos, este presenta una aptitud alta para el desarrollo del sector ganadero.

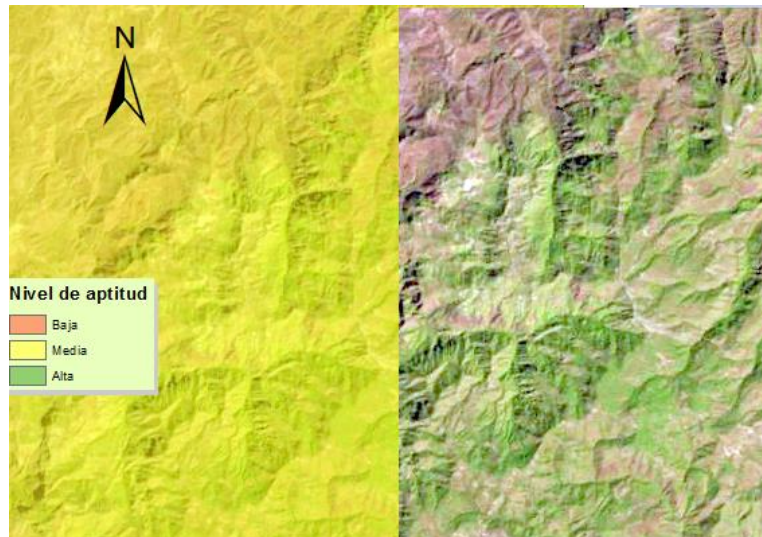


Fig. 9.15. Comparativo entre zona de aptitud media y color real en LANDSAT.

En la fig. 9.15. se puede apreciar un comparativo entre la zonas de aptitud media y la superficie en color real en LANDSAT, como se alcanza a ver se puede apreciar presencia ligera de vegetación, para lo cual tiene un valor de aptitud media con el fin de no afectar ecosistemas (bosques, selvas).



9.10. NIVEL DE APTITUD PARA EL DESARROLLO URBANO

MAPA DE NIVEL DE APTITUD PARA EL DESARROLLO URBANO. LA YESCA, NAYARIT

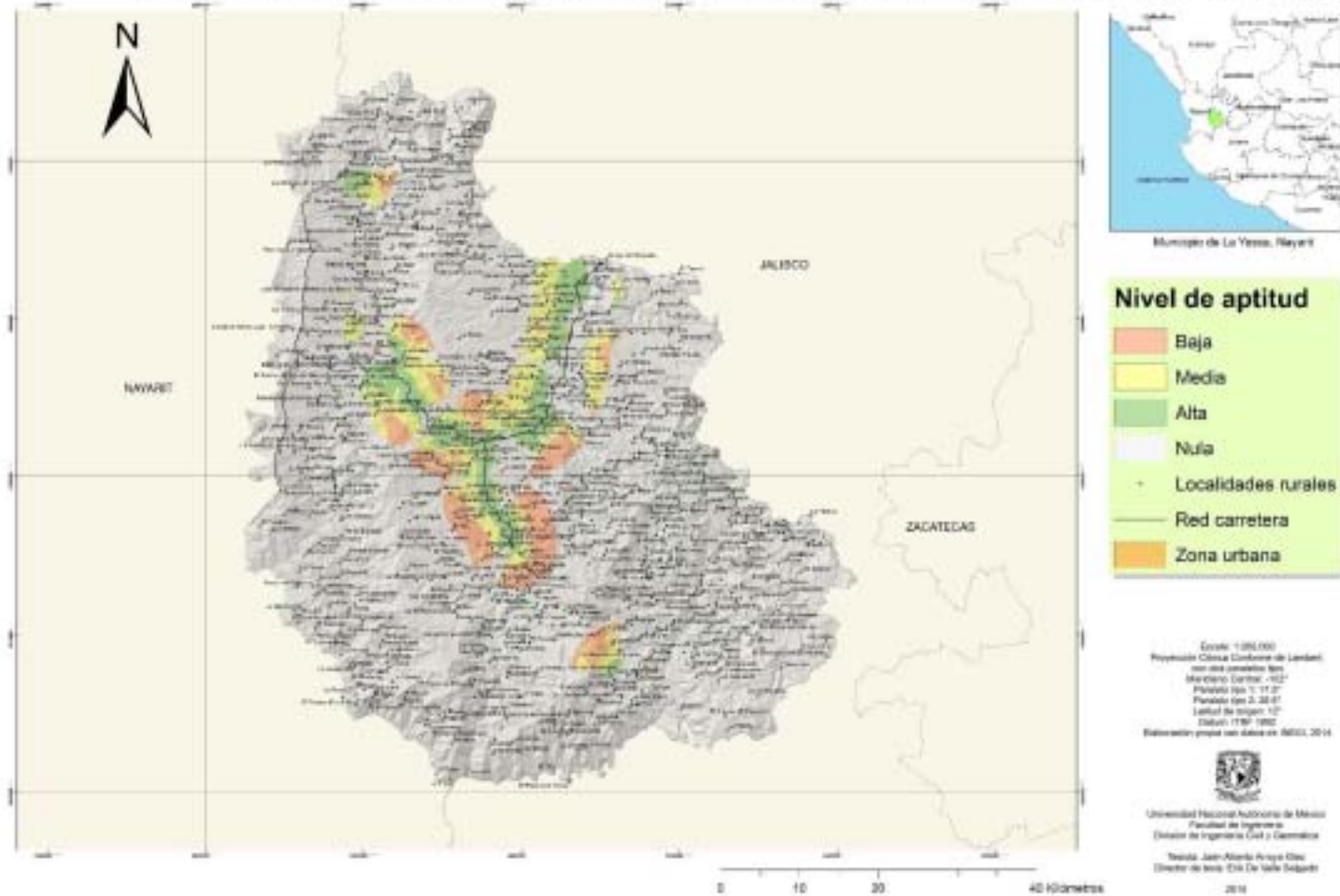


Fig. 9.16. Aptitud desarrollo urbano



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Para el caso del desarrollo urbano:

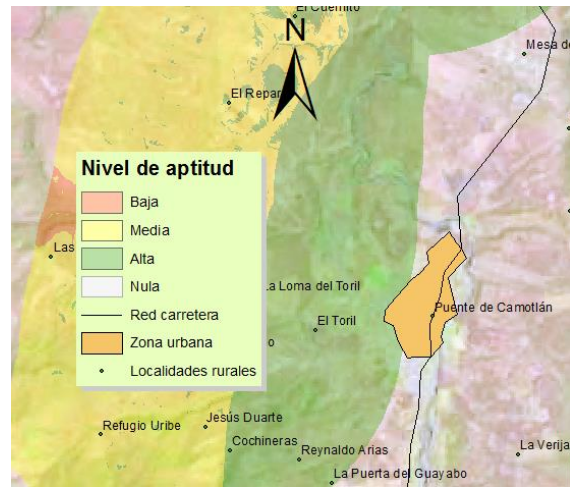


Fig. 9.17. Acercamiento a mancha urbana de la localidad Puente de Camotlán

Se puede observar como el nivel de aptitud alta, se ve influenciado por el peso prioritario (0.40) asignado a la cercanía a vías de comunicación (carreteras) y la proximidad a localidades urbanas ya establecidas, como el caso de Puente de Camotlán.

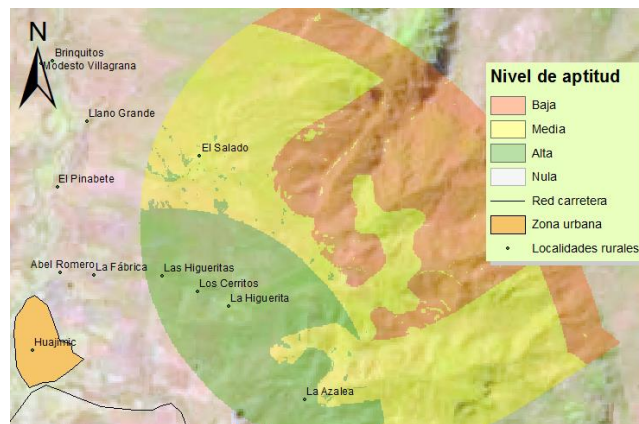


Fig. 9.18. Acercamiento a zonas aledañas a la mancha urbana de Huajimic

En el acercamiento de la fig. 9.18 se puede observar la calidad del proceso de análisis mostrando en la zona de aptitud de nivel bajo la escasa o nula presencia de asentamientos humanos. Esto se infiere que puede ser motivado por el hecho de la pronunciada pendiente que se muestra en la formación montañosa, factor el cual también fue considerado para este análisis con un peso de 0.10.



9.11. NIVEL DE APTITUD DE ÁREAS A CONSERVAR

MAPA DE NIVEL DE APTITUD PARA LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN. LA YESCA, NAYARIT

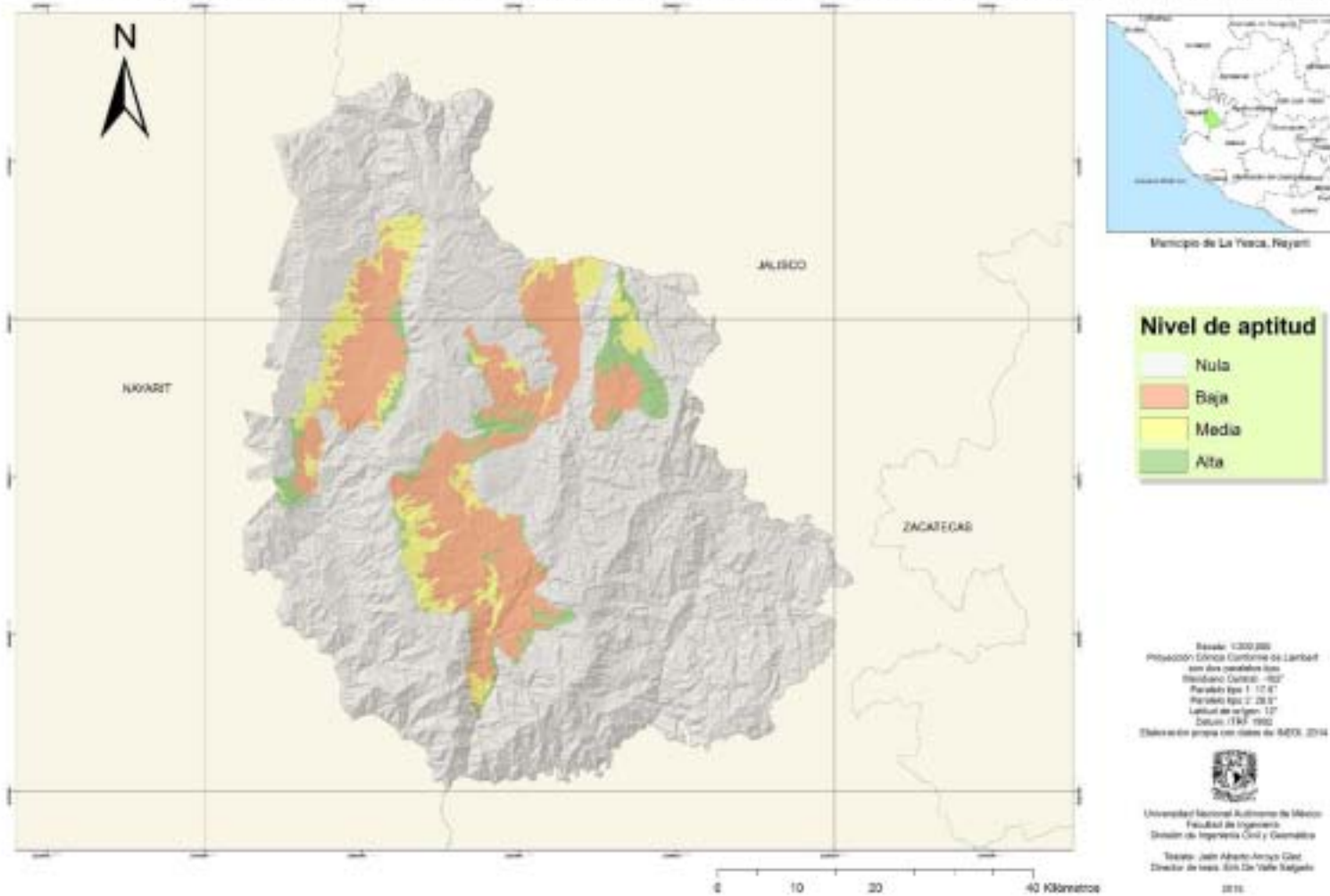


Fig. 9.19. Aptitud áreas a conservar

En el caso de las áreas de conservación, se tomó como prioridad zonas de selvas y bosques junto con la degradación de suelos:

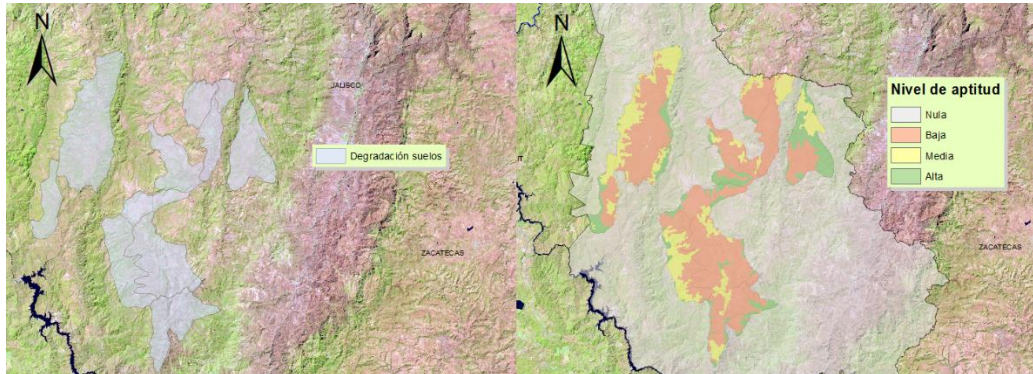


Fig. 9.20. Izq. Mapa de degradación de suelos. Der. Mapa de nivel de aptitud

Lo que se observa en la fig. 9.20. es la representación gráfica de la descripción de la **operación Sumatoria Lineal Ponderada**, como lo mencionan Gómez y Barredo, 2005, debido a que el método empleado es una combinación lineal, el resultado se adapta espacialmente a la forma que tengan cada uno de los elementos, en este caso el nivel de aptitud de áreas a conservar adquirió la forma del polígono de degradación de suelos.

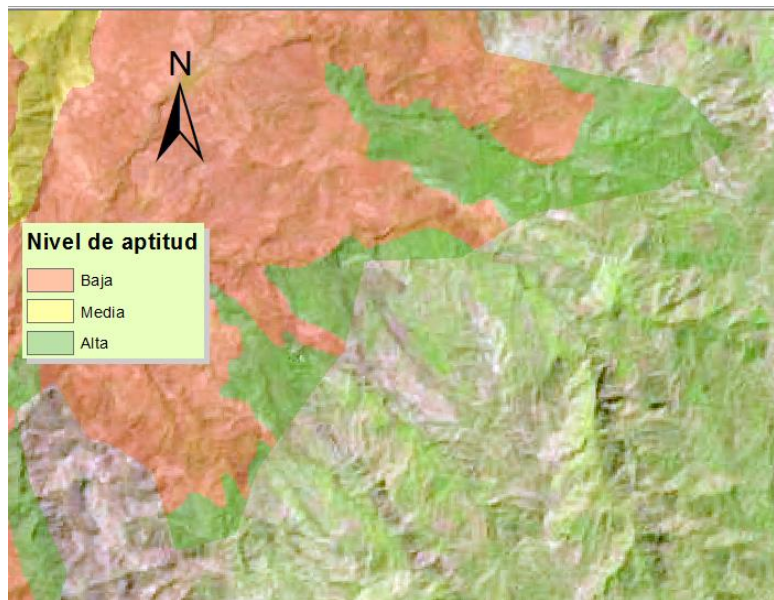


Fig. 9.21. Acercamiento a zonas de alta densidad de vegetación

Se puede observar, como el nivel de aptitud alta se apega a zonas de vegetación, intuyendo que se trata de bosques y selvas, en el caso de la aptitud baja se muestra en aquellas zonas donde hay un cambio de relieve (tipo plano), donde se infiere que ahí puede que se estén desarrollando actividades agrícolas o ganaderas.



9.12. CONFLICTOS SECTORIALES

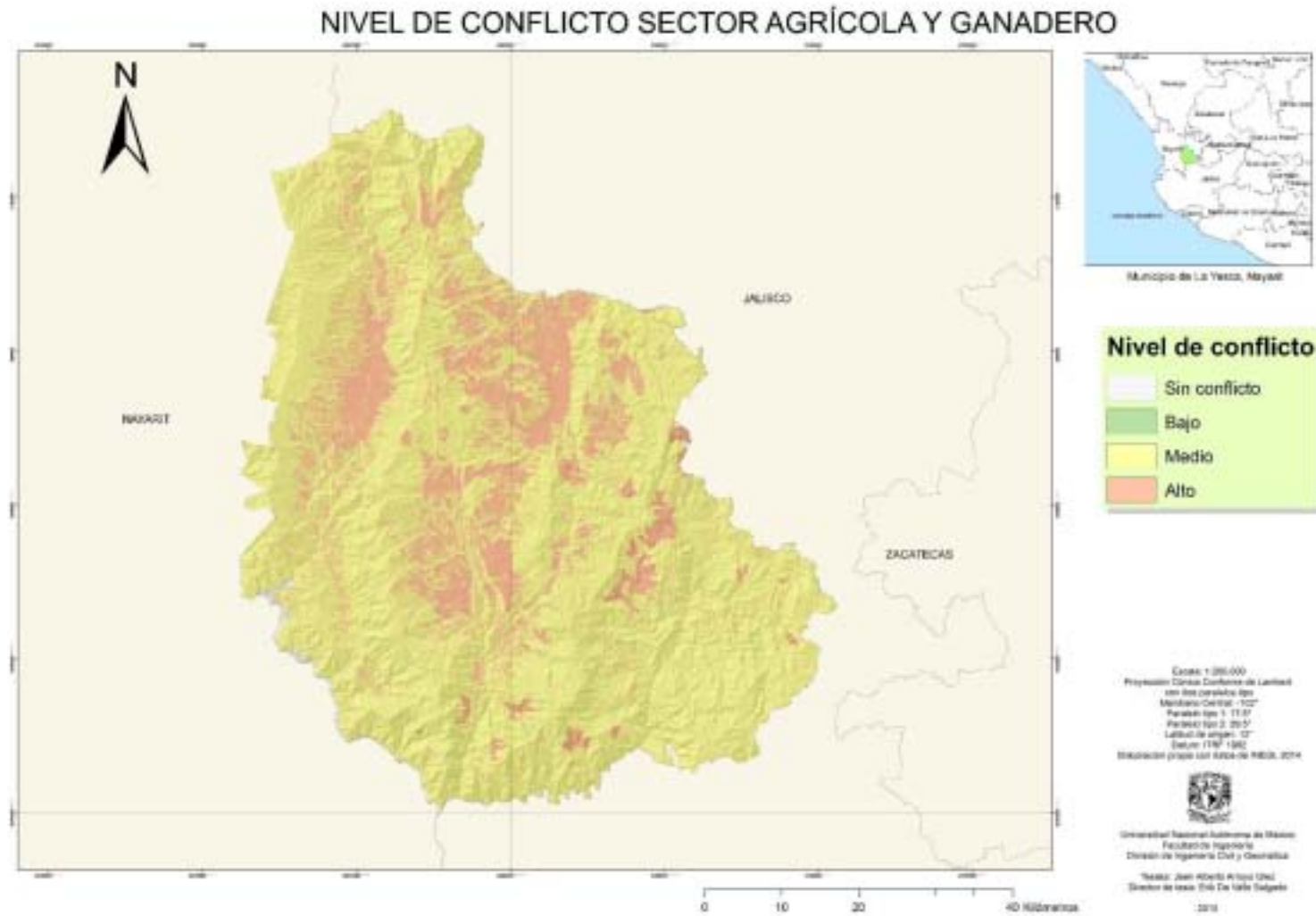


Fig. 9.22. Nivel de conflicto agricultura y ganadería



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Fig. 9.23. Nivel de conflicto agricultura y desarrollo urbano



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

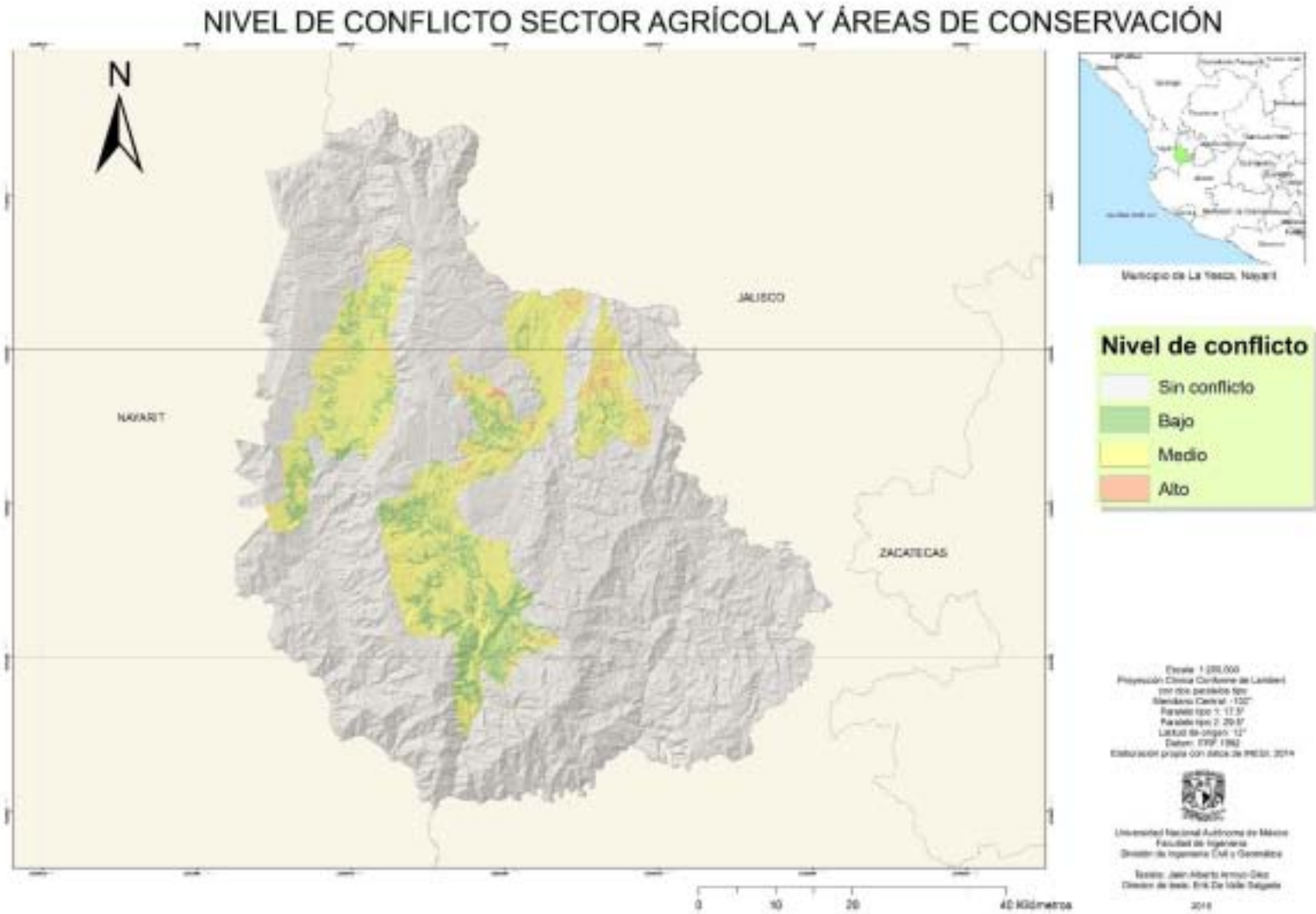


Fig. 9.24. Nivel de conflicto agricultura y áreas de conservación



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

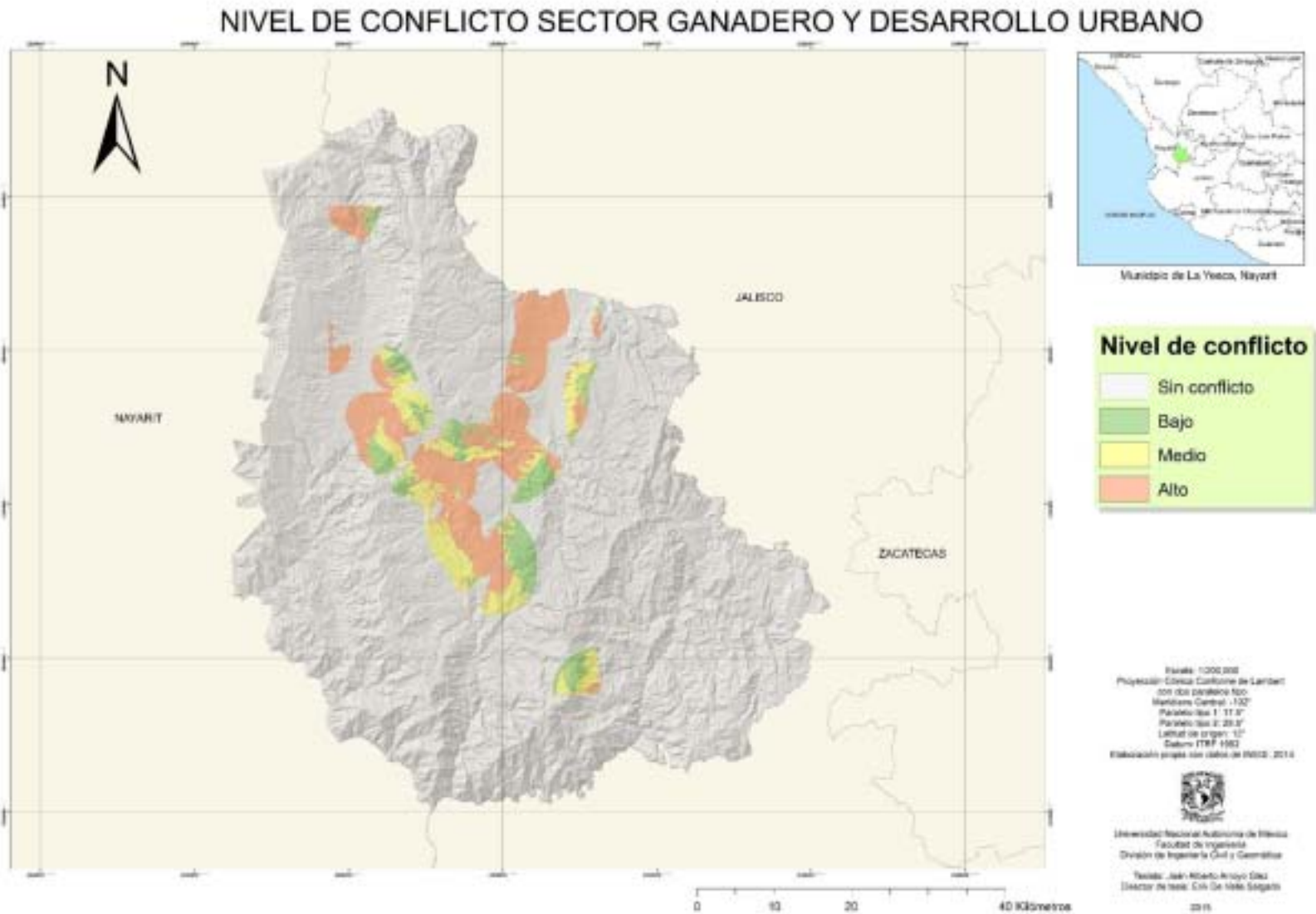


Fig. 9.25. Nivel de conflicto ganadería y desarrollo urbano



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

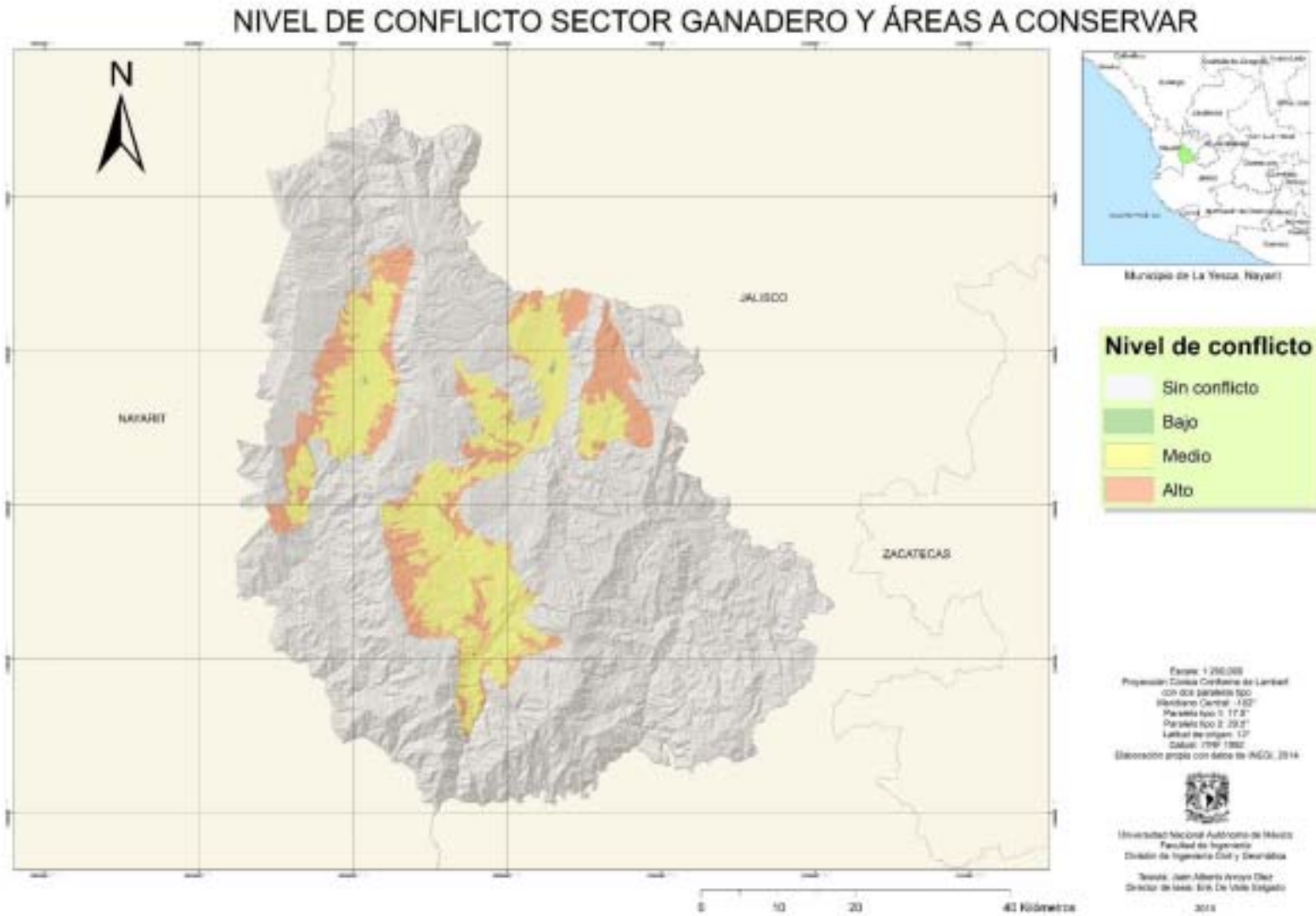


Fig. 9.26. Nivel de conflicto ganadería y áreas a conservar



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO

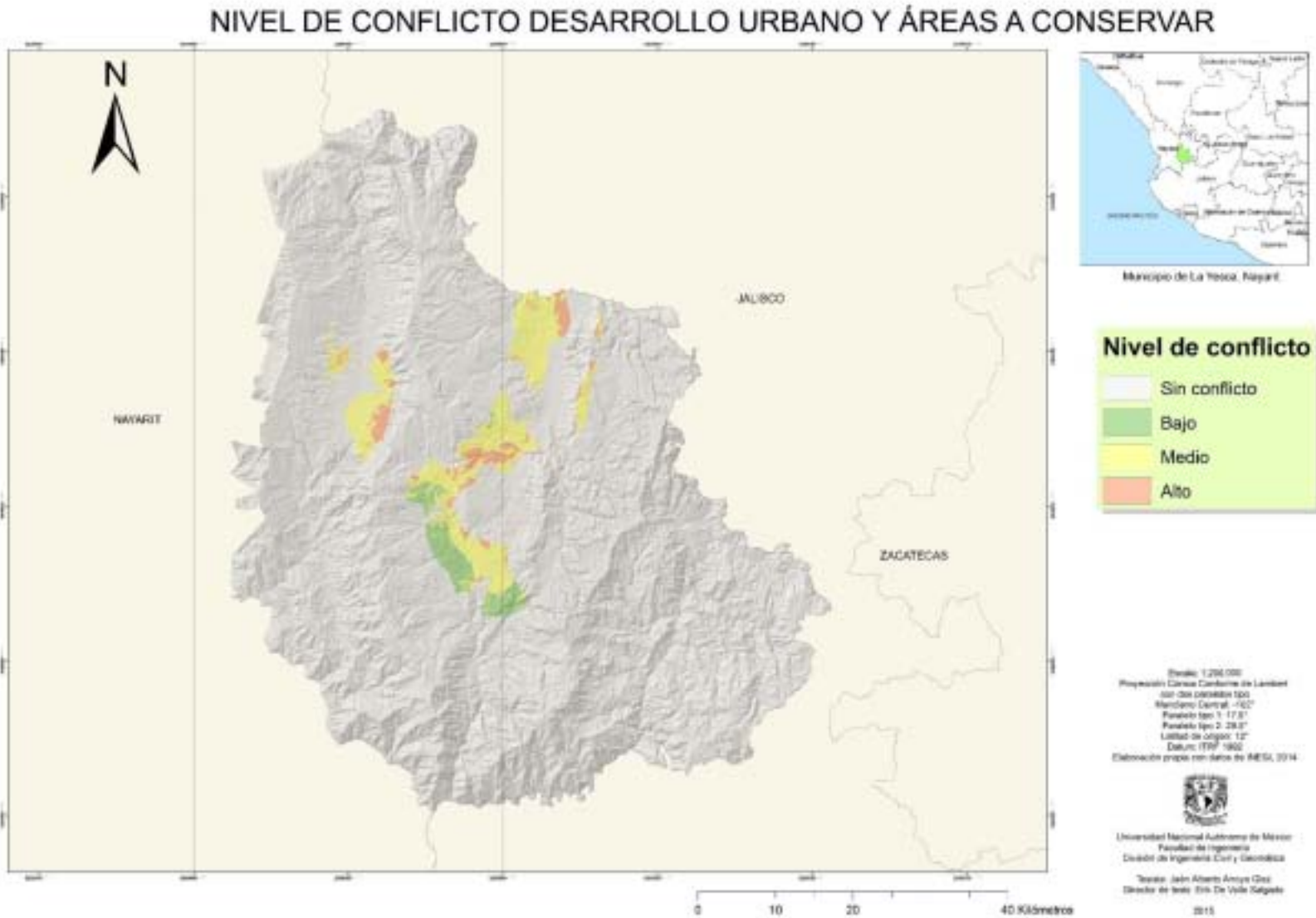


Fig. 9.27. Nivel de conflicto áreas a conservar y desarrollo urbano

9.13. ANÁLISIS DE CONFLICTOS

A partir de las capas resultado de conflictos sectoriales, se analizó la tabla de atributos por cada capa con el fin de determinar un nivel de conflicto entre sectores, esto a través del máximo conteo por valores.

| AGRICOLA_GANADERO | | |
|-------------------|-------|----------|
| OID | Value | Count |
| 0 | 4 | 215 |
| 1 | 6 | 14981994 |
| 2 | 9 | 3733092 |

Fig. 9.28. Tabla de atributos de mapa de conflicto: Agrícola y Ganadero

La fig. 9.28 muestra la tabla de atributos del nivel de conflicto, en este caso, el conflicto con nivel 6 (conflicto medio) tiene la mayor cantidad de pixeles, por lo que se deduce que en promedio el conflicto entre estos dos sectores es medio.

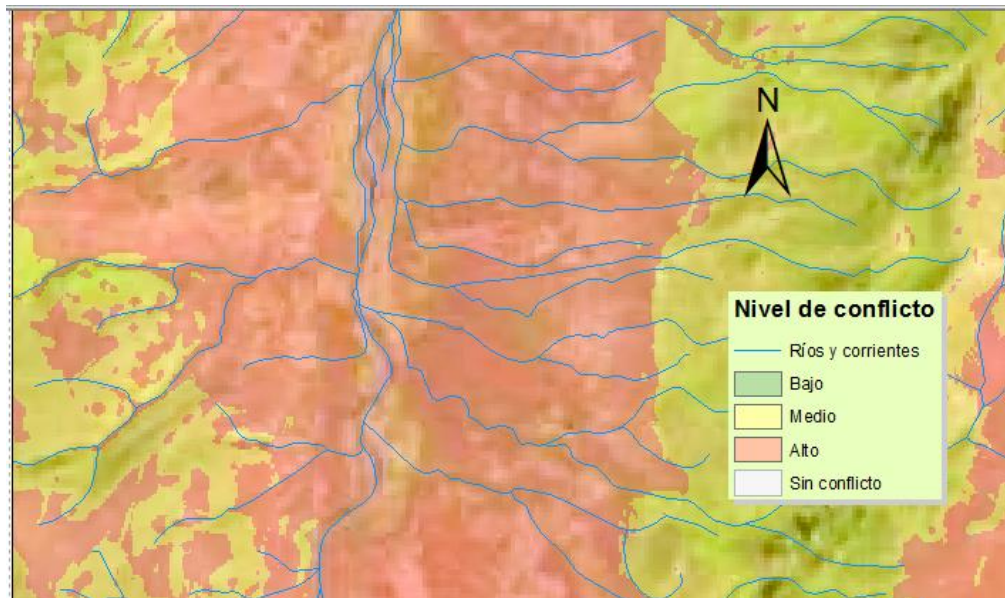


Fig. 9.29. Acercamiento al mapa de nivel de conflicto entre sector agrícola y ganadero con la capa de Ríos y Corrientes

Como se puede observar en la fig. 9.29, la zona de conflicto alto entre los sectores agrícola y ganadero se presenta principalmente donde se observa alta densidad de ríos y corrientes. Como se puede ver en las matrices de evaluación, el sector agrícola tiene un peso de 0.21 a la proximidad a ríos y corrientes, mientras que el sector ganadero tiene un peso de 0.55 a este criterio. Por lo que se deduce que el principal conflicto entre estos sectores se debe a tal criterio (Hidrografía).

| AGRICOLA_URBANO | | | |
|-----------------|-----|-------|---------|
| | OID | Value | Count |
| ▶ | 0 | 4 | 1348913 |
| | 1 | 6 | 1054414 |
| | 2 | 9 | 179479 |

Fig. 9.30. Tabla de atributos de mapa de conflicto: Agrícola y Desarrollo Urbano

Respecto al conflicto entre el sector agrícola y el desarrollo urbano, se puede observar en la fig. 9.30, que este es de tipo bajo tendiendo a nulo, ya que la mayoría de los pixeles se encuentran en el valor 4 e incluso, la calculadora espacial no arroja valores (tipo nulo) en los alrededores de asentamientos humanos y zonas urbanas.

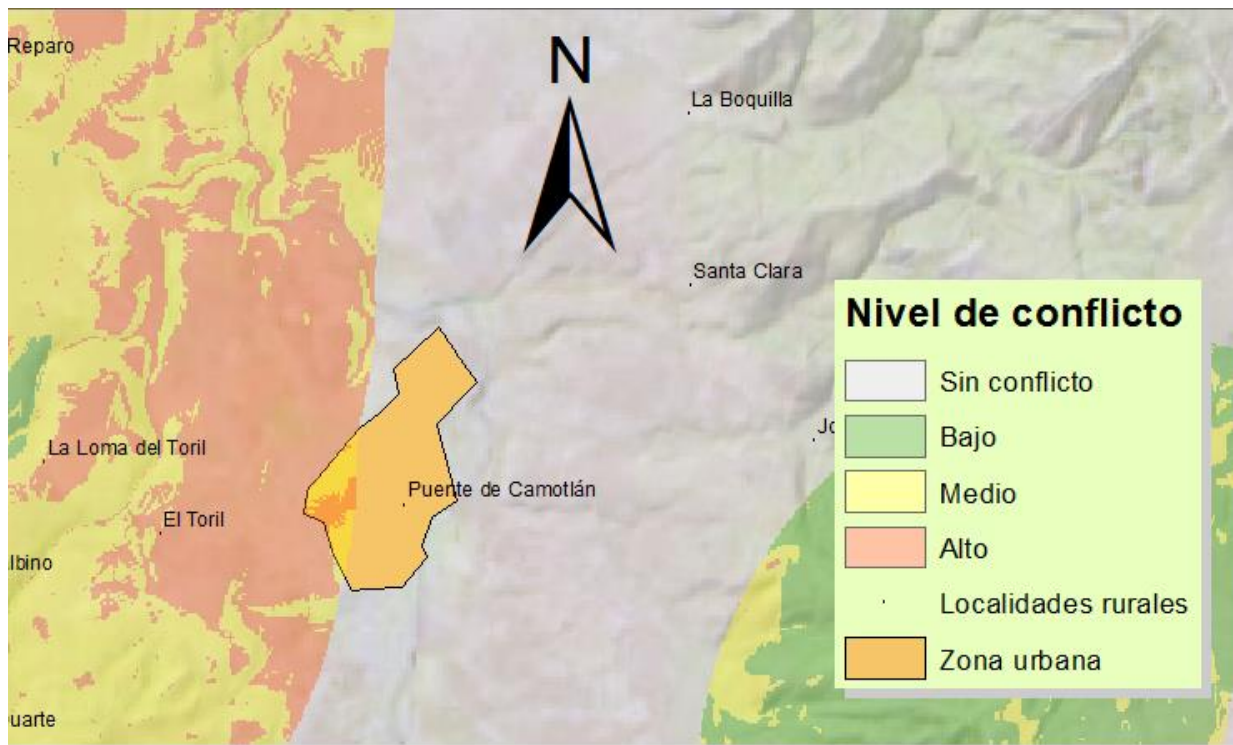


Fig. 9.31. Acercamiento a mapa de conflicto agrícola ganadero, con relieve de fondo

En la fig. 9.31 se puede observar como en zonas donde el relieve tiende a ser plano se llega a presentar conflicto entre sector agrícola y áreas destinadas a desarrollo urbano, esto porque este criterio es común en los dos sectores, 0.57 en agrícola y 0.10 en desarrollo urbano.

Un aspecto a considerar por el cual el nivel de conflicto entre estos sectores es bajo, es debido a que la proximidad a vías de comunicación tiene un peso asignado de 0.40 para la aptitud de desarrollo urbano, mientras que para la aptitud de sector agrícola no se consideró este factor como tal.

| AGRICOLA_CONSERVACION | | | |
|-----------------------|-----|-------|---------|
| | OID | Value | Count |
| ▶ | 0 | 4 | 1002349 |
| | 1 | 6 | 3059934 |
| | 2 | 9 | 146275 |

Fig. 9.32. Tabla de atributos de mapa de conflicto: Agrícola y Áreas destinadas a la conservación

Los resultados de análisis de conflictos entre el sector agrícola y de conservación, muestran que el nivel de conflicto es medio, este se deduce debido a que la capa de degradación que se empleó para la aptitud de áreas prioritarias a conservar, se adapta espacialmente a la capa de agricultura de uso de suelo y vegetación. Esto da como conclusión que la agricultura es uno de los principales factores de degradación de suelos.

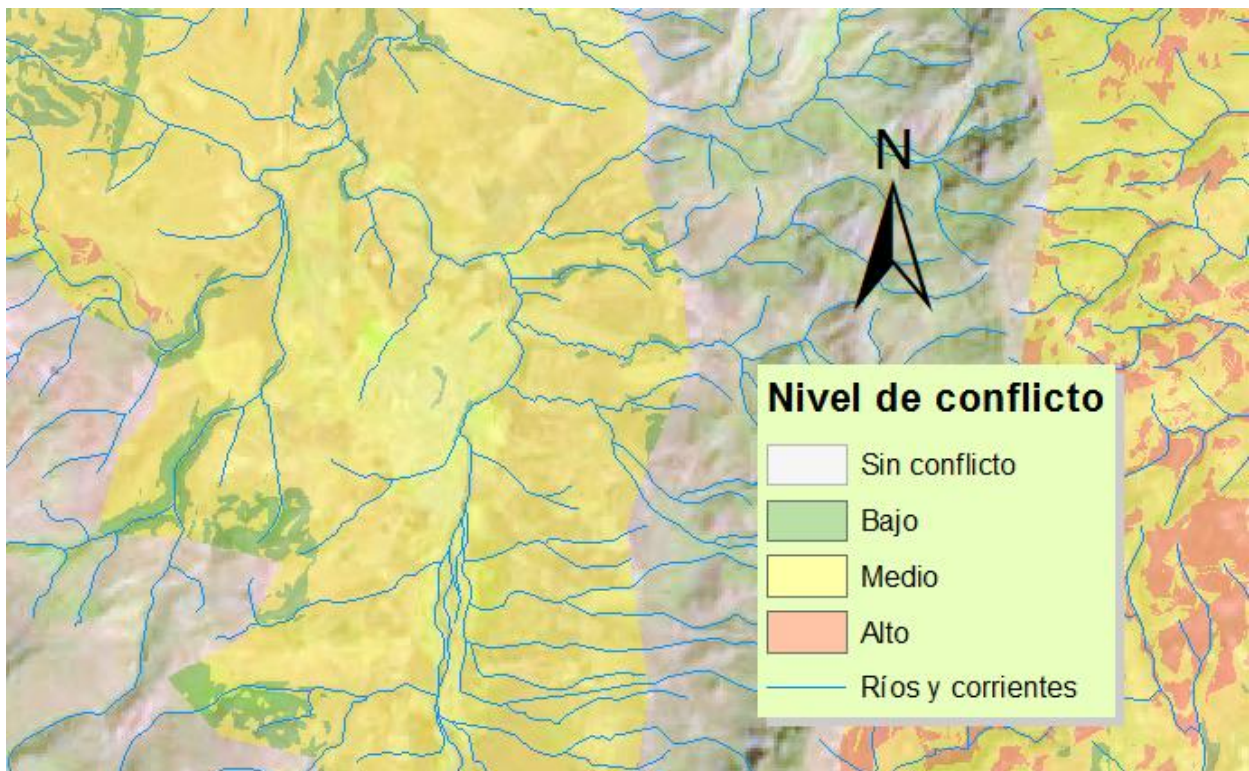


Fig. 9.33. Acercamiento a mapa de conflicto agrícola y de conservación, con imagen LANDSAT de fondo

Se puede observar en la fig. 9.33 que la zona que presenta conflicto medio es una zona de escasa vegetación (debido a la agricultura) y la cual por la capa de degradación de suelos es considerada como prioritaria para conservarse. En este sentido, la actividad agrícola debe considerar regularse por motivo de erosión o degradación de suelos.

| GANADERIA_URBANO | | | |
|------------------|-----|-------|---------|
| | OID | Value | Count |
| | 0 | 4 | 496190 |
| | 1 | 6 | 640070 |
| | 2 | 9 | 1446938 |

Fig. 9.34. Tabla de atributos de mapa de conflicto: Ganadería y Desarrollo Urbano

El mapa de conflicto de ganadería y desarrollo urbano muestra un escaso cruce espacial, sin embargo, en donde existen zonas de conflicto este llega a ser de tipo alto.

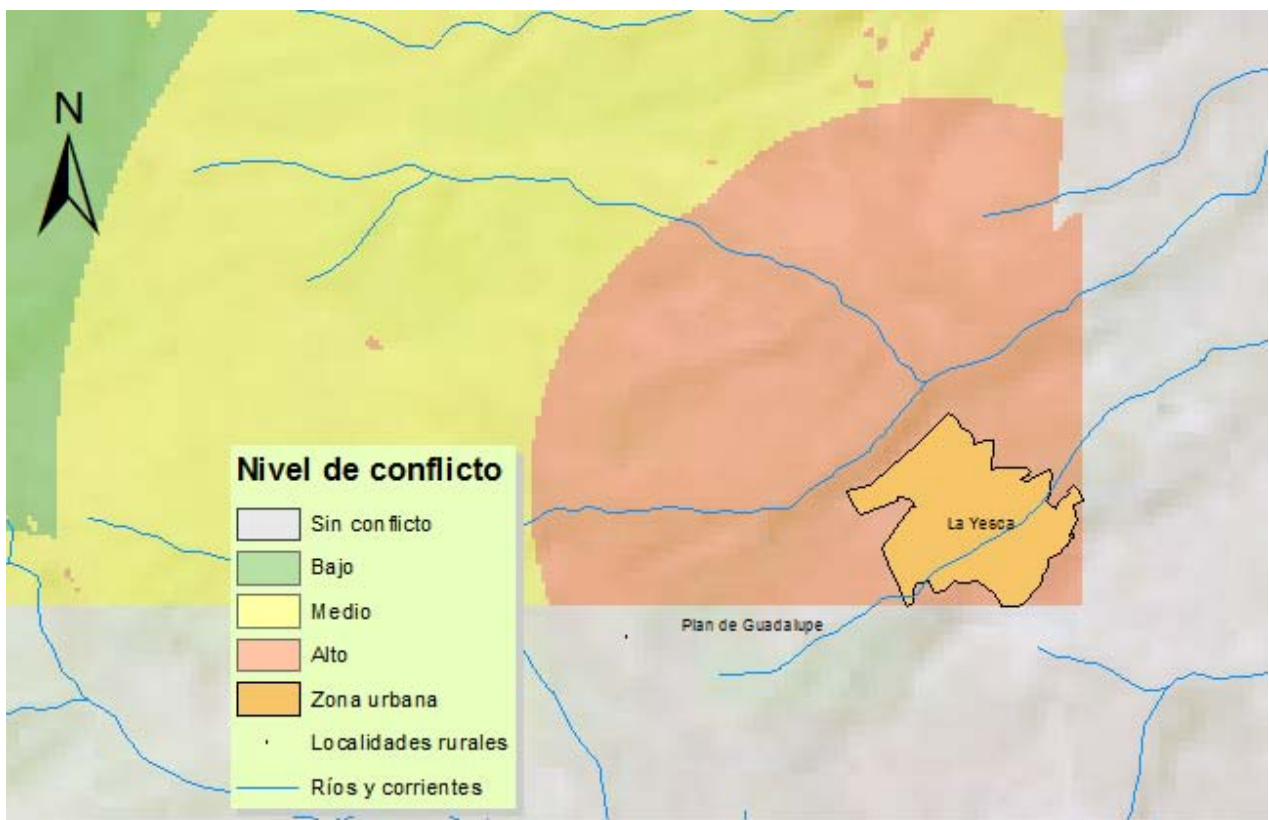


Fig. 9.35. Acercamiento a mapa de conflicto ganadería y desarrollo urbano.

Se confirma en la fig. 9.35 que espacialmente no existen muchas zonas de conflicto entre estos sectores, sin embargo, en localidades urbanas se deduce que el nivel de conflicto alto es a causa de la proximidad de los asentamientos humanos a ríos y corrientes. Para el análisis de aptitud de sector ganadero este criterio tiene un peso de 0.55, por tanto es considerado uno de los motivos principales para que presente zonas de conflicto alto en lugares aledaños a ciertos asentamientos humanos.

| GANADERIA_CONSERVACION | | |
|------------------------|-------|---------|
| OID | Value | Count |
| 0 | 4 | 7138 |
| 1 | 6 | 2709308 |
| 2 | 9 | 1535977 |

Fig. 9.36. Tabla de atributos de mapa de conflicto: Ganadería y áreas de conservación

Espacialmente no se tiene una alta densidad de zonas de conflicto, sin embargo en la intersección espacial, se tiene un conflicto de nivel medio, al igual que el caso del sector agrícola, el sector ganadero se presenta como uno de los principales factores de degradación de suelos.

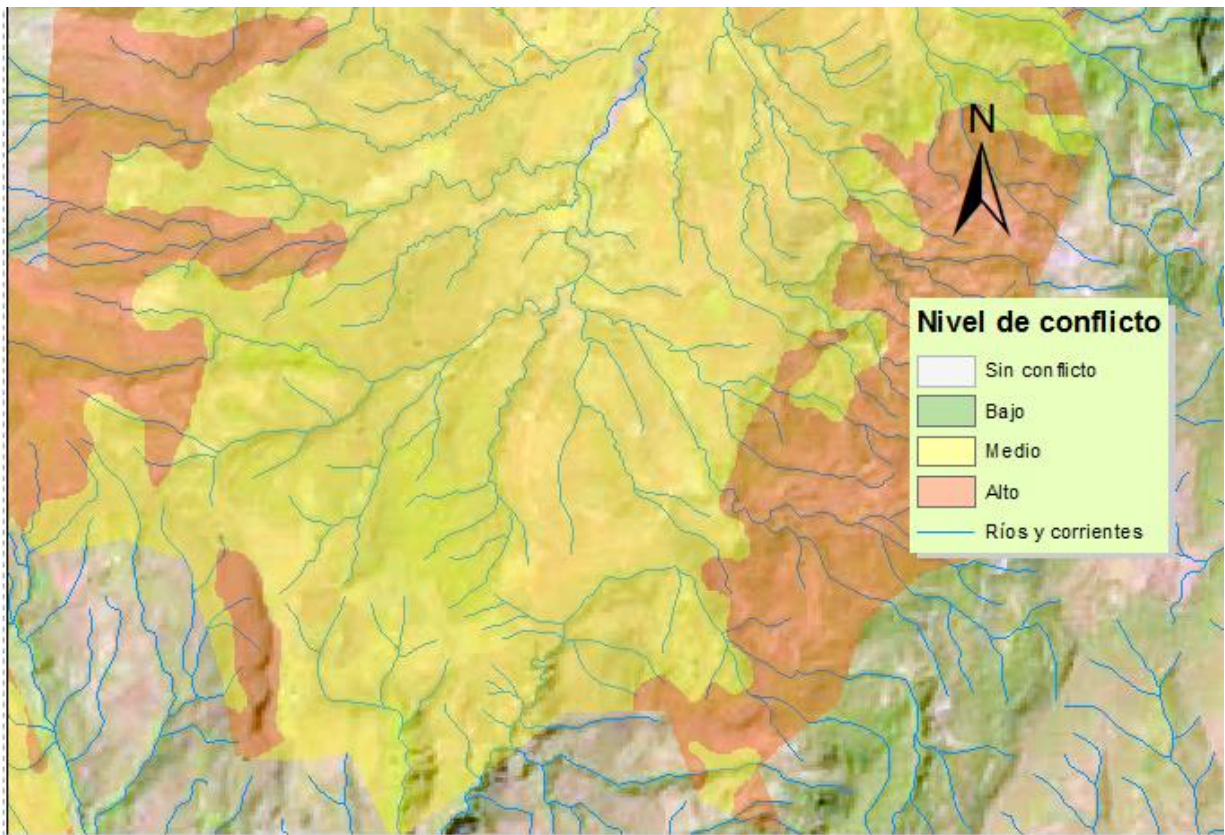


Fig. 9.37. Acercamiento a mapa de conflicto ganadería y conservación, con imagen LANDSAT de fondo.

Al igual que el sector agrícola, las zonas aptas para la ganadería muestran una escasez de vegetación, producto del sobrepastoreo en la zona, y causa de degradación de suelos, por tanto debido a que el factor de degradación es prioritario para las áreas de conservación, la intersección espacial estas dos aptitudes muestran un nivel de conflicto de medio a alto.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



| CONSERVACION_URBANO | | | |
|---------------------|-----|-------|--------|
| | OID | Value | Count |
| ▶ | 0 | 4 | 230821 |
| | 1 | 6 | 941607 |
| | 2 | 9 | 215119 |

Fig. 9.38. Tabla de atributos de mapa de conflicto: Áreas de conservación y desarrollo urbano

Analizando el mapa, la intersección espacial entre la aptitud de conservación y de desarrollo urbano muestra un nivel de conflicto de tipo medio.

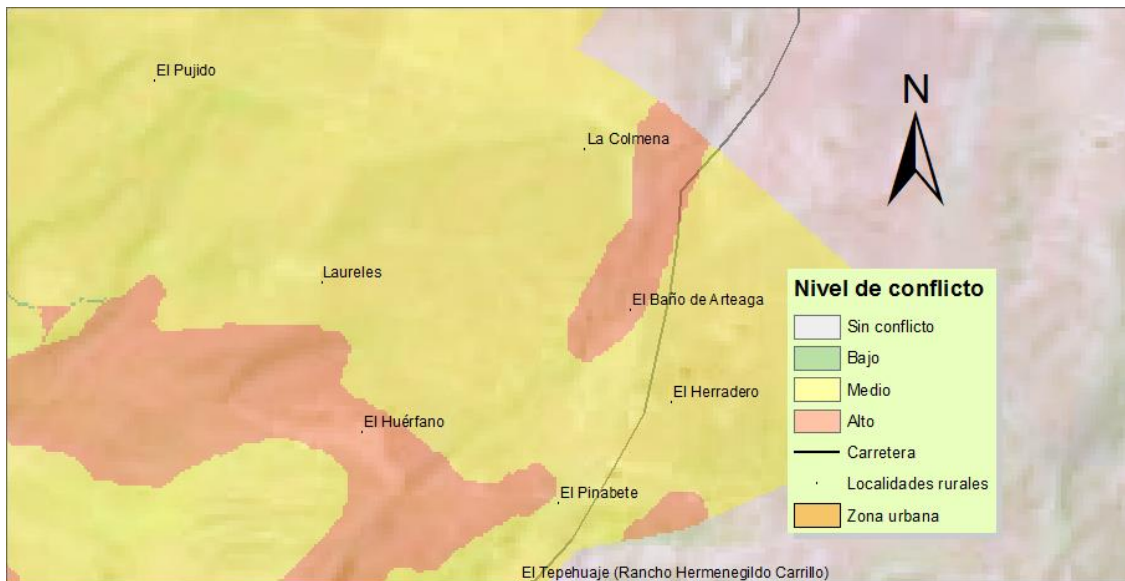


Fig. 9.39. Acercamiento a mapa de conflicto conservación y desarrollo urbano

La fig. 9.39 muestra que el nivel de conflicto medio y alto entre estos dos sectores, se presenta principalmente en zonas de localidades rurales. Esto es, debido a que en dichas zonas sus actividades principales están asociadas a la agricultura y ganadería, lo que anteriormente se dedujo como factores de erosión o degradación de suelos, y es su intersección espacial con desarrollo urbano, específicamente zonas que presentan proximidad a carreteras puntos de conflicto espacial.

Se creó una matriz de conflictos a partir de la tabla de atributos de cada capa donde se muestra el nivel de conflictos en la intersección espacial de sectores:

| | Agrícola | Ganadero | Desarrollo Urbano | Áreas de Conservación |
|-----------------------|----------|----------|-------------------|-----------------------|
| Agrícola | | Medio | Alto | Medio |
| Ganadero | | | Alto | Medio |
| Desarrollo Urbano | | | | Medio |
| Áreas de Conservación | | | | |

Tabla 9.1. Matriz de conflictos sectoriales



10. CONCLUSIONES

El análisis realizado con Sistemas de Información Geográfica y la metodología Evaluación Multicriterio aplicados a la etapa de caracterización y diagnóstico del estudio técnico del Ordenamiento Ecológico del Territorio, arroja resultados que permiten al tomador de decisiones plantear y desarrollar de manera concreta y representativa, datos del territorio de estudio tanto en su entorno geográfico como su entorno social.

Se puede observar, como los mapas de aptitud muestran resultados apegados al tipo de evaluación de factores y de asignación de pesos que se hace en la etapa de “Diagnóstico”. Estos resultados pueden variarse haciendo un ejercicio de cambio de prioridades en las matrices de evaluación.

Para el caso de los mapas de aptitud de desarrollo urbano y de áreas de conservación, se puede corroborar que la operación “Sumatoria Lineal Ponderada”, es efectivamente una combinación lineal ya que el resultado arrojado se adapta a los polígonos que fungieron como insumo en la calculadora ráster.

En lo que respecta al análisis de conflictos, se puede mostrar una vez más la linealidad de la calculadora ráster, al observar resultados que espacialmente se apegan a los polígonos de los cuáles se procesaron las estadísticas de promedio. Este análisis igualmente estaría sujeto a variaciones cuando se trate de modificar valores en los pesos de los criterios.

Es importante señalar que la representación temática de la información debe hacerse de modo que los resultados objetivo ocupen una posición prioritaria de visualización y que los insumos o datos que se procesaron puedan localizarse en el mapa pero con un nivel de transparencia de despliegue que no interfiera con el objetivo de representar resultados del análisis ejecutado.

Es necesario resaltar que el nivel de detalle de información, representado por la escala de los datos, está asociado a la calidad del análisis, con estudios in situ y con técnicas de percepción remota es posible alcanzar un nivel de escala mayor y así tener resultados más precisos para lo que se refiere a las etapas de caracterización y diagnóstico.

La importancia de los talleres sectoriales es tal, que permite al estudio técnico tener información consensada, y de esta manera generar análisis con participación multisectorial, el ordenamiento ecológico precisamente inicia con la discusión y los acuerdos. Ya que teniendo definida esa parte, lo que respecta al modelo de Evaluación Multicriterio se reduce a ingresar parámetros (pesos) conforme se haya establecido entre las diferentes representaciones sectoriales en los talleres.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta integral, no sólo se limitan a visualizar y representar información geográficamente referenciada, sino que queda demostrado que las herramientas de análisis espacial tienen amplia capacidad para auxiliarnos en el tratamiento de grandes cantidades de datos, generación de información inmediata, y sobretodo facilitar la comprensión del territorio por medio de interfaces diseñadas para usuarios que no sean tan afines a la programación computacional.

Respecto al análisis de conflictos, la metodología propuesta está basada en la aproximación de conjuntar datos espaciales (intersectados) y cuyo dominio espacial es del tipo continuo (ráster), sin embargo es posible implementar un análisis de conflictos basado en otros métodos de geoprocésamiento como la intersección espacial. El mejor procedimiento de análisis es aquel que determine el tomador de decisiones junto con los representantes sectoriales.

Queda demostrado que para el estudio técnico del Ordenamiento Ecológico del Territorio, la Geomática no es solo una ciencia auxiliar, sino que sus alcances permiten integrar trabajos de otros campos de conocimiento para procesarlos y representarlos de manera legible a cualquier individuo con participación en el desarrollo del ordenamiento.



BIBLIOGRAFÍA

DOF 2014. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
Diario Oficial de la Federación, 16 de enero del 2014.

Arriaga M.V., Córdova V.A., Alcantar L.G., Castro M.S., Díaz M.S., Rosete V.F.,
Gabriel M. J. y Aguilar H. J. 2006. Manual del Proceso de Ordenamiento Ecológico.
SEMARNAT /INE. México. 360 pp.

Malczewski, J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons.
New York

Berroterán, José L. 2001. Enfoque Metodológico de Ordenamiento Ecológico.
Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Zoología
Tropical. Venezuela

Aguirre Gómez Raúl, Alcántara A. I., Contreras Servín C., Parrot Jean Françoise,
Ochoa Tejeda V., Maass Sergio F. 2009. Conceptos de Geomática y estudios de
caso en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía.
México D.F. pp 165-241.

Palacio-Prieto J.L., G. Bocco, A. Velázquez, J.F. Mas, F. Takakai Takaki, A. Victoria,
L. Luna González, G. Gómez Rodríguez, J. López García, M. Palma Muñoz, Irma
Trejo Vázquez, A. Peralta Higuera, J. Prado Molina, A. Rodríguez Aguilar, R.
Mayorga Saucedo y F. González Medrano. 2000. La condición actual de los
recursos forestales en México: Resultados del Inventario Forestal Nacional 2000.
Investigaciones Geográficas, Boletín núm. 43, Instituto de Geografía, UNAM,
México, pp. 183-203 (nota técnica).

Saunders, D.A., R. J. Hobbs and C.R. Margules. 1991. Biological consequences of
ecosystem fragmentation: a review. Conservation Biology no. 5, pp. 118-132.

SEMARNAT. 2005. Informe de la situación del medio ambiente. Compendio de
estadísticas ambientales.

Toledo, V.M., P. Alarcón y L. Barón. 2002. Revisar lo rural: un enfoque
socioecológico. Gaceta Ecológica, núm. 62, Instituto Nacional de Ecología, México
pp. 7-20.

Vázquez, A., J. F. Mas, J.R. Díaz Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara,
R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y
tasas de cambio de uso de suelo e México. Gaceta Ecológica, núm 62. INE –
SEMARNAT, pp. 21-38.



ALCANCES DE LA GEOMÁTICA Y LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO



Massiris A. 2001. Cualidades y desafíos de las políticas latinoamericanas de OT. UAEM. Coloquio Geográfico sobre América Latina, 27 y 29 de junio de 2001, Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México, Estado de México, México.

SEMARNAT. 2009. Guía de ordenamiento ecológico del territorio para autoridades municipales. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.

Tricart, J. y Kilian (1962). La ecogeografía y la ordenación del medio natural. Anagrama, Barcelona, España.

Sandra Luz Romero Ríos (2012). Periódico Oficial Órgano del Gobierno del Estado de Nayarit. Tepic, Nayarit; 28 de Enero de 2012. Tomo CXC. Número 11. Tiraje 080

Ayuntamiento de La Yesca (2005). Plan de desarrollo Municipal de La Yesca, Nayarit. Administración 2005-2008. Gobierno Municipal de La Yesca. La Yesca, Nayarit.

Gómez Delgado, Barredo Cano (2005). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio, 2da. Edición. Editorial Ra-Ma. Madrid, España.

ESRI.2013. Introducción a la GEODATABASE en ArcGIS. <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//000500000000r0000000>

INEGI. 2012. Obtención de coordenadas con GPS en ITRF y su relación con WGS84 y NAD27.