

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD DURANGO**

**DIAGNÓSTICO DE LA APTITUD DEL SUELO EN EL
ESTADO DE DURANGO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

P R E S E N T A :

JOSÉ GALVÁN RIVAS

DIRECTOR: DR. MARCO A. MÁRQUEZ LINARES



Durango, Dgo. a 07 de diciembre de 2007



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Durango, Dgo., el día 7 del mes de Diciembre del año 2007, el que suscribe JOSÉ GALVÁN RIVAS alumno del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL con número de registro A050643, adscrito a CIIDIR-IPN UNIDAD DURANGO, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección deL DR. MARCO A. MÁRQUEZ LINARES y cede los derechos del trabajo intitulado DIAGNÓSTICO DE LA APTITUD DEL SUELO EN EL ESTADO DE DURANGO, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección jgalvanr@msn.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

JOSÉ GALVÁN RIVAS



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

México, D.F. a 7 de Diciembre del 2007

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN U. DGO. en su sesión ordinaria No. 12 celebrada el día 4 del mes de Diciembre conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

GALVAN **RIVAS** **JOSÉ**
Apellido paterno materno nombre

Con registro:

A	0	5	0	6	4	3
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de: **MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:
DIAGNÓSTICO DE LA APTITUD DEL SUELO EN EL ESTADO DE DURANGO

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:
Determinar las áreas que son aptas para el aprovechamiento sustentable de los usos del suelo en el Estado de Durango, con el uso de técnicas de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica

2.- Se designa como Director de Tesis al C. Profesor:
Dr. Marco A. Márquez Linares

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:
CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

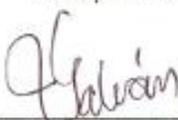
4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

El Director de Tesis



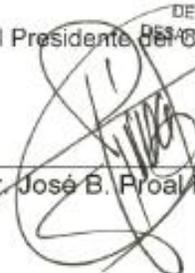
Dr. Marco A. Márquez Linares

El Aspirante



José Galván Rivas

El Presidente del Colegio

Dr. José B. Proal Najera



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 12 horas del día 7 del mes de Diciembre del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN Unidad Durango

para examinar la tesis de titulada:

DIAGNÓSTICO DE LA APTITUD DEL SUELO EN EL ESTADO DE DURANGO

Presentada por el alumno:

GALVÁN <small>Apellido paterno</small>	RIVAS <small>materno</small>	JOSÉ <small>nombre(s)</small>							
		Con registro: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">A</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">0</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">5</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">0</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">6</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">4</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">3</td> </tr> </table>	A	0	5	0	6	4	3
A	0	5	0	6	4	3			

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

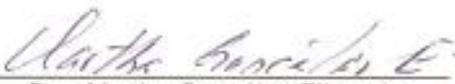
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis



Dr. Marco A. Márquez Linares



Dra. Martha González Elizondo



Dr. José de Jesús Navar Cháidez

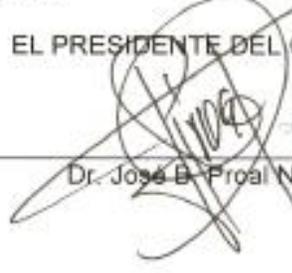


Dr. Isaías Chairez Hernández



M. en C. Jesús Herrera Corral

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO



Dr. José B. Proal Najera



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD DURANGO
I.P.N.

La presente tesis titulada **DIAGNÓSTICO DE LA APTITUD DEL SUELO DEL ESTADO DE DURANGO**, fue realizada por **José Galván Rivas**, bajo la dirección del **Dr. Marco Antonio Márquez Linares**, en el Centro Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional. Fue financiada parcialmente con recursos obtenidos por el **CIIDIR-Dgo** para la elaboración del Ordenamiento Ecológico para el estado de Durango, mediante el contrato celebrado con la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno del estado de Durango, No PDIA/D.MAMB 001/06.

DEDICATORIA

A mi esposa Belem

Quien con su apoyo invaluable e incondicional me ayudó a salir adelante
en esta tarea

A mis hijas Belem Alejandra y Rosa Sofía,

Que son la alegría y la luz en mi vida

A mis Padres y Hermanos

Quienes han sido parte importante en mi formación profesional

Gracias

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), que me apoyó económicamente para la realización de mis estudios de posgrado y me brindó todas las facilidades para sacar adelante el presente estudio.

Al CIIDIR-IPN Unidad Durango por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Posgrado.

A los integrantes del Comité de Tesis, quienes con sus atinados comentarios y aportes me apoyaron para enriquecer el presente documento.

De manera especial al Dr. Marco A. Márquez Linares, quien a pesar de sus múltiples ocupaciones, con su asesoría y experiencia, me dirigió y me apoyo en todo momento para el desarrollo de este trabajo.

A todos los maestros e investigadores del CIIDIR-IPN Unidad Durango, por compartirme su experiencia y sus conocimientos.

A todos mis compañeros de la primera generación de la maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, quienes en momentos difíciles de mi estancia en el posgrado me empujaron para continuar e hicieron más agradable mi estancia en el Centro.

Al Ing. José de Jesús Valdez por su apoyo para la edición de la cartografía.

RESUMEN

Se realizó un diagnóstico de la aptitud del suelo en el estado de Durango con el objetivo principal de generar un mapa de uso potencial del suelo y determinar los posibles conflictos ambientales intersectoriales y con el uso de suelo actual. Se partió de los mapas de aptitud generados por el Ordenamiento Ecológico del estado de Durango para cinco sectores: agricultura de riego, agricultura de temporal, ganadería extensiva, forestal maderable y forestal no maderable. La metodología utilizada se basó en técnicas estadísticas multivariadas de análisis de componentes principales y el método de ganancia de homogeneidad; lo anterior, para generar grupos de aptitud sectorial con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica. Se realizaron 13 procedimientos que generaron 14 grupos de aptitud con los que se generó el mapa de uso potencial del suelo, el cual muestra las áreas que son aptas para los sectores mencionados, así como los niveles de aptitud que cada una de estas tienen dentro de los grupos generados. Se delimita además, la superficie que esta sujeta o propensa a conflictos ambientales entre los sectores. Con base en el mapa de uso potencial, se hacen recomendaciones de uso de suelo para el estado de Durango; dicho mapa establece un patrón óptimo de ocupación entre los cinco sectores analizados y las combinaciones compatibles de éstos.

Palabras clave: aptitud del suelo, conflictos ambientales, sistemas de información geográfica, Durango.

ABSTRACT

A diagnosis on soil aptitude was done for Durango State, Mexico, in which the main objective was to generate a map of soil potential use and to determine the possible intersectorial environmental conflicts, with the actual soil use. The basis was the aptitude maps generated by the Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango, for five sectors: irrigated agriculture, non-irrigated agriculture, extensive livestock, timber forest and non-timber forest. The methodology used was based on multivariate statistical techniques of principal component analysis and the method of homogeneity profit. The preceding was applied to generate groups of sector aptitude with the use of Geographic Information Systems. Thirteen procedures were done to delimit 14 aptitude groups with which was generated the map for soil potential use, that shows the areas that have aptitude for the mentioned sectors, just as the aptitude levels that each one of these has within the generated groups. Furthermore, it delimits the surface subject or disposed to environmental conflicts between the sectors. Based in the soil use potential map, there are presented recommendations of soil use for Durango State; the map establishes an optimal pattern of occupation between the five analyzed sectors and the compatible combinations of these.

Key words: soil aptitude, environmental conflicts, geographic information systems, multivariate statistics, optimal occupation pattern.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	3
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
II. ANTECEDENTES	5
2.1. Ordenamiento Ecológico del Territorio	5
2.1.1. Modalidades de los Ordenamientos Ecológicos	5
2.1.2. Etapas de un Ordenamiento Ecológico	6
2.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	8
2.3. Aptitud del Uso del Suelo	9
2.3.1. Definiciones	9
2.3.2. Métodos para determinar la aptitud del suelo	10
2.4.3. Aplicaciones	14
2.4. Fase de Diagnóstico del Ordenamiento Ecológico del estado de Durango	15
2.4.1. Aptitud para Agricultura de Temporal	15
2.4.2. Aptitud para Agricultura de Riego	18
2.4.3. Aptitud para ganadería extensiva	20
2.4.4. Aptitud para uso forestal maderable.	23
2.4.5. Aptitud para uso forestal no maderable.	25
III. MATERIALES Y METODOS	26
3.1. Área de Estudio	26
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	26
3.1.2. Topografía.....	27
3.1.3. Fisiografía.....	27
3.1.4. Clima	27
3.1.5. Hidrología	28
3.1.6. Edafología	28
3.1.6. Vegetación	28
3.2. Fuentes de Información	29
3.3. Método	30
3.3.1. Generación de Grupos de Aptitud mediante el Análisis de Componentes Principales.....	30
3.3.2. División del mapa del primer componente principal	31
3.4. Conflictos Ambientales	36

3.4.1. Residuales de Gower	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1. Generación de Grupos de Aptitud	38
4.2. Descripción de los Grupos de Aptitud	48
4.3. Definición del uso de suelo potencial.....	54
4.4. Determinación de los conflictos ambientales	60
4.4.1. Conflictos intersectoriales	60
4.4.2. Análisis del uso potencial y del uso actual del suelo.....	61
4.5. Comparación del mapa de aptitud generado con el modelo de uso de suelo del Ordenamiento Ecológico del estado de Durango.	65
4.6. Consideraciones Finales	68
V. CONCLUSIONES.....	70
VI. RECOMENDACIONES.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de Técnicas de Evaluación Multicriterio.	13
Figura 2. Mapa de aptitud del suelo para agricultura de temporal	18
Figura 3. Mapa de aptitud del suelo para agricultura de riego.....	20
Figura 4. Mapa de aptitud del suelo para ganadería extensiva.	22
Figura 5. Mapa de aptitud del suelo para uso forestal maderable.....	24
Figura 6. Mapa de aptitud del suelo para aprovechamiento de recursos forestales no maderables.	25
Figura 7. Ubicación del área de Estudio.....	26
Figura 8. Procedimiento para realizar la división en dos grupos de aptitud.....	34
Figura 9. Procedimiento utilizado para la obtención de los grupos de aptitud.	35
Figura 10. Histograma de la frecuencia de pixeles del primer componente en el primer análisis.....	40
Figura 11. Histogramas de frecuencia para los procedimientos realizados.....	48
Figura 12. Mapa con los 14 grupos de aptitud generados.....	54
Figura 13. Residuales de Gower de los grupos 1 al 4.....	56
Figura 14. Residuales de Gower de los grupos 5 al 8.....	57
Figura 15. Residuales de Gower de los grupos 9 al 11.....	57
Figura 16. Residuales de Gower de los grupos 12 al 14	58
Figura 17. Mapa de aptitud del suelo para el estado de Durango.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Resultados del ACP aplicado a los cinco mapas de aptitud originales..	38
Cuadro 2. Frecuencia de pixeles del primer componente reescalado a 20 categorías en el primer análisis.....	39
Cuadro 3. Cálculo de la ganancia de homogeneidad para el primer análisis.....	41
Cuadro 4. Frecuencia de pixeles por categoría para cada uno de los mapas del primer componente extraído y reescalado en cada uno de los procedimientos realizados.....	42
Cuadro 5. Aptitud promedio por sector y por grupo.....	49
Cuadro 6. Residuales de Gower para los grupos generados.....	56
Cuadro 7. Aptitud de los grupos de acuerdo al valor promedio de aptitud y al residual de Gower.....	58
Cuadro 8. Superficie de cada uno de los 14 grupos de aptitud ocupada por los diferentes tipos de uso y cobertura actual.	64
Cuadro 9. Comparación del modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Durango con el mapa generado.....	67

I. INTRODUCCIÓN

México es un país que enfrenta retos importantes en materia ambiental. De acuerdo a los indicadores ambientales recientemente dados a conocer por SEMARNAT, cerca del 50% de la superficie del país presenta algún problema de degradación edáfica: desde la degradación química y física, hasta áreas con fuertes problemas de erosión tanto hídrica como eólica en diferentes grados de avance (SEMARNAT, 2005).

Esta problemática es causada principalmente por prácticas inadecuadas en la agricultura y por el sobrepastoreo, que en conjunto generan el 80% de la degradación de la superficie del país. Otra de las causas de la degradación, es la deforestación que contribuye con el 15% de la superficie degradada, y en menor medida, los cambios de uso de suelo para fines urbanos e industriales (SEMARNAT 2005). Como consecuencia de lo anterior, en el período de 1993 a 2002 en México se perdieron 3,594 km² de bosques de clima templado por concepto de cambio de uso de suelo que representa una tasa anual de deforestación de 0.12 para este tipo de vegetación (SEMARNAT, 2003).

El estado de Durango no está aislado de esta situación, de acuerdo a datos calculados por la Dirección de Geomática de la Dirección General de Estadística e Información Ambiental, a partir de información cartográfica del estudio de degradación de suelos de la SEMARNAT, en Durango existen 5,671,442 ha con problemas de sobrepastoreo lo que representa el 47% de la superficie total estatal (SEMARNAT, 2005), esto significa que la ganadería está contribuyendo en términos importantes a la degradación ambiental.

En cuanto a la producción forestal, aunque ésta se ha mantenido en los últimos 15 años en alrededor de dos millones de m³ de madera en rollo, existe la incertidumbre de que comience a disminuir debido principalmente a la declinación

en la productividad de las masas forestales, la disminución en la superficie comercial y a la sobreexplotación ocasionada por el mal manejo técnico.

Como respuesta a los problemas anteriores, en México se ha implementado el Ordenamiento Ecológico como uno de los instrumentos de la Legislación Ambiental que se orienta a la administración y uso racional de los recursos naturales. Este instrumento ha adquirido mayor importancia en los últimos años al brindar un diagnóstico integral del uso del territorio ofreciendo además los elementos necesarios para definir políticas y criterios que den sustento técnico a la toma de decisiones apoyando a la planificación del desarrollo de una región (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

El Gobierno del estado de Durango, a partir del año 2005 inició el proceso para la elaboración del Ordenamiento Ecológico de la entidad, y a la fecha se han realizado las fases de caracterización y diagnóstico por el CIIDIR-IPN Unidad Durango. Dentro de este estudio se generaron mapas de aptitud del suelo para uso agrícola, pecuario, forestal y para la conservación, los cuales son los insumos básicos para definir el uso óptimo del territorio basado en el potencial del suelo.

El Ordenamiento Ecológico del estado de Durango tienen como propósito orientar las políticas de utilización del territorio, a través de la formulación de políticas y lineamientos, acordes con la vocación natural del suelo, no solo con el fin de revertir los procesos de degradación del suelo y sobreexplotación de los recursos, sino también con el fin de promover el aprovechamiento sustentable de recursos y contribuir de este modo al desarrollo socioeconómico del estado (SRNyMA-IPN CIIDIR Durango, 2006).

La Aptitud del suelo se define como “el grado de idoneidad que presenta el territorio para un determinado uso, teniendo en cuenta la medida en que el medio cumple con los requisitos locacionales y los efectos que dicha actividad provoca sobre el medio” (Gómez, 2002).

Los conflictos ambientales se presentan cuando en el mismo espacio se desarrollan actividades incompatibles con la vocación natural del suelo y que, por esto, ocasionan daños al medio natural (Scheinfeld, 1999).

Dado que en la entidad existen enormes áreas que presentan degradación del suelo y de la vegetación, podemos suponer que el uso que en la actualidad se le da al suelo no es el óptimo de acuerdo a la vocación natural que este tiene, lo cual trae consigo los problemas de degradación antes mencionados.

El presente trabajo de investigación tiene por objeto realizar un mapa de uso óptimo del territorio tomando como insumo básico los mapas de aptitud (agrícola, pecuario y forestal) generados durante la fase de diagnóstico del Ordenamiento Ecológico del estado de Durango y posteriormente realizar una comparación de dicho mapa con el de uso actual. Esto permitirá detectar áreas de conflicto entre el uso potencial y el uso actual así como dar recomendaciones sobre el uso óptimo del suelo.

Hipótesis

Ho: El uso que en la actualidad se le da al suelo en el estado de Durango es el óptimo de acuerdo a la vocación natural que éste tiene.

Ha: Existen problemas de degradación por la incompatibilidad entre el uso y el verdadero potencial del suelo por sobreexplotación de los recursos naturales en el estado de Durango.

Objetivo General

Generar un mapa de uso de suelo potencial que permita definir un patrón óptimo de ocupación del territorio del estado para los sectores agrícola, pecuario y forestal en base a la aptitud natural del suelo.

Objetivos Específicos

- Elaborar un mapa de uso potencial de suelo.
- Determinar la superficie que existe con conflictos ambientales entre los sectores agrícola, pecuario y forestal.
- Determinar áreas susceptibles de aprovechamiento agrícola, forestal y ganadero, de acuerdo a la aptitud del suelo.
- Hacer una comparación del mapa de uso potencial del suelo generado con la carta de uso de suelo y vegetación actual.
- Comparar el mapa de uso potencial del suelo con el modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Durango.

II. ANTECEDENTES

2.1. Ordenamiento Ecológico del Territorio

El Ordenamiento Ecológico es un instrumento de la política ambiental que regula las modalidades del uso del suelo y orienta el emplazamiento de las actividades productivas, en el marco de la política de desarrollo regional y a partir de procesos de planificación participativa. Su objetivo es lograr la protección del medio ambiente y la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias del deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

El ordenamiento ecológico implica la generación de instrumentos legales, económicos, sociales, políticos y administrativos que permitan la aplicación de una propuesta adecuada de uso de suelo, logrando con ello, una planeación encaminada a mitigar, predecir y prevenir conflictos ambientales así como el deterioro de los ecosistemas.

2.1.1. Modalidades de los Ordenamientos Ecológicos

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1988), los Ordenamientos Ecológicos se pueden presentar en cuatro modalidades:

- El General y marino, competencia del gobierno federal, buscan influir en las políticas sectoriales con la obtención de los lineamientos para el manejo adecuado de los recursos naturales del territorio nacional;

- Los regionales, que son competencia de las entidades federativas, determinan el diagnóstico de las condiciones ambientales y tecnológicas utilizadas por los habitantes de la región, así como los criterios de regulación ecológica para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la realización de las actividades productivas y la ubicación de asentamientos humanos, y
- Los locales, que son competencia de los municipios los cuales regulan los usos del suelo fuera de los centros de población con el propósito de proteger el ambiente y preservar, restaurar y aprovechar, de manera sustentable, los recursos naturales en la realización de actividades productivas.

Los ordenamientos ecológicos regionales y locales tienen un mayor nivel de exactitud que el general, pues su escala de trabajo es específica y detallada; permiten una definición clara de las estrategias para la planeación y hacen posible que los proyectos productivos se instalen en los lugares correctos, de acuerdo al impacto que representan (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

2.1.2. Etapas de un Ordenamiento Ecológico

Los estudios de Ordenamiento Ecológico, en cualquiera de sus modalidades, comienzan por la formación de un Comité Técnico encargado de supervisar las diferentes fases, seguido por la determinación de la Bitácora Ambiental (registro, generalmente en línea, de las actividades del Ordenamiento), y la Agenda Ambiental, que representa los principales tópicos que abordará el Ordenamiento. Posterior a esto, se determina la elaboración del Estudio Técnico, el cual consiste en cuatro fases: Caracterización, Diagnóstico, Pronóstico y Propuesta. A continuación se describe brevemente cada una de estas fases.

- a) **Caracterización.** Esta etapa tiene por objeto describir el estado de los componentes natural, social y económico del área de estudio. Para ello, deben desarrollarse actividades como la delimitación del área, la descripción de los atributos ambientales y los intereses sectoriales. Esto permite contemplar un panorama cuantitativo y cualitativo de los recursos naturales (LGEEPA, 2003).

- b) **Diagnóstico.** Esta etapa tiene por objeto identificar y analizar los conflictos ambientales. Para ello es necesario realizar un análisis de aptitud para los sectores involucrados en las actividades de aprovechamiento de los recursos naturales, la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, así como el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales en el área de estudio, del cual se genera el mapa de aptitud del territorio correspondiente.

El presente estudio se ubica en esta etapa de Diagnóstico, buscando la identificación de los conflictos ambientales a partir del análisis de la concurrencia espacial de actividades sectoriales incompatibles.

Otra de las actividades que deben realizarse en esta etapa es la delimitación de las áreas para preservar, conservar, proteger o restaurar, así como aquellas que requieran el establecimiento de medidas de mitigación para atenuar o compensar impactos ambientales adversos.

- c) **Pronóstico.** En esta fase del Ordenamiento se examina la evolución potencial de los conflictos ambientales a partir de la previsión de las variables ambientales, sociales y económicas. Es necesario considerar las tendencias respecto al deterioro de los bienes y servicios ambientales, la pérdida de cobertura vegetal, la degradación de ecosistemas, el cambio climático, el crecimiento poblacional, así como las tendencias de cambio de

los atributos ambientales que puedan influir en la aptitud del territorio para el desarrollo de las diversas actividades.

- d) **Propuesta.** En esta fase se genera el Modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio (MOET), en el cual se incluyen los lineamientos y estrategias ecológicas.

2.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son sistemas asistidos por computadoras que se usan para almacenar y manipular información geográfica (Aronoff, 1989). El ámbito de su uso es muy diverso, pueden utilizarse para la resolución de problemas territoriales y han sido ampliamente utilizados en el manejo de los recursos naturales.

El objetivo de un SIG es transformar datos geográficos en información válida, confiable, que ayuden en la toma de decisiones ambientales (Bocco, 1999) y su característica más importante es su capacidad de análisis para generar nueva información a partir de la ya existente mediante su manipulación y reelaboración.

Durante un Ordenamiento Territorial, algunas de las actividades en las que se apoyan los SIG están encaminadas a la búsqueda de información, la exploración y descripción de los datos, la generación de modelos explicativos, y a la manipulación de la información; pero es en la etapa de diagnóstico donde los Sistemas de Información Geográfica juegan un papel fundamental al utilizarse para determinar la asignación óptima de la posición espacial para las actividades productivas (Bosque y García, 2000).

2.3. Aptitud del Uso del Suelo

2.3.1. Definiciones

De acuerdo a la definición de Gómez (2002) la Aptitud del suelo se define como el grado de idoneidad que presenta el territorio para un determinado uso, éste debe ser medido considerando el grado en que el medio cumple con los requisitos que requiere una determinada actividad y los efectos que dicha actividad provoca sobre el medio.

En el Ordenamiento Ecológico para el estado de Durango (SRNyMA-IPN CIIDIR Durango, 2006) se considera que la aptitud natural de un territorio puede ser entendida como el resultado de la combinación de características y elementos ambientales con relación a una acción determinada en un lugar, por lo que para poder determinar la aptitud del suelo para ciertas actividades se deben considerar una serie de factores naturales, que mediante las combinaciones adecuadas, generen los lugares idóneos para tal actividad.

La evaluación de la aptitud del suelo, es una herramienta que permite designar un patrón óptimo de ocupación que ayuda a disminuir los conflictos ambientales mediante la prohibición de usos de suelo incompatibles al potencial natural (Bojórquez-Tapia *et al.*, 2001).

Los conflictos ambientales ocurren cuando en un área se realizan actividades que son incompatibles con el potencial natural, o bien, cuando diferentes sectores con actividades incompatibles confluyen en la misma área. Cuando éstos aparecen, por lo general, ocasionan la disminución de la calidad ambiental o la reducción de la productividad de los recursos naturales.

2.3.2. Métodos para determinar la aptitud del suelo

Existe un gran número de sistemas para la evaluación de la aptitud del suelo, incluyendo desde los métodos cualitativos convencionales, hasta el desarrollo de índices de productividad y modelos de simulación matemática. Varios autores proponen el uso de una evaluación cualitativa combinada con modelos de simulación, de manera que mediante un análisis con el primer método, se identifiquen las áreas aptas o de conflictos y luego, con el uso de modelos de simulación se realicen estudios más detallados.

En la actualidad, la mayoría de los métodos para determinar la aptitud del suelo se apoyan en el uso de los Sistemas de Información Geográfica y de técnicas de evaluación multicriterio.

Evaluación de Tierras de la FAO

De acuerdo a la FAO, la Evaluación de Tierras es un proceso para la determinación y predicción del comportamiento de un área usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales (FAO, 1985).

El principal objetivo del método de Evaluación de Tierras es mejorar el manejo sustentable del suelo en beneficio de la población. El primer paso de este método es el análisis de los datos sobre suelos, climas y vegetación (FAO, 2007).

La Evaluación de Tierras de la FAO es un método que orienta sobre los principios, conceptos, la estructura y los procedimientos que deben guiar la creación y aplicación de sistemas de evaluación de tierras, orientado a usos específicos, por lo que es un sistema abierto que puede desarrollarse para cada caso. Tiene la ventaja que se adapta con facilidad a los países de Latinoamérica donde no existe mucha disponibilidad de información (SRNyMA-IPN CIIDIR Durango, 2006).

La evaluación de la tierra puede hacerse desde el punto de vista físico ó económico, incorporando el análisis social, para lo cual, valora la aptitud de las

tierras para usos específicos alternativos, ecológicamente sostenibles y económicamente viables. El resultado surge de la confrontación de las características de la tierra, expresadas como cualidades, con las exigencias de los tipos de utilización, expresadas como requerimientos de los tipos de utilización.

La clasificación que utiliza este método para ubicar la aptitud de las tierras es la siguiente:

- A1: Altamente apto
- A2: Moderadamente apto
- A3: Marginalmente apto
- N1: No apto actualmente
- N2: No apto permanentemente

Las etapas que sigue esta metodología son las siguientes:

1. Identificación de los tomadores de decisión, sus objetivos, y sus medios de aplicación.
2. Definición de las entidades espaciales a ser evaluadas (unidades de evaluación).
3. Definición de los Tipos de Utilización de Tierra (LUT, por sus siglas en inglés).
4. Definición de los LUT en términos de los Requerimientos de Uso del Suelo (LUR, por sus siglas en inglés).
5. Definición de los Requerimientos de Uso (LUR) en términos de Características Diagnósticas de la Tierra (LC, por sus siglas en inglés).
6. Identificación de las fuentes de los datos.
7. Entrada de datos tabulares y mapas para las características diagnósticas de la tierra.
8. Construcción de modelos (de cálculo) para la evaluación de la tierra.
9. Cálculo de la evaluación.
10. Calibración de los resultados y ajustes en el modelo de cálculo.
11. Presentación de los resultados a los usuarios.

12. Aplicación del proyecto.

Evaluación Multicriterio

La Evaluación Multicriterio es una técnica que se orienta a asistir en los procesos de toma de decisiones, cuya finalidad es investigar un número finito de alternativas de decisión y elegir la mejor bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto, lo cual hace posible generar soluciones compromiso y jerarquizar las alternativas de acuerdo a su grado de atracción (Barredo, 1996).

Aún cuando sus usos pueden ser variados en la toma de decisiones en cualquier área, las técnicas de Evaluación Multicriterio (EMC) comúnmente son utilizadas para analizar la capacidad de un sitio para soportar las actividades productivas a partir de la valoración de los atributos físicos, biológicos y socioeconómicos de una región. Para efectos de un Ordenamiento Ecológico, un modelo multicriterio agrupa las actividades humanas según su pertenencia a los sectores relevantes en el área de estudio (Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal, 2000).

El Análisis Multicriterio se basa en la definición de un conjunto de criterios de decisión, que por lo general se derivan de consultas a expertos y a los cuales se les asignan pesos relativos, de acuerdo a su relevancia para cada sector.

Estos criterios de decisión corresponden a los atributos físicos, biológicos y socioeconómicos que determinan la presencia de una actividad particular en un sitio específico.

Existen varias técnicas de análisis multicriterio, las cuales de acuerdo con Gómez y Barredo (2005) se diferencian en los procedimientos aritméticos-estadísticos que realizan sobre las matrices en evaluación y prioridades. En la Figura 1 se

presentan las técnicas de EMC en que se pueden clasificar de acuerdo a estos criterios.

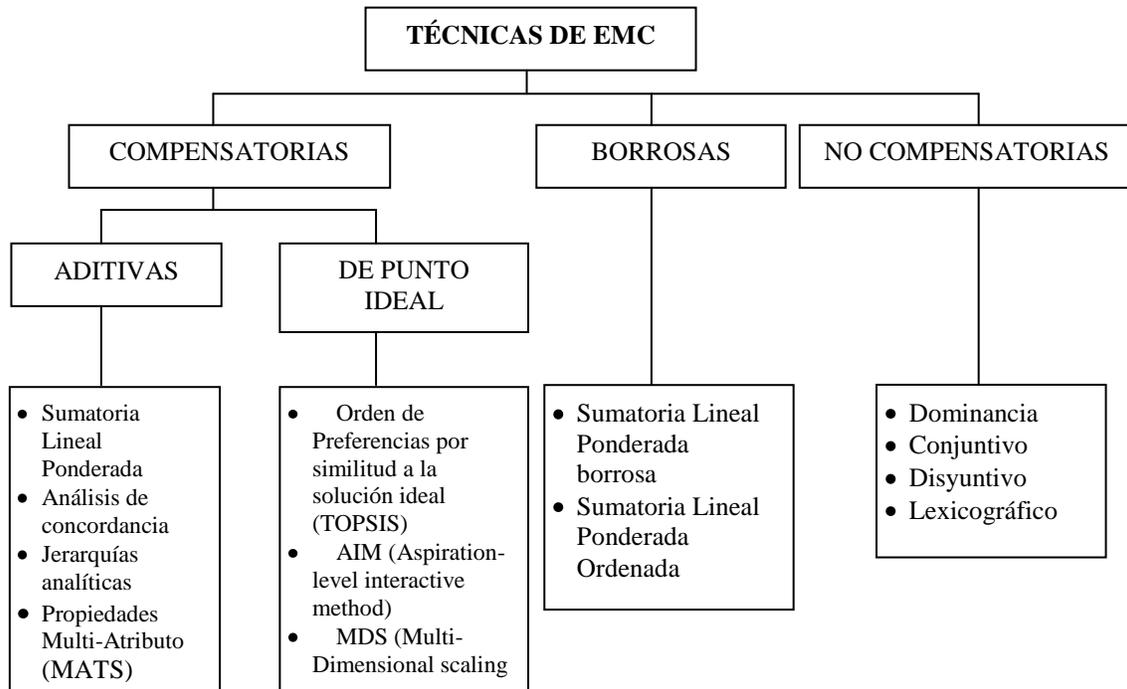


Figura 1. Clasificación de Técnicas de Evaluación Multicriterio (Jankowski, citado por Gómez y Barredo, 2005).

En las técnicas aditivas compensatorias, el valor obtenido por cada alternativa (unidad espacial) es el producto del peso del criterio y las puntuaciones de los criterios, siendo la alternativa que obtenga el valor más alto la más adecuada para la actividad que se evalúa (Gómez y Barredo, 2005).

En las técnicas compensatorias basadas en la aproximación al punto ideal, el centro decisor ubica en un espacio n -dimensional una alternativa que se considera la ideal, especificando sus coordenadas como el valor más alto en cada uno de los criterios establecidos. Así, es posible calcular la distancia entre cada alternativa siendo las más cercanas al punto ideal, las más aptas para la actividad evaluada (Gómez y Barredo, 2005).

La lógica borrosa es una técnica cartográfica que ayuda a la representación más exacta de la información imprecisa, incompleta e incierta, implicada en la opinión de los expertos a través de varios niveles de la toma de decisiones. Esta técnica se basa en la existencia de diferentes grados de pertenencia entre lo falso y lo verdadero, tales como lo moderado, bajo, alto, entre otros; en lugar de expresarse como “sí” o “no” como suele utilizarse en la lógica convencional. Mediante la lógica borrosa, un problema puede ser representado en términos de conjuntos borrosos los cuales pueden derivarse de procedimientos cuantitativos o cualitativos.

Las técnicas no compensatorias asumen una estrategia reductora del conjunto de alternativas globales en base a la evaluación de al menos un criterio, pudiendo llevarse a cabo sin un tratamiento previo de las puntuaciones de los criterios inicialmente establecidos.

2.4.3. Aplicaciones

Olivas (2006) comparó tres técnicas de Evaluación Multicriterio: el álgebra booleana, el procedimiento analítico jerarquizado y la lógica borrosa, con el fin de determinar las áreas aptas para establecer plantaciones forestales con 21 especies de árboles en los municipios de Mapimí, Nazas, Rodeo, Nombre de Dios, Durango y Súchil, en el estado de Durango, México. Para ello utilizó información cartográfica de clima, suelo y topografía. Además, consideró las características ecológicas de las especies, así como juicios y opiniones de expertos, los cuales fueron ingresados en un Sistema de Información Geográfica. Sus resultados indican que tanto las técnicas del proceso analítico jerarquizado como la lógica borrosa, son útiles en la toma de decisiones para problemas complejos.

Bojórquez-Tapia *et al.*, (1997) utilizaron las evaluaciones multicriterio para determinar la aptitud del suelo para realizar diversas actividades productivas en la Costa Norte de Nayarit con el fin de realizar el Ordenamiento Ecológico Territorial. Para identificar el mejor uso que el suelo pueda soportar utilizaron la técnica

estadística de componentes principales y para analizar los conflictos ambientales intersectoriales usaron los residuales de Gower.

Con el fin de resolver conflictos locales entre conservacionistas y habitantes locales en el parque nacional de la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California, México, Bojórquez-Tapia *et al.*, (2004) realizaron consulta con expertos locales para definir criterios que fueron utilizados como entrada en evaluaciones multicriterio a través de un procedimiento analítico jerarquizado para realizar una evaluación de la aptitud del suelo y rediseñar el parque. La evaluación permitió establecer un patrón óptimo de ocupación delimitando áreas con alto valor biológico para la conservación, así como zonificar áreas y segregar aquellas con usos de suelo incompatibles. Las áreas cubiertas con bosques de coníferas con alto valor comercial, que son muy apreciados por su valor económico para los habitantes locales, causaron conflicto con los conservacionistas ya que su aprovechamiento puede acelerar la deforestación.

2.4. Fase de Diagnóstico del Ordenamiento Ecológico del estado de Durango

Dentro de la fase de diagnóstico del Ordenamiento Ecológico del estado de Durango realizado por la SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango (2006) fue necesario determinar el grado de aptitud del medio para desarrollar las actividades de agricultura de riego y temporal, ganadería extensiva, y forestal maderable y no maderable. Para ello se utilizaron la metodología de Evaluación de Tierras propuesta por la FAO (1985).

2.4.1. Aptitud para Agricultura de Temporal

Ésta fue calculada considerando cuatro índices o criterios:

1. **La arabilidad del terreno**, considerado como el grado en que el terreno permita el uso de maquinaria y tracción animal para las labores agrícolas, el

cual fue calculado asignando valores de 0 a 255 y una ponderación de 0.4 a los factores de pendiente y profundidad del suelo y de 0.1 a los factores textura del suelo así como pedregosidad y gravosidad.

2. **La fertilidad del suelo**, para cuyo cálculo asignaron valores de 0 a 255 a las unidades y subunidades de suelo, de acuerdo a las características de cada unidad, asignándoles también una ponderación de 0.70. Otro factor utilizado fue la textura del suelo, asignado valores de 255 a las texturas medias, 125 a las finas y 50 a las gruesas, con un valor ponderado para el criterio de 0.10. El último criterio considerado fue la salinidad y sodicidad, asignado valores de de 0 a 50 a los distintas fases químicas y un peso para el criterio de 0.20.
3. **La Aridez** fue calculada con el índice de aridez de Martonne, cuyo cálculo implica conocer la precipitación total anual y la temperatura media mensual.

La Evaluación Multicriterio se realizó de acuerdo a la siguiente ponderación de los factores:

Factor	Valor asignado	Ponderación del factor
Arabilidad	0 – 255	0.3
Fertilidad del suelo	0 – 255	0.3
Aridez	0 – 213	0.3
Pendiente mayor del 20%	0 (restricción)	
Suelo con profundidad menor de 10 cm	0 (restricción)	
Cuerpo de agua	0 (restricción)	
Área sujeta a inundación	0 (restricción)	
Suelo fuertemente salino o sódico	0 (restricción)	
Área de asentamiento humano	0 (restricción)	
Área fuera del estado	0 (restricción)	

El resultado de la EMC muestra que el 47% de la superficie estatal es considerada con valor de cero, la mayor parte de las celdas del mapa tiene valores de aptitud de entre 90 y 160 y solo el 1.27% tienen valores mayores a 170, estas últimas son las celdas que se consideran con mayor aptitud para desarrollar la actividad de agricultura de temporal.

El mapa obtenido como resultado se muestra en la Figura 2

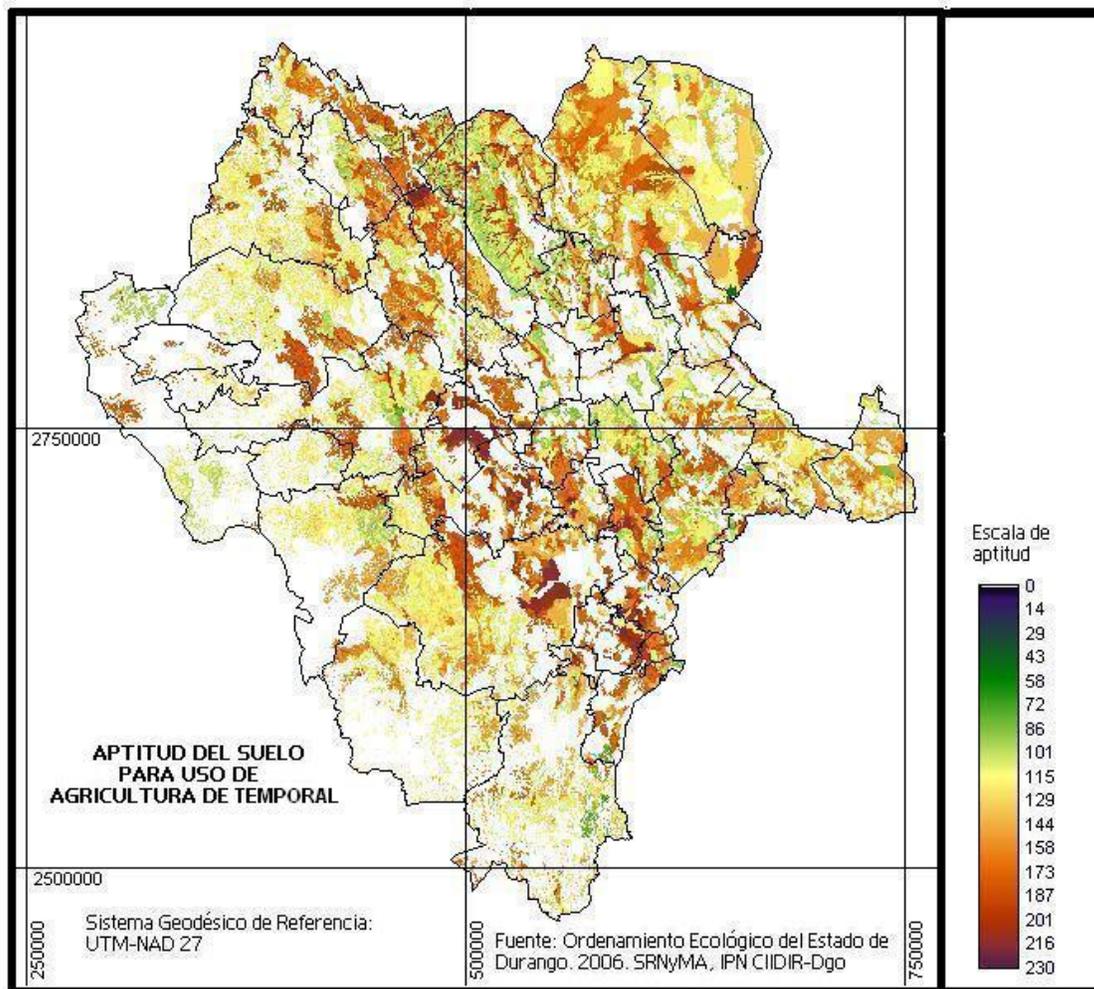


Figura 2. Mapa de aptitud del suelo para agricultura de temporal (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

2.4.2. Aptitud para Agricultura de Riego

Al igual que para la agricultura de temporal, se utilizaron los cuatro índices o criterios, asignando valores de 0 a 255 y utilizando las siguientes ponderaciones:

- 1) Para la **arabilidad del terreno**, se asignó 0.4 a la pendiente y a la profundidad del suelo y 0.1 a los criterios de textura y pedregosidad.

- 2) Para la **fertilidad del suelo**, las ponderaciones asignadas fueron de 0.70 para el nivel de fertilidad, 0.20 para el factor de salinidad y sodicidad y 0.10 al factor de textura del suelo.
- 3) **La aridez** fue calculada con el índice de Martonne, considerando para ello conocer la precipitación total anual y la temperatura media mensual.

Las ponderaciones para cada uno de los factores utilizadas durante la Evaluación Multicriterio se muestran a continuación:

Factor	Valor asignado	Ponderación del factor
Arabilidad	0 – 255	0.3
Fertilidad del suelo	0 – 255	0.3
Existencia de agua	0 – 255	0.3
Pendiente mayor del 20%	0 (restricción)	
Suelo con profundidad menor de 10 cm	0 (restricción)	
Cuerpo de agua	0 (restricción)	
Área sujeta a inundación	0 (restricción)	
Suelo fuertemente salino o sódico	0 (restricción)	
Área de asentamiento humano	0 (restricción)	
Área fuera del estado	0 (restricción)	

Como resultado del proceso se obtuvo un mapa que muestra que el 47% de la superficie estatal tiene valor de 0 para ejercer esta actividad y solo el 1.11% presenta valores de aptitud alta (mayor de 200).

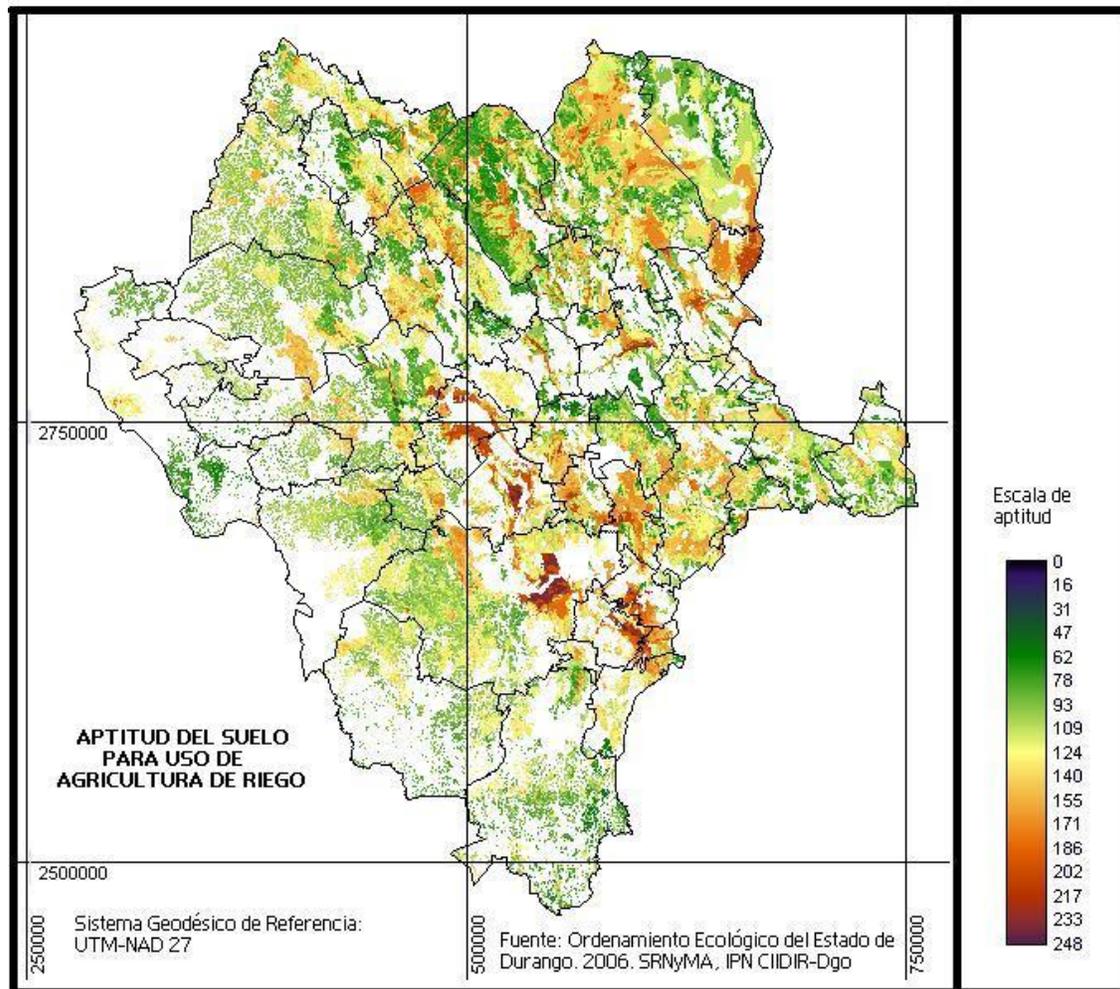


Figura 3. Mapa de aptitud del suelo para agricultura de riego (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

2.4.3. Aptitud para ganadería extensiva

La aptitud para este sector se determinó considerando la actividad en forma extensiva o bajo libre pastoreo. Los criterios que consideraron para determinar la aptitud de este sector fueron los siguientes:

- 1) **Disponibilidad del material forrajero** obteniendo el mapa a partir de la información disponible de la Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) de la actual SAGARPA; para ello se asignó un valor (entre 0 y 255) a cada

píxel considerando los 76 sitios de productividad forrajera y los 29 tipos de vegetación que maneja la citada Comisión.

- 2) **Distancia a fuentes de agua.** Mediante una función sigmoïdal de lógica difusa se asignaron valores a cada píxel de acuerdo con las distancias a ríos, arroyos y otros cuerpos de agua. Así se dio un valor de 255 cuando la distancia es de 0 metros a los cuerpos de agua y 0 cuando esta distancia es de 3000 metros o más.
- 3) **Movilidad del ganado por topografía.** Mediante una función lineal de lógica difusa se asignó valor de 255 a terrenos planos (0% de pendiente) y un valor 0 a terrenos escarpados (60% o más de pendiente).
- 4) **Accesibilidad del terreno.** Se asignaron valores de 255 a 0 mediante una función sigmoïdal de lógica difusa para los píxeles con distancias de 0 a 1500 metros desde carreteras, caminos, brechas, etc.

La ponderación utilizada para la EMC fue la siguiente:

Factor	Ponderación
Disponibilidad de Forraje	0.60
Distancia a fuentes de agua	0.10
Movilidad por topografía	0.20
Accesibilidad al terreno	0.10
Áreas con más de 60% de pendiente	Restricción
Áreas agrícolas	Restricción
Cuerpos de agua	Restricción
Asentamientos Humanos	Restricción
Áreas sin vegetación aparente	Restricción

El mapa que genera este escenario se presenta en la Figura 4.

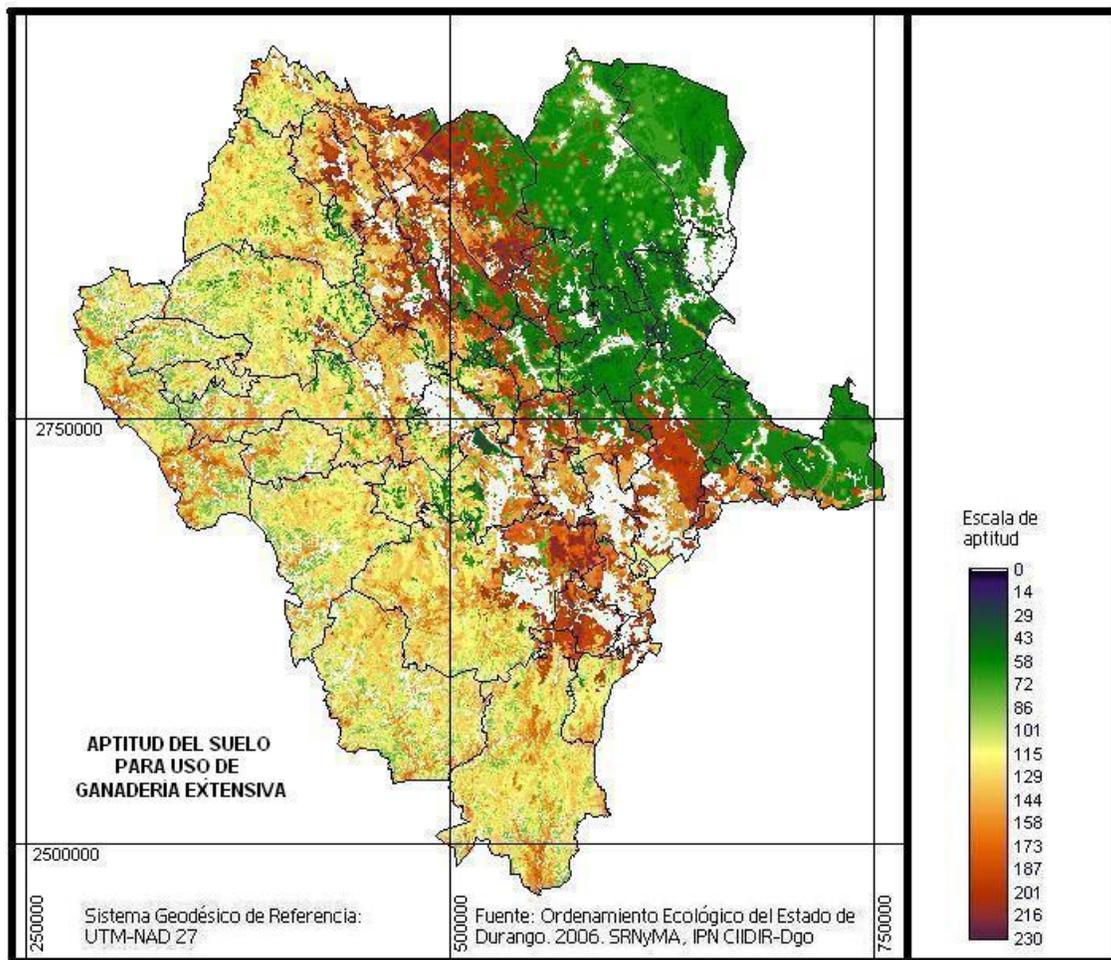


Figura 4. Mapa de aptitud del suelo para ganadería extensiva (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

Así, de acuerdo a los resultados obtenidos se observa que los sitios con valores cercanos a 0 no son aptos para la ganadería, siendo los sitios con valores de 255 los más aptos; correspondiendo éstos últimos lógicamente a los pastizales naturales e inducidos del estado. Así, el 4.34% de la superficie estatal resultó con aptitud alta (con valores de 205 a 255), el 15.91% con aptitud media (con valores de 154 a 204), el 38.33% presenta valores de aptitud bajo (103 a 153) y el 41.42% de la superficie presenta valores no aptos (menores a 102).

2.4.4. Aptitud para uso forestal maderable.

Se determinó la aptitud para realizar aprovechamientos maderables y no maderables utilizando diferentes criterios. Así para el uso forestal maderable se consideraron los criterios de altitud, precipitación, la exposición y pendiente del terreno, la profundidad y fertilidad del suelo, así como la accesibilidad desde carreteras o caminos de terracería y cercanía a poblados e industria, determinando cuatro índices:

- 1) **Índice topográfico** asignando valores altos a las áreas con exposición norte, disminuyendo conforme la exposición adquiere valores más cercanos a la exposición sur. Igualmente el valor de la aptitud disminuye de 255 a 0 de acuerdo a la pendiente en el rango de 0 a 100%, siendo restricción en sitios mayores a ésta. Ambas, exposición y pendiente, se ponderaron con el mismo peso.
- 2) **Índice de altitud.** Mediante un modelo sigmoideal se asignaron valores de 0 a las altitudes por debajo de 2,300 msnm, y un valor de 250 a la altitud de 2800 msnm, a las altitudes de entre 2800 y 3,000 msnm se les asignó el valor máximo de 255, y se restringió el uso a las áreas fuera de estos rangos.
- 3) **Índice climático.** Para calcular este índice se asignaron valores de 0 a los sitios con temperaturas por arriba de los 17° C y de 255 a aquéllos con temperaturas menores a 12° C anuales. La aptitud de acuerdo a la precipitación varió de 0 para los sitios con precipitaciones menores a 500 mm y de 255 para los sitios con las precipitaciones mayores a 1,000 mm anuales. Para determinar el índice climático se combinaron los dos factores con el mismo peso.
- 4) **Índice de fertilidad del suelo.** Para determinar este índice se utilizaron los mismos criterios utilizados para determinar la aptitud para uso agrícola.

Para determinar la aptitud del suelo para uso forestal se utilizó la Evaluación Multicriterio mediante la técnica de Sumatoria Lineal Ponderada dándole un peso de 0.3 a los índices altitudinal y topográfico y 0.2 a los de fertilidad y climático.

El resultado de este proceso fue un mapa con valores continuos de 0 a 254 (Figura 5), el cual indica que cerca de 2 millones de hectáreas (16% del territorio del estado) presentan valores de aptitud adecuados para uso forestal maderable.

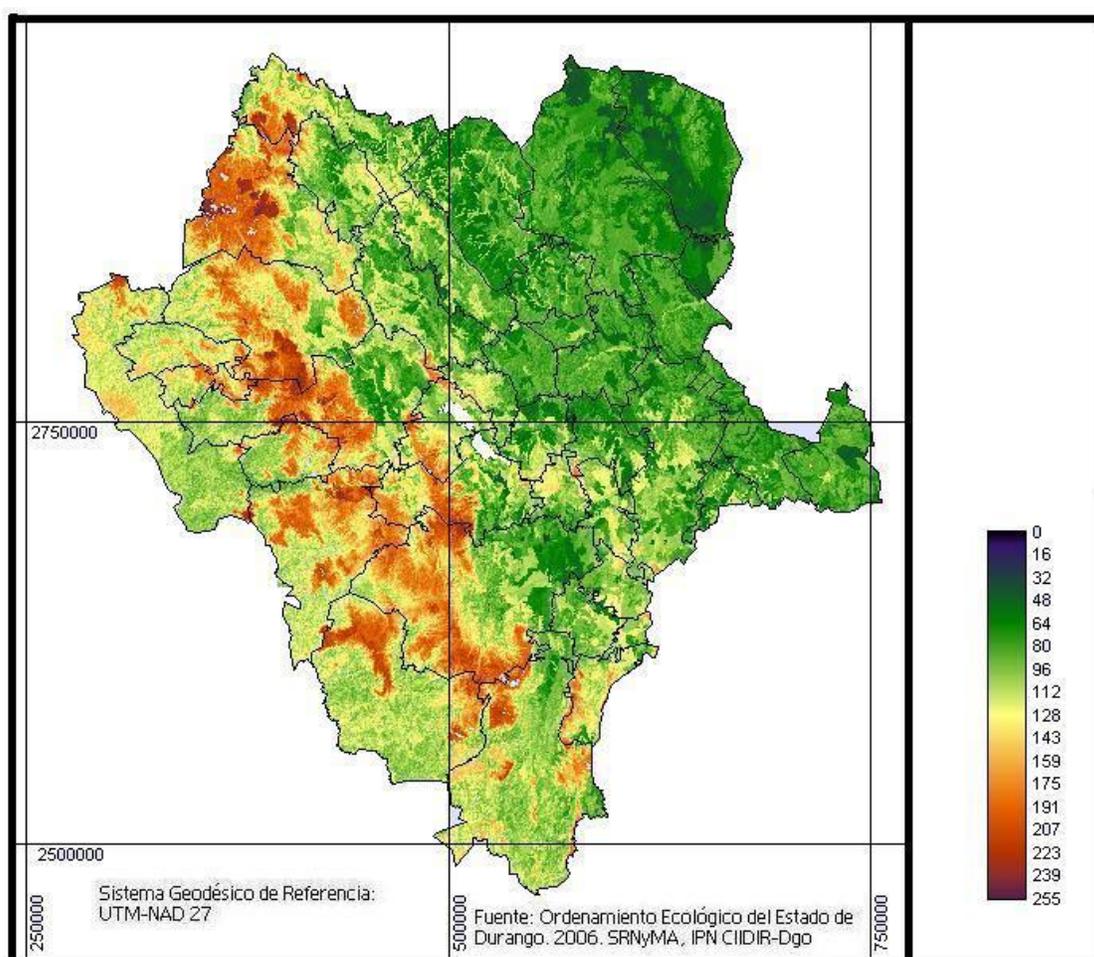


Figura 5. Mapa de aptitud del suelo para uso forestal maderable (SRNyMA-IPN CIIDIR-DGO, 2006).

2.4.5. Aptitud para uso forestal no maderable.

Para el caso de la aptitud de suelo para aprovechamiento de recursos forestales no maderables no se determinó ningún índice; solo se asignó un valor a cada tipo de vegetación de acuerdo a una reunión con expertos donde se clasificó el tipo de vegetación de acuerdo a su potencial para producir productos forestales no maderables (carbón, hongos, fibras, plantas medicinales, etc.). Se consideraron los criterios de tipos de vegetación, pendiente, cercanía a caminos y a poblados, así como la inundabilidad de los terrenos.

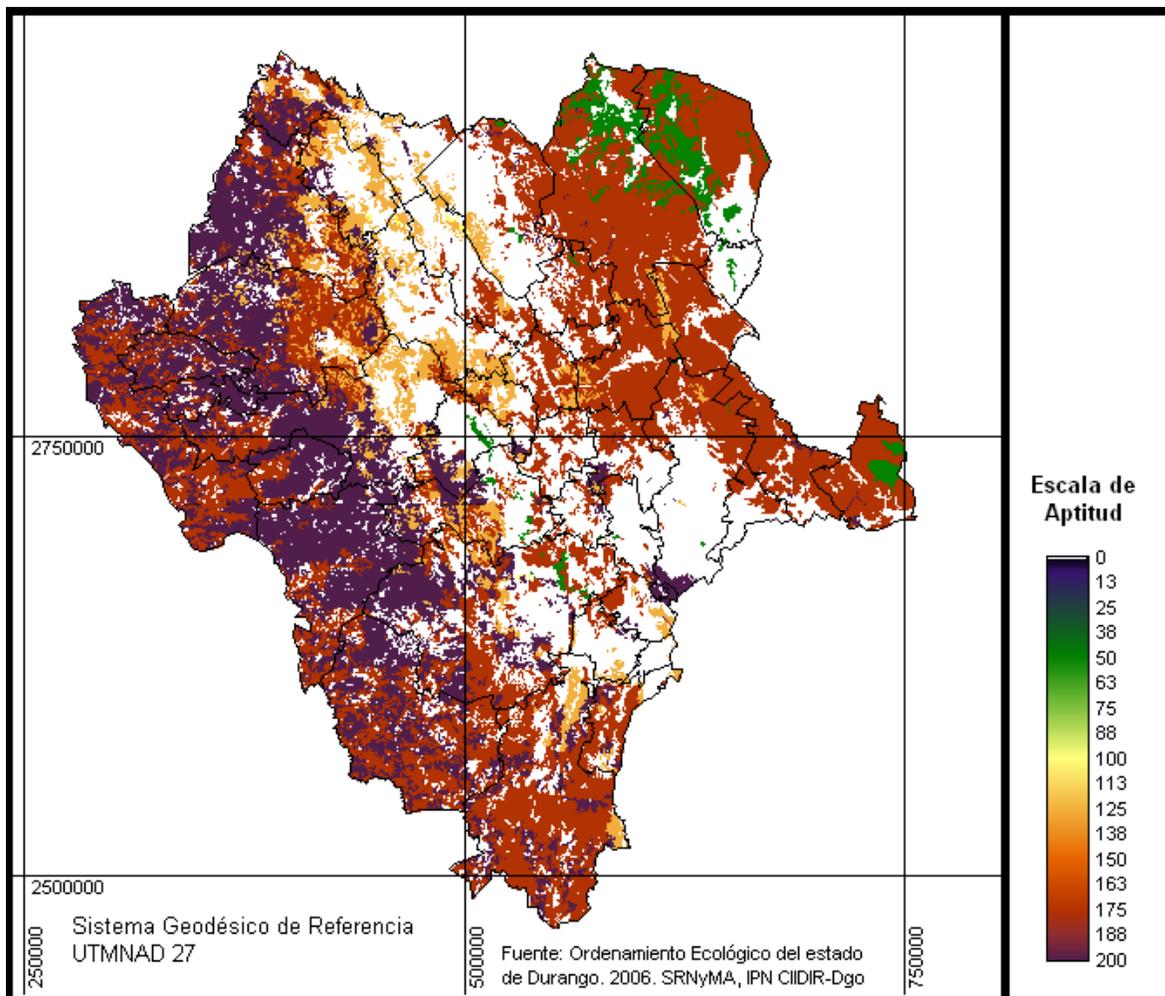


Figura 6. Mapa de aptitud del suelo para aprovechamiento de recursos forestales no maderables (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Área de Estudio

3.1.1. Ubicación Geográfica

El estado de Durango se encuentra ubicado en el Noroeste de la República Mexicana comprendido entre los paralelos $22^{\circ} 19'$ y $26^{\circ} 48'$ de latitud norte y entre los meridianos $102^{\circ} 28'$ y $107^{\circ} 11'$ de longitud oeste. La superficie del estado es de aproximadamente 123,181 kilómetros cuadrados ocupando el 6.3% de la superficie total del país.

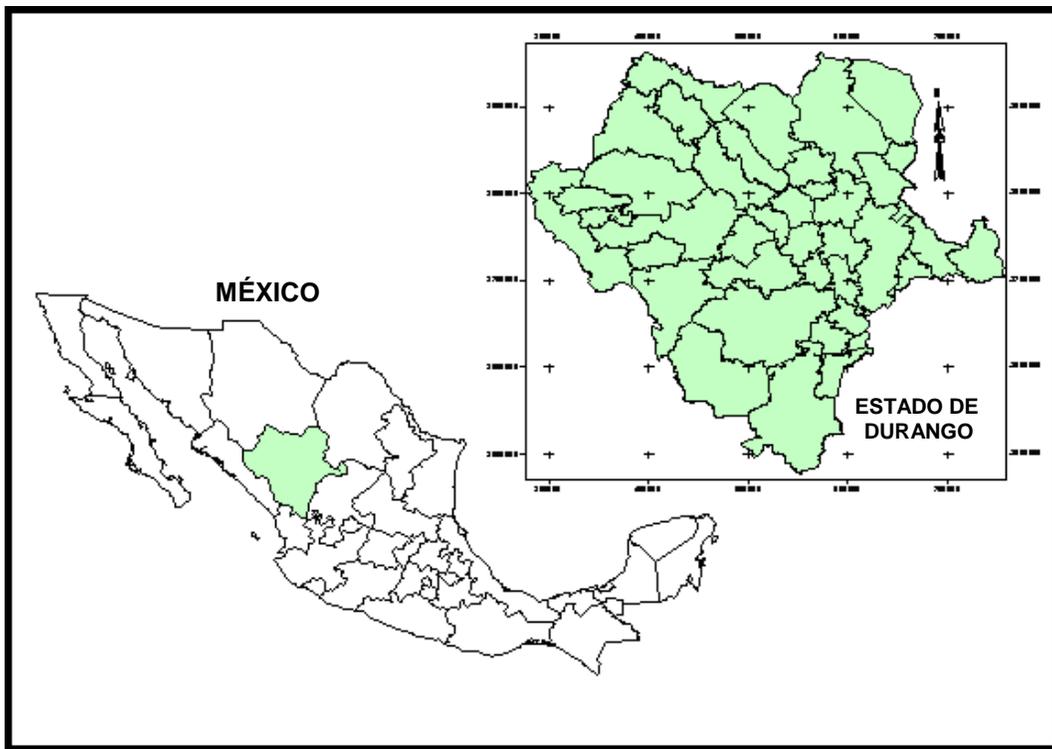


Figura 7. Ubicación del área de Estudio.

3.1.2. Topografía

El relieve del estado es muy accidentado con un rango de elevaciones muy amplio, teniendo altitudes cercanas a los 200 msnm en los límites con los estados de Sinaloa y Nayarit y llega a tener cerros que alcanzan los 3,200 msnm en la zona serrana. Sin embargo la mayor parte de la superficie del estado oscila entre los 1,100 y los 2,700 msnm (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

La pendiente del terreno, al igual que la altitud, presenta una gran variación. El 33% de la superficie estatal presenta pendientes suaves de entre el 0 y 4%, predominando estas en la región noreste del estado. En la parte noroeste, este y sur del estado se presenta mayor variación, encontrándose áreas de pendientes suaves en las mesetas hasta terrenos muy escarpados en las sierras y quebradas (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

3.1.3. Fisiografía

El aspecto físico de la superficie de la entidad está definido por cuatro provincias fisiográficas: Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental, y Mesa del Centro; siendo la primera la que ocupa la mayor extensión territorial al ocupar más del 70% de la superficie estatal. El territorio estatal presenta también una relativa diversidad de sistemas de topoformas, siendo las más comunes las mesetas, sierras, lomeríos y llanuras que ocupan en conjunto casi el 85% del total de la superficie (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

3.1.4. Clima

La amplia región latitudinal que ocupa el estado, así como los factores físicos que forman el medio ambiente hace que los elementos climáticos del territorio presenten también variaciones complejas. Las zonas templadas con temperaturas

medias de entre 12 y 18°C son las que ocupan mayor superficie en el estado con el 54% del total de la superficie, siguen en importancia las áreas semicálidas con temperaturas de entre 18 y 22°C con el 30% del total de la superficie, mientras que las zonas semifrías con temperaturas de entre 5 y 12°C ocupan solamente el 11%. La precipitación media anual del estado varía en un rango que va desde los 100 a 300 mm en la zona del Bolsón de Mapimí, hasta los 1500 a 1800 mm en las cañadas y cañones de la vertiente Occidental de la Sierra Madre (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

3.1.5. Hidrología

En el estado existen siete regiones hidrológicas que incluyen 19 cuencas, siendo la región Nazas-Aguanaval la que ocupa la mayor extensión seguida de la Presidio-San Pedro. Algunos de los ríos más importantes en el estado son el Nazas, Baluarte, Mezquital, Piaxtla, Los Remedios, Santiago, Tepehuanes, entre otros (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

3.1.6. Edafología

El estado de Durango presenta una gran heterogeneidad de los factores formadores del suelo como son litología superficial, clima, cobertura vegetal, relieve y actividades humanas, por lo que la variación en los tipos de suelo se presenta tanto en forma horizontal como vertical. Los tipos de suelo dominantes son Litosol, Regosol y Feozem generalmente presentándose con texturas medias (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

3.1.6. Vegetación

En el estado existen nueve de los diez tipos de vegetación que existen en México de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1978). Los matorrales xerófilos se

presentan en el oriente del estado; los pastizales en la franja de los valles al oriente de la Sierra Madre; los bosques templados de coníferas y de encinos y pequeñas áreas con bosque mesófilo de montaña en la sierra; los bosques tropicales caducifolios, subcaducifolios y espinosos en las cañadas al oeste; y la vegetación acuática y subacuática en cuerpos de agua a través de todo el estado. El bosque tropical perennifolio es el único tipo de vegetación de México que no tiene presencia en el estado (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006).

3.2. Fuentes de Información

La principal fuente de información utilizada en el presente estudio fue la serie de mapas de aptitud generados durante la etapa de diagnóstico en el Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Durango, realizado por la SRNyMA y el IPN CIIDIR Unidad Durango (2006). Las capas utilizadas fueron: a) mapa de aptitud para uso forestal maderable, b) mapa de aptitud para uso forestal no maderable, c) mapa de aptitud para ganadería extensiva, d) mapa de aptitud para agricultura de riego y e) mapa de aptitud para agricultura de temporal. Estos mapas fueron obtenidos con la metodología que se describió en el capítulo II, con base en la información detallada del proceso descrito en el documento final del estudio del Ordenamiento Ecológico para el estado de Durango.

Las propiedades de estos mapas son:

- Formato Raster
- Resolución espacial: 100 por 100 m en el terreno.
- Número de celdas: 12 333 416.
- Número de columnas: 6 135.
- Número de filas: 5 580.
- Escala de origen: 1:250 000.
- Proyección Cartográfica: Universal Transversa de Mercator
- Sistema Geodésico de Referencia: NAD27.

Como se describió en el capítulo II, estos mapas tienen una escala de aptitud de 0 a 255, donde los valores cercanos a 0 son las áreas de menor aptitud y los valores cercanos a 255 son las áreas de mayor aptitud.

Otra importante fuente de información utilizada fue el mapa de usos de suelo y vegetación, generado por la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno del estado de Durango.

3.3. Método

Para cumplir con el primer objetivo del presente estudio: producir un mapa de aptitud del territorio que indicando cuáles son las mejores áreas para cada una de las actividades sectoriales, se generaron grupos de aptitud cada vez más afines mediante un procedimiento politético utilizando para ello las técnicas de análisis de componentes principales y de ganancia de homogeneidad de la varianza. El procedimiento se describe a continuación con detalle:

3.3.1. Generación de Grupos de Aptitud mediante el Análisis de Componentes Principales

La técnica de análisis de componentes principales (ACP) fue utilizada para generar los grupos de aptitud sectorial. El ACP es una técnica de estadística multivariada que permite sintetizar, o reducir, las dimensiones de la información a unas cuantas que acumulen la mayor parte de la variación total para su interpretación. Ante un universo de muchas variables, el objetivo de esta técnica es transformar las variables originales de tal manera que se crean variables artificiales las cuales concentran la variabilidad existente perdiendo la menor cantidad de información posible.

Así, los nuevos componentes o factores serán una combinación lineal de las variables originales, que tienen las siguientes propiedades: son independientes entre si (ortogonales); el primer componente absorbe la mayor variación existente; el segundo la mayor variación restante y así hasta el último el cual tiene solo una pequeña parte de la variación total existente en las variables originales.

En el presente estudio se aplicó esta técnica, utilizando los mapas anteriormente descritos cada uno de los cuales se consideraron como una variable independiente y se procesó mediante el módulo PCA del Software manejador de Información Geográfica IDRISI Kilimanjaro (Eastman, 2003). Para generar los grupos de aptitud se utilizó solamente el primer componente, dado que es el que absorbe la mayor varianza y. todos los demás componentes fueron desechados del análisis subsecuente.

3.3.2. División del mapa del primer componente principal

Con la finalidad de dividir en dos grupos el mapa del primer componente principal, se aplicó la técnica de la Ganancia de Homogeneidad. Para ello primeramente se realizó una transformación lineal con el modulo STRETCH de IDRISI, previo análisis del histograma de frecuencias. El resultado fue un mapa con escala 1 a 20.

La ganancia de homogeneidad involucró la comparación de la varianza total del componente con las varianzas de los grupos resultantes de su división.

Para estimar la varianza, fue necesario calcular primeramente el promedio para datos agrupados, el cual fue obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \text{freq}(x_i)}{N}$$

Donde M es el promedio, x es la categoría, $freq(x)$ es la frecuencia de pixeles por categoría y N es el total de pixeles.

Para el cálculo de la varianza de datos agrupados se utilizó la ecuación siguiente:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2 freq(x_i^2)}{N} - M^2$$

Esta varianza fue calculada para cada uno de los grupos posibles, es decir, primero se calculó para la categoría 1 vs el grupo de las categorías 2-20; luego de los grupos 1-2 vs 3-20, posteriormente 1-3 vs 4-20 y así sucesivamente hasta el 1-19 vs 20. Finalmente, para determinar la ganancia de homogeneidad se comparó la varianza total menos la varianza de cada uno de los grupos, tal como se expresa en la ecuación:

$$\Delta S^2 = S^2 t - (S^2 a + S^2 b)$$

Donde:

ΔS^2 es el punto donde se obtiene la mayor ganancia de homogeneidad, $S^2 t$ es la varianza total y a y b son cada uno de los grupos.

Para realizar estos cálculos se obtuvo primero la frecuencia de pixeles para cada una de las 20 categorías del mapa estandarizado, obteniendo una tabla de valores que fue exportada al programa Excel donde se realizaron todos los cálculos para determinar las varianzas y ganancias de homogeneidad.

Una vez determinada la categoría donde se obtenía la mayor ganancia, el mapa estandarizado del primer componente fue dividido en dos grupos, utilizando como punto de división la categoría en la que se obtuvo la máxima ganancia de homogeneidad; para ello se realizaron reclasificaciones en el programa IDRISI, obteniendo con ello dos mapas binarios: el primer mapa tiene el valor de 1 para todos los píxeles del grupo 1, y 0 para el resto; el segundo mapa tiene el valor de 1 para todos los píxeles del grupo 2 y 0 para el resto (máscaras).

Estos dos grupos fueron utilizados como máscara en los 5 mapas de aptitud originales para realizar nuevamente los subsecuentes análisis de componentes principales. En la Figura 8 se muestra el proceso utilizado para el primer análisis. Este proceso se repitió politéticamente y se detuvo hasta que la ganancia de homogeneidad fue mínima, lo cual permitió generar grupos de aptitud sectorial en donde se presentaran áreas con valores similares de aptitud para varios sectores. En la Figura 9 se presenta el esquema general que muestra el total de los análisis realizados.

Finalmente, una vez determinados todos los grupos homogéneos, todos los mapas obtenidos fueron sumados para generar un mapa del estado, al cual se le aplicó un filtro de moda de 5X5 con el fin de generalizarlo.

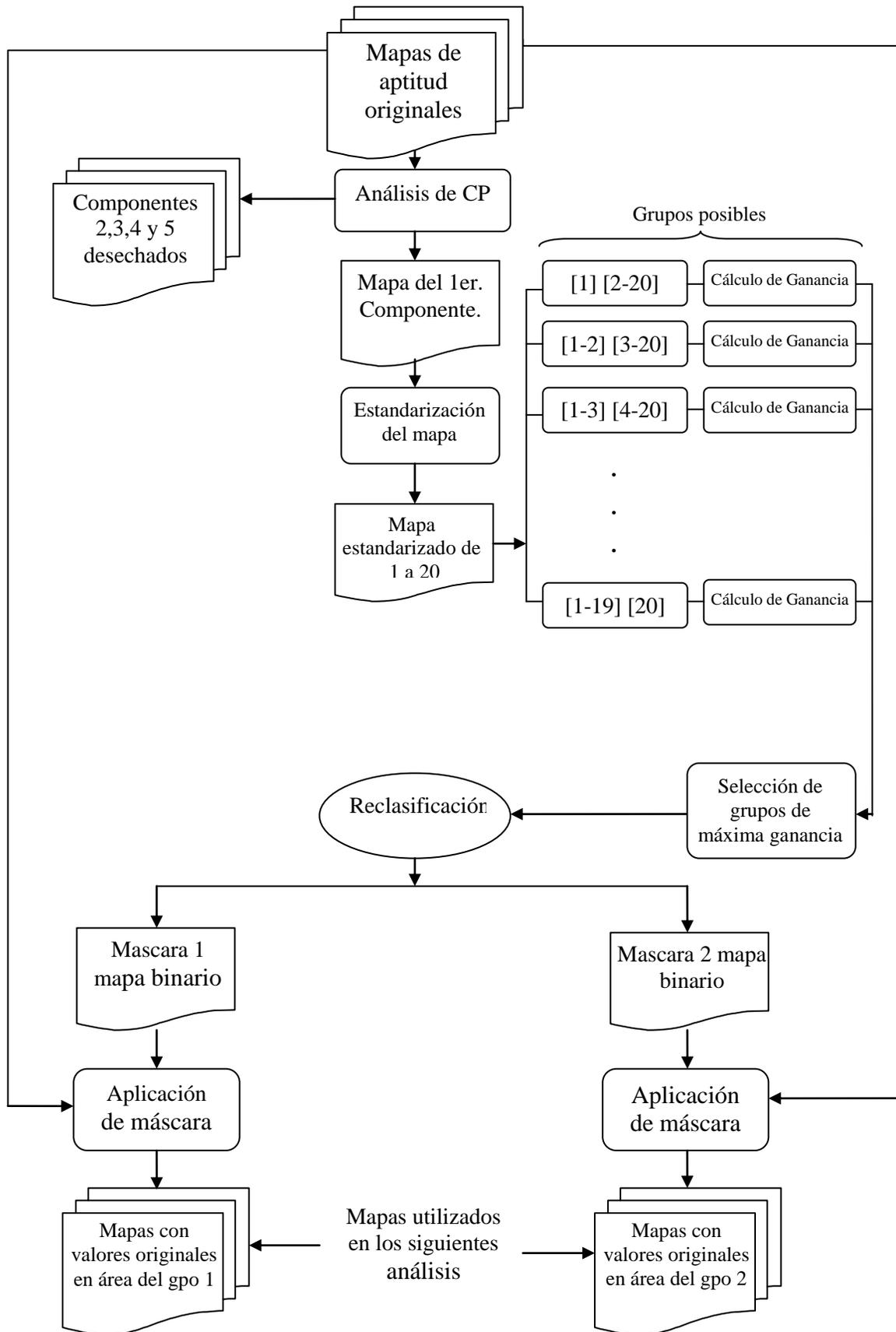


Figura 8. Procedimiento para realizar la división en dos grupos de aptitud (PDGA).

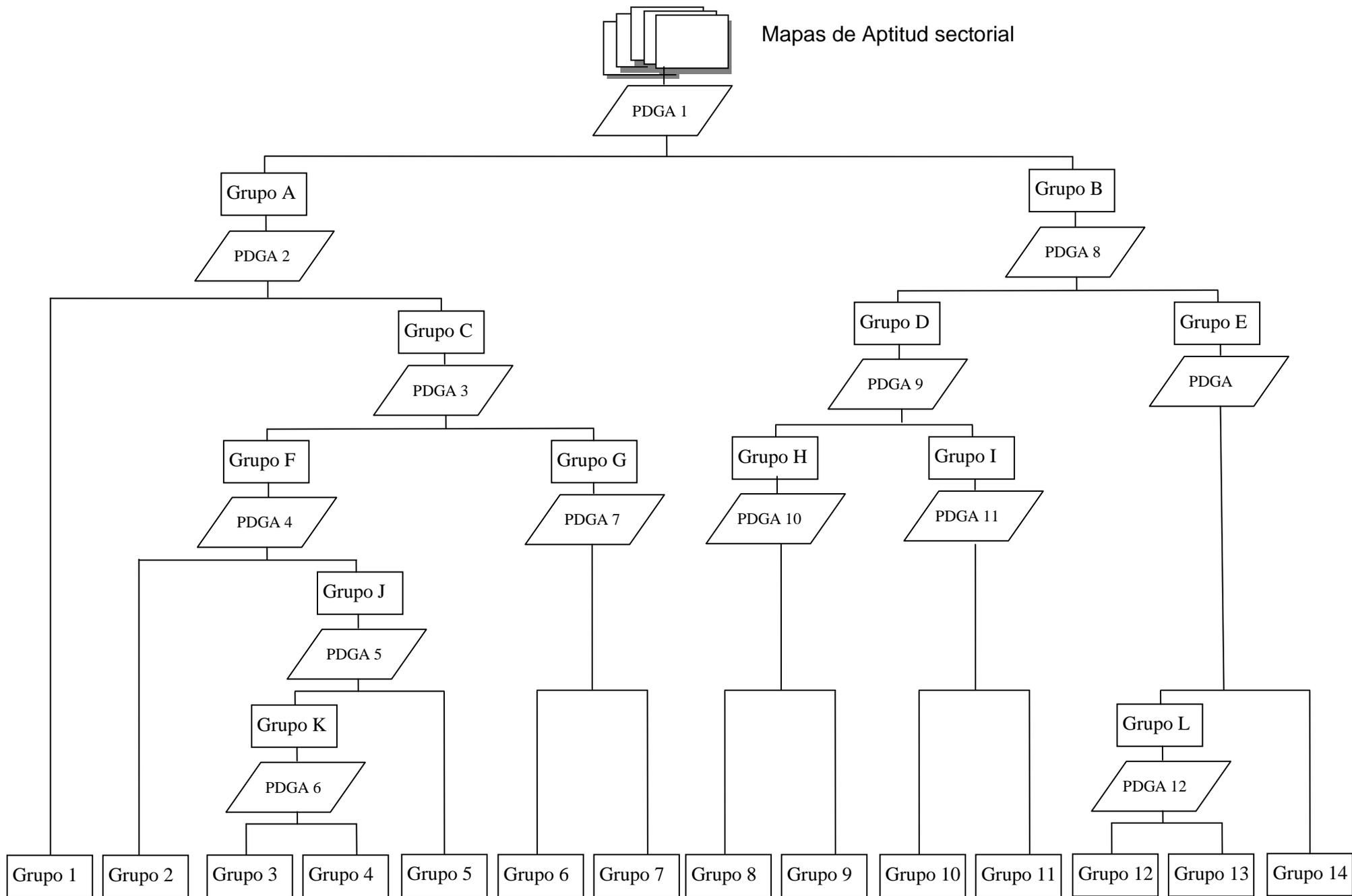


Figura 9. Procedimiento utilizado para la obtención de los grupos de aptitud.

3.4. Conflictos Ambientales

3.4.1. Residuales de Gower

Con el fin de identificar la existencia de conflictos ambientales entre los sectores, una vez generados los grupos de aptitud se analizaron mediante el método propuesto por Bojórquez-Tapia *et al.*, (1994) de residuales de Gower, utilizando para ello la siguiente ecuación:

$$Z_{ij} = X_{ij} - X_i - X_j + X$$

Donde:

Z_{ij} es el residual del grupo i en el sector j , X_{ij} es la aptitud del sector j en el grupo i , X_i es el promedio de aptitud en el grupo i , X_j es el promedio de aptitud del sector j y X es el promedio de aptitud total.

Los residuales de Gower son una representación estadística que sirve para identificar los posibles conflictos ambientales en cada uno de los grupos. Así, un valor positivo de Z con un promedio de aptitud alto para un sector en un determinado grupo indica que el suelo es apto para la actividad, y viceversa cuando se presenta en valores negativos.

De acuerdo a la teoría de Multi-objetivos y al concepto de uso múltiple, los conflictos se localizan examinando cuales de los grupos contienen valores positivos de residuales de Gower para una o más actividades que sean incompatibles.

Para determinar la existencia de conflictos de acuerdo al uso potencial generado, en relación con el uso actual, se realizó un cruce de mapas, utilizando para ello el mapa de vegetación y uso de suelo del INEGI adaptado por la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno del estado de Durango.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Generación de Grupos de Aptitud

La generación de Grupos de Aptitud se realizó mediante un proceso iterativo que involucró 13 procedimientos, lo que permitió generar 14 grupos de aptitud. En el diagrama que se presenta en la Figura 9 se aprecian los números de los análisis realizados para llegar a los grupos de aptitud.

El primer procedimiento, se realizó sobre la totalidad del territorio estatal con los cinco mapas de aptitud sectorial concluidos en la fase de diagnóstico del Ordenamiento Ecológico de Durango (SRNyMA-IPN CIIDIR Unidad Durango, 2006), esto generó dos grupos de pixeles (A y B). Los resultados del análisis de componentes principales realizado sobre los cinco mapas de aptitud sectorial (Cuadro 1) indican que el mapa del primer componente absorbe el 66.82% del total de la varianza, por lo que fue éste el que se extrajo y en el que se realizaron los análisis para su división. Los mapas de los componentes 2, 3, 4 y 5 fueron desechados.

Cuadro 1. Resultados del ACP aplicado a los cinco mapas de aptitud originales.

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	66.82	20.9	9.17	2.52	0.59
eigenval.	12441.68	3891.10	1707.68	469.58	110.17
eigvec.1	0.471238	-0.088604	0.164020	-0.797828	0.326576
eigvec.2	0.582435	-0.554903	-0.525454	0.266180	-0.076800
eigvec.3	0.470125	-0.043238	0.776817	0.348892	-0.227909
eigvec.4	0.295042	0.539103	-0.254316	-0.228849	-0.710823
eigvec.5	0.361437	0.625883	-0.169925	0.344269	0.574663
LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.911680	-0.095863	0.117561	-0.299866	0.059452
Apt. RFNM	0.846595	-0.451068	-0.282961	0.075166	-0.010504
Apt. Ganadería Ext.	0.840459	-0.043228	0.514500	0.121174	-0.038340
Apt. Agric. Riego	0.678229	0.693042	-0.216585	-0.102202	-0.153758
Apt. Agric. Temporal	0.717184	0.694524	-0.124916	0.132713	0.107299

El mapa del primer componente se reescaló a una escala de 1 a 20 y se determinó la frecuencia para cada categoría de píxeles (Cuadro 2 y Figura 10). En el Cuadro 4 se presentan las frecuencias y en la Figura 11 los histogramas de frecuencias para el resto de los análisis realizados.

Cuadro 2. Frecuencia de píxeles del primer componente reescalado a 20 categorías en el primer análisis.

Categoría	Frecuencia de Píxeles
1	149,107
2	100,340
3	78,744
4	261,549
5	537,915
6	952,615
7	1,449,655
8	982,910
9	1,472,943
10	2,213,710
11	1,230,801
12	843,355
13	611,802
14	489,359
15	523,312
16	218,732
17	111,347
18	44,960
19	1,856
20	2

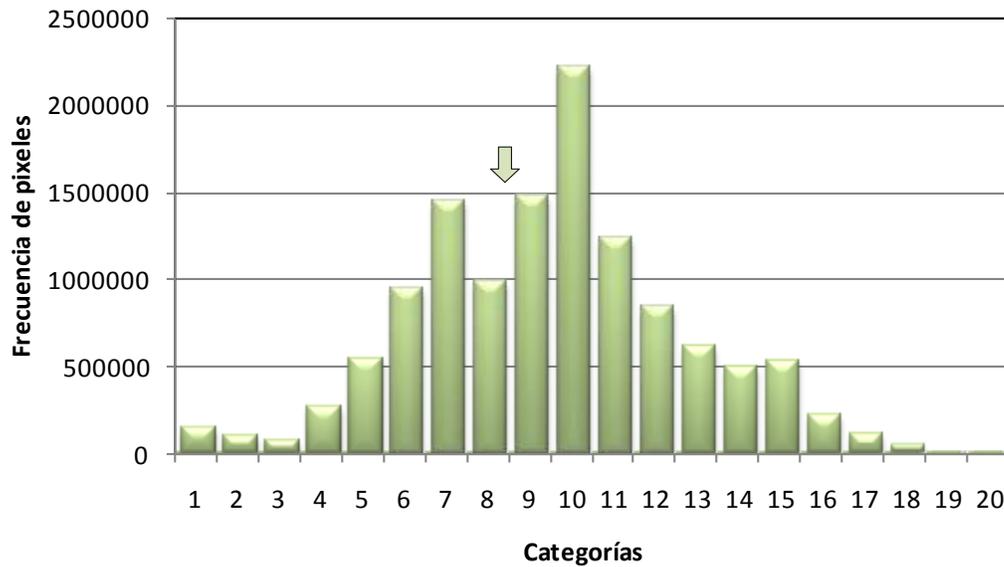


Figura 10. Histograma de la frecuencia de pixeles del primer componente en el primer análisis.

De acuerdo al histograma de frecuencias de la Figura 10, el mapa del primer componente presenta tres puntos en el que puede dividirse para generar los dos grupos, los cuales pueden apreciarse donde existe una marcada diferenciación en la frecuencia de los pixeles. La primera posibilidad es la categoría 3, lo que implicaría agrupar a las categorías 1 a la 3 por un lado y de la 4 a la 20 por otro. La segunda posibilidad es en la categoría 8 y la última en la categoría 14.

Para definir cual es el mejor punto para dividir el mapa, se utilizó el método de ganancia de homogeneidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cálculo de la ganancia de homogeneidad para el primer análisis.

Cat	GRUPO A					GRUPO B					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
						-10	12275014	-1.90E+07	1.52E+08	9.9858	0.0000
1	10	149107	-1491070	14910700	0	-9	12125907	-1.80E+07	1.37E+08	9.2199	0.7659
2	-9	249447	-2394130	23038240	0.2404	-8	12025567	-1.70E+07	1.29E+08	8.8168	0.9285
3	-8	328191	-3024082	28077856	0.6483	-7	11946823	-1.60E+07	1.24E+08	8.5845	0.7530
4	-7	589740	-4854925	40893757	1.5710	-6	11685274	-1.40E+07	1.11E+08	8.0435	0.3713
5	-6	1127655	-8082415	60258697	2.0648	-5	11147359	-1.10E+07	91828091	7.2727	0.6483
6	-5	2080270	-1.30E+07	84074072	2.2854	-4	10194744	-6187334	68012716	6.3030	1.3974
7	-4	3529925	-1.90E+07	1.07E+08	2.4917	-3	8745089	-388714	44818236	5.1230	2.3711
8	-3	4512835	-2.20E+07	1.16E+08	2.8359	-2	7762179	2560016	35972046	4.5255	2.6243
9	-2	5985778	-2.50E+07	1.22E+08	3.5768	-1	6289236	5505902	30080274	4.0164	2.3926
10	-1	8199488	-2.70E+07	1.24E+08	4.5046	0	4075526	7719612	27866564	3.2498	2.2314
11	0	9430289	-2.70E+07	1.24E+08	5.1247	1	2844725	7719612	27866564	2.4319	2.4292
12	1	1.00E+07	-2.60E+07	1.25E+08	5.8133	2	2001370	6876257	27023209	1.6978	2.4747
13	2	1.10E+07	-2.50E+07	1.28E+08	6.5712	3	1389568	5652653	24576001	1.1381	2.2765
14	3	1.10E+07	-2.30E+07	1.32E+08	7.4309	4	900209	4184576	20171770	0.7998	1.7551
15	4	1.20E+07	-2.10E+07	1.40E+08	8.6387	5	376897	2091328	11798778	0.5158	0.8313
16	5	1.20E+07	-2.00E+07	1.46E+08	9.2965	6	158165	997668	6330478	0.2366	0.4528
17	6	1.20E+07	-1.90E+07	1.50E+08	9.7403	7	46818	329586	2321986	0.0382	0.2073
18	7	1.20E+07	-1.90E+07	1.52E+08	9.9735	8	1858	14866	118946	0.0011	0.0112
19	8	1.20E+07	-1.90E+07	1.52E+08	9.9858	9	2	18	162	0.0000	0.0000
20	9	1.20E+07	-1.90E+07	1.52E+08	9.9858	10	0	0	0	0.0000	0.0000
	10	1.20E+07	-1.90E+07	1.52E+08	9.9858						0

El punto en el que se divide el grupo es donde se presenta la mayor ganancia de homogeneidad; en este primer análisis, la categoría donde se obtuvo ésta fue en la no. 8 con una ganancia de 2.6243, por lo que el primero de los grupos (A) fue reclasificado con las categorías del 1 al 8 y el segundo grupo (B) con las categorías 9 a la 20.

El grupo A integró la mayoría de las áreas agrícolas, los pastizales inducidos, los cuerpos de agua, las áreas urbanas y áreas sin aptitud o con aptitud muy baja para cualquier sector, mientras que el grupo B quedó integrado por el resto del territorio del estado con diferentes niveles aptitud para los diferentes sectores.

Cuadro 4. Frecuencia de pixeles por categoría para cada uno de los mapas del primer componente extraído y reescalado en cada uno de los procedimientos realizados.

Categoría	Frecuencias de pixeles en cada uno de los procedimientos realizados											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14447	54630	38226	10299	2853	7617	1323057	53534	42639	35731	16125	2728
2	36675	36518	94964	49827	22006	0	1280629	56414	10418	50268	136582	3107
3	35665	32525	146594	22718	81611	7444	1159982	109806	8935	91943	223961	47231
4	97701	60791	159728	20016	71617	3278	757804	126669	33642	201457	207765	67684
5	52189	115340	154504	56608	53484	490	599224	181347	21310	153181	208670	109465
6	24425	231154	188520	66658	95044	24	452293	388548	59571	156060	222757	143645
7	62394	333056	104904	95168	52400	567	369231	472581	79765	142825	221474	133299
8	54334	455813	64224	102574	34397	11880	337685	712704	117972	191097	182414	121341
9	121222	507221	112199	133476	8759	49568	276603	810051	181006	123566	111881	91758
10	304654	421532	145721	228329	1092	111364	278988	752009	230840	128377	76630	119461
11	492530	385150	157800	258596	13450	138435	309169	543712	376238	115065	51874	125381
12	818475	399310	217035	224461	64807	98193	259906	469080	354235	144364	47631	127891
13	568973	274269	362589	169380	109234	43514	143364	383685	509631	76720	45887	124029
14	530120	227151	335317	291670	94998	57479	74712	316949	434861	60263	32510	90396
15	393404	161096	381020	373126	74806	71136	66441	230007	557564	31819	23790	99099
16	292897	143399	435177	167777	92358	51068	49446	194049	425700	16242	7377	77372
17	198372	159957	164038	99325	198065	37560	20218	116525	501372	7814	2221	61456
18	235172	175773	145001	121180	149132	42619	3229	20452	207500	5223	394	44375
19	179179	101470	124739	91191	47932	9255	196	4097	51951	2744	15	18526
20	7	3	2160	417	685	207	2	1	2225	86	1	15

El segundo procedimiento (PDGA 2) se realizó utilizando como máscara los pixeles del grupo A generados en el primer análisis. Éstos, como se describió anteriormente, se multiplicaron por los mapas de aptitud original para obtener mapas con valores de aptitud únicamente en los pixeles del grupo A, el resto presenta un valor de cero. Con éstos mapas se realizó el análisis de componentes principales y se extrajo el mapa de primer componente. En este análisis el primer componente absorbió solo el 50.28% de la varianza total, lo cual es atribuible a que la variabilidad total disminuyó después de haber realizado el primer análisis. En la Figura 11a se presenta el histograma de frecuencias del mapa reescalado del primer componente de éste análisis.

Este segundo análisis generó dos nuevos grupos, dividiendo el mapa del primer componente en la categoría 5 donde se obtuvo una ganancia de homogeneidad de 3.00. El primer grupo se integró por los pixeles de las categorías 1 a la 5 que

corresponden a áreas sin aptitud o con aptitud muy baja para todos los sectores. Este grupo, nombrado como grupo 1, se consideró como el primer grupo homogéneo, dado que la ganancia de homogeneidad que se presentaba al tratar de dividirlo fue mínima. El otro grupo generado, fue nombrado como grupo C y agrupó los pixeles con las categorías 6 a la 20 y en el cual se agruparon pixeles con diferentes niveles de aptitud para ganadería, agricultura de riego, agricultura de temporal y ganadería extensiva.

Para el tercer procedimiento (PDGA 3), que se realizó utilizando los pixeles del grupo C, la varianza absorbida por el mapa del primer componente, al igual que en el análisis anterior, fue muy baja al absorber solo el 50.83%; esto es atribuible a que proviene del mismo grupo de pixeles. Aquí, la división del componente fue en la categoría 14, al obtener la mayor ganancia de homogeneidad con 5.25. Así, el primer grupo (F) estuvo integrado con las categorías 1 a la 14 y el segundo (G) se compuso con las categorías 15 a la 20. En el grupo F quedaron integradas áreas con bajos niveles de aptitud para agricultura de riego y de temporal, para aprovechamiento de recursos forestales no maderables y para ganadería, mientras que el grupo G agrupó áreas con mayor aptitud para ganadería y para agricultura de riego y de temporal.

El siguiente análisis (PDGA 4) se realizó sobre los pixeles del grupo F, que se dividió en la categoría 8 al obtener la mayor ganancia de homogeneidad, con 13.57, generando dos nuevos grupos, uno de ellos considerado como el segundo grupo homogéneo (grupo 2) dentro del cual quedaron los pixeles de las categorías 1 a la 8 con un nivel de aptitud bajo para realizar agricultura de riego y de temporal. El segundo grupo generado en este análisis fue el grupo J integrado por las categorías 9 a la 20 en el que se agruparon áreas con aptitud baja para ganadería y para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. El porcentaje de varianza absorbida por el mapa utilizado fue de 53.81% del total.

Este último grupo (J), se volvió a dividir mediante un nuevo procedimiento (PDGA 5), en el cual, el análisis de componentes principales calculado indica que el primer componente absorbe un 70.39% del total de la varianza. La división fue en la categoría 12 con una ganancia de 4.66 lo cual permitió dividir áreas con diferentes niveles de aptitud para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. El primer grupo generado con las categorías 1 a la 12 (grupo K) se integró con pixeles de niveles bajos para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables. Sin embargo también agrupó áreas con cierto nivel de aptitud para la ganadería, por lo que fue necesario someterlo a un nuevo análisis para tratar de separar éstas actividades. El segundo grupo, que se formó por las categorías 13 a la 20, agrupó áreas con niveles medios para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables, siendo el grupo 5 un nuevo grupo homogéneo.

Con los pixeles del grupo K se realizó el sexto análisis (PDGA 6) extrayendo el primer componente que absorbió el 73.46% de la varianza total y fue dividido a partir de la categoría 10 al tener la mayor ganancia de homogeneidad con 21.20, generando dos grupos homogéneos, el grupo 3 con las categorías 1 a la 10 que estuvo integrado por áreas de aptitud baja para aprovechamiento de recursos forestales no maderables y el grupo 4, agrupando las categorías 11 a la 20 siendo áreas aptas para la ganadería extensiva.

Para realizar el siguiente análisis (PDGA 7) se utilizaron las áreas del grupo G generado durante el PDGA 3. El primer componente extraído absorbió el 79.14% y fue dividido en la categoría 14, donde se obtuvo una ganancia de 3.39, para obtener dos nuevos grupos homogéneos, el grupo 6 (con categorías 1 a 14) con áreas de aptitud alta para realizar ganadería y el grupo 7 (con las categorías 15 a la 20) con áreas de aptitud alta para realizar agricultura de riego y de temporal.

La tendencia de los análisis anteriores, los cuales fueron derivados del grupo A generado en el primer análisis, fue agrupar áreas con tendencias de aptitud para un solo sector ó áreas sin aptitud o de aptitud baja para todos los sectores.

Mientras que para los siguientes análisis, los cuales se derivaron del grupo B del mismo análisis, la tendencia en los procedimientos realizados fue ir agrupando áreas con niveles de aptitud similares para varios sectores.

Así el PDGA 8 se realizó sobre los pixeles que se agruparon en el primer análisis en el grupo B. En este análisis el primer componente absorbió el 78.38% de la varianza total y fue dividido agrupando en el primer grupo las categorías 1 a la 8 (grupo D) y el segundo grupo con las categorías 9 a 20 (grupo E), en la categoría 8 se obtuvo una ganancia de 5.86, siendo la mayor que se obtuvo en el análisis.

El PDGA 9 se realizó sobre el grupo D, donde el primer componente absorbió el 73.06% de la varianza total y fue dividido a partir de la categoría 11 con una ganancia de 3.43, siendo el grupo H integrado por las categoría 1 a la 11 y el grupo I por las categorías 12 a la 20.

El siguiente análisis (PDGA 10) se realizó en el área ocupada por el grupo H, y donde el primer componente absorbió el 71.58% de la varianza total y fue dividido en dos grupos homogéneos (Grupos 8 y 9) quedando el primer grupo integrado por las categorías 1 a la 14 y el segundo de la 15 a la 20. Los niveles de aptitud para estos dos grupos resultaron bajos para los sectores de aprovechamiento forestal no maderable, ganadería y agricultura de temporal.

El siguiente análisis (PDGA 11) se realizó en el área ocupada por el grupo I, generando otros dos grupos homogéneos, los grupos 10 y 11. Aquí el primer componente absorbió el 81.21% de la varianza total y fue dividido en la categoría 8. La aptitud de los grupos generados fue para los sectores forestal maderable y forestal no maderable en diferente nivel para uno y otro grupo.

El PDGA No. 12 se realizó sobre el área ocupada por el grupo E generado durante el PDGA 8. El análisis de componentes principales en este grupo generó el primer componente con un 96.76% de la varianza total y fue dividido en la categoría 10. El primero de los grupos (grupo L) estuvo integrado por las categorías 1 a la 10, mientras que el segundo de los grupos, considerado como grupos homogéneo (Grupo 14) se compuso de las categorías 11 a la 20. El nivel de aptitud para este grupo es alto para la todos los sectores.

El último análisis se realizó sobre el grupo L del cual se generaron los últimos dos grupos homogéneos (12 y 13). Aquí el primer componente absorbió el 96.66% de la varianza total y la división del grupo fue en la categoría 9. El grupo 12 presenta aptitud baja para todos los sectores mientras que el grupo 13 presenta aptitud media también para todos los sectores.

En el anexo 1 se presentan los cuadros de resultados con las estadísticas del análisis de componentes principales realizados en cada uno de los procedimientos y en el anexo 2 se encuentran los resultados del cálculo de la ganancia de homogeneidad que indican en cual categoría se obtuvo la mayor ganancia en cada uno de los procedimientos.

Los histogramas de frecuencias para cada uno de los análisis realizados se presentan a continuación

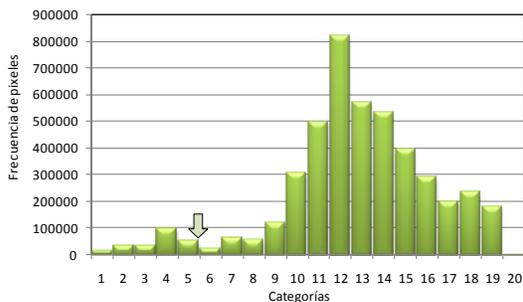


Figura 11a. Histograma de frecuencias para el segundo análisis.

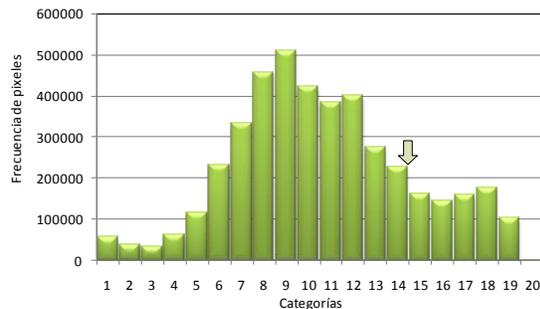


Figura 11b. Histograma de frecuencias para el tercer análisis.

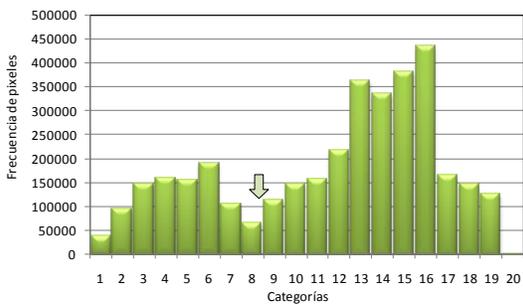


Figura 11c. Histograma de frecuencias para el cuarto análisis.

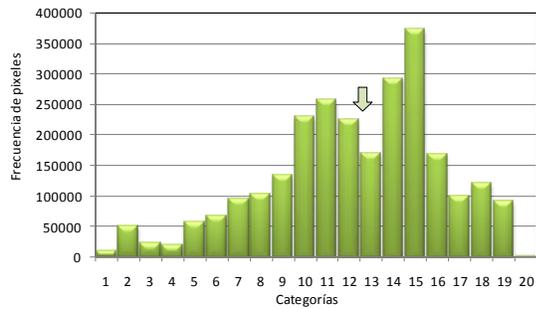


Figura 11d. Histograma de frecuencias para el quinto análisis.

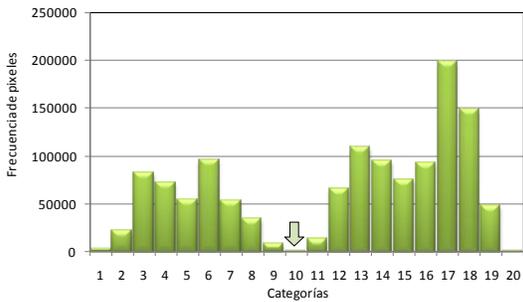


Figura 11e. Histograma de frecuencias para el sexto análisis.

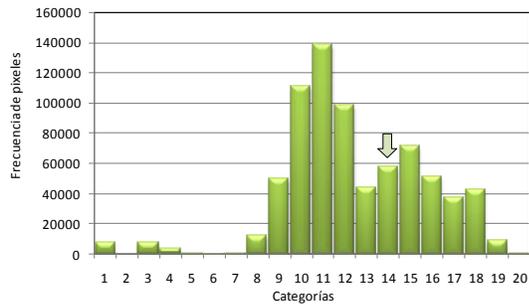


Figura 11f. Histograma de frecuencias para el séptimo análisis.

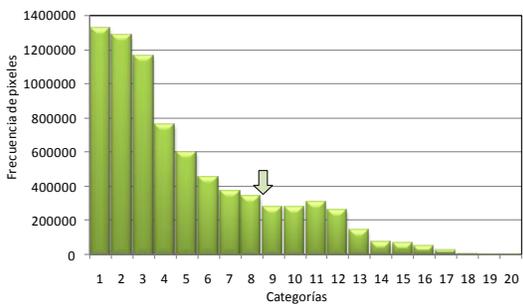


Figura 11g. Histograma de frecuencias para el octavo análisis.

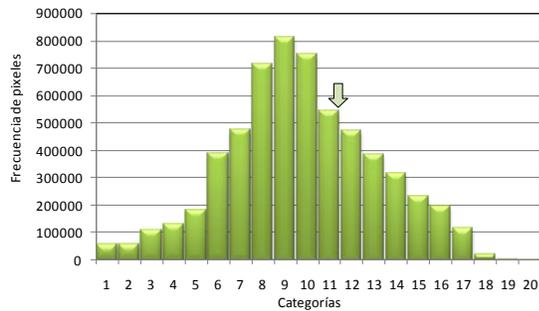


Figura 11h. Histograma de frecuencias para el noveno análisis.

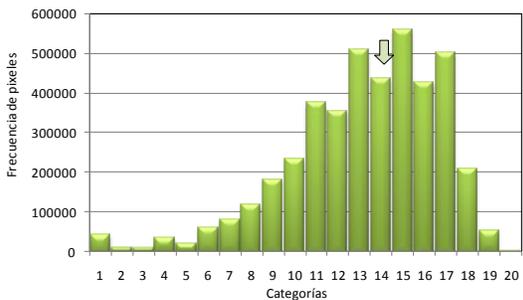


Figura 11i. Histograma de frecuencias para el décimo análisis.

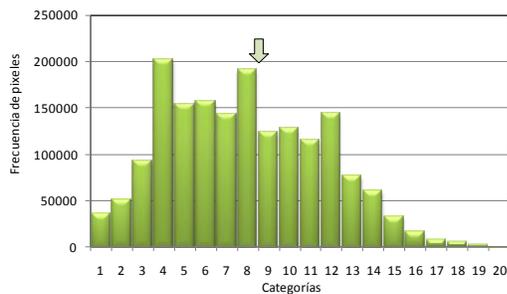


Figura 11j. Histograma de frecuencias para el onceavo análisis.

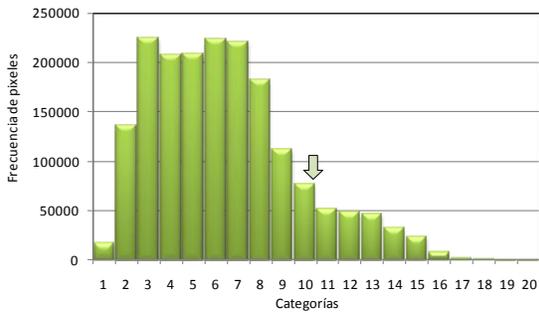


Figura 11k. Histograma de frecuencias para el doceavo análisis.

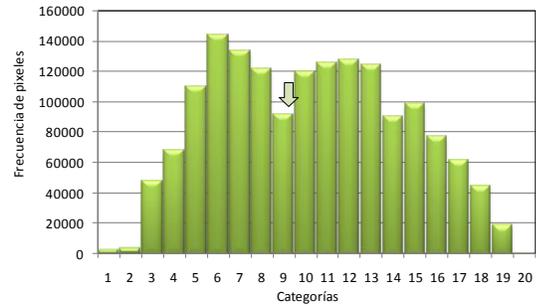


Figura 11l. Histograma de frecuencias para el treceavo análisis.

Figura 11. Histogramas de frecuencia para los procedimientos realizados

4.2. Descripción de los Grupos de Aptitud

En el Cuadro 5 se presentan los valores promedio de aptitud en cada uno de los sectores para los 14 grupos generados así como la superficie de cada uno de ellos y la Figura 13 muestra el mapa con la distribución espacial de los grupos de aptitud. Para realizar la descripción de los niveles de aptitud que presentan los grupos se consideró la escala de aptitud Utilizada en el Ordenamiento Ecológico de Durango, realizado por la SRNyMA y el IPN-CIIDIR Unidad Durango donde valores por debajo de 102 se consideran como no aptos, de 103 a 153 valores de aptitud baja, de 154 a 204 valores de aptitud media y los valores por arriba de los 205 como valores de aptitud alta.

Cuadro 5. Aptitud promedio por sector y por grupo.

Grupo	Sector					Promedio	Superficie (ha)
	RFM	RFNM	Agric. Riego	Agric. Temporal	Ganadería Ext.		
1	72.704918	4.507526	3.555435	5.571694	13.150999	19.8981144	218,895
2	81.021558	8.434544	114.67796	122.043938	17.209135	68.677427	964,243
3	78.471103	127.196168	25.261745	27.479168	42.507722	60.1831812	405,092
4	95.331987	5.079364	7.38665	9.732177	175.52626	58.6112876	871,679
5	93.885661	158.674777	3.151125	4.24079	72.711927	66.532856	1,321,374
6	94.08218	52.195067	83.034497	100.501381	175.942974	101.1512198	1,505,341
7	114.563344	1.454582	188.853394	195.338686	5.411854	101.124372	325,334
8	94.296703	150.331858	49.138375	60.852693	103.993156	91.722557	2,171,639
9	102.980298	183.719021	39.887255	48.386479	105.722634	96.1391374	990,028
10	97.825258	177.286534	91.68222	109.801166	89.79472	113.2779796	457,297
11	155.698264	163.753546	51.344171	62.324519	113.166042	109.2573084	1,265,799
12	125.071716	173.984961	98.997914	121.351311	129.889911	129.8591626	696,648
13	165.388833	188.45778	107.339097	129.847284	131.111448	144.4288884	888,226
14	203.950986	192.63178	139.678739	168.385432	133.406378	167.610663	203,862
Promedio	112.5194864	113.4076791	71.71346979	83.27547986	93.53894	94.89101103	

El grupo 1 quedó comprendido por un total de 218,895 ha, lo que representa el 1.78% de la superficie total del estado. Se encuentra en algunas porciones del centro y este del estado, ocupando áreas con asentamientos humanos, cuerpos de agua y áreas sin vegetación aparente. La aptitud promedio del grupo fue del 19.90 lo que indica que la totalidad de la superficie corresponde a áreas que no presentan aptitud para ninguna actividad. El sector que mayor aptitud presentó fue el forestal maderable con un promedio de 72.70, y el de menor aptitud fue el de agricultura de riego con 3.55 en promedio. El promedio de aptitud para el resto de los sectores osciló entre los 4.5 y 13.15, valores que de acuerdo a la escala propuesta se consideran como no aptos.

El grupo 2 ocupa una superficie de 964,243 ha que representa el 7.85% de la superficie estatal. Las mayores superficies del grupo se ubican en la región de los valles y los llanos del estado y en la Comarca Lagunera; sin embargo también ocupa importantes regiones en el semidesierto Duranguense, principalmente en los municipios de Tlahualilo y Mapimí. El grupo está integrado por pixeles que

presentan aptitud baja para realizar agricultura de riego y de temporal, ya que presentan promedios de 114.67 y 122.04 respectivamente mientras que la aptitud promedio para todos los demás sectores es aún menor con valores que oscilan entre los 8 y 80, los cuales son considerados como valores no aptos.

El grupo 3 ocupa una superficie de 405,092 ha que representan el 3.30 del total estatal. La superficie del grupo se distribuye principalmente en algunos manchones en los municipios de Lerdo, Tlahualilo y Mapimí; y otros de menor tamaño en la región de las Quebradas. Está integrado principalmente por áreas con aptitud baja para realizar aprovechamiento de recursos forestales no maderables, al presentar un promedio de 127.19, mientras que los valores para los restantes sectores fueron menores: de 78.47 para forestal maderable, 42.50 para la ganadería extensiva, 25.26 para agricultura de riego y 27.48 para agricultura de temporal.

El grupo 4, que ocupa una superficie total de 871,679 ha, que equivalen al 7.10% del total estatal, se distribuye principalmente en los valles y llanuras del centro y norte del estado. Este grupo integró píxeles con una marcada tendencia de aptitud para la ganadería, al presentar un promedio de 175.69. El promedio de aptitud para aprovechamiento forestal maderable fue de 95.32, mientras que para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables y para agricultura de riego y de temporal la aptitud es nula, con valores promedio de 5 a 9.

El grupo 5 ocupó una superficie total de 1,321,374 ha, correspondiente al 10.76% del total estatal, distribuidas principalmente en el este del estado, ocupando importantes áreas en los municipios de Nazas, Lerdo y San Juan de Guadalupe, norte de Cuencamé y Simón Bolívar y el sur de Mapimí. Dentro de este grupo se integraron píxeles con aptitudes medias para realizar aprovechamiento de recursos forestales no maderables al presentar un promedio de 158.39, mientras que el resto de los sectores se presentan aptitudes no aptas con valores promedio por debajo del 100.

El grupo 6 ocupa una superficie de 1'505,341 ha correspondiente al 12.25% del total estatal y está distribuido principalmente en el norte del estado en los municipios de Indé, Hidalgo, El Oro y Ocampo, y en el sureste en los municipios de Cuencamé, Poanas. Está integrado por áreas con aptitud para el sector ganadería extensiva con valores promedio de aptitud de 175.94. Otro sector que presenta un valor muy bajo de aptitud es el de agricultura de temporal con un valor promedio de 100.50, mientras que los sectores forestal maderable, forestal no maderable y agricultura de riego presentan valores por debajo de los 100.

El grupo 7, que ocupa una superficie total de 325,334 ha correspondiente al 2.65% del territorio estatal, se distribuye en algunos lugares muy puntuales del estado, en el municipio de Gómez Palacio de la Región Lagunera, en el Valle del Guadiana del Mpio. De Durango, en el Valle de Poanas, en los Llanos del Mpio. de Guadalupe Victoria y en el Valle de los municipios de Canatlán y Nuevo Ideal. Agrupa píxeles con aptitudes medias y altas para realizar agricultura tanto de riego como de temporal al presentar valores promedios de aptitud de 188.85 y 195.33 respectivamente. El promedio de aptitud para ganadería es de 5.41, para aprovechamiento de recursos forestales no maderables es de 1.45, es decir, nula; mientras que para aprovechamiento de recursos forestales maderables se considera baja con un valor de 114.56.

El grupo 8 representa el 17.68% de la superficie estatal con una superficie de 2'171,639 ha, que convierte a este grupo en el de mayor extensión de los 14 grupos generados. La mayor superficie de este grupo se ubica en la región de las Quebradas del estado en la vertiente occidental de la Sierra Madre. Sin embargo también ocupa importantes áreas en toda la región oriental del estado. La aptitud del grupo, aunque baja, puede ser para dos sectores: para aprovechamiento de recursos forestales no maderables y para ganadería extensiva, con valores promedio de 150.33 y 103.99 respectivamente, mientras que los otros tres sectores presentan valores por debajo de los 100.

El grupo 9 ocupa una extensión territorial de 990,028 ha que representa el 8.06% del total de la superficie estatal. Se distribuye en pequeños manchones en todo el estado pero principalmente en la región de las quebradas. El valor más alto de aptitud en este grupo lo presenta el sector de aprovechamiento forestal no maderable con un promedio de 183.71. El promedio para ganadería extensiva es de 105.72 mientras que para el aprovechamiento forestal maderable es de 102.98. Los valores para agricultura tanto de riego como de temporal presentaron valores promedio por debajo del 50.

El grupo 10 ocupa una superficie de 457,297 ha que representan el 3.72% del total de la entidad. Se localiza principalmente en el oriente del estado en la región semidesértica de los municipios San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar y Mapimí. El sector con mayor aptitud en este grupo fue el de aprovechamiento de recursos forestales no maderables con un promedio de 177.83, seguido por el sector de agricultura de temporal con un valor promedio de 109.80. Los demás sectores presentan valores no aptos con promedios menores de 100.

El grupo 11, con una superficie total de 1'265,799 ha, ocupa el 10.30% de la superficie total del estado; se distribuye principalmente en la región de la Sierra Madre Occidental. Los sectores que presentan mayor aptitud en este grupo son los de aprovechamiento forestal maderable y no maderable con valores promedio de 155.69 y 163.75 respectivamente, mientras que el sector de ganadería extensiva presenta un promedio de 113.66. Los sectores agrícolas de riego y de temporal presentan valores promedio de 51.34 y 62.32 respectivamente.

El grupo 12 ocupa una superficie total de 696,648 ha que representan el 5.67% del total estatal. La distribución espacial del grupo en el estado es en algunas regiones de las principales sierras. Este grupo se caracterizó porque presentó valores similares para todos los sectores teniendo una tendencia hacia las aptitudes bajas, siendo el sector de agricultura de riego el que menor aptitud

presenta con un promedio de 98.99 y el de mayor aptitud el de aprovechamientos no maderables con un promedio de 173.98. El sector agricultura de temporal tuvo un promedio de 121.35, el forestal maderable 125.07 y el de ganadería extensiva con un valor de 129.88.

El grupo 13, que ocupó una superficie de 888,226 ha equivalente al 7.23% del total estatal, se ubica también sobre la Sierra Madre Occidental ocupando importantes áreas en los municipios de San Dimas, Durango, Pueblo Nuevo, Santiago Papasquiario, Tepehuanes y Guanaceví. Los valores de aptitud en este grupo fueron de aptitud media para algunos de los sectores, siendo el sector de aprovechamiento forestal no maderable el que presenta el mayor promedio con 188.45, seguido por el sector forestal maderable con un promedio de 165.38, el de ganadería presentó un valor de 131.11, el de agricultura de temporal de 129.84 y el de agricultura de riego de 107.34.

El grupo 14 resultó ser el de menor extensión, con tan solo el 1.66% de la superficie total de estado (203,862 ha), se ubicó también en la Sierra Madre Occidental en algunos sitios muy puntuales de los municipios de Pueblo Nuevo, Santiago Papasquiario, San Dimas, Tepehuanes y Guanaceví. Este grupo se caracterizó por ser el que mayor aptitud con un promedio para todos los sectores de 167.61, por lo que pueden considerarse como las mejores tierras del estado. El sector forestal maderable es el que presenta el mayor promedio con 203.95 seguido por el sector forestal no maderable con 192.63, el sector agricultura de temporal presenta un valor de 168.38, el de ganadería extensiva tiene un promedio de 133.40 y el de agricultura de riego 139.67.

El mapa con los catorce grupos de aptitud se presenta en la Figura 12

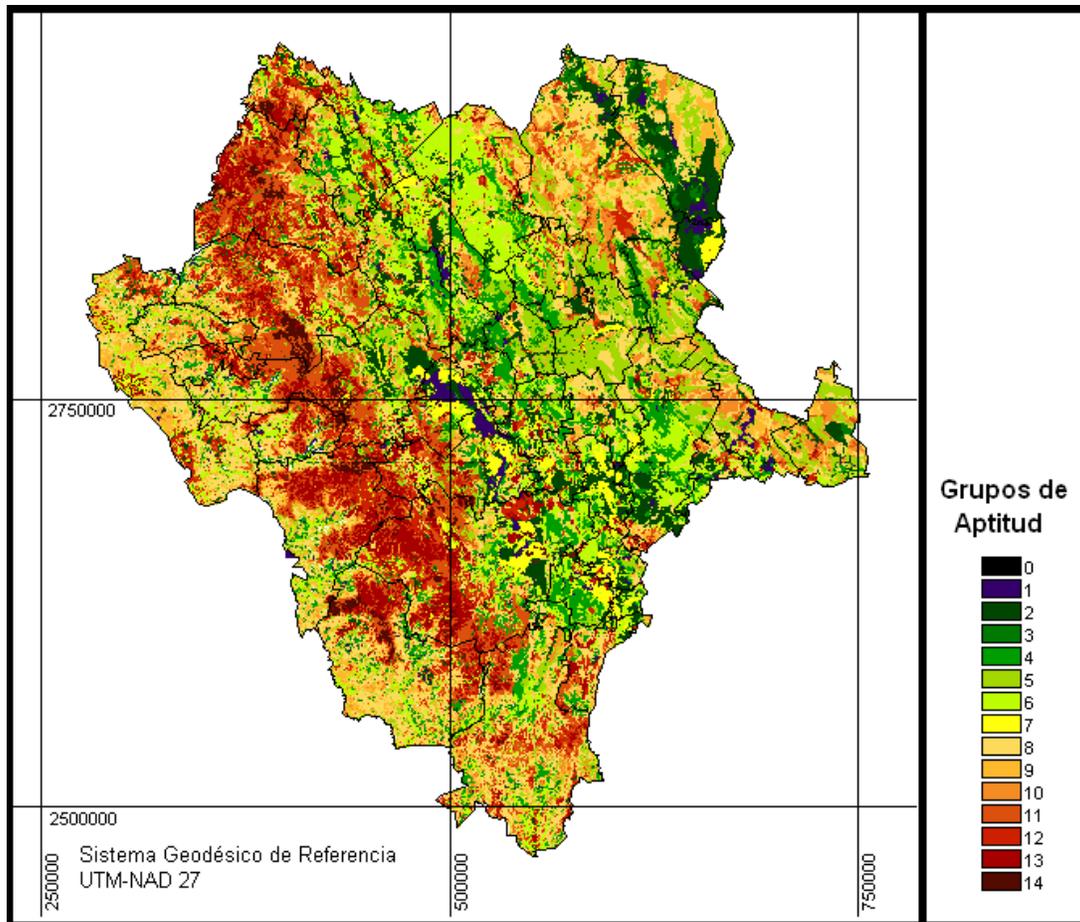


Figura 12. Mapa con los 14 grupos de aptitud generados.

4.3. Definición del uso de suelo potencial

Uno de los objetivos del presente estudio fue encontrar un patrón óptimo de ocupación del territorio, lo cual se obtiene al comparar de manera simultánea, los residuales de Gower (Cuadro 6 y Figuras 13, 14 15 y 16) y los valores de aptitud promedio de los cinco sectores en cada uno de los grupos. Los residuales de Gower son una transformación de los valores de aptitud a una escala de valores positivos y negativos, de este modo, entre mayor sea el valor del residual para una actividad (es decir, más alta sea la barra en el sentido positivo), es mayor la aptitud del grupo para soportar dicho uso; al contrario, entre menor sea el valor del residual (esto es, más baja sea la barra en el sentido negativo), es menor la aptitud del grupo para tal actividad.

Así, por ejemplo, en el grupo 1, aunque los sectores forestal maderable y agricultura de riego presentan valores residuales positivos; se determina que el suelo en cuestión no es apto para tales actividades ya que los promedios de aptitud para estos dos sectores son muy bajos, 72.7 y 3.55 respectivamente. Los residuales negativos para el resto de los sectores indican, independientemente del promedio de sus valores de aptitud, que las áreas en cuestión tampoco son aptas para las actividades de dichos sectores.

Otro ejemplo es el caso del grupo 14, mencionado anteriormente como las mejores tierras del estado por presentar valores de aptitud para todos los sectores por arriba de 133. Sin embargo, los residuales de Gower dan valores positivos solamente para los sectores forestal maderable, no maderable y agricultura de temporal, los cuales son los que presentan los valores promedios de aptitud más altos, por lo que se determina que el grupo es apto para cualquiera de estas tres actividades; mientras que para los sectores de ganadería y de agricultura de riego, aún cuando presentan valores de aptitud que podrían considerarse buenos, los residuales de Gower son negativos, por lo que se determina que las tierras del grupo no son aptas para estas dos actividades.

Bajo estas consideraciones, en el Cuadro 7 se indica el mejor uso que deberían tener las tierras relacionadas con cada uno de los 14 grupos de aptitud generados, de acuerdo a sus valores promedio de aptitud y a los residuales de Gower; en la figura 17 se presenta el mapa de uso de suelo potencial resultante de este estudio.

Cuadro 6. Residuales de Gower para los grupos generados.

Grupo	Sector				
	RFM	RFNM	Agric. Riego	Agric. Temporal	Ganaderia Ext
1	35.2	-33.9	6.8	-2.7	-5.4
2	-5.3	-78.8	69.2	65.0	-50.1
3	0.7	48.5	-11.7	-21.1	-16.3
4	19.1	-72.0	-28.0	-37.3	118.3
5	9.7	73.6	-40.2	-50.7	7.5
6	-24.7	-67.5	5.1	11.0	76.1
7	-4.2	-118.2	110.9	105.8	-94.4
8	-15.1	40.1	-19.4	-19.3	13.6
9	-10.8	69.1	-33.1	-36.1	10.9
10	-33.1	45.5	1.6	8.1	-22.1
11	28.8	36.0	-34.7	-35.3	5.3
12	-22.4	25.6	-7.7	3.1	1.4
13	3.3	25.5	-13.9	-3.0	-12.0
14	18.7	6.5	-4.8	12.4	-32.9

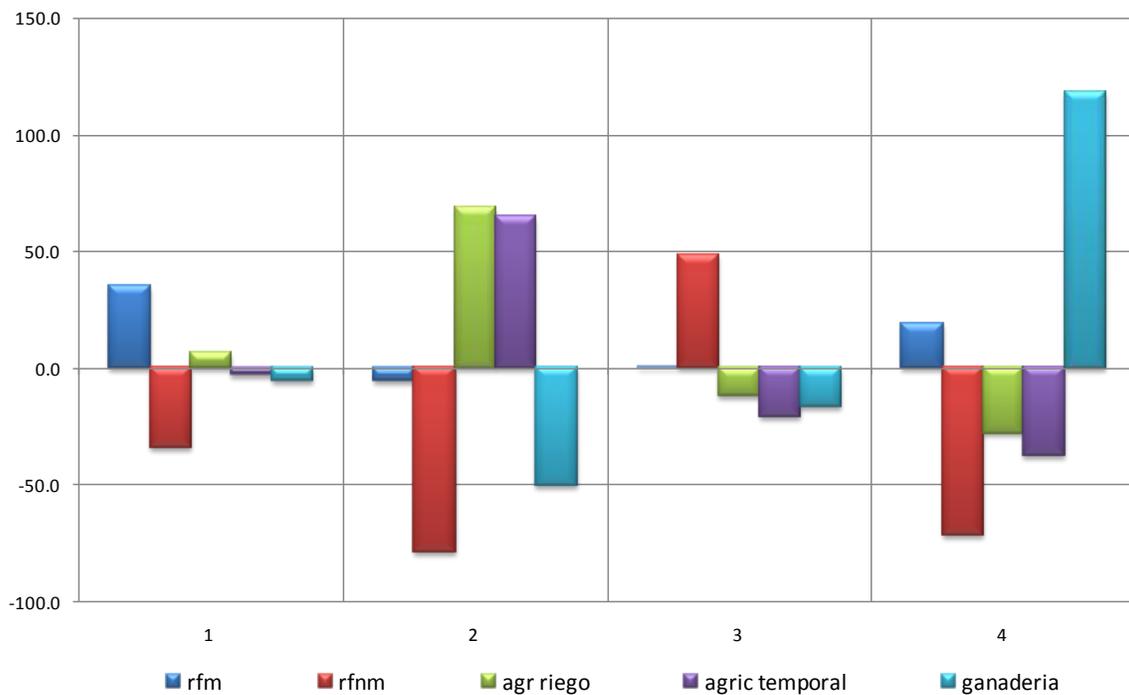


Figura 13. Residuales de Gower de los grupos 1 al 4

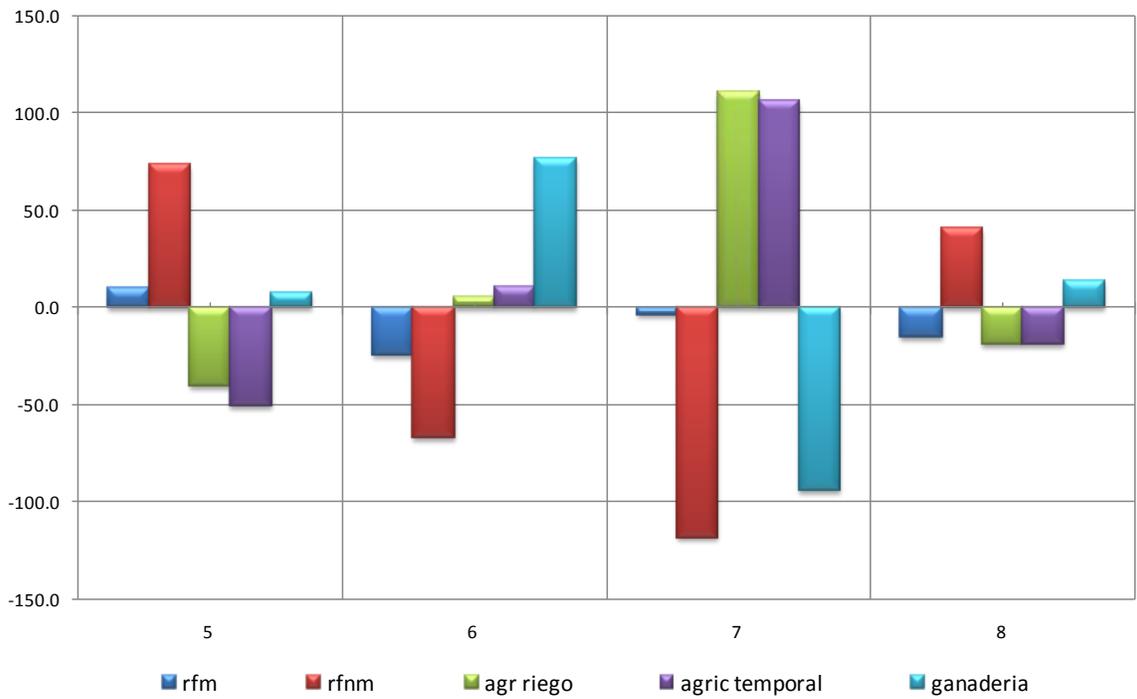


Figura 14. Residuales de Gower de los grupos 5 al 8

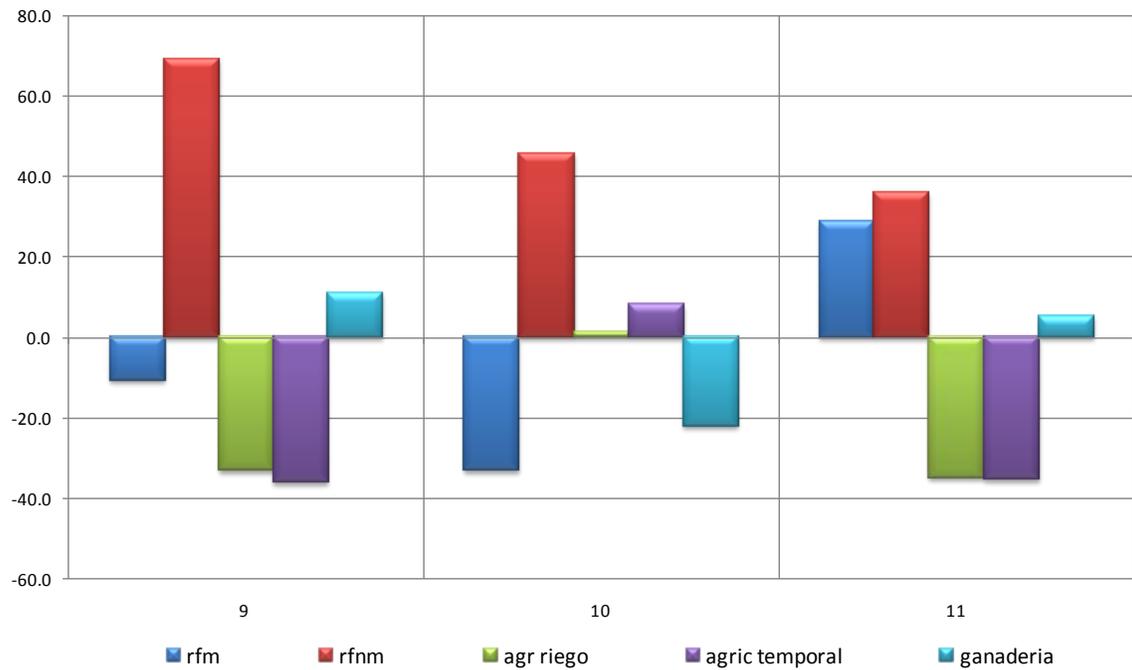


Figura 15. Residuales de Gower de los grupos 9 al 11

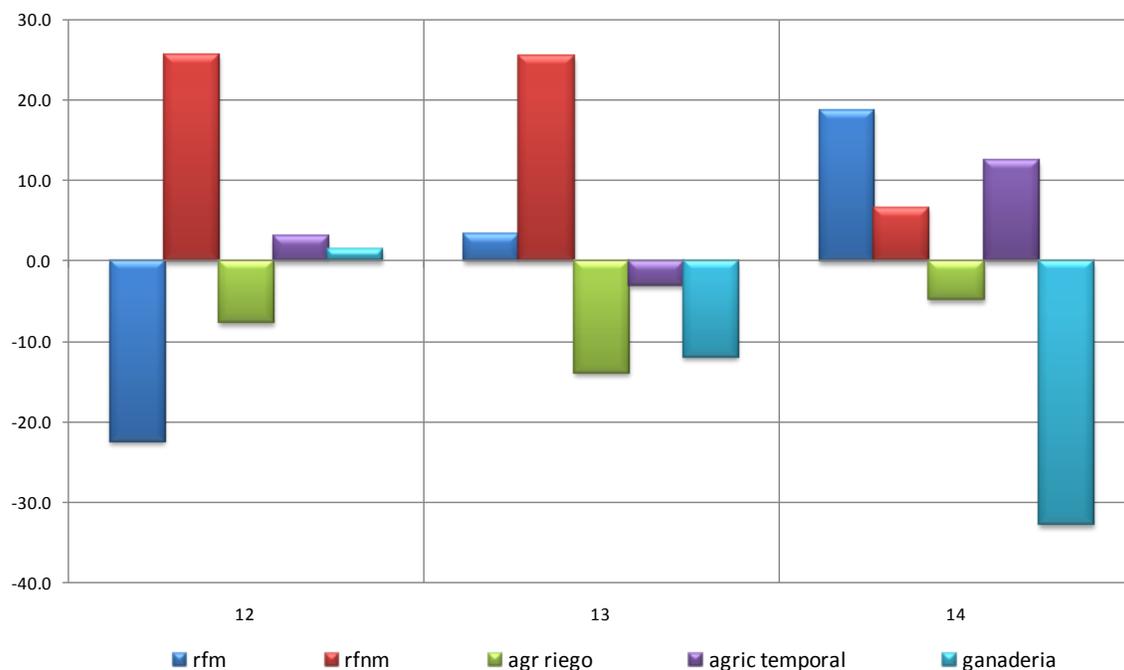


Figura 16. Residuales de Gower de los grupos 12 al 14

Cuadro 7. Aptitud de los grupos de acuerdo al valor promedio de aptitud y al residual de Gower.

Grupo	Superficie del Grupo	Nivel de Aptitud	Sectores
1	218,895	Nula	
2	964,243	Baja	Agricultura de riego y de temporal (AR y AT)
3	405,092	Baja	Recursos forestales no maderables (RFNM)
4	871,679	Media	Ganadería extensiva (GE)
5	1,321,374	Media	Recursos forestales no maderables (RFNM)
6	1,505,341	Media	Ganadería extensiva (GE)
7	325,334	Media	Agricultura de riego y de temporal (AR y AT)
8	2,171,639	Baja	RFNM y GE
9	990,028	Media	RFNM y GE
10	457,297	Media	RFNM y AT
11	1,265,799	Media	Recursos Forestales Maderables (RFM), RFNM y GE
12	696,648	Media	RFNM, GE y AT
13	888,226	Media	RFM y RFNM
14	203,862	Alta	RFM, RFNM y AT

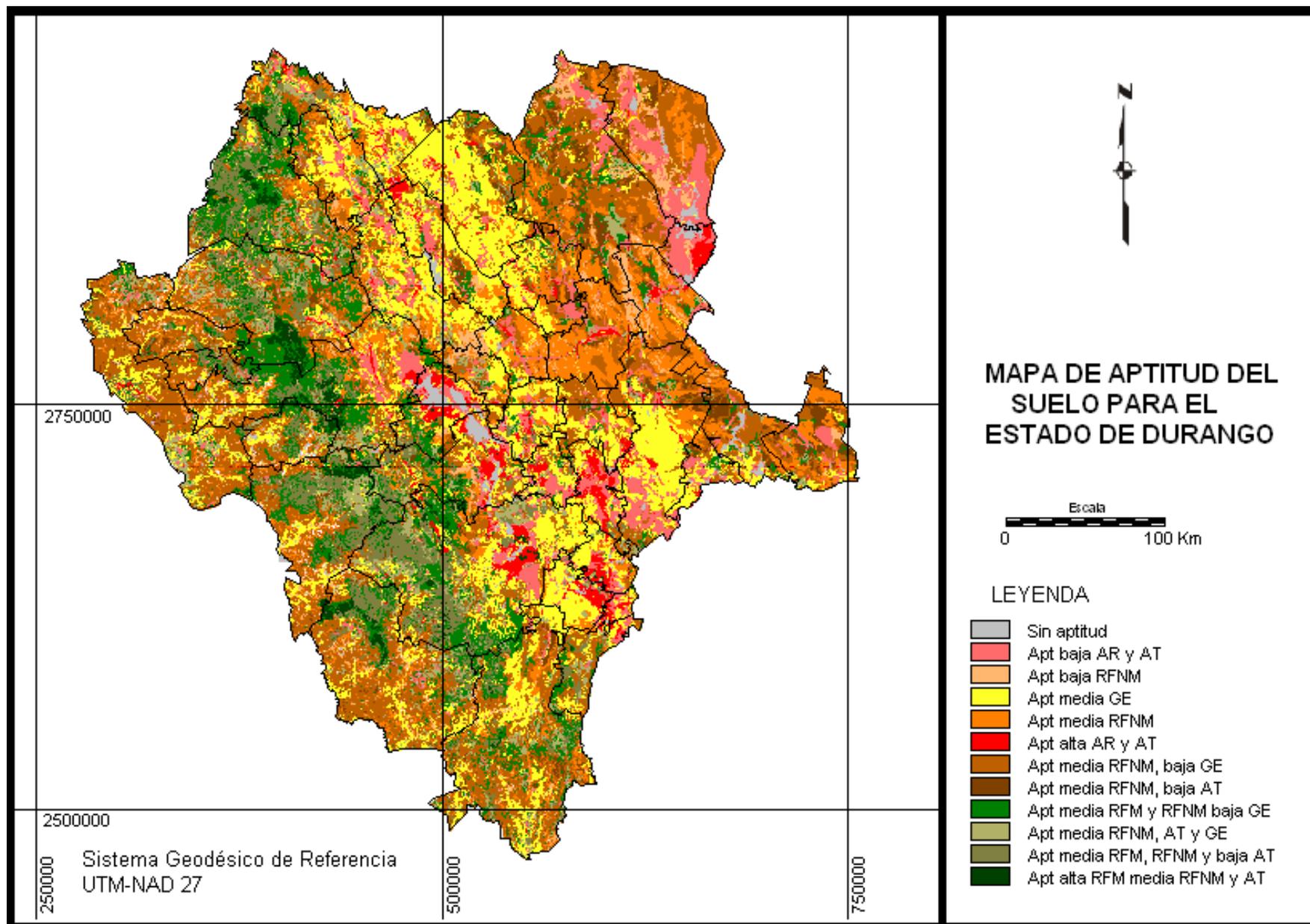


Figura 17. Mapa de aptitud del suelo para el estado de Durango

4.4. Determinación de los conflictos ambientales

4.4.1. Conflictos intersectoriales

Los conflictos ambientales ocurren cuando un mismo grupo presenta dos o más actividades con valores de residuales de Gower positivos y que éstas sean incompatibles; es decir, que esta superficie solo puede aprovecharse para uno de los dos usos ya que éstos son mutuamente excluyentes.

La compatibilidad entre los sectores analizados se presenta en la matriz del cuadro siguiente:

Sectores	RFNM	AR	AT	GE
RFM	Compatible	Incompatible	Incompatible	Medianamente compatible
RFNM		Incompatible	Incompatible	Compatible
AR			Excluyente	Incompatible
AT				Incompatible

En éste sentido, de acuerdo a los residuales de Gower calculados, solo existen tres grupos (10, 12 y 14) en el que se presentan conflictos ambientales. En el grupo 14 se presentan valores positivos altos para tres sectores: recursos forestales maderables, recursos forestales no maderables y agricultura de temporal; si bien, el aprovechamiento forestal maderable puede ser compatible con el no maderable, el conflicto se presentará con el sector agricultura de temporal, dado que al tener potencial alto para realizar esta actividad, los bosques podrían ser sujetos a la posibilidad de que sean deforestados para tal fin.

En los otros dos grupos en los que se presenta esta situación (10 y 12) existe incompatibilidad entre agricultura de temporal con ganadería extensiva y aprovechamiento de recursos forestales no maderables; sin embargo, dado que el valor residual del sector agricultura de temporal es bajo en relación con los otros dos sectores se deberá dar preferencia a los primeros usos mencionados (Figuras 15 y 16).

Por otra parte, los grupos 2 y 7 presentan aptitud tanto para el sector de agricultura de riego como para agricultura de temporal, con barras de residuales muy similares para ambos usos (Figuras 13 y 14). Estos dos sectores son excluyentes entre si, pues el suelo solo puede estar sujeto a uno de los dos tipos de uso de uso. En este caso no se presenta precisamente un conflicto ambiental, sino un problema de decisión, sujeto principalmente al aspecto económico y a la disponibilidad de infraestructura.

4.4.2. Análisis del uso potencial y del uso actual del suelo

Para hacer la comparación entre el uso actual y el uso de suelo potencial generado en el presente trabajo, se recurrió al mapa de uso de suelo y vegetación producido por la SRNyMA, generado a partir del mapa de uso de suelo y vegetación de la serie II de INEGI, ya que no existe un mapa preciso para el estado de Durango en el que se establezca la forma en que se usa actualmente el suelo. Primeramente se definió, el grado de compatibilidad de los tipos de vegetación que se encuentran en el estado con las diferentes actividades sectoriales; en el Cuadro 8, se establece: en color rojo, la superficie del grupo que es incompatible con el uso o cobertura actual, en color anaranjado, la que es medianamente compatible; y en color verde la superficie del grupo de aptitud que es compatible con el uso actual del suelo.

Los resultados de este análisis indican que las áreas sin aptitud, correspondientes al grupo 1, están ubicadas en 41% de su superficie en zonas como cuerpos de

agua, asentamientos humanos y áreas desprovistas de vegetación. Sin embargo, el 59% de su superficie está ocupado por áreas agrícolas tanto de riego como de temporal, lo que muestra que estas actividades se realizan actualmente en lugares poco aptos.

En cambio, las áreas aptas para el sector agricultura de riego y de temporal, que se ubican en los grupos 2 y 7, en su mayoría, ya están sometidas a este tipo de uso; ya que de 1.3 millones de ha que cubren ambos grupos, cerca de 1.1 millones de ha son áreas agrícolas. La restante superficie apta para este sector está cubierta actualmente por pastizales y por algunos matorrales.

En el caso del sector ganadería extensiva, cuyos grupos aptos fueron el 3 y el 7, el 76% de la superficie que ocupan, actualmente pertenece a pastizales naturales e inducidos, el 10% está cubierta por selvas bajas caducifolias y el restante porcentaje esta distribuido en los diferentes tipos de bosques principalmente los bosques abiertos y matorrales.

El sector forestal maderable, con diferentes niveles de aptitud en los grupos 11, 13 y 14, ocupa una extensión de 2.3 millones de ha, de las cuales el 76% están ocupadas actualmente por bosques de pino y bosques de pino-encino. La superficie restante está cubierta por bosques de encino y bosques bajos abiertos, posiblemente estos últimos en algún momento pudieron haber tenido bosques con capacidad para producir productos maderables, sin embargo la deforestación ocurrida hace décadas en las partes más bajas de la Sierra Madre Occidental condujo a que actualmente estén ocupados por este tipo de vegetación.

El sector aprovechamiento de recursos forestales no maderables, se presenta como apto en la mayoría de los grupos resultantes con diferentes niveles de aptitud, está distribuido en la mayor parte del estado en los diversos tipos de vegetación, pero principalmente en los matorrales desérticos y en los bosques de encino. Cabe mencionar que el mapa de aptitud original de recursos forestales no

maderables fue genérico, es decir, que consideró juntos a recursos no maderables de zonas áridas, semiáridas y de bosques, por lo que no se realizó una diferenciación entre los recursos no maderables que se producen en estos tipos de vegetación. Además, dicho mapa consideró pocas variables ambientales para su determinación (principalmente tipo de vegetación), por lo que es de esperarse que haya una estrecha relación entre estos dos mapas.

Cuadro 8. Superficie de cada uno de los 14 grupos de aptitud ocupada por los diferentes tipos de uso y cobertura actual.

Cobertura Actual	Superficie ocupada por grupo en cada tipo de cobertura (miles de ha)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	SA	AR, AT	RFNM	GE	RFNM	GE	AR, AT	RFNM GE	RFNM GE	RFNM AT	RFM, RFNM, GE	RFNM AT, GE	RFM, RFNM	RFM RFNM, AT
Agricultura de riego	37.2	147.8	0.2	0.2	0.3	1.0	103.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1
Agricultura de temporal	79.3	559.8	6.3	2.2	1.3	34.1	205.4	3.8	1.0	0.5	13.1	1.9	3.8	0.8
Areas sin vegetación	14.3	4.6	0.1	-	0.0	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-	-
Asentamientos humanos	8.3	26.0	0.3	0.3	0.2	3.7	5.9	0.8	0.2	0.1	1.3	0.2	0.4	0.1
Bosque bajo abierto	0.3	2.3	0.4	3.2	175.9	63.1	0.3	33.5	49.4	13.9	30.0	102.7	14.4	-
Bosque de encino	0.6	0.9	5.0	4.2	64.8	9.2	0.1	183.0	293.4	45.6	32.7	32.8	29.2	1.6
Bosque de oyamel	0.5	0.8	0.0	5.9	0.4	0.2	-	0.0	0.0	0.0	3.1	-	0.1	0.0
Bosque de pino	0.6	3.1	2.6	5.0	56.6	2.6	0.1	211.0	242.3	70.9	490.2	233.1	552.1	145.7
Bosque de Pino-encino	0.7	1.5	63.8	5.0	115.1	3.5	0.2	639.4	69.7	35.0	348.2	163.8	188.2	36.7
Bosque de tascate	0.0	0.1	-	0.0	1.0	0.5	0.0	3.9	0.1	0.8	0.7	0.2	0.1	-
Bosque Mesófilo de Montaña	0.0	0.6	-	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	-	0.0	-	-	-
Chaparral	0.1	0.8	102.8	0.4	98.2	0.9	0.0	16.4	5.8	3.8	51.6	3.2	4.9	0.5
Cuerpos de agua	17.8	1.0	0.0	0.3	0.1	0.4	0.9	0.2	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0
Matorral crasicaule	0.6	1.4	0.1	2.2	0.9	113.6	0.6	44.7	1.8	0.1	23.2	34.2	48.1	2.5
Matorral desértico micrófilo	0.8	6.0	18.0	2.2	141.0	5.3	0.6	356.6	199.5	225.0	127.3	64.7	12.0	0.3
Matorral desértico rosetófilo	0.4	1.7	68.7	0.8	593.2	1.0	0.1	243.1	73.7	50.4	17.7	4.5	0.6	0.0
Matorral submontano	-	0.0	10.2	0.1	17.8	0.0	-	0.1	0.0	0.0	-	0.0	-	-
Matorral subtropical	-	0.4	0.2	0.2	20.5	2.9	0.0	6.8	5.9	7.2	0.3	1.6	0.5	-
Mezquital	0.0	0.3	0.0	0.2	0.1	5.9	0.2	0.4	0.1	0.1	0.9	11.3	12.5	13.2
Pastizal cultivado	-	0.0	-	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	-	-
Pastizal inducido	21.1	24.5	0.6	354.1	9.1	281.9	2.7	187.9	3.5	0.7	112.3	7.3	5.4	0.9
Pastizal natural	2.0	6.1	0.3	482.6	21.8	686.6	1.1	95.8	1.0	0.7	1.2	2.7	0.7	0.2
Popal tular	-	0.0	-	-	-	0.1	0.0	-	-	-	-	-	-	-
Riego suspendido	11.8	62.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Selva baja caducifolia	0.9	0.5	44.8	1.5	2.8	244.0	0.1	74.9	39.4	1.0	11.1	30.1	14.2	0.9
Selva mediana caducifolia	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.5	0.8	0.1
Vegetación de desierto	9.3	12.3	0.0	-	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-	-	-	-	-
Vegetación de galería	0.0	0.4	0.0	0.9	0.1	3.7	0.2	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-
Vegetación halófila y gipsófila	9.4	99.2	80.6	0.2	0.3	36.1	1.4	66.1	2.7	1.4	0.5	0.3	0.1	0.0
Total	219	964	405	872	1,321	1,505	325	2,172	990	457	1,266	697	888	204

4.5. Comparación del mapa de aptitud generado con el modelo de uso de suelo del Ordenamiento Ecológico del estado de Durango.

En el Ordenamiento Ecológico del estado de Durango (SRNyMA-IPN CIIDIR Durango, 2006), se determinó la aptitud del territorio utilizando una escala de 0-255, como se mencionó en los antecedentes. En dicho estudio, el mapa de aptitud territorial se realizó utilizando únicamente los valores de aptitud mayores a 152, los cuales representan las clases de aptitud media y alta; todos los valores menores a este se discriminaron (aptitud baja y sin aptitud). A diferencia del presente estudio, en el ordenamiento, se utilizó una categoría adicional: Producción de Servicios Ambientales, y mediante un procedimiento de cruces enmascarados se determinaron los siguientes 17 grupos de aptitud:

- AT Agricultura de temporal
- AT-AR: Agricultura de temporal y agricultura de riego
- AT-GE: Agricultura de temporal y ganadería extensiva
- AT-NM: Agricultura de temporal y forestal no maderable
- AT-NM-PSA: Agricultura de temporal y forestal no maderable y producción de servicios ambientales

- GE: Ganadería extensiva
- GE-NM: Ganadería extensiva y forestal no maderable
- GE-PSA: Ganadería extensiva y producción de servicios ambientales

- GE-NM PSA Ganadería extensiva, forestal no maderable y producción de servicios ambientales

- FM-NM: Forestal maderable y no maderable
- FM-GE: Forestal maderable y ganadería extensiva
- FM-NM-PSA Forestal maderable y no maderable y, producción de servicios ambientales

- FM-NM-AT-PSA: Forestal maderable y no maderable, agricultura de temporal y producción de servicios ambientales

- NM: Forestal no maderable
- NM-PSA Forestal no maderable, producción de servicios ambientales

- PSA Producción de servicios ambientales

- APT BAJA Aptitud baja para cualquier uso

Descontando los grupos con el uso de Producción de Servicios Ambientales de dicho estudio y con fines de compararlo con el procedimiento aquí utilizado, quedan 11 de los 17 grupos. Los resultados de esta comparación (Cuadro 9), indican que no existen diferencias importantes entre el modelo de uso de suelo generado por el estudio técnico para el Ordenamiento Ecológico del estado y el mapa de aptitud resultante del presente estudio, ya que la mayor parte de la superficie coincide en cuanto a los sectores; aunque existen diferencias en cuanto a algunas áreas con aptitudes incompatibles (p.e. ganadería extensiva y forestal maderable en los grupos 13 y 14 de este trabajo y 7, 8 y 9 del Ordenamiento Ecológico de Durango). Lo anterior quizás sea debido a que como se mencionó, este trabajo incluye aptitudes bajas, mientras que el Ordenamiento Ecológico solo usó aptitudes medias y altas. Por lo anterior se considera que la metodología empleada en el presente trabajo da mejor aproximación al uso del suelo, ya que no solo permite observar cual es uso apto, sino también dar cuenta de su nivel de aptitud, mientras que en el empleado en el Ordenamiento Ecológico no se diferencia el nivel de aptitud ya que los niveles medio y alto se agrupan en una sola categoría y se discrimina el nivel bajo. Sin embargo, la metodología empleada en este trabajo es muy laboriosa, lo cual es un impedimento en estudios realizados con límite de tiempo.

Cuadro 9. Comparación del modelo de Ordenamiento Ecológico del Territorio del estado de Durango con el mapa generado.

Aptitud de los Grupos Generados	Aptitud del Modelo de Ordenamiento Ecológico del Estado (Superficie en miles de ha)																
	AT	AT-AR	AT-GE	AT NM	AT-NM PSA	GE	GE NM	GE PSA	GE NM PSA	FM NM	FM GE	FM NM PSA	FM NM AT PSA	NM	NM PSA	PSA	BAJA
Sin Aptitud	18.5	2.1	1.6	0.3	0.3	13.4	6.0	2.1	1.9	0.2	-	0.6	0.0	14.7	15.3	265.0	1,846.9
Baja AT y AR	3,065.3	86.1	35.0	10.8	7.8	174.2	16.2	10.1	2.2	23.3	0.9	97.8	6.4	52.3	55.2	715.2	5,283.9
Baja RFNM	4.7	0.0	0.1	0.7	1.1	1.7	13.2	0.7	11.8	17.0	0.0	52.8	0.7	978.1	1,012.6	818.4	1,137.4
Media GE	16.8	0.1	80.9	1.6	1.1	5,349.7	21.8	1,154.5	13.7	115.6	47.5	113.6	3.3	107.4	116.6	596.0	976.5
Media RFNM	33.9	0.0	11.3	14.9	18.5	396.6	4.1	99.5	0.9	402.4	35.5	241.9	2.6	4,692.4	4,980.9	655.3	1,623.0
Media GE	401.6	20.7	3,734.3	13.0	8.8	5,352.1	2,231.8	899.6	1,368.4	54.6	63.1	50.3	36.1	111.0	140.5	191.4	376.1
Alta AT y AR	1,713.1	1,361.9	32.8	2.7	1.6	11.3	1.5	1.7	0.0	0.8	1.0	0.7	95.2	1.6	1.2	0.9	25.3
Baja RFNM	798.6	1.2	1,650.6	26.2	36.5	845.5	421.2	203.0	101.6	12.9	10.0	19.9	4.2	5,778.2	11,172.1	318.3	316.5
Media RFNM	27.0	8.6	8.2	16.0	23.6	27.7	28.3	7.7	27.2	18.2	0.3	46.7	2.6	3,393.8	5,660.7	198.5	405.2
Media RFNM	58.8	3.0	3.9	314.2	945.0	5.4	3.4	10.2	2.8	15.8	1.1	41.9	2.3	859.7	2,097.2	130.5	77.9
Media RFM y RFNM	167.0	0.5	28.8	476.1	913.5	12.5	284.0	54.1	39.8	2,383.0	880.1	5,265.8	265.3	484.8	1,349.7	22.8	30.3
Media RFNM, RFM y GE	650.4	1.5	414.9	362.8	447.2	19.2	590.0	19.5	190.0	379.2	35.3	850.1	27.7	968.0	1,970.8	18.3	21.7
Media RFNM, FM	51.4	7.3	713.6	576.9	415.2	6.4	83.4	4.5	22.0	1,290.6	86.6	4,107.9	905.3	189.6	411.5	3.4	6.8
Alta RFM, RFNM, AT	1.1	1.4	164.9	5.0	9.5	0.1	1.5	0.1	0.1	22.4	18.2	87.2	1,722.1	2.3	2.1	0.1	0.6

4.6. Consideraciones Finales

Los 13 procedimientos para la división en grupos de aptitud que se realizaron, permitieron ir delimitando paulatinamente los 14 grupos homogéneos que se obtuvieron como resultado final. Durante el desarrollo de éstos procedimientos, se extrajo el primer componente principal en cada análisis, el cual fue absorbiendo cada vez más varianza con respecto del total, lo cual se puede ver en los cuadros que se presentan en el anexo 1 del presente trabajo. Esto, es atribuible a que a medida que se fueron homogenizando los grupos, la variabilidad de éstos iba disminuyendo, provocando con ello que el primer componente que se extraía absorbiera cada vez mayor varianza. Esto se reflejó en que los grupos homogéneos obtenidos, presentan una clara tendencia de aptitud hacia un sector o un valor de aptitud similar para varios sectores, lo cual trajo como resultado que los 14 grupos en su mayoría fueran diferentes uno de otro.

Cabe aclarar que fue necesario hacer una posterior reclasificación para generar el mapa final de uso potencial, la cual consistió en unir aquéllos grupos que presentaban un valor de aptitud muy similar para el mismo sector. Esto se dio con los grupos 4 y 6, cuya aptitud resultó media para ganadería extensiva, y los grupos 8 y 9 con aptitud media para aprovechamiento de recursos forestales no maderables.

La metodología implementada para realizar el presente estudio resultó ser una buena opción para generar este tipo de mapas, ya que no solo permite definir el mejor uso que puede tener un área, sino que además calcula el nivel de aptitud que ésta tiene y ayuda a predecir los posibles conflictos ambientales que pudieran generarse. Tiene la desventaja de que es demasiado laboriosa y sus resultados dependen de los mapas originales de aptitud que se utilicen. Este fue el caso del mapa de aptitud para aprovechamiento de recursos forestales no maderables, el cual, no fue generado bajo la misma metodología que los demás sectores ya que presenta valores de aptitud adaptados de una escala categórica, debido a la falta

de información que permitiera realizar un mapa de escala continua. Esto dio como resultado que muchos de los grupos generados presentaran valores similares de aptitud para este sector, dificultando su división.

El estudio que aquí se presenta constituye solamente una parte de la fase de diagnóstico del estudio técnico. El mapa de uso de suelo potencial generado permite hacer una distribución óptima del territorio para las actividades analizadas, mediante una combinación de usos del suelo que maximice la capacidad productiva de una región y que ocasione, al mismo tiempo, el menor impacto negativo sobre la calidad ambiental. Así el mapa generado solo muestra las áreas que, por sus atributos físicos y biológicos (los cuales determinan la aptitud de uso del suelo), requieren de la aplicación de políticas de uso del suelo para prevenir o solucionar conflictos ambientales. Estas políticas de uso del suelo se pueden concebir como restricciones a las actividades que resultan incompatibles para la estabilidad de la calidad ambiental o productiva de una región, o bien, inducciones que lleven hacia el aprovechamiento sustentable del territorio.

Para concluir el diagnóstico sería necesario determinar que políticas de uso serían las más adecuadas para cada unidad de gestión ambiental, para así, no solo saber que uso sino también la necesidad de restaurar, proteger, conservar o aprovechar, de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (1988).

V. CONCLUSIONES

El mapa de uso de suelo potencial permitió delimitar territorialmente un patrón óptimo de ocupación para cada una de las cinco actividades analizadas en el presente estudio.

Así, existen 964,243 ha correspondientes al grupo 2 que tienen baja aptitud para realizar agricultura de riego o de temporal y solo 325,334 ha tienen aptitud alta para este uso correspondientes al grupo 7. Lo que da un total de cerca de 1.3 millones de ha con aptitud para agricultura. Sin embargo, la agricultura de temporal puede tener aptitud en los grupos 10 y 12, donde presenta valores positivos en conjunto con otros dos sectores.

Mediante los análisis realizados no se pudo diferenciar cual de los dos tipos de agricultura es más recomendable en los grupos 2 y 7, esto fue debido a que los mismos píxeles tenían valores de aptitud muy similares para los dos sectores.

Los grupos 11, 13 y 14, resultaron con aptitud para el aprovechamiento forestal maderable, sumando una superficie de 2.35 millones de ha, teniendo la mayoría aptitud media. Estos mismos grupos resultaron con aptitud para otro tipo de actividades, en el grupo 11 y 13, pueden combinarse los aprovechamientos forestales maderables con los no maderables y en cierta medida con la ganadería extensiva, siendo estas actividades compatibles entre sí.

La ganadería extensiva es apta para practicarse en los grupos 4 y 6, los cuales suman una superficie de 2,37 millones de ha. Estos grupos presentan aptitud media para esta actividad. Cabe señalar que esta actividad puede desarrollarse también en forma combinada con otras actividades en los grupos 8, 9, 11 y 12 donde también presenta aptitud, aunque en niveles bajos.

Dada la generalidad de los mapas de aptitud para aprovechamiento de recursos forestales no maderables empleados en el análisis, éste resultó apto en muchos de los grupos, para realizarse junto con otras actividades. Este sector, resultó con valores aptos y residuales de Gower positivos en los grupos 3, 5 y del 8 al 14.

El grupo 14, resultó ser el de mayor aptitud, presentando un valor promedio de 167.61, por lo que es apto para varias actividades sectoriales. Derivado de esto, una superficie de 203,862 ha puede presentar conflictos ambientales importantes a consecuencia de que varios sectores pueden tener interés en el uso de este territorio, como por ejemplo el sector agrícola con el sector forestal maderable, ya que presenta aptitud con valores positivos de residuales de Gower tanto para ambos usos.

La metodología que se empleó en este trabajo permitió encontrar 14 grupos de aptitud a partir de 5 mapas sectoriales de aptitud. Sin embargo, para realizar una comparación de compatibilidad entre el uso actual y su aptitud, es mejor generar mapas de uso del suelo actual, de los cuales actualmente solo se cuenta con el de agricultura. Se sabe, por ejemplo, que el uso forestal maderable se da en las áreas montañosas de la Sierra Madre Occidental, sin embargo los mapas existentes sobre este uso solo indican cuales predios tienen o no aprovechamientos forestales maderables o no maderables, sin especificar las áreas precisas dentro de los predios. En el caso de la ganadería esta situación es aún peor, ya que se sabe que esta actividad se practica en todo el estado y que es una de las actividades que causan mayor deterioro ambiental; pero no se cuenta con un mapa específico de los sitios e intensidad donde se desarrolla dicha actividad.

VI. RECOMENDACIONES

Durante el presente estudio no se realizó la validación de los resultados en campo, por lo que es importante que en trabajos posteriores se realice la comparación de los resultados obtenidos con información de campo. Igualmente, es importante hacer análisis con otro tipo de cartografía del uso actual del suelo; un ejemplo, comparar el mapa de aptitud obtenido con información de productividad de los bosques para uso maderable según los programas de manejo forestal que se tienen autorizados por la SEMARNAT.

Uno de los objetivos que se tenían al iniciar este trabajo, además de los planteados, era determinar áreas aptas para la conservación, sin embargo, esto no fue posible debido a que entonces no se disponía del mapa de aptitud para este sector, por lo que es recomendable incorporarlo para posteriores análisis, lo que seguramente ayudará a delimitar con mayor precisión los conflictos ambientales.

El mapa de aptitud para recursos forestales no maderables utilizado es muy genérico, lo que provocó que en los resultados obtenidos la mayoría de los grupos presenten aptitud para este sector, por lo que es conveniente utilizar un mapa más preciso para este sector.

Se recomienda elaborar mapas de uso actual del suelo, diferenciando éste de los mapas de vegetación, ya que estos últimos solo dan cuenta del uso agrícola pero no del pecuario, forestal o de otro tipo.

BIBLIOGRAFÍA

Aronoff, S. 1989. Geographic Information Systems: A management perspective. Ottawa, Canadá. 292 p.

Bocco, G. 1999. Sistemas de información geográfica: ética y concepto. <http://www.jornada.unam.mx/1999/abr99/990405/cien-bocco.html>.

Barredo, J. I. 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Editorial Ra-Ma. Madrid España. 366 p.

Bosque J. y García, R. 2000. El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. En: Anales de Geografía de la Universidad complutense, 2000, nº 20, pp. 49-67. Madrid, España.

Bojórquez-Tapia, L. A., E. Ongay-Delhumeau y E. Ezcurra. 1994. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution. Journal of Environmental Management 41:187-198.

Bojórquez-Tapia, L.A., S. Díaz-Mondragón, y R.Saunier. 1997. Ordenamiento Ecológico de la Costa Norte de Nayarit. Instituto de Ecología, UNAM. México, D.F. 80 p.

Bojórquez-Tapia L. A., H. De la Cueva, S. Díaz-Mondragón, D. Melgarejo, G. Alcántar, J. Solares, G. Groel, G. y G. Cruz-Bello. 2004. Environmental conflicts and nature reserves: redesigning Sierra San Pedro Mártir National Park. Biological Conservation 117(2): 111-126. México, D.F.

Bojórquez-Tapia L. A., S. Díaz-Mondragón, y E. Ezcurra. 2001. GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment.

International Journal of Geographical Information Science. Vol. 15 No 2. Pg 129-151.

Díaz-Mondragón, S. Manual para la elaboración de un análisis de aptitud para el Ordenamiento Ecológico, Técnicas Multicriterio/multiobjetivo integradas a un Sistema de Información Geográfica. Documento Inédito.

Eastman, J. R. 2003. IDRISI Kilimanjaro. Guide to GIS and Image Processing. Clark University, USA.

FAO. 1985. Guidelines: Land Evaluation for irrigated agriculture. FAO Soils bulletin 55. Roma.

FAO. 2007. Land Evaluation, Towards a revised framework. Land and water discussion. Paper 6. Roma.

Gómez, O. D. 2002. Ordenación Territorial. Editorial Agrícola Española, Madrid, España. 704 p.

Gómez D. M., y J. Barredo. 2005. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Editorial Ra-Ma. Madrid, España. 279 p.

Instituto Nacional de Ecología. 2000. El ordenamiento ecológico del territorio, logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. México, D.F.

Instituto Nacional de Ecología. 2000. El Ordenamiento Ecológico del Territorio. http://www.ine.gob.mx/dgoece/ord_ecol/index.html#top

LGEEPA. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México, D.F. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>

LGEEPA. 2003. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico. Poder Legislativo. México, D.F.

Morrison, F. D. 1976. Multivariate Statistical Methods. McGraw-Hill. N.Y. USA. 415 p.

Olivas G. U.E. 2006. Aptitud de áreas para el establecimiento de plantaciones forestales en el estado de Durango. Colegio de Posgraduados. Tesis de Maestría. Texcoco. Méx. 167 p.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.

Scheinfeld, E. 1999. Proyectos de Inversión y Conflictos Ambientales. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 107 p.

Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal. 2000. Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. México, D.F.

SRNyMA - IPN CIIDIR Unidad Durango. 2006 Ordenamiento Ecológico del estado de Durango. Durango, Mex.

SRNyMA. Mapa de uso de suelo y vegetación para el estado de Durango. Documento Inédito.

SEMARNAT. 2003. Informe de la situación del medio ambiente en México 2002. México, D.F.

SEMARNAT. 2005. Indicadores Básicos del desempeño Ambiental. México, D.F.

Anexo 1. Resultados del Análisis de Componentes Principales aplicados durante los procedimientos para la generación de grupos de aptitud realizados.

Segundo Análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
%var.	50.58	29.46	16.88	2.81	0.26
eigenval.	2780.77	1619.76	927.87	154.52	14.55
eigvec.1	0.346233	-0.536026	0.119939	-0.21095	0.730694
eigvec.2	0.382397	-0.566705	0.112836	-0.232422	-0.682543
eigvec.3	0.538928	0.327555	-0.714508	-0.302525	0.014868
eigvec.4	0.564514	0.069153	0.11251	0.81479	0.000000
eigvec.5	0.353236	0.528627	0.670598	-0.382199	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.633870	-0.748965	0.12684	-0.091037	0.096763
Apt. RFNM	0.654695	-0.740498	0.111592	-0.093801	-0.084527
Apt. Ganadería Ext.	0.741364	0.343897	-0.567766	-0.098100	0.001479
Apt. Agric. Riego	0.938062	0.087702	0.107996	0.319160	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.528423	0.603543	0.579482	-0.134776	0.000000

Tercer análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	50.83	29.62	16.92	2.36	0.26
eigenval.	2777.29	1618.6	924.27	129.21	14.29
eigvec.1	0.347849	-0.535271	0.121519	-0.209599	0.730607
eigvec.2	0.384138	-0.565697	0.114387	-0.230980	-0.682633
eigvec.3	0.539467	0.327606	-0.713879	-0.302989	0.014985
eigvec.4	0.561213	0.069306	0.108919	0.817541	0.000000
eigvec.5	0.354196	0.530417	0.671314	-0.377546	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.636433	-0.747644	0.128261	-0.082715	0.095891
Apt. RFNM	0.657414	-0.739086	0.112933	-0.085263	-0.083805
Apt. Ganadería Ext.	0.742736	0.344334	-0.567001	-0.089976	0.001480
Apt. Agric. Riego	0.945422	0.089131	0.105850	0.297056	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.529662	0.605524	0.579122	-0.121775	0.000000

Cuarto análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	53.81	25.57	18.31	2.07	0.24
eigenval.	2217.19	1053.39	754.41	85.17	9.88
eigvec.1	0.593877	-0.344441	-0.652708	-0.320220	-0.010096
eigvec.2	0.116382	0.629487	-0.116474	-0.246493	0.718245
eigvec.3	0.127489	0.662180	-0.114397	-0.220727	-0.695310
eigvec.4	0.540803	-0.109511	0.739281	-0.385987	-0.004233
eigvec.5	0.570126	0.186095	0.028	0.799371	0.023396

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.794910	-0.317781	-0.509615	-0.084005	-0.000902
Apt. RFNM	0.253004	0.943232	-0.147697	-0.105022	0.104241
Apt. Ganadería Ext.	0.264376	0.946493	-0.138378	-0.08971	-0.096261
Apt. Agric. Riego	0.772838	-0.107870	0.616257	-0.108108	-0.000404
Apt. Agric. Temporal	0.942063	0.21195	0.026988	0.258876	0.002581

Quinto análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	70.39	24.85	2.66	2.08	0.02
eigenval.	2125.52	750.43	80.44	62.68	0.51
eigvec.1	0.016781	-0.021459	0.667340	-0.012694	0.744147
eigvec.2	0.018693	-0.023904	0.743393	-0.014141	-0.668016
eigvec.3	0.557798	-0.713297	-0.044989	-0.421953	0.000000
eigvec.4	0.531780	-0.082728	0.000000	0.842832	0.000000
eigvec.5	0.636742	0.695220	0.000000	-0.333509	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.127085	-0.096563	0.983187	-0.016509	0.087141
Apt. RFNM	0.127254	-0.096692	0.984498	-0.016531	-0.070316
Apt. Ganadería Ext.	0.791890	-0.601701	-0.012425	-0.102872	0.000000
Apt. Agric. Riego	0.961277	-0.088857	0.000000	0.261639	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.836499	0.542684	0.000000	-0.075241	0.000000

Sexto análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	73.46	19.16	5.34	2.01	0.03
eigenval.	1075.76	280.6	78.15	29.46	0.51
eigvec.1	0.038230	0.043036	0.665319	0.017859	0.744123
eigvec.2	0.044264	0.047328	0.741051	0.019067	-0.668042
eigvec.3	0.853385	-0.309285	-0.019250	-0.419172	0.001316
eigvec.4	0.502121	0.289221	-0.069357	0.812044	0.000000
eigvec.5	0.127233	0.903660	-0.054887	-0.405213	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.205981	0.118426	0.966200	0.015924	0.086939
Apt. RFNM	0.214396	0.117076	0.967436	0.015283	-0.070164
Apt. Ganadería Ext.	0.980130	-0.181419	-0.005959	-0.079670	0.000033
Apt. Agric. Riego	0.928632	0.273181	-0.034573	0.248530	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.263129	0.954464	-0.030595	-0.13868	0.000000

Séptimo análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	79.14	18.66	1.65	0.33	0.22
eigenval.	1155.26	272.33	24.06	4.88	3.14
eigvec.1	0.548608	-0.314391	-0.339344	0.038523	0.695377
eigvec.2	0.612284	-0.261781	-0.220134	0.045647	-0.711362
eigvec.3	0.407355	0.907703	-0.090009	0.005418	0.044785
eigvec.4	0.397619	-0.093166	0.895321	-0.153591	0.089608
eigvec.5	0.009917	0.004901	0.163358	0.986313	0.01947

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.957654	-0.266455	-0.085494	0.004372	0.063318
Apt. RFNM	0.975497	-0.202497	-0.050618	0.004728	-0.059118
Apt. Ganadería Ext.	0.678553	0.734113	-0.021639	0.000587	0.003891
Apt. Agric. Riego	0.947245	-0.107760	0.307837	-0.023789	0.011135
Apt. Agric. Temporal	0.143531	0.034438	0.341238	0.928089	0.014699

Octavo análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	78.38	14.93	4.38	2.2	0.1
eigenval.	12047.67	2295.02	673.89	338.45	16.08
eigvec.1	0.294236	-0.534166	-0.185865	0.057767	0.768251
eigvec.2	0.353116	-0.641060	-0.223059	0.069327	-0.640149
eigvec.3	0.459328	-0.001229	0.503169	-0.732009	0.000000
eigvec.4	0.470686	0.140275	0.551535	0.674231	0.000000
eigvec.5	0.59683	0.532946	-0.598606	-0.03786	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.777753	-0.616261	-0.116195	0.025593	0.074182
Apt. RFNM	0.778864	-0.617141	-0.116361	0.025630	-0.051579
Apt. Ganadería Ext.	0.920499	-0.001075	0.238484	-0.245874	0.000000
Apt. Agric. Riego	0.949867	0.123553	0.263238	0.228053	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.907377	0.353640	-0.215240	-0.009648	0.000000

Noveno análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	73.06	19.09	5.94	1.79	0.12
eigenval.	8092.54	2115.04	657.80	198.10	13.61
eigvec.1	0.241104	-0.540889	-0.250016	0.015900	0.765864
eigvec.2	0.287172	-0.644238	-0.297788	0.018937	-0.643003
eigvec.3	0.498569	-0.106388	0.677218	-0.530553	0.000000
eigvec.4	0.468433	0.088427	0.312678	0.821574	0.000000
eigvec.5	0.625621	0.522741	-0.540761	-0.207165	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.642640	-0.737035	-0.189992	0.006631	0.083715
Apt. RFNM	0.643776	-0.738337	-0.190328	0.006642	-0.059114
Apt. Ganadería Ext.	0.917661	-0.100108	0.355377	-0.152788	0.000000
Apt. Agric. Riego	0.945344	0.091231	0.179905	0.259414	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.895255	0.382419	-0.22062	-0.046383	0.000000

Décimo análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	71.58	21.02	5.71	1.54	0.14
eigenval.	5491.39	1612.69	438.33	118.23	10.53
eigvec.1	0.237055	-0.506096	-0.320518	-0.023128	0.764464
eigvec.2	0.287974	-0.602125	-0.37131	-0.033447	-0.644614
eigvec.3	0.533975	-0.150817	0.68666	-0.469633	0.008262
eigvec.4	0.452016	0.020288	0.240309	0.858791	0.000000
eigvec.5	0.609449	0.59846	-0.479736	-0.200675	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.628012	-0.726584	-0.239901	-0.00899	0.088705
Apt. RFNM	0.644571	-0.730363	-0.234809	-0.010985	-0.063196
Apt. Ganadería Ext.	0.924554	-0.141513	0.335903	-0.119314	0.000627
Apt. Agric. Riego	0.953838	0.023200	0.143268	0.265907	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.864727	0.460162	-0.192311	-0.041779	0.000000

Onceavo análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	81.21	14.05	3.47	1.18	0.08
eigenval.	3364.2	581.99	143.82	48.92	3.40
eigvec.1	0.242691	-0.572196	0.026347	0.18254	0.761366
eigvec.2	0.436911	0.069602	-0.675716	-0.584641	0.076593
eigvec.3	0.294988	-0.711574	0.019237	0.030091	-0.636686
eigvec.4	0.496339	0.311703	-0.302758	0.74586	-0.092300
eigvec.5	0.645631	0.253477	0.671328	-0.260119	0.023831

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.703204	-0.689589	0.015784	0.063784	0.070162
Apt. RFNM	0.937429	0.062113	-0.299763	-0.151271	0.005227
Apt. Ganadería Ext.	0.711191	-0.713541	0.009589	0.008749	-0.048819
Apt. Agric. Riego	0.949396	0.247986	-0.119738	0.172047	-0.005615
Apt. Agric. Temporal	0.962869	0.157231	0.207007	-0.046782	0.00113

Doceavo análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
% Var.	96.76	1.6	1.08	0.52	0.04
eigenval.	5516.15	91.32	61.63	29.46	2.36
eigvec.1	0.353726	-0.357298	-0.377619	0.088407	0.772531
eigvec.2	0.430353	-0.434699	-0.459422	0.107558	-0.634977
eigvec.3	0.393218	-0.294554	0.476323	-0.729201	0.000000
eigvec.4	0.470701	0.762049	-0.34562	-0.279764	0.000000
eigvec.5	0.559906	0.126068	0.547721	0.608781	0.000000

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.986997	-0.128277	-0.111370	0.018028	0.044567
Apt. RFNM	0.987531	-0.128346	-0.111431	0.018038	-0.030125
Apt. Ganadería Ext.	0.973929	-0.093870	0.124699	-0.131996	0.000000
Apt. Agric. Riego	0.975041	0.203109	-0.075674	-0.042354	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.991195	0.028715	0.102487	0.078764	0.000000

Treceavo análisis

COMPONENT	C1	C2	C3	C4	C5
%var.	96.66	1.74	0.96	0.6	0.04
eigenval.	4673.84	84.01	46.24	28.87	2.16
eigvec.1	0.348547	-0.388470	-0.346797	0.097057	0.773251
eigvec.2	0.425034	-0.473719	-0.422901	0.118356	-0.634100
eigvec.3	0.401898	-0.239211	0.460783	-0.754278	0.000000
eigvec.4	0.459253	0.734421	-0.431594	-0.251871	0.000000
eigvec.5	0.570461	0.167585	0.54981	0.586684	0

LOADING	C1	C2	C3	C4	C5
Apt. Ftal. Maderable	0.986156	-0.147359	-0.097600	0.021581	0.047074
Apt. RFNM	0.986755	-0.147448	-0.097659	0.021594	-0.031675
Apt. Ganadería Ext.	0.974089	-0.077732	0.111088	-0.143671	0.000000
Apt. Agric. Riego	0.973012	0.208615	-0.090956	-0.041937	0.000000
Apt. Agric. Temporal	0.991473	0.03905	0.095051	0.080133	0

Anexo 2. Tablas del cálculo de la Ganancia de Homogeneidad durante los procedimientos para la división de Grupos de aptitud realizados.

Segundo análisis

Cat	GRUPO 1					GRUPO C					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
1	-10	14447	-144470	1444700	0.0000	-10	5E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8834	0.0000
2	-9	51122	-474545	4415375	0.2027	-9	4E+06	8.16E+06	6.64E+07	11.4747	0.4087
3	-8	86787	-759865	6697935	0.5176	-8	4E+06	8.49E+06	6.35E+07	10.5999	1.0808
4	-7	184488	-1443772	11485284	1.0113	-7	4E+06	8.78E+06	6.12E+07	9.8887	1.4771
5	-6	236677	-1756906	13364088	1.3613	-6	4E+06	9.46E+06	5.64E+07	8.2494	2.6227
6	-5	261102	-1.88E+06	13974713	1.7319	-5	4E+06	9.77E+06	54502656	7.5224	2.9998
7	-4	323496	-2.13E+06	1.50E+07	2.9885	-4	4E+06	9895137	53892031	7.2589	2.8926
8	-3	377830	-2.29E+06	1.55E+07	4.1368	-3	4E+06	10144713	52893727	6.7619	2.1331
9	-2	499052	-2.53E+06	1.59E+07	6.1710	-2	4E+06	10307715	52404721	6.4594	1.2872
10	-1	803706	-2.84E+06	1.63E+07	7.7456	-1	4E+06	10550159	51919833	6.0265	-0.3141
11	0	1296236	-2.84E+06	1.63E+07	7.7416	0	4E+06	10854813	51615179	5.3512	-1.2134
12	1	2.11E+06	-2.02E+06	1.71E+07	7.1594	1	3E+06	10854813	51615179	4.6584	-0.5166
13	2	2.68E+06	-8.82E+05	1.93E+07	7.1006	2	2E+06	10036338	50796704	3.6670	1.0570
14	3	3.21E+06	7.08E+05	2.41E+07	7.4557	3	2E+06	8898392	48520812	2.8605	1.9223
15	4	3.61E+06	2.28E+06	3.04E+07	8.0306	4	1E+06	7308032	43749732	2.0296	2.3981
16	5	3.90E+06	3.75E+06	3.77E+07	8.7525	5	905627	5734416	37455268	1.2644	2.5884
17	6	4.10E+06	4.94E+06	4.49E+07	9.4986	6	612730	4269931	30132843	0.6152	2.5157
18	7	4.33E+06	6.58E+06	5.64E+07	10.7069	7	414358	3079699	22991451	0.2455	2.1394
19	8	4.51E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8833	8	179186	1433495	11468023	0.0000	1.1764
20	9	4.51E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8834	9	7	63	567	0.0000	0.0001
21	10	4.51E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8834	10	0	0	0	0.0000	0.0000

Tercer análisis

Cat	GRUPO F					GRUPO G					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
1	-10	54630	-546300	5463000	0.0000	-10	4E+06	-1.55E+06	6.59E+07	15.2707	0.0000
2	-9	91148	-874962	8420958	0.2401	-9	4E+06	-1.01E+06	6.04E+07	14.2509	1.0198
3	-8	123673	-1135162	10502558	0.6728	-8	4E+06	-6.77E+05	5.74E+07	13.6995	1.3311
4	-7	184464	-1560699	13481317	1.4999	-7	4E+06	-4.16E+05	5.54E+07	13.3218	1.2761
5	-6	299804	-2252739	17633557	2.3562	-6	4E+06	9.17E+03	5.24E+07	12.8019	0.9689
6	-5	530958	-3.41E+06	23412407	2.8841	-5	4E+06	7.01E+05	48229387	12.0979	0.8166
7	-4	864014	-4.74E+06	2.87E+07	3.1591	-4	4E+06	1856983	42450537	11.0888	1.2978
8	-3	1319827	-6.11E+06	3.28E+07	3.4663	-3	3E+06	3189207	37121641	10.0057	2.1059
9	-2	1827048	-7.12E+06	3.49E+07	3.8891	-2	3E+06	4556646	33019324	8.7934	3.0110
10	-1	2248580	-7.54E+06	3.53E+07	4.4396	-1	2E+06	5571088	30990440	7.4793	3.9023
11	0	2633730	-7.54E+06	3.53E+07	5.1958	0	2E+06	5992620	30568908	6.3413	4.4898
12	1	3.03E+06	-7.14E+06	3.57E+07	6.2190	1	2E+06	5992620	30568908	5.2995	4.7754
13	2	3.31E+06	-6.60E+06	3.68E+07	7.1461	2	1E+06	5593310	30169598	4.0245	5.0272
14	3	3.53E+06	-5.91E+06	3.88E+07	8.1869	3	968849	5044772	29072522	2.8947	5.2299
15	4	3.70E+06	-5.27E+06	4.14E+07	9.1720	4	741698	4363319	27028163	1.8327	5.2511
16	5	3.84E+06	-4.55E+06	4.50E+07	10.3144	5	580602	3718935	24450627	1.0846	5.0141
17	6	4.00E+06	-3.59E+06	5.08E+07	11.8848	6	437203	3001940	20865652	0.5801	4.3763
18	7	4.17E+06	-2.36E+06	5.94E+07	13.9006	7	277246	2042198	15107200	0.2321	3.1539
19	8	4.28E+06	-1.55E+06	6.59E+07	15.2707	8	101473	811787	6494323	0.0000	1.3701
20	9	4.28E+06	-1.55E+06	6.59E+07	15.2707	9	3	27	243	0.0000	0.0001
21	10	4.28E+06	-1.55E+06	6.59E+07	15.2707	10	0	0	0	0.0000	0.0000

Cuarto análisis

Cat	GRUPO 2					GRUPO J					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
						-10	4E+06	2.28E+06	8.47E+07	23.5402	0.0000
1	-10	38226	-382260	3822600	0	-9	3E+06	2.67E+06	8.09E+07	22.5448	0.9955
2	-9	133190	-1236936	11514684	0.2046	-8	3E+06	3.52E+06	7.32E+07	20.4388	2.8968
3	-8	279784	-2409688	20896700	0.5106	-7	3E+06	4.69E+06	6.38E+07	17.5166	5.5131
4	-7	439512	-3527784	28723372	0.9267	-6	3E+06	5.81E+06	5.60E+07	14.5524	8.0612
5	-6	594016	-4454808	34285516	1.4760	-5	3E+06	6.74E+06	50393659	11.8845	10.1797
6	-5	782536	-5.40E+06	38998516	2.2629	-4	3E+06	7682309	45680659	8.8064	12.4709
7	-4	887440	-5.82E+06	4.07E+07	2.8704	-3	3E+06	8101925	44002195	7.2550	13.4148
8	-3	951664	-6.01E+06	4.13E+07	3.4720	-2	3E+06	8294597	43424179	6.4993	13.5690
9	-2	1063863	-6.23E+06	4.17E+07	4.8623	-1	2E+06	8518995	42975383	5.5050	13.1730
10	-1	1209584	-6.38E+06	4.18E+07	6.7791	0	2E+06	8664716	42829662	4.5321	12.2290
11	0	1367384	-6.38E+06	4.18E+07	8.8367	1	2E+06	8664716	42829662	3.7770	10.9265
12	1	1.58E+06	-6.16E+06	4.21E+07	11.4210	2	2E+06	8447681	42612627	3.0855	9.0337
13	2	1.95E+06	-5.44E+06	4.35E+07	14.5509	3	2E+06	7722503	41162271	2.2643	6.7250
14	3	2.28E+06	-4.43E+06	4.65E+07	16.6189	4	1E+06	6716552	38144418	1.6902	5.2312
15	4	2.66E+06	-2.91E+06	5.26E+07	18.5695	5	871115	5192472	32048098	1.2596	3.7112
16	5	3.10E+06	-7.32E+05	6.35E+07	20.4413	6	435938	3016587	21168673	0.6758	2.4232
17	6	3.26E+06	2.53E+05	6.94E+07	21.2705	7	271900	2032359	15263305	0.2652	2.0045
18	7	3.41E+06	1.27E+06	7.65E+07	22.3178	8	126899	1017352	8158256	0.0167	1.2057
19	8	3.53E+06	2.27E+06	8.45E+07	23.5119	9	2160	19440	174960	0.0000	0.0283
20	9	3.53E+06	2.28E+06	8.47E+07	23.5402	10	0	0	0	0.0000	0.000000
21	10	3.53E+06	2.28E+06	8.47E+07	23.5402						0

Quinto análisis

Cat	GRUPO K					GRUPO 5					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
						-10	3E+06	3.22E+06	4.35E+07	15.2860	0.0000
1	-10	10299	-102990	1029900	0.0000	-9	3E+06	3.32E+06	4.25E+07	14.8389	0.4471
2	-9	60126	-551433	5065887	0.1419	-8	3E+06	3.77E+06	3.84E+07	12.9990	2.1451
3	-8	82844	-733177	6519839	0.3761	-7	2E+06	3.95E+06	3.70E+07	12.2906	2.6193
4	-7	102860	-873289	7500623	0.8393	-6	2E+06	4.09E+06	3.60E+07	11.7908	2.6559
5	-6	159468	-1212937	9538511	1.9611	-5	2E+06	4.43E+06	33949510	10.6674	2.6575
6	-5	226126	-1.55E+06	11204961	2.7950	-4	2E+06	4763436	32283060	9.6131	2.8779
7	-4	321294	-1.93E+06	1.27E+07	3.6460	-3	2E+06	5144108	30760372	8.4277	3.2122
8	-3	423868	-2.23E+06	1.37E+07	4.4116	-2	2E+06	5451830	29837206	7.4435	3.4308
9	-2	557344	-2.50E+06	1.42E+07	5.3050	-1	2E+06	5718782	29303302	6.4956	3.4854
10	-1	785673	-2.73E+06	1.44E+07	6.2720	0	2E+06	5947111	29074973	5.2276	3.7865
11	0	1044269	-2.73E+06	1.44E+07	6.9681	1	2E+06	5947111	29074973	3.9562	4.3617
12	1	1.27E+06	-2.51E+06	1.46E+07	7.6374	2	1E+06	5722650	28850512	2.9898	4.6587
13	2	1.44E+06	-2.17E+06	1.53E+07	8.3795	3	1E+06	5383890	28172992	2.4902	4.4162
14	3	1.73E+06	-1.29E+06	1.79E+07	9.8137	4	853016	4508880	25547962	2.0104	3.4619
15	4	2.10E+06	2.01E+05	2.39E+07	11.3609	5	479890	3016376	19577946	1.2885	2.6366
16	5	2.27E+06	1.04E+06	2.81E+07	12.1675	6	312113	2177491	15383521	0.6152	2.5033
17	6	2.37E+06	1.64E+06	3.17E+07	12.8908	7	212788	1581541	11807821	0.2494	2.1458
18	7	2.49E+06	2.48E+06	3.76E+07	14.1063	8	91608	733281	5870001	0.0045	1.1752
19	8	2.58E+06	3.21E+06	4.35E+07	15.2787	9	417	3753	33777	0.0000	0.0072
20	9	2.58E+06	3.22E+06	4.35E+07	15.2860	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	2.58E+06	3.22E+06	4.35E+07	15.2860						0.0000

Sexto análisis

Cat	GRUPO 3					GRUPO 4					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	S ²	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	S ²	
						-10	1E+06	1.44E+06	3.87E+07	29.2168	0.0000
1	-10	2853	-28530	285300	0.0000	-9	1E+06	1.47E+06	3.84E+07	29.0025	0.2143
2	-9	24859	-226584	2067786	0.1016	-8	1E+06	1.67E+06	3.66E+07	27.6562	1.4590
3	-8	106470	-879472	7290890	0.2461	-7	1E+06	2.32E+06	3.14E+07	23.0395	5.9312
4	-7	178087	-1380791	10800123	0.5290	-6	1E+06	2.82E+06	2.79E+07	18.8866	9.8012
5	-6	231571	-1701695	12725547	0.9529	-5	1E+06	3.14E+06	25983713	15.8602	12.4037
6	-5	326615	-2.18E+06	15101647	1.8136	-4	942115	3619817	23607613	10.2954	17.1079
7	-4	379015	-2.39E+06	1.59E+07	2.4090	-3	889715	3829417	22769213	7.0664	19.7414
8	-3	413412	-2.49E+06	1.62E+07	3.0376	-2	855318	3932608	22459640	5.1188	21.0605
9	-2	422171	-2.51E+06	1.63E+07	3.3033	-1	846559	3950126	22424604	4.7167	21.1969
10	-1	423263	-2.51E+06	1.63E+07	3.3575	0	845467	3951218	22423512	4.6812	21.1781
11	0	436713	-2.51E+06	1.63E+07	4.3024	1	832017	3951218	22423512	4.3981	20.5163
12	1	5.02E+05	-2.44E+06	1.64E+07	8.8636	2	767210	3886411	22358705	3.4821	16.8711
13	2	6.11E+05	-2.23E+06	1.68E+07	14.2143	3	657976	3667943	21921769	2.2410	12.7616
14	3	7.06E+05	-1.94E+06	1.76E+07	17.4416	4	562978	3382949	21066787	1.3119	10.4633
15	4	7.81E+05	-1.64E+06	1.88E+07	19.7169	5	488172	3083725	19869891	0.7996	8.7003
16	5	8.73E+05	-1.18E+06	2.11E+07	22.4029	6	395814	2621935	17560941	0.4872	6.3268
17	6	1.07E+06	9.36E+03	2.83E+07	26.4044	7	197749	1433545	10430601	0.1941	2.6184
18	7	1.22E+06	1.05E+06	3.56E+07	28.4210	8	48617	389621	3123133	0.0139	0.7819
19	8	1.27E+06	1.44E+06	3.87E+07	29.1992	9	685	6165	55485	0.0000	0.0176
20	9	1.27E+06	1.44E+06	3.87E+07	29.2168	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	1.27E+06	1.44E+06	3.87E+07	29.2168						0.0000

Séptimo análisis

Cat	GRUPO 6					GRUPO 7					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	S ²	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	S ²	
						-10	732443	1.73E+06	1.16E+07	10.2211	0.0000
1	-10	7617	-76170	761700	0.0000	-9	724826	1.80E+06	1.08E+07	8.7068	1.5143
2	-9	7617	-76170	761700	0.0000	-8	724826	1.80E+06	1.08E+07	8.7068	1.5143
3	-8	15061	-135722	1238116	0.9999	-7	717382	1.86E+06	1.03E+07	7.6440	1.5772
4	-7	18339	-158668	1398738	1.4151	-6	714104	1.89E+06	1.02E+07	7.2544	1.5516
5	-6	18339	-158668	1398738	1.4151	-5	714104	1.89E+06	10158993	7.2544	1.5516
6	-5	18829	-1.61E+05	1410988	1.7163	-4	713614	1887977	10146743	7.2193	1.2855
7	-4	18853	-1.61E+05	1.41E+06	1.7405	-3	713590	1888073	10146359	7.2181	1.2625
8	-3	19420	-1.63E+05	1.42E+06	2.5631	-2	713023	1889774	10141256	7.1984	0.4595
9	-2	31300	-1.87E+05	1.46E+06	11.2030	-1	701143	1913534	10093736	6.9478	-7.9297
10	-1	80868	-2.36E+05	1.51E+06	10.1822	0	651575	1963102	10044168	6.3379	-6.2990
11	0	192232	-2.36E+05	1.51E+06	6.3633	1	540211	1963102	10044168	5.3874	-1.5296
12	1	3.31E+05	-9.78E+04	1.65E+06	4.9085	2	401776	1824667	9905733	4.0296	1.2830
13	2	4.29E+05	9.86E+04	2.04E+06	4.7151	3	303583	1628281	9512961	2.5680	2.9380
14	3	4.72E+05	2.29E+05	2.44E+06	4.9225	4	260069	1497739	9121335	1.9066	3.3920
15	4	5.30E+05	4.59E+05	3.36E+06	5.5834	5	202590	1267823	8201671	1.3206	3.3171
16	5	6.01E+05	8.15E+05	5.13E+06	6.7056	6	131454	912143	6423271	0.7153	2.8002
17	6	6.52E+05	1.12E+06	6.97E+06	7.7375	7	80386	605735	4584823	0.2539	2.2297
18	7	6.90E+05	1.38E+06	8.81E+06	8.7521	8	42826	342815	2744383	0.0048	1.4642
19	8	7.32E+05	1.72E+06	1.15E+07	10.2115	9	207	1863	16767	0.0000	0.0096
20	9	7.32E+05	1.73E+06	1.16E+07	10.2211	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	7.32E+05	1.73E+06	1.16E+07	10.2211						0.0000

Octavo análisis

Cat	GRUPO D					GRUPO E					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	∑ freq	∑ freq X	∑ freq X ²	S ²	X	∑ freq	∑ freq X	∑ freq X ²	S ²	
						-10	8E+06	-4.71E+07	3.95E+08	14.1252	0.0000
1	-10	1323057	-13230570	132305700	0.0000	-9	6E+06	-3.39E+07	2.63E+08	13.1954	0.9298
2	-9	2603686	-24756231	236036649	0.2499	-8	5E+06	-2.23E+07	1.59E+08	12.1331	1.7421
3	-8	3763668	-34036087	310275497	0.6579	-7	4E+06	-1.31E+07	8.50E+07	10.6109	2.8564
4	-7	4521472	-39340715	347407893	1.1301	-6	3E+06	-7.75E+06	4.79E+07	9.0668	3.9282
5	-6	5120696	-42936059	368979957	1.7516	-5	3E+06	-4.15E+06	26343337	7.4994	4.8742
6	-5	5572989	-4.52E+07	380287282	2.4638	-4	2E+06	-1892912	15036012	6.1207	5.5407
7	-4	5942220	-4.67E+07	3.86E+08	3.2951	-3	2E+06	-415988	9128316	4.9634	5.8666
8	-3	6279905	-4.77E+07	3.89E+08	4.3171	-2	1E+06	597067	6089151	3.9457	5.8623
9	-2	6556508	-4.82E+07	3.90E+08	5.3993	-1	1E+06	1150273	4982739	3.2225	5.5033
10	-1	6835496	-4.85E+07	3.91E+08	6.7613	0	926683	1429261	4703751	2.6971	4.6667
11	0	7144665	-4.85E+07	3.91E+08	8.5547	1	617514	1429261	4703751	2.2601	3.3103
12	1	7.40E+06	-4.83E+07	3.91E+08	10.3103	2	357608	1169355	4443845	1.7341	2.0808
13	2	7.55E+06	-4.80E+07	3.91E+08	11.4662	3	214244	882627	3870389	1.0932	1.5658
14	3	7.62E+06	-4.77E+07	3.92E+08	12.2034	4	139532	658491	3197981	0.6477	1.2741
15	4	7.69E+06	-4.75E+07	3.93E+08	13.0004	5	73091	392727	2134925	0.3387	0.7861
16	5	7.74E+06	-4.72E+07	3.94E+08	13.7102	6	23645	145497	898775	0.1470	0.2680
17	6	7.76E+06	-4.71E+07	3.95E+08	14.0553	7	3427	24189	170927	0.0561	0.0138
18	7	7.76E+06	-4.71E+07	3.95E+08	14.1205	8	198	1586	12706	0.0100	-0.0053
19	8	7.76E+06	-4.71E+07	3.95E+08	14.1251	9	2	18	162	0.0000	0.0001
20	9	7.76E+06	-4.71E+07	3.95E+08	14.1252	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	7.76E+06	-4.71E+07	3.95E+08	14.1252						0.0000

Noveno análisis

Cat	GRUPO H					GRUPO I					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	∑ freq	∑ freq X	∑ freq X ²	S ²	X	∑ freq	∑ freq X	∑ freq X ²	S ²	
						-10	6E+06	-7.29E+06	7.62E+07	11.3221	0.0000
1	-10	53534	-535340	5353400	0.0000	-9	6E+06	-6.75E+06	7.09E+07	10.7189	0.6032
2	-9	109948	-1043066	9922934	0.2498	-8	6E+06	-6.24E+06	6.63E+07	10.2202	0.8521
3	-8	219754	-1921514	16950518	0.6777	-7	6E+06	-5.37E+06	5.93E+07	9.4773	1.1671
4	-7	346423	-2808197	23157299	1.1353	-6	6E+06	-4.48E+06	5.31E+07	8.8410	1.3458
5	-6	527770	-3896279	29685791	1.7458	-5	5E+06	-3.39E+06	46528580	8.2013	1.3750
6	-5	916318	-5.84E+06	39399491	2.3919	-4	5E+06	-1447878	36814880	7.2420	1.6882
7	-4	1388899	-7.73E+06	4.70E+07	2.8413	-3	5E+06	442446	29253584	6.4152	2.0656
8	-3	2101603	-9.87E+06	5.34E+07	3.3524	-2	4E+06	2580558	22839248	5.4953	2.4744
9	-2	2911654	-1.15E+07	5.66E+07	3.8784	-1	3E+06	4200660	19599044	4.5459	2.8978
10	-1	3663663	-1.22E+07	5.74E+07	4.4975	0	2E+06	4952669	18847035	3.5469	3.2777
11	0	4207375	-1.22E+07	5.74E+07	5.1722	1	2E+06	4952669	18847035	2.7138	3.4361
12	1	4.68E+06	-1.18E+07	5.78E+07	6.0325	2	1E+06	4483589	18377955	1.9721	3.3176
13	2	5.06E+06	-1.10E+07	5.94E+07	7.0048	3	882080	3716219	16843215	1.3454	2.9720
14	3	5.38E+06	-1.01E+07	6.22E+07	8.0771	4	565131	2765372	13990674	0.8118	2.4332
15	4	5.61E+06	-9.13E+06	6.59E+07	9.1010	5	335124	1845344	10310562	0.4454	1.7757
16	5	5.80E+06	-8.16E+06	7.08E+07	10.2172	6	141075	875099	5459337	0.2200	0.8850
17	6	5.92E+06	-7.46E+06	7.49E+07	11.0750	7	24550	175949	1264437	0.1392	0.1079
18	7	5.94E+06	-7.32E+06	7.60E+07	11.2711	8	4098	32785	262289	0.0002	0.0507
19	8	5.94E+06	-7.29E+06	7.62E+07	11.3221	9	1	9	81	0.0000	0.0000
20	9	5.94E+06	-7.29E+06	7.62E+07	11.3221	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	5.94E+06	-7.29E+06	7.62E+07	11.3221						0.0000

Décimo análisis

Cat	GRUPO 8					GRUPO 9					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
						-10	4E+06	9.41E+06	7.05E+07	11.7420	0.0000
1	-10	42639	-426390	4263900	0.0000	-9	4E+06	9.84E+06	6.62E+07	10.3133	1.4287
2	-9	53057	-520152	5107758	0.1578	-8	4E+06	9.93E+06	6.54E+07	10.0146	1.5697
3	-8	61992	-591632	5679598	0.5364	-7	4E+06	1.00E+07	6.48E+07	9.8029	1.4028
4	-7	95634	-827126	7328056	1.8231	-6	4E+06	1.02E+07	6.31E+07	9.1521	0.7668
5	-6	116944	-954986	8095216	2.5365	-5	4E+06	1.04E+07	62374140	8.8222	0.3833
6	-5	176515	-1.25E+06	9584491	3.9219	-4	4E+06	10667373	60884865	8.1011	-0.2809
7	-4	256280	-1.57E+06	1.09E+07	4.7582	-3	4E+06	10986433	59608625	7.3548	-0.3710
8	-3	374252	-1.93E+06	1.19E+07	5.3778	-2	4E+06	11340349	58546877	6.5211	-0.1569
9	-2	555258	-2.29E+06	1.26E+07	5.7990	-1	4E+06	11702361	57822853	5.5654	0.3776
10	-1	786098	-2.52E+06	1.29E+07	6.1156	0	3E+06	11933201	57592013	4.6678	0.9586
11	0	1162336	-2.52E+06	1.29E+07	6.3834	1	3E+06	11933201	57592013	3.5556	1.8030
12	1	1.52E+06	-2.16E+06	1.32E+07	6.6878	2	3E+06	11578966	57237778	2.7544	2.2998
13	2	2.03E+06	-1.15E+06	1.53E+07	7.2169	3	2E+06	10559704	55199254	1.8690	2.6562
14	3	2.46E+06	1.59E+05	1.92E+07	7.7907	4	2E+06	9255121	51285505	1.2799	2.6714
15	4	3.02E+06	2.39E+06	2.81E+07	8.6838	5	1E+06	7024865	42364481	0.7161	2.3421
16	5	3.44E+06	4.52E+06	3.87E+07	9.5289	6	763048	4896365	31721981	0.3967	1.8164
17	6	3.95E+06	7.53E+06	5.68E+07	10.7561	7	261676	1888133	13672589	0.1861	0.7999
18	7	4.15E+06	8.98E+06	6.70E+07	11.4496	8	54176	435633	3505089	0.0394	0.2530
19	8	4.21E+06	9.39E+06	7.03E+07	11.7240	9	2225	20025	180225	0.0000	0.0180
20	9	4.21E+06	9.41E+06	7.05E+07	11.7420	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	4.21E+06	9.41E+06	7.05E+07	11.7420						0.0000

Onceavo análisis

Cat	GRUPO 10					GRUPO 11					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
						-10	2E+06	-5.38E+06	4.01E+07	13.4757	0.0000
1	-10	35731	-357310	3573100	0.0000	-9	2E+06	-5.02E+06	3.65E+07	12.7374	0.7382
2	-9	85999	-809722	7644808	0.2429	-8	2E+06	-4.57E+06	3.24E+07	11.9785	1.2543
3	-8	177942	-1545266	13529160	0.6177	-7	2E+06	-3.84E+06	2.65E+07	10.9770	1.8809
4	-7	379399	-2955465	23400553	0.9960	-6	1E+06	-2.43E+06	1.67E+07	9.0962	3.3834
5	-6	532580	-3874551	28915069	1.3660	-5	1E+06	-1.51E+06	11157792	7.7091	4.4005
6	-5	688640	-4.65E+06	32816569	1.9635	-4	1E+06	-726850	7256292	6.4531	5.0590
7	-4	831465	-5.23E+06	3.51E+07	2.7096	-3	903380	-155550	4971092	5.4731	5.2929
8	-3	1022562	-5.80E+06	3.68E+07	3.8435	-2	712283	417741	3251219	4.2205	5.4116
9	-2	1146128	-6.05E+06	3.73E+07	4.7257	-1	588717	664873	2756955	3.4075	5.3424
10	-1	1274505	-6.17E+06	3.74E+07	5.9056	0	460340	793250	2628578	2.7407	4.8293
11	0	1389570	-6.17E+06	3.74E+07	7.1994	1	345275	793250	2628578	2.3347	3.9415
12	1	1.53E+06	-6.03E+06	3.76E+07	9.0484	2	200911	648886	2484214	1.9337	2.4936
13	2	1.61E+06	-5.88E+06	3.79E+07	10.2134	3	124191	495446	2177334	1.6169	1.6453
14	3	1.67E+06	-5.70E+06	3.84E+07	11.3820	4	63928	314657	1634967	1.3485	0.7452
15	4	1.70E+06	-5.57E+06	3.89E+07	12.1759	5	32109	187381	1125863	1.0075	0.2923
16	5	1.72E+06	-5.49E+06	3.94E+07	12.7011	6	15867	106171	719813	0.5918	0.1828
17	6	1.73E+06	-5.44E+06	3.96E+07	13.0243	7	8053	59287	438509	0.2523	0.1990
18	7	1.73E+06	-5.40E+06	3.99E+07	13.2948	8	2830	22726	182582	0.0295	0.1514
19	8	1.73E+06	-5.38E+06	4.01E+07	13.4691	9	86	774	6966	0.0000	0.0066
20	9	1.73E+06	-5.38E+06	4.01E+07	13.4757	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	1.73E+06	-5.38E+06	4.01E+07	13.4757						0.0000

Doceavo análisis

Cat	GRUPO L					GRUPO 14					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
						-10	5E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8834	0.0000
1	-10	14447	-144470	1444700	0.0000	-9	4E+06	8.16E+06	6.64E+07	11.4747	0.4087
2	-9	51122	-474545	4415375	0.2027	-8	4E+06	8.49E+06	6.35E+07	10.5999	1.0808
3	-8	86787	-759865	6697935	0.5176	-7	4E+06	8.78E+06	6.12E+07	9.8887	1.4771
4	-7	184488	-1443772	11485284	1.0113	-6	4E+06	9.46E+06	5.64E+07	8.2494	2.6227
5	-6	236677	-1756906	13364088	1.3613	-5	4E+06	9.77E+06	54502656	7.5224	2.9998
6	-5	261102	-1.88E+06	13974713	1.7319	-4	4E+06	9895137	53892031	7.2589	2.8926
7	-4	323496	-2.13E+06	1.50E+07	2.9885	-3	4E+06	10144713	52893727	6.7619	2.1331
8	-3	377830	-2.29E+06	1.55E+07	4.1368	-2	4E+06	10307715	52404721	6.4594	1.2872
9	-2	499052	-2.53E+06	1.59E+07	6.1710	-1	4E+06	10550159	51919833	6.0265	-0.3141
10	-1	803706	-2.84E+06	1.63E+07	7.7456	0	4E+06	10854813	51615179	5.3512	-1.2134
11	0	1296236	-2.84E+06	1.63E+07	7.7416	1	3E+06	10854813	51615179	4.6584	-0.5166
12	1	2.11E+06	-2.02E+06	1.71E+07	7.1594	2	2E+06	10036338	50796704	3.6670	1.0570
13	2	2.68E+06	-8.82E+05	1.93E+07	7.1006	3	2E+06	8898392	48520812	2.8605	1.9223
14	3	3.21E+06	7.08E+05	2.41E+07	7.4557	4	1E+06	7308032	43749732	2.0296	2.3981
15	4	3.61E+06	2.28E+06	3.04E+07	8.0306	5	905627	5734416	37455268	1.2644	2.5884
16	5	3.90E+06	3.75E+06	3.77E+07	8.7525	6	612730	4269931	30132843	0.6152	2.5157
17	6	4.10E+06	4.94E+06	4.49E+07	9.4986	7	414358	3079699	22991451	0.2455	2.1394
18	7	4.33E+06	6.58E+06	5.64E+07	10.7069	8	179186	1433495	11468023	0.0000	1.1764
19	8	4.51E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8833	9	7	63	567	0.0000	0.0001
20	9	4.51E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8834	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	4.51E+06	8.02E+06	6.79E+07	11.8834						0.0000

Treceavo análisis

Cat	GRUPO 12					GRUPO 13					GANANCIA DE HOMOGENEIDAD
	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	X	$\sum freq$	$\sum freq X$	$\sum freq X^2$	s^2	
1	-10	2728	-27280	272800	0.0000	-10	2E+06	-1.22E+06	2.86E+07	17.2277	0.0000
2	-9	5835	-55243	524467	0.2489	-8	2E+06	-1.20E+06	2.84E+07	17.1117	0.1160
3	-8	53066	-433091	3547251	0.2381	-7	2E+06	-7.91E+05	2.51E+07	15.8750	1.1146
4	-7	120750	-906879	6863767	0.4369	-6	1E+06	-3.17E+05	2.18E+07	14.5927	2.1981
5	-6	230215	-1563669	10804507	0.7981	-5	1E+06	3.40E+05	17833596	12.8805	3.5491
6	-5	373860	-2.28E+06	14395632	1.2514	-4	1E+06	1057901	14242471	10.8035	5.1728
7	-4	507159	-2.82E+06	1.65E+07	1.7799	-3	1E+06	1591097	12109687	8.9098	6.5380
8	-3	628500	-3.18E+06	1.76E+07	2.4498	-2	979759	1955120	11017618	7.2632	7.5147
9	-2	720258	-3.36E+06	1.80E+07	3.1775	-1	888001	2138636	10650586	6.1936	7.8566
10	-1	839719	-3.48E+06	1.81E+07	4.3677	0	768540	2258097	10531125	5.0700	7.7900
11	0	965100	-3.48E+06	1.81E+07	5.7440	1	643159	2258097	10531125	4.0473	7.4363
12	1	1.09E+06	-3.35E+06	1.82E+07	7.2658	2	515268	2130206	10403234	3.0986	6.8633
13	2	1.22E+06	-3.11E+06	1.87E+07	8.8769	3	391239	1882148	9907118	2.1792	6.1716
14	3	1.31E+06	-2.83E+06	1.95E+07	10.2472	4	300843	1610960	9093554	1.5528	5.4277
15	4	1.41E+06	-2.44E+06	2.11E+07	12.0171	5	201744	1214564	7507970	0.9710	4.2395
16	5	1.48E+06	-2.05E+06	2.31E+07	13.6315	6	124372	827704	5573670	0.5246	3.0716
17	6	1.55E+06	-1.68E+06	2.53E+07	15.1708	7	62916	458968	3361254	0.2084	1.8485
18	7	1.59E+06	-1.37E+06	2.75E+07	16.5228	8	18541	148343	1186879	0.0008	0.7041
19	8	1.61E+06	-1.22E+06	2.86E+07	17.2269	9	15	135	1215	0.0000	0.0007
20	9	1.61E+06	-1.22E+06	2.86E+07	17.2277	10	0	0	0	0.0000	0.0000
21	10	1.61E+06	-1.22E+06	2.86E+07	17.2277						0.0000