



Sistema de Análisis de los Impactos Ecológicos de la Actividad Ganadera

Documento 1

S A E G



Documento de Referencia para la Estimación de la Erosión Actual del Suelo en México

SAEG

Dr. Fernando Paz Pellat
Coordinador



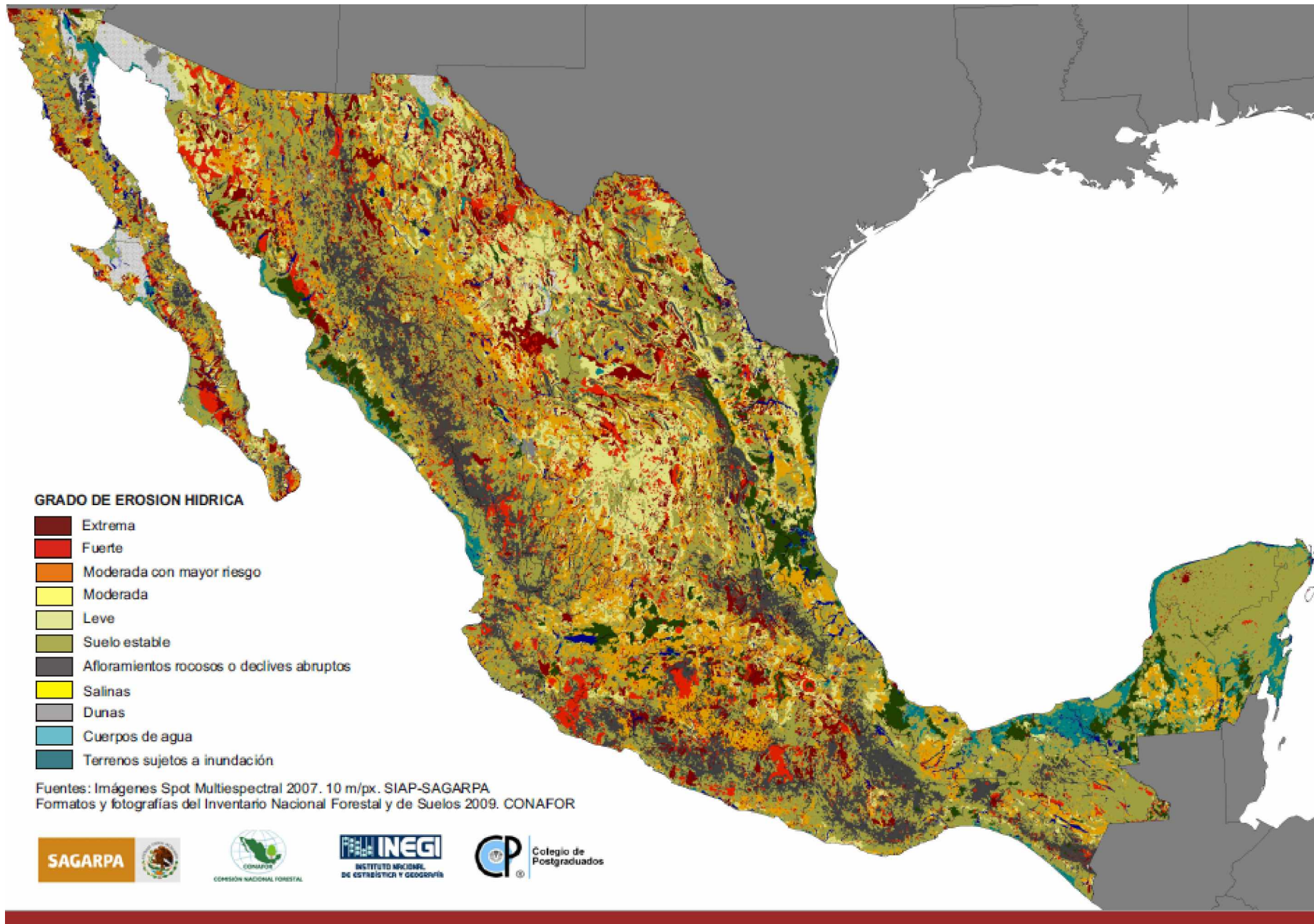
MC. FRANCISCO MAYORGA CASTAÑEDA
SECRETARIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO
RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

DR. EVERARDO GONZÁLEZ PADILLA
COORDINADOR GENERAL DE GANADERÍA

DR. FERNANDO PAZ PELLAT
COORDINADOR DEL GRUPO DE GESTIÓN DE RIESGOS Y
RECURSOS NATURALES ASISTIDA POR SENSORES REMOTOS,
COLEGIO DE POSTGRADUADOS (GRENASER-COLPOS)

Cita correcta del documento:

CGG-SAGARPA y COLPOS, 2009, Documento de Referencia para la Estimación de la Erosión Actual del Suelo en México. Proyecto desarrollado por el Colegio de Postgraduados para la Coordinación General de Ganadería de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, bajo la Coordinación de Fernando Paz, con la colaboración de Carlos Omar Cruz, Jesús Argumedo y Víctor Romero del INEGI y Rigoberto Palafox de la CONAFOR, México, D.F., 46 Pág.



Mapa Nacional de Erosión, escala 1:50,000. SAGARPA-COLPOS-INEGI-CONAFOR, 2009.

Contenido

INDICE GENERAL

Pag.

- 1 INTRODUCCION1
- 2 POLÍTICAS PÚBLICAS Y GANADERÍA2
- 3 SISTEMA DE ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS ECOLÓGICOS DE LA ACTIVIDAD GANADERA (SAEG) CON FINES DE PLANEACIÓN..... 3
 - 3.1 Mapa de erosión potencial 4
 - 3.1.1 Insumos principales 4
 - 3.1.2 Conceptos y criterios de diagnóstico 4
- 4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN7
 - 4.2 Criterios para delimitar zonas de exclusión 8
 - 4.2.1 Declives naturales abruptos..... 8
 - 4.2.2 Afloramientos rocosos y malpaíses 9
 - 4.2.3 Cauces estables 10
 - 4.2.4 Dunas y zonas arenosas 12
 - 4.2.5 Salinas 13
 - 4.2.6 Zonas palustres y terrenos sujetos a inundación..... 14
 - 4.2.7 Asentamientos humanos 15
 - 4.2.8 Cuerpos de agua 15
 - 4.3 Criterios de fotointerpretación para identificar y delimitar áreas con erosión hídrica. 17
 - 4.4 Procedimiento para delimitar erosión no apreciable (erosión leve o moderada) 21
 - 4.4.1 Ajuste por condiciones geomorfológicas..... 21
 - 4.4.2 Ajuste por erodabilidad del suelo..... 23

4.4.3	Ajuste por presión antrópica	24
4.4.4	Ajuste por condiciones climáticas	25
4.5	Integración de coberturas.....	26
4.6	Estructura de la tabla de atributos (nombres de campos y valores).....	26
4.7	Mapa raster de las clases de erosión actual	27
4.8	Control de calidad	28
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
6	Anexo 1. METADATOS.....	31

INDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 4.1.1	Flujo grama de procesos necesarios para la delimitación y etiquetado de la erosión	8
Figura 4.2.1.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas con declives naturales abruptos.	9
Figura 4.2.2.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas con afloramientos rocosos extensos.	10
Figura 4.2.3.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de cauces estables.	11
Figura 4.2.4.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas arenosas y dunas de acumulación.	12
Figura 4.2.5.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de salinas naturales o artificiales.	13
Figura 4.2.6.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas palustres, sujetas a inundación o con pantanos extensos.	14
Figura 4.2.8.1	Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de áreas con asentamientos humanos (izquierda) y cuerpos de agua con desbordamiento eventual (derecha).	16
Figura 4.4.1.1	Delimitación del proceso erosivo a partir de la orientación y grado de inclinación de la pendiente.	22
Figura 4.4.2.1	Ajuste del grado de erosión en polígonos con información edafológica disponible.	23
Figura 4.4.3.1	Ajuste del grado de erosión en polígonos con información de actividad humana disponible.	24
Figura 4.4.4.1	Ajuste del grado de erosión en polígonos con información climática disponible.	25

INDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1. Criterios ilustrados de fotointerpretación según forma y grado de erosión hídrica.20

Tabla 2. Estructura de la tabla de atributos del Mapa Nacional de Erosión.....26

Tabla 3. Criterios de diagnóstico para identificar perfiles con fuertes evidencias de erosión o estabilidad a la erosión. 29

1 INTRODUCCION

La sobreexplotación de los recursos naturales por las actividades productivas tipo ganadero es un mito construido en evidencia muy restringida. El manejo “racional”, como equivalente a un manejo sustentable y racional, es sin duda una de las prioridades para que esta actividad alcance una sustentabilidad ambiental y económica. No obstante esto, las enormes limitaciones en la información disponible y actual limitan cualquier aproximación racional en la gestión de los agostaderos. Adicionalmente, la implementación de políticas publicas de apoyo a la ganadería (SAGARPA, 2007 y 2008) esta condicionada a la capacidad de monitorear el uso de los recursos públicos, además de inducir practicas de manejo sustentables de los recursos disponibles. La tarea es nada fácil y limitada por los recursos financieros disponibles.

En esencia, una aproximación metodológica y operacional para el desarrollo de practicas sustentables de la ganadería, reconociendo en forma explicita las limitaciones de tiempo y recursos económicos, requiere de una estrategia teórica y operacional diferente a lo realizado en el pasado (COTECOCA, 1967). El primer paso es reconocer las limitaciones de los enfoques clásicos y desarrollar esquemas alternativos basados en la información disponible, bajo requerimientos de implementación operacional en términos masivos a nivel nacional.

La caracterización de las limitaciones asociadas a la actividad ganadera, así como su valoración en términos históricos, es un primer paso hacia la planeación de las acciones del PROGAN u otros programas. Definidas los riesgos asociados a la ganadería, el paso siguiente es establecer medidas de preventivas o de gestión para minimizar impactos de tipo climático.

2 POLÍTICAS PÚBLICAS Y GANADERÍA

La sustentabilidad ambiental, como objetivo de uno de los cinco ejes rectores del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, ha sido la base del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria (SAGARPA; 2007), donde la componente de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGAN) está encaminado al uso sustentable del agostadero. Aunque el esquema de apoyo del PROGAN es sin duda benéfico para la actividad ganadera del país, su liga al manejo sustentable resulta sumamente difícil de evaluar por falta de información, además de la alta incertidumbre en relación a las capacidades de carga de los ranchos ganaderos o unidades de producción pecuaria (UPP) y las existencias reales de ganado. El PROGAN presenta la versión positiva de la ganadería productiva y sustentable en el país; aunque adolece de mecanismos realistas de evaluación de sus impactos.

En resumen, la fuerte incertidumbre asociada a los recursos naturales en el agostadero, limita la implementación de políticas de sustentabilidad en el sector ganadero.

3 SISTEMA DE ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS ECOLÓGICOS DE LA ACTIVIDAD GANADERA (SAEG) CON FINES DE PLANEACIÓN

La actividad ganadera en el país ha sido considerada como un factor de presión para el manejo sustentable de los recursos naturales y como altamente contribuyente a la emisión de gases de efectos invernadero, con efectos en el cambio climático. Esta percepción ha sido construida en función de evidencia experimental pobre y en la idea de que el deterioro del recurso vegetación y suelo conduce a un umbral irreversible de degradación. Independientemente de consideraciones de productividad forrajera, por ejemplo, en el caso de los pastizales naturales cuando han sido sujetos a presiones fuertes de manejo, el resultado ha sido que estos tipos de vegetación han sido invadidos por especies arbóreas o arbustivas, incrementando su potencial de captura de carbono y generando una mayor diversidad de especies. Así, aun en condiciones fuera del referente de lo que es considerado vegetación “normal” o “clímax”, la actividad ganadera ha provocado incrementos en la diversidad ecológica y en el potencial de mitigación de los efectos del cambio climático. Por otro lado, el sobrepastoreo ha conducido a efectos irreversibles en la biodiversidad y degradación del sistema suelo-vegetación, que han provocado un deterioro intenso de los recursos naturales.

Aunque es posible utilizar muchos indicadores de los impactos ecológicos de las actividades ganaderas en el país, con fines operacionales usando la tecnología de los sensores remotos asociada a las bases de datos existentes, el SAEG esta diseñado para evaluar los impactos ecológicos usando tres indicadores base:

- Cobertura aérea de la vegetación y el suelo, como una medida de la vulnerabilidad del suelo a ser erosionado.
- Potencial de erosión del suelo, en función de sus propiedades físicas y químicas; además de otros factores.

El uso conjunto de los indicadores nos permite un estimado del impacto ecológico (vegetación y suelo) de la actividad ganadera en el país a lo largo del tiempo. Adicionalmente, la generación de una aproximación de línea base del impacto ecológico de la ganadería en el recurso suelo (erosión actual), permitirá establecer las bases para su evaluación final del PROGAN en términos fundamentalmente ecológicos.

3.1 Mapa de erosión potencial

El Mapa considera cinco grados y tres formas de erosión hídrica. Los procesos de fotointerpretación para la obtención de polígonos de erosión, así como el etiquetado de los atributos de erosión están apoyados por trabajo de campo y sustentados con datos y evidencias fotográficas puntuales. Representa el primer acercamiento de conocimiento a los diversos grados y formas de la erosión hídrica, haciendo énfasis en los procesos acelerados o inducidos por el hombre.

3.1.1 Insumos principales

Conglomerados de estudio del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009. CONAFOR
Cobertura de imágenes de satélite Spot y Landsat en diferente resolución y temporalidad.
SAGARPA

3.1.2 Conceptos y criterios de diagnóstico

Zona de exclusión. Todos aquellos rasgos geográficos con posibles evidencias de erosión pero no comparables con escurrimientos superficiales relativamente recientes. Pueden ser de cuatro tipos:

- a) Rasgos de erosión geológica neta: declives naturales abruptos, abanicos aluviales extremos, cauces estables, afloramientos rocosos, malpaíses y dunas.
- b) Rasgos de erosión antrópica dominante: Asentamientos humanos, con superficie de suelo removida para construcción urbana, bancos de material a cielo abierto, salinas artificiales o con remoción de material por construcción de caminos y obras de infraestructura mayor.
- c) Rasgos geográficos de acumulación de suelo. Representa en la práctica el concepto inverso de erosión. Pantanos, zonas palustres, deltas y terrenos sujetos a inundación periódica.
- d) Rasgos geográficos complementarios: Cuerpos de agua de carácter intermitente o permanente.

Erosión. Remoción de suelo superficial por efecto natural y antrópico asociado. El proceso de remoción fue antecedido de un intemperismo profundo del material parental (afloramientos rocosos y declives naturales abruptos) y es predecesor de un proceso intenso de transporte

de sedimentos (cauces estables) con posible acumulación de material de suelo (rellenos aluviales y terrenos sujetos a inundación).

Evidencia de erosión. Ocurre cuando es posible delimitar e interpretar el grado y forma erosiva de un suelo en una imagen de satélite a partir del conocimiento y experiencia de campo del analista foto-intérprete o por medio de evidencias históricas obtenidas mediante trabajo de campo. Los casos más frecuentes corresponden a eventos de erosión fuerte, extrema y el caso de suelos estables a la erosión.

Erosión apreciable. Evidencia visual o documentada en campo de la remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso. La intensidad de la forma erosiva y la proporción de superficie afectada es el criterio principal para diferenciar el grado fuerte o extremo de la erosión.

Erosión extrema. Remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso en más del 90% de la superficie del polígono de erosión, cuando la forma erosiva dominante es linear o planar y en cualquier proporción de la superficie cuando la forma erosiva es masiva.

Erosión fuerte. Remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso entre un 50 y 90% o más de la superficie del polígono de erosión cuando esta es linear o planar. Se incluye la erosión masiva excepto cuando corresponde a un rasgo de exclusión geomorfológica.

Suelo estable. Cuando el suelo no presenta evidencias de erosión tanto en la imagen de satélite como evidencias de campo que indiquen afectación por escurrimiento superficial en el terreno. Generalmente sucede cuando la cobertura vegetal es cerrada, la vegetación es prístina o cuando está en una fase de sucesión muy temprana.

Erosión no apreciable. Cuando es necesario un análisis de elementos de fotointerpretación exhaustivo y la disposición de elementos cartográficos adicionales para lograr establecer algunas evidencias de erosión. La posición en el relieve, el grado de afectación humana sobre la cobertura original del suelo y la erodabilidad del suelo son algunos ejemplos de elementos que conducen a una mejor separación de los procesos erosivos leves o moderados.

Erosión moderada. No hay evidencias visuales de erosión fuerte o extrema en la imagen de satélite. Es necesario un análisis de elementos de fotointerpretación y la disposición de elementos cartográficos adicionales para establecer algunas evidencias de erosión tales como patrones de drenaje típicos de erosión, coberturas de vegetación abierta, posición en la geoforma más relacionada con fenómenos de intensidad gravitacional o mayor evidencia de actividad humana aún en zonas con acumulación o cobertura vegetal cerrada.

Erosión leve. No hay evidencias visuales de erosión fuerte o extrema en la imagen de satélite. El análisis de elementos de fotointerpretación y la disposición de elementos cartográficos adicionales no logra aportar alguna evidencia significativa de erosión tanto por causa antrópica como asociada (natural-antrópica).

Forma de la erosión. Patrón espacial visible durante el proceso de fotointerpretación o donde existe documentación de formas erosivas ocultas por vegetación o actividad humana.

Erosión planar. También conocida como erosión laminar. Ocurre cuando el desprendimiento del horizonte superficial es relativamente homogéneo en el polígono de erosión. Se considera grado fuerte cuando la evidencia visual ocupa aproximadamente entre 50 y 90% de la superficie del polígono y grado extremo cuando supera el 90%.

Erosión lineal. Incluye todas las formas de erosión con evidencias de cárcavas o surcos. Los canalillos se exceptúan de este análisis excepto los casos donde existen datos previamente documentados en campo. La erosión lineal se considera de grado fuerte cuando los patrones lineares son identificables en más del 50% del polígono y grado extremo cuando la erosión lineal está asociada íntimamente con erosión planar de grado extremo o cuando los patrones lineares ocupan más del 90% de la superficie del polígono de erosión.

Erosión masiva. Están incluidos en este concepto los deslizamientos naturales de laderas escarpadas por causa de falla o fractura geológica. También se incluyen algunas formas de erosión planar o lineal relacionadas con geoformas bastante extensas donde muchas veces el hombre ha incrementado el proceso erosivo. Las formas especiales de abanico aluvial de gran superficie son consideradas zonas de exclusión geomorfológica.

4 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Se emplearon cuatro procesos clave para obtener el Mapa Nacional de Erosión (Figura 3.2.1):

A) Preparación de insumos. Los insumos se integraron en un solo Sistema de Información Geográfico y proporcionados a cada uno de los foto-intérpretes de erosión.

B) Delimitación de coberturas básicas:

- a) Zonas de exclusión.
- b) Erosión apreciable: fuerte, extrema y suelos estables.
- c) Erosión no apreciable: leve y moderada.

Los polígonos de erosión apreciable se delimitaron bajo criterios de fotointerpretación. Las áreas de erosión no apreciable se diferenciaron por análisis de coberturas ambientales asociadas al proceso erosivo hídrico. En cualquiera de los casos, los polígonos resultantes fueron nuevamente verificados contra la imagen de satélite original.

C) Integración de coberturas

Se empleó como base inicial la cobertura de erosión no apreciable, y se sobrepone en ella la cobertura de erosión apreciable y finalmente la de zonas de exclusión.

D) Control de calidad

Se efectuó orientado a dos objetivos:

- a) validar la consistencia espacial (doble precisión, homologación de proyección, datum y sistema de coordenadas, y
- b) validar el etiquetado de los atributos de erosión, mediante el análisis de datos edafológicos y fotografías referidas espacialmente y relacionadas con procesos de erosión.

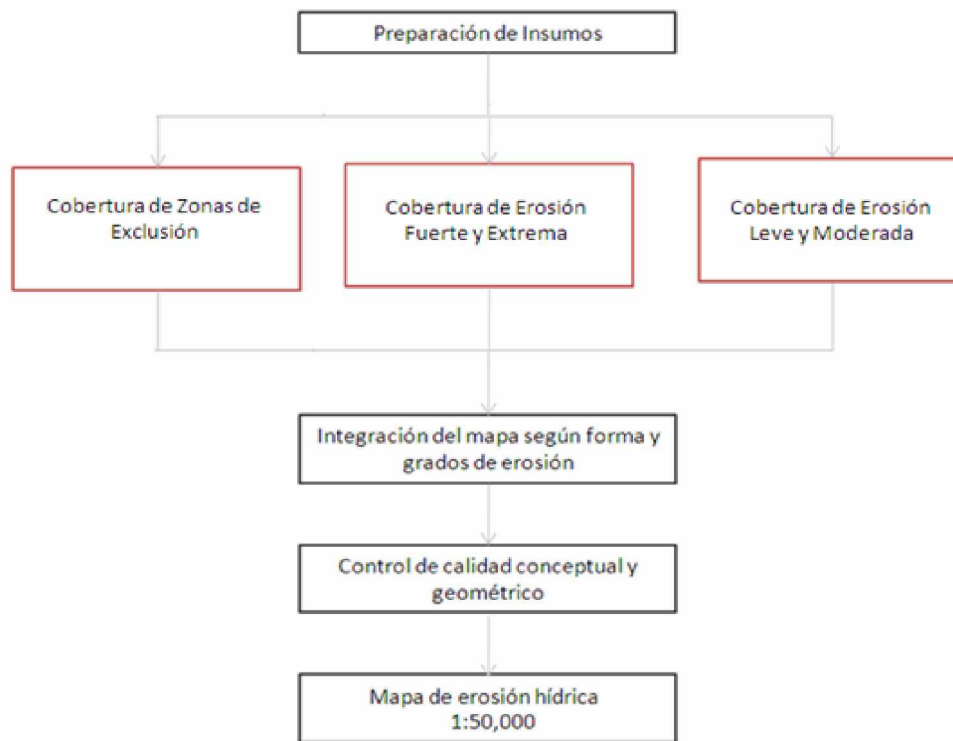


Figura 4.1.1 Flujo grama de procesos necesarios para la delimitación y etiquetado de la erosión

4.2 Criterios para delimitar zonas de exclusión

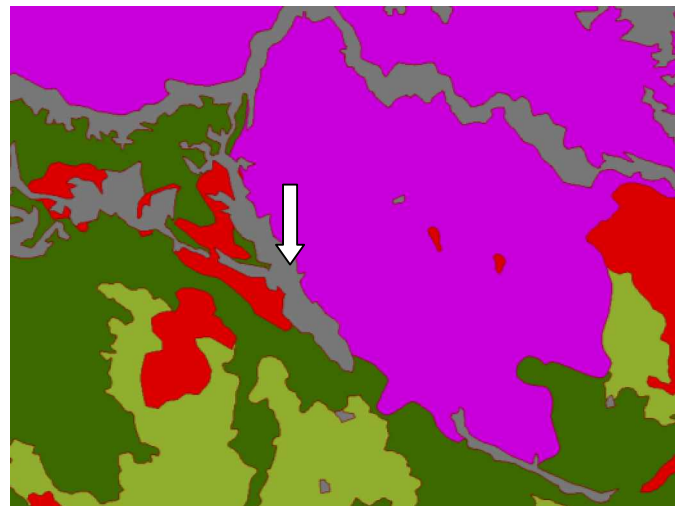
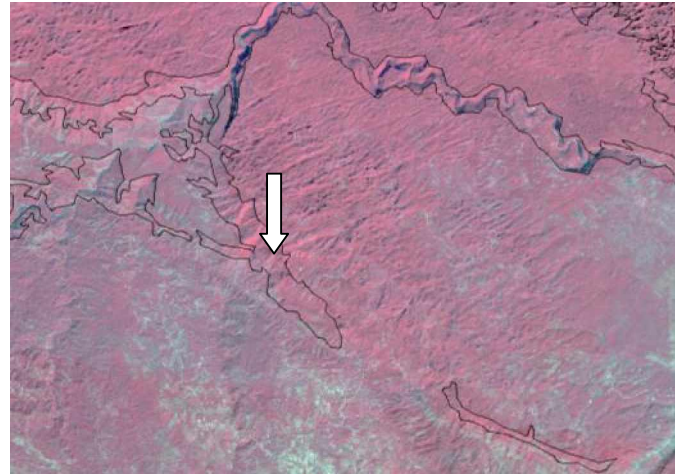
4.2.1 Declives naturales abruptos

Los declives abruptos son consecuencia de procesos geológicos bien diferenciables de los procesos de remoción reciente de suelo. Un cañón es el resultado del proceso erosivo geológico extremo, de tal manera que su existencia no fue acelerada en los últimos dos siglos, por ejemplo.

La identificación de los declives abruptos, se realizó empleando el modelo de elevación obtenido a partir de las curvas de nivel 1:50,000. Se generaron las áreas con pendiente mayor a 40% (40 metros de diferencial de altitud en una distancia horizontal de 100 metros). Este valor es arbitrario y fue seleccionado a partir de juicios de experiencia en campo.

Las áreas resultantes se contrastaron con la imagen de satélite para determinar la autenticidad del rasgo localizado (Figura 4.2.1.1). Se identificó posteriormente en la imagen si

el declive corresponde efectivamente a un cantil de cañón, ladera escarpada o un banco de terraza.



Declive mayor a 55%. Sierra San Bernardo, Baja C Sur.

Declive entre 40 y 50%. Cordón El Pájaro, Chiapas.

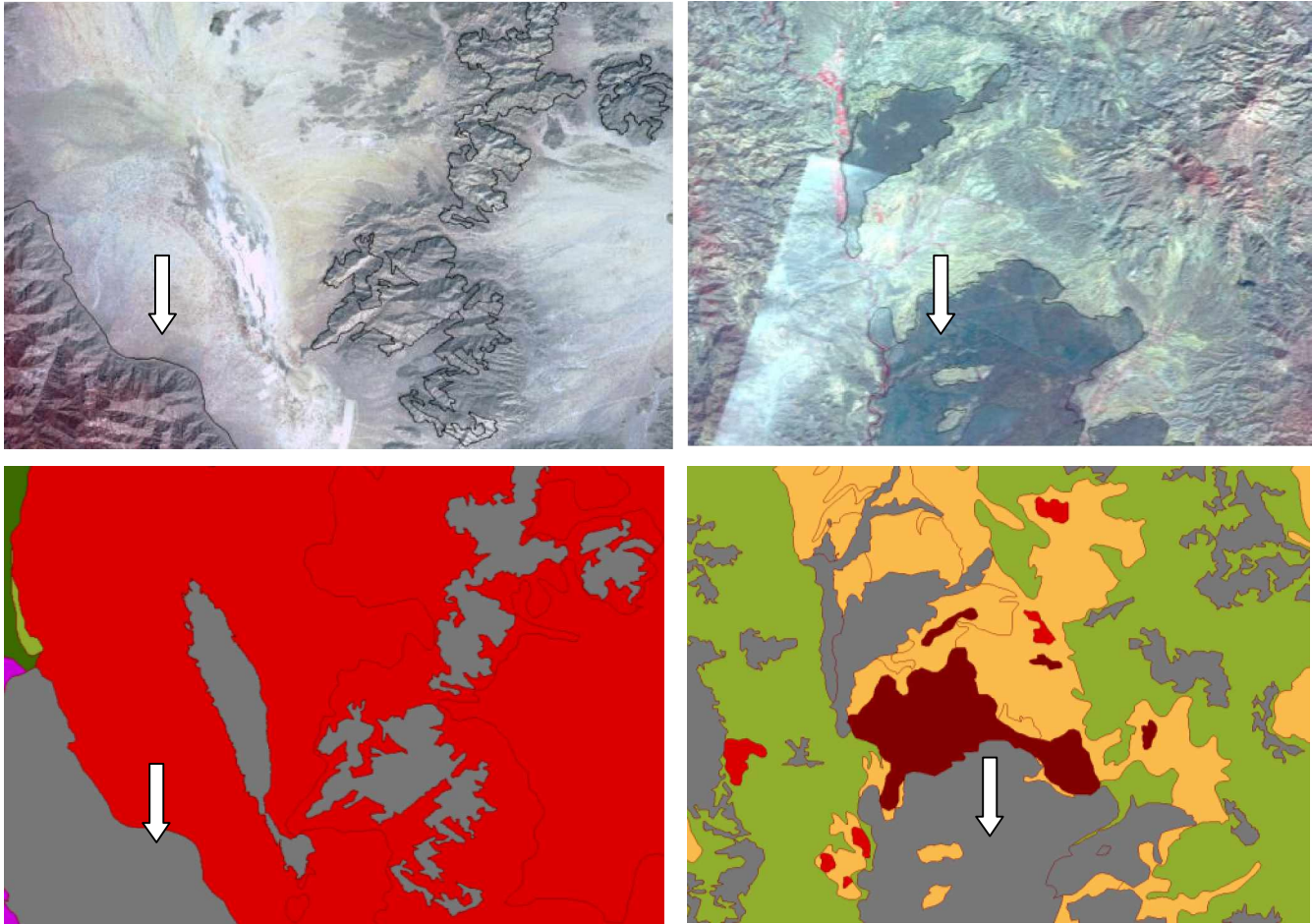
Figura 4.2.1.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas con declives naturales abruptos.

4.2.2 Afloramientos rocosos y malpaíses

Estructuras formadas por intemperismo del material rocoso y/o por el efecto gravitacional o de erosión eólica del escaso suelo presente en laderas escarpadas que terminan por desnudar la roca. También se incluyen derrames volcánicos con flujo lento que fueron solidificados al exterior de la corteza terrestre.

Los afloramientos rocosos no tienen pérdida significativa de material reciente de suelo, y se encuentran por lo general en las partes más elevadas de los sistemas montañosos o en sitios hiper-áridos donde la actividad humana es menor.

Muchos afloramientos rocosos ya están contenidos en la definición y criterios de selección de los declives naturales abruptos. La delimitación de estos rasgos se realiza con apoyo de la información topográfica 1:50,000 y se valida su existencia (texturas generalmente rugosas) directamente sobre la imagen de satélite (Figura 4.2.2.1).



Afloramiento rocoso. Cañada La Providencia, BC.

Malpaís. Volcán Cerro Blanco, Sonora.

Figura 4.2.2.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas con afloramientos rocosos extensos.

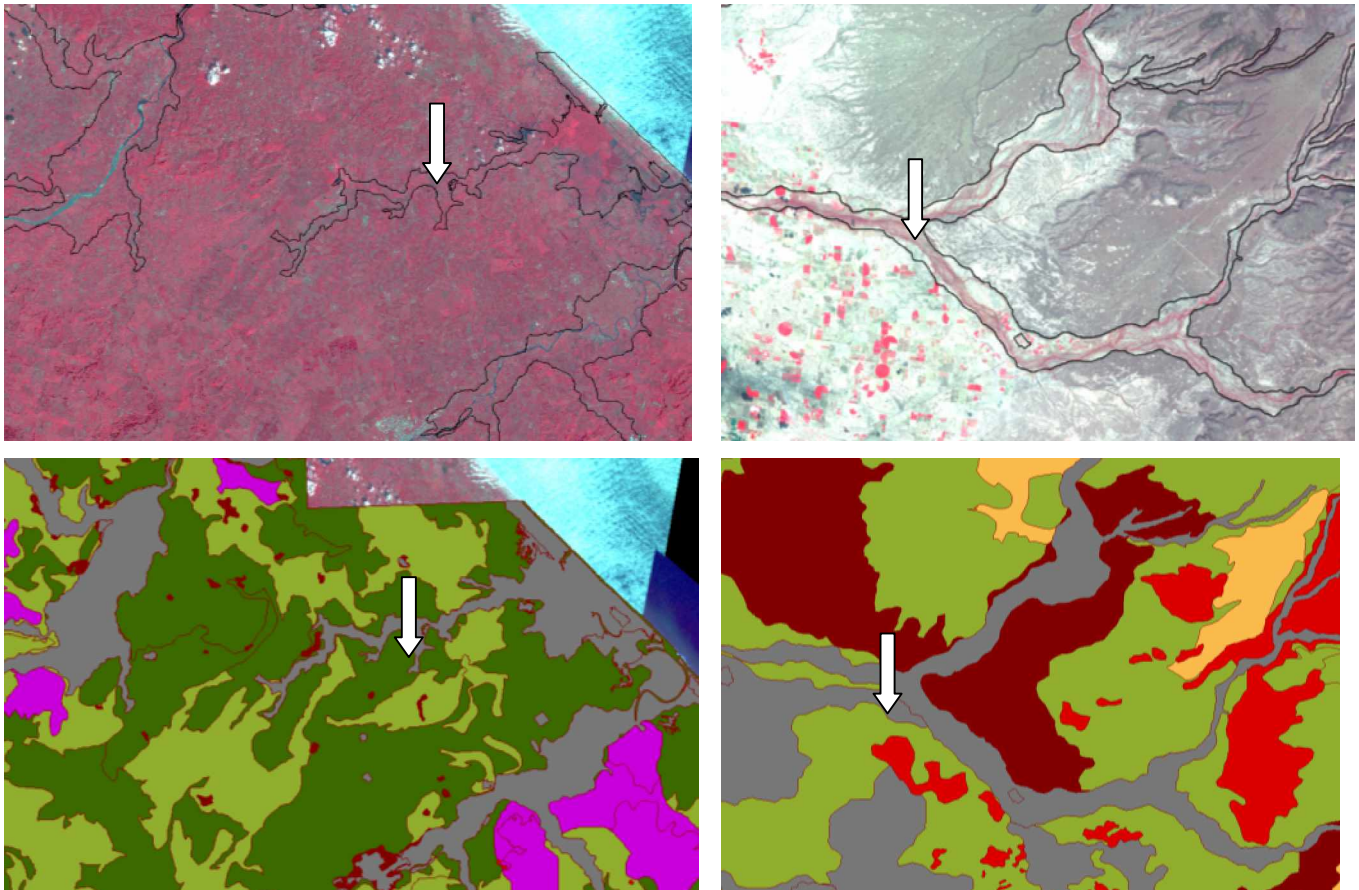
4.2.3 Cauces estables

El cauce es la parte del fondo del valle o llanura por donde discurren las aguas de un curso fluvial. Es el confín físico normal del flujo de agua de lluvia, siendo sus confines laterales las riberas. Los cauces pueden clasificarse de acuerdo a su orden o posición dentro de la red de avenamiento. Entre menor sea el orden del cauce el proceso erosivo resulta más activo. Los cauces de orden más alto corresponden a los cauces más estables. Para representar el orden de los cauces se emplea el Índice de Horton. Mediante procesos de cruce entre los modelos

digitales de elevación y del uso de la herramienta Stream Order de ArcView es posible generar un primer acercamiento del ordenamiento fluvial según Horton.

Se llaman cauces estables cuando la erosión existente en las zonas de crecidas (aledañas al cauce) es compensada por la acumulación de materiales provenientes cuesta arriba. El diagnóstico de la erosión reciente debe excluir los cauces estables debido a que son el transporte fluvial natural de sedimentos cuesta abajo.

Para identificar los cauces estables fueron seleccionados los cauces de orden 4 y 5 (600 metros de amplitud promedio, 100 metros amplitud en más del 50% del polígono, superficie promedio mayor a 4000 has, generalmente próximos a desembocadura o diseccionando valles extensos). Se corroboró la existencia del cauce y se afinó el límite del cauce mediante comparación directa con la imagen satelital (Figura 4.2.3.1).



Cauces estables. Río Bobos y río Tecolutla. Veracruz.

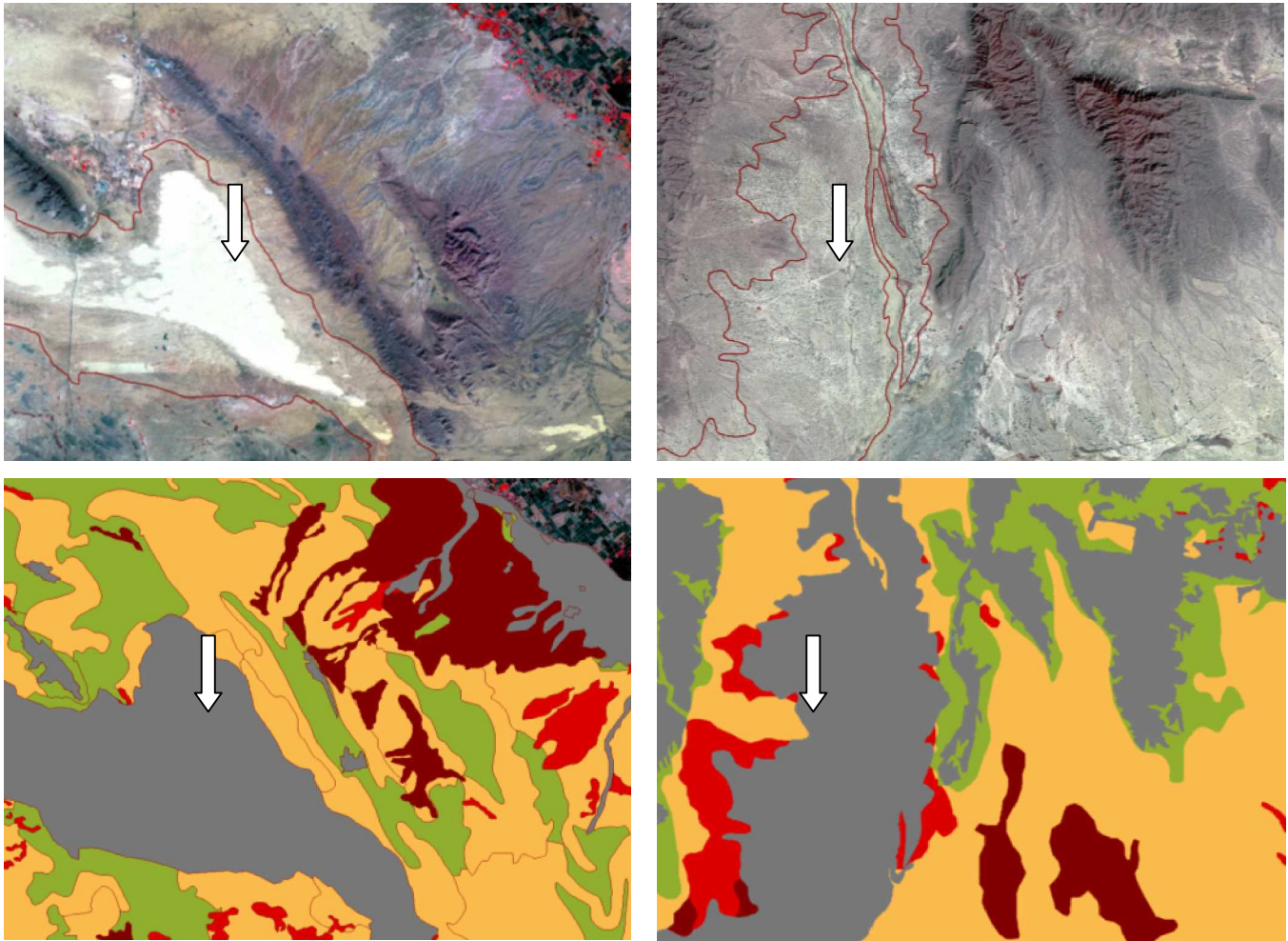
Cauce estable. Arroyo San Lucas, Baja California Sur

Figura 4.2.3.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de cauces estables.

4.2.4 Dunas y zonas arenosas

Las dunas son regiones de acumulación de arena generada por el viento. La dinámica de formación en las dunas se relaciona estrechamente con la erosión eólica y generalmente no presentan evidencias de erosión hídrica.

Las zonas arenosas se refieren a sitios donde el material dominante son partículas gruesas (entre 0.2 y 2 mm de diámetro), aisladas, inestables a la acción del viento y cuya génesis corresponde a materiales parentales generalmente ricos en sílice y cuarzo. En el caso de las zonas arenosas se pueden presentar tanto suelos profundos con erosión no apreciable como suelos extremadamente erosionados. Para efectos de este trabajo, se delimitaron únicamente las zonas arenosas más importantes por su extensión y que no presentan evidencias de erosión hídrica (Figura 4.2.4.1).



Dunas de Samalayuca. Chihuahua.

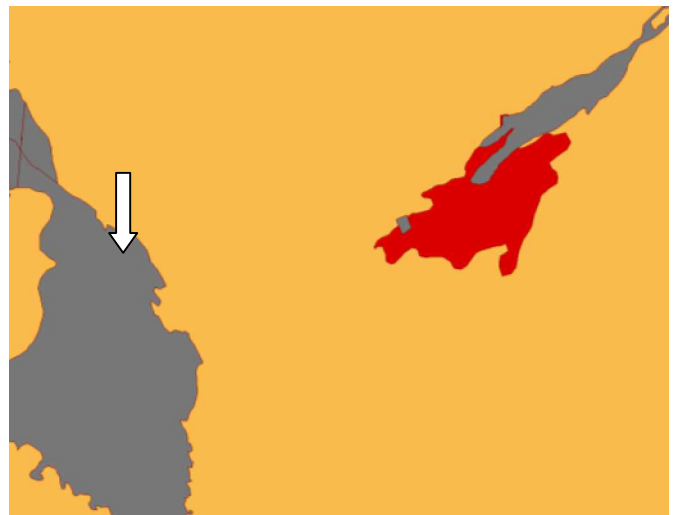
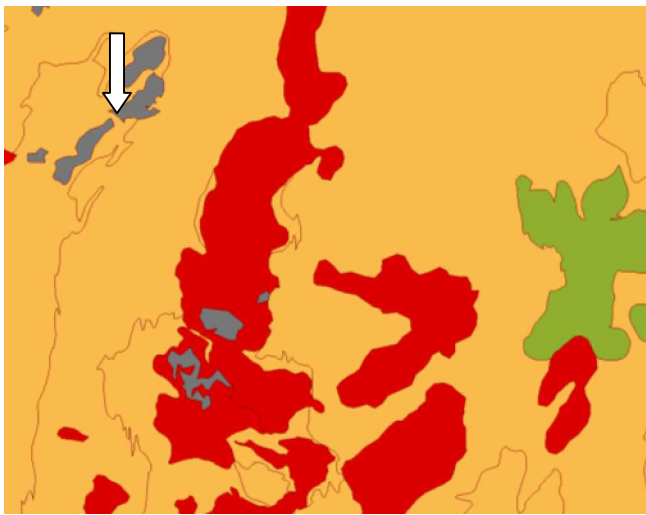
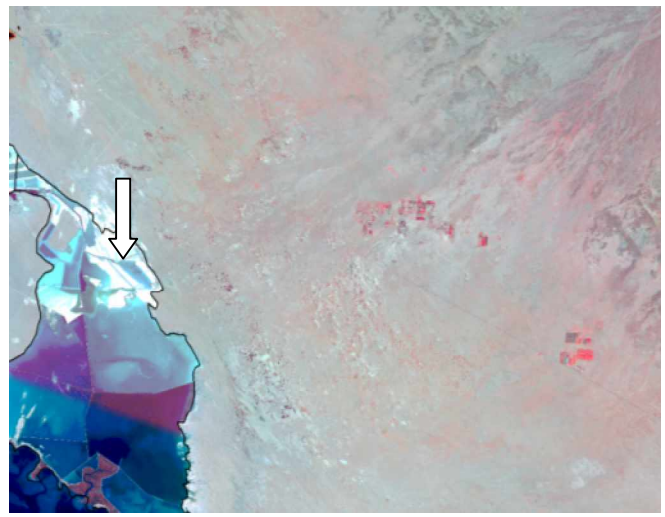
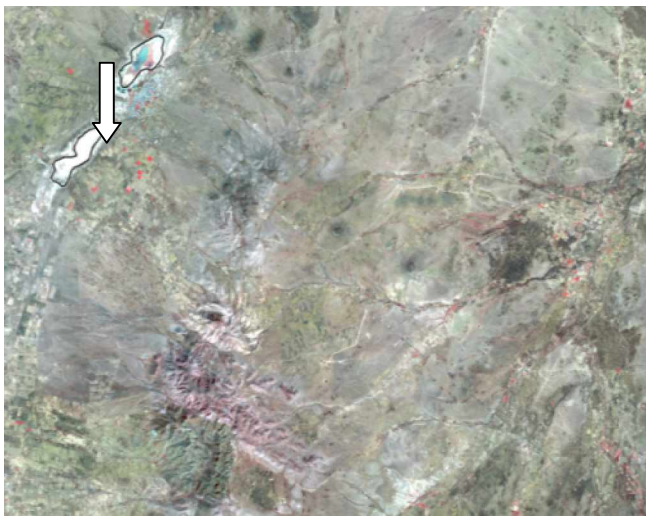
Zona arenosa. La Esperanza, Chihuahua.

Figura 4.2.4.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas arenosas y dunas de acumulación.

4.2.5 Salinas

Se delimitaron las zonas que por su proximidad al mar, o zonas donde su posición geográfica interior asociada con clima extremo, favorecen la evaporación del agua en el suelo para obtener sal. Estos cuerpos son en su mayoría naturales aunque pueden ocasionalmente llevar un fuerte componente de intervención humana.

La reflectancia natural de las salinas en las imágenes de satélite son semejantes a las reflectancias de suelos con erosión extrema, por tanto, fue conveniente separarlos para evitar una posible confusión en el análisis del proceso erosivo (Figura 4.2.5.1).



Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

Salinas de Guerrero Negro. Baja California Sur.

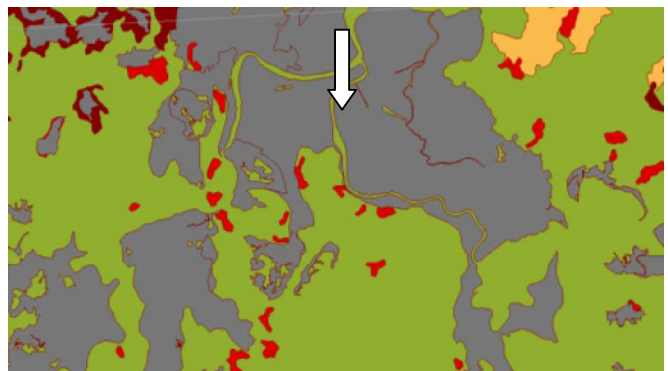
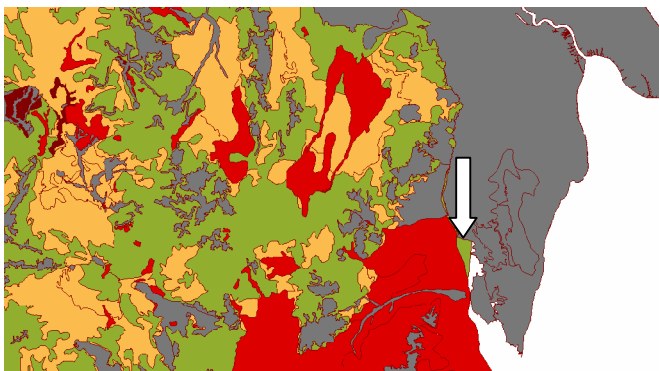
Figura 4.2.5.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de salinas naturales o artificiales.

4.2.6 Zonas palustres y terrenos sujetos a inundación

Son sitios donde los sedimentos previamente removidos y transportados son acumulados constantemente. Las zonas palustres, los pantanos y los terrenos sujetos a inundación están asociados frecuentemente entre sí y en ocasiones están conectados con sitios lacustres, en especial los próximos al límite costero.

Sin embargo, no se consideran para este trabajo los sitios lacustres como zonas de exclusión natural debido a que en general su delimitación no corresponde necesariamente con el patrón erosivo observado en la imagen de satélite. Las zonas palustres en cambio tienen mejor correlación con los sitios netos de acumulación. Se incluye la superficie de pantano y las escasas superficies de fango dentro de este apartado.

Tanto las zonas palustres, como los terrenos sujetos a inundación fueron obtenidos de la cartografía nacional topográfica y geológica 1:50,000 y sus límites están validados o ajustados directamente sobre la imagen satelital (Figura 4.2.6.1).



Pantano y zona de inundación en la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California, Baja California

Confluencia de los ríos Uxpanapa y Coatzacoalcos con el estero Cuanochapa en el estado de Veracruz

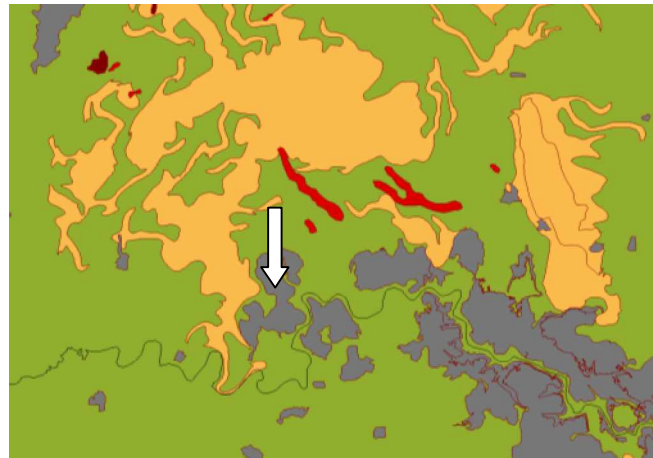
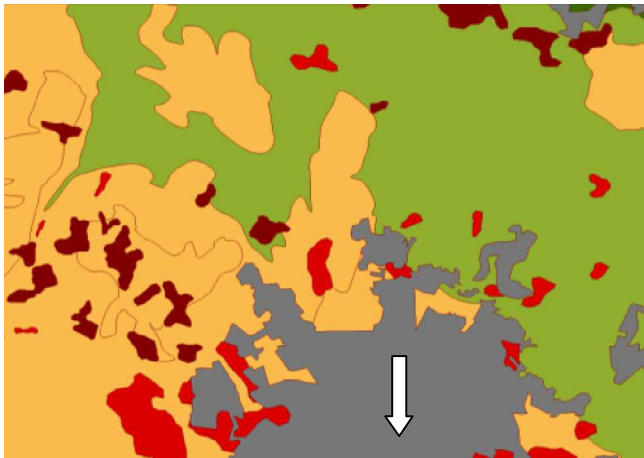
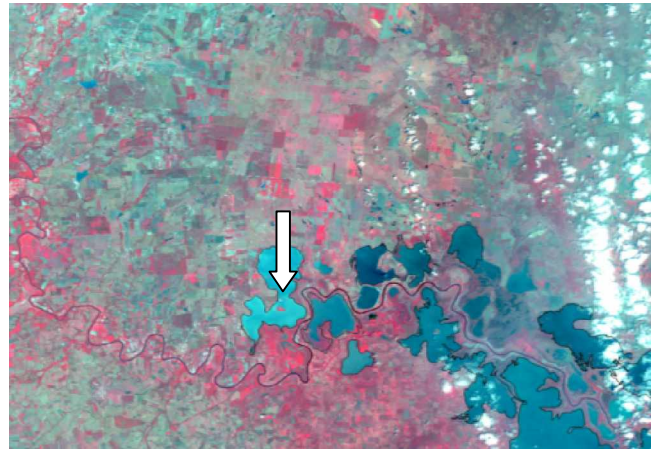
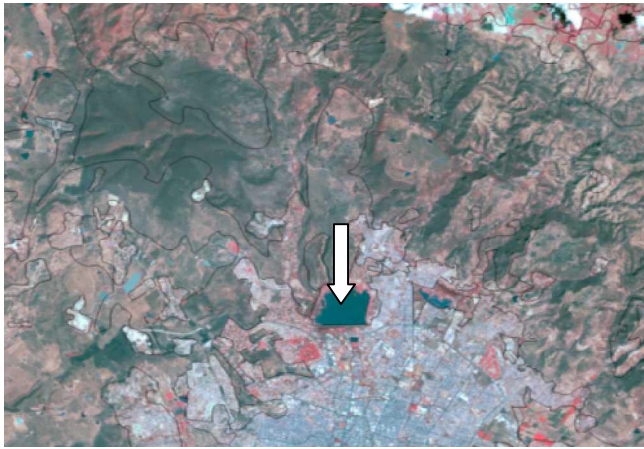
Figura 4.2.6.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de zonas palustres, sujetas a inundación o con pantanos extensos.

4.2.7 Asentamientos humanos

Se consideran zonas de erosión extrema debido a que la mayor parte del suelo superficial ha sido removido por obras de construcción o ha sido sepultado bajo una capa de concreto (Tecnosoles ekránicos). Los asentamientos humanos incluyen áreas urbanas consideradas por INEGI. Sin embargo, existen áreas con población densa no consideradas aún dentro de la cartografía temática oficial pero que para efectos de este trabajo han sido digitalizadas y representadas espacialmente. Los criterios para delimitar asentamientos humanos son dos: área mínima superior a 10 hectáreas y ser identificables claramente en la imagen de satélite en escala de visualización 1:50,000 (Figura 4.2.8.1).

4.2.8 Cuerpos de agua

Se excluyen del concepto de suelo cualquier material encontrado bajo agua, con más de 1 metro de profundidad durante la mayor parte del año. Para efectos cartográficos del mapa de Erosión, se representan como cuerpos de agua todos aquellos de temporalidad permanente o eventual y que tengan una superficie mayor de 0.5 has. Se hace énfasis en los cuerpos intermitentes, ya que gran parte de los escurrimientos superficiales ocurren por desbordamiento de cuerpos artificiales de agua conectados entre sí (Figura 4.2.8.1).




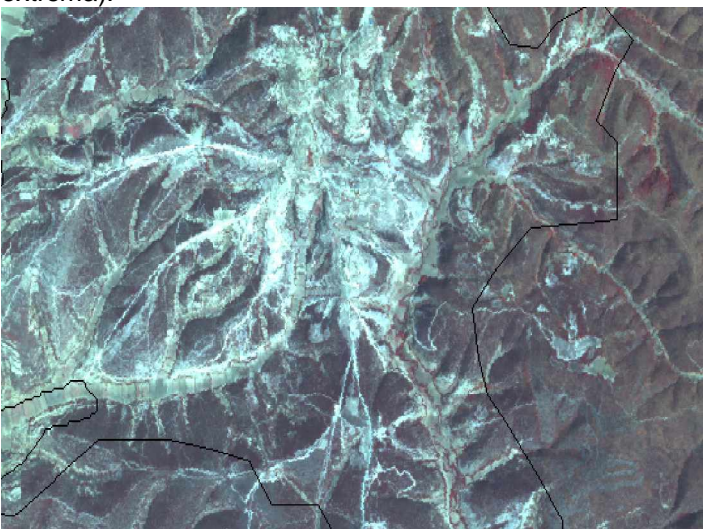
Área urbana. Ciudad de Guanajuato.

Cuerpo de agua. Lago Las Pintas, Tamaulipas.

Figura 4.2.8.1 Identificación, delimitación y contraste con la imagen de satélite de áreas con asentamientos humanos (izquierda) y cuerpos de agua con desbordamiento eventual (derecha).

4.3 Criterios de fotointerpretación para identificar y delimitar áreas con erosión hídrica

Se consideran diversos criterios relacionados con textura, matiz, tono, moteado y patrón espacial de la imagen de satélite, así como interpretación de la uniformidad en los tamaños de polígonos resultantes y escalas máximas para digitalización (Tabla 1).

Grado de Erosión	Formas de erosión	Criterios de fotointerpretación	Ejemplos de erosión dominante
Erosión extrema	Linear Planar Masiva	<p>Área mínima de 4 has. Escala máxima para digitalización 1:20,000</p> <p>Textura muy uniforme, suave para erosión planar y rugosa para erosión linear. Matiz generalmente blanco o aperlado, con tonos intensamente claros y que son fácilmente separables visualmente.</p> <p>Tamaños de polígono extremadamente variables, pero en general las unidades más representativas tienen superficies mayores a 1000 has.</p> <p>El grado de definición para las manchas de erosión extrema es concentrada.</p> <p>La configuración del patrón espacial es linear profundo y frecuente (las líneas ocupan más del 80% de la superficie del polígono).</p> <p>Los datos exógenos son útiles solamente para corroborar la validez de la etiqueta del polígono. Generalmente los abanicos aluviales, zonas de arrastre natural intenso y zonas</p>	<p>Erosión planar extrema (asociada con fuerte erosión en cárcavas).</p>  <p>Erosión linear extrema (asociada con erosión planar extrema).</p> 

Grado de Erosión

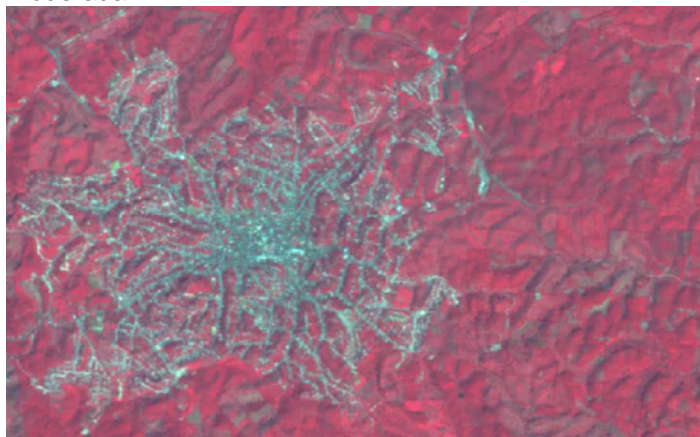
Formas de erosión

Criterios de fotointerpretación

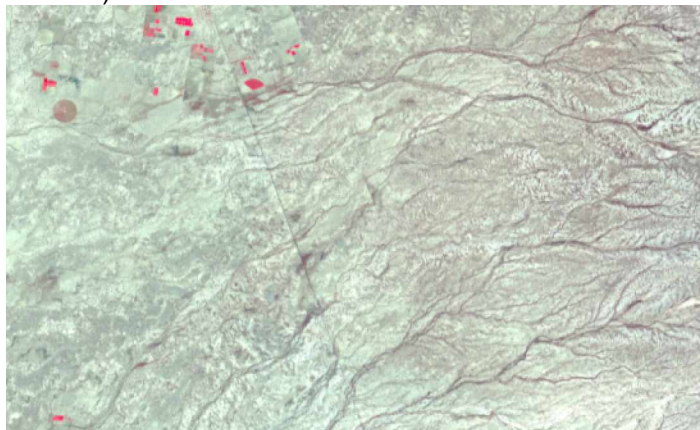
Ejemplos de erosión dominante

con desprendimientos en masa corresponden al grado extremo de erosión.

Erosión antrópica intensa (asociada con erosión lineal moderada)



Erosión lineal fuerte (con relictos de erosión planar extrema)



Área mínima de 4 has.
Escala máxima para digitalización 1:20,000

Textura uniforme en erosión planar. Matiz blanco o aperlado separable con tonos claros poco intensos respecto al tono de la erosión extrema.

Erosión planar fuerte (asociada con erosión lineal moderada: cárcavas bien disectadas pero con cobertura vegetal significativa)



Erosión fuerte

Linear
Planar
Masiva

Polígono más uniformes y pequeños que los encontrados para erosión extrema. En general las unidades representativas tienen superficie promedio de 560has.

El grado de definición para las manchas de erosión fuerte es más disperso y numeroso que para la erosión extrema.

Manchas de erosión fuerte (asociadas con zonas arenosas)

Grado de Erosión

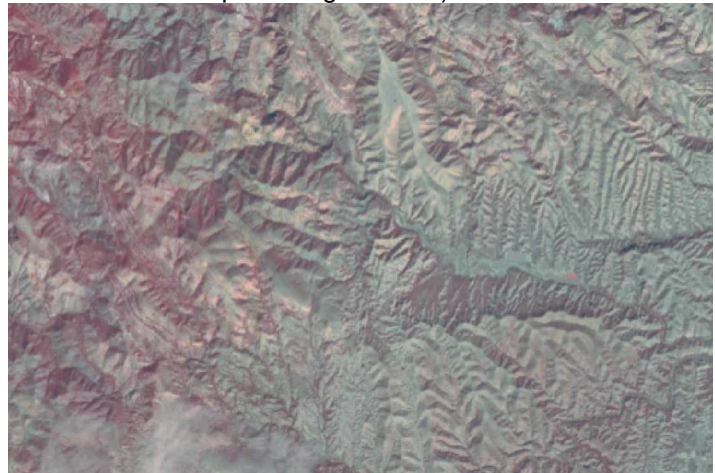
Formas de erosión

Criterios de fotointerpretación

Ejemplos de erosión dominante



Erosión leve-moderada (se aprecian cárcavas pero sin afloramiento de tepetate significativo)



Erosión leve (oeste) a moderada (este). Se aprecia el avenamiento lineal asociado con cobertura vegetal cerrada.



Delimitación visualmente difícil especialmente en superficie con agricultura reciente.

Escala máxima para digitalización 1:40,000
Textura rugosa con tonos variados pero menos intensos que en los casos de erosión fuerte o extrema.

Erosión moderada y leve

No apreciable

Los datos exógenos (datos de campo, coberturas temáticas asociadas) son determinantes para establecer la etiqueta del polígono. También es necesario un ajuste por condiciones geomorfológicas, climáticas y de presión antrópica, para evitar un error de apreciación subjetivo del analista que establece el grado de erosión.

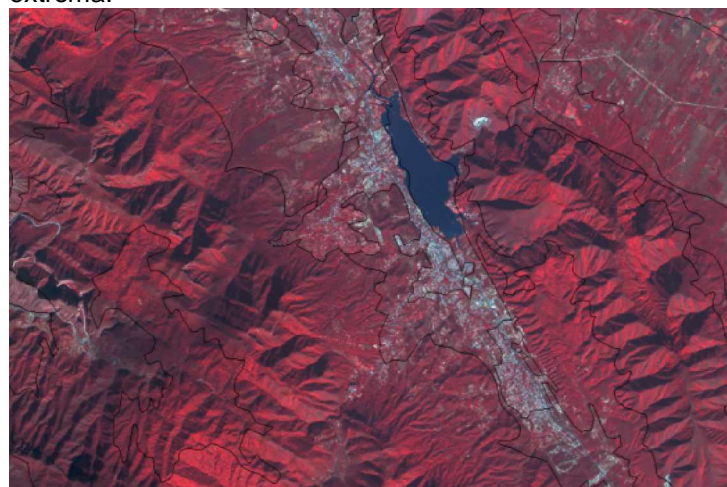

Grado de Erosión	Formas de erosión	Criterios de fotointerpretación	Ejemplos de erosión dominante
Suelo estable	Sin rasgos de erosión	<p>Delimitación posible visualmente.</p> <p>Escala máxima para digitalización 1:20,000 Matices de color verde en imágenes con tratamiento de color natural y matices rojos intensos en imágenes en falso color. Tono muy oscuro</p> <p>Los datos exógenos son necesarios en algunos casos para validar la apariencia de la estabilidad del suelo en la imagen de satélite.</p>	<p>Vegetación aledaña a zona de erosión antrópica extrema.</p>  <p>Suelos con alto contenido en COS y cubierta vegetal bien conservada.</p> 

Tabla 1. Criterios ilustrados de fotointerpretación según forma y grado de erosión hídrica.

4.4 Procedimiento para delimitar erosión no apreciable (erosión leve o moderada)

4.4.1 Ajuste por condiciones geomorfológicas

Una gran proporción de terrenos en el país, no manifiestan evidencias claras de erosión a partir del análisis exclusivo de la imagen de satélite. Esto se debe tanto a los ruidos externos a la imagen (nubes o excesiva brillantez) como a la naturaleza homogénea del terreno donde no se aprecia el contraste de los suelos con y sin remoción del horizonte superficial.

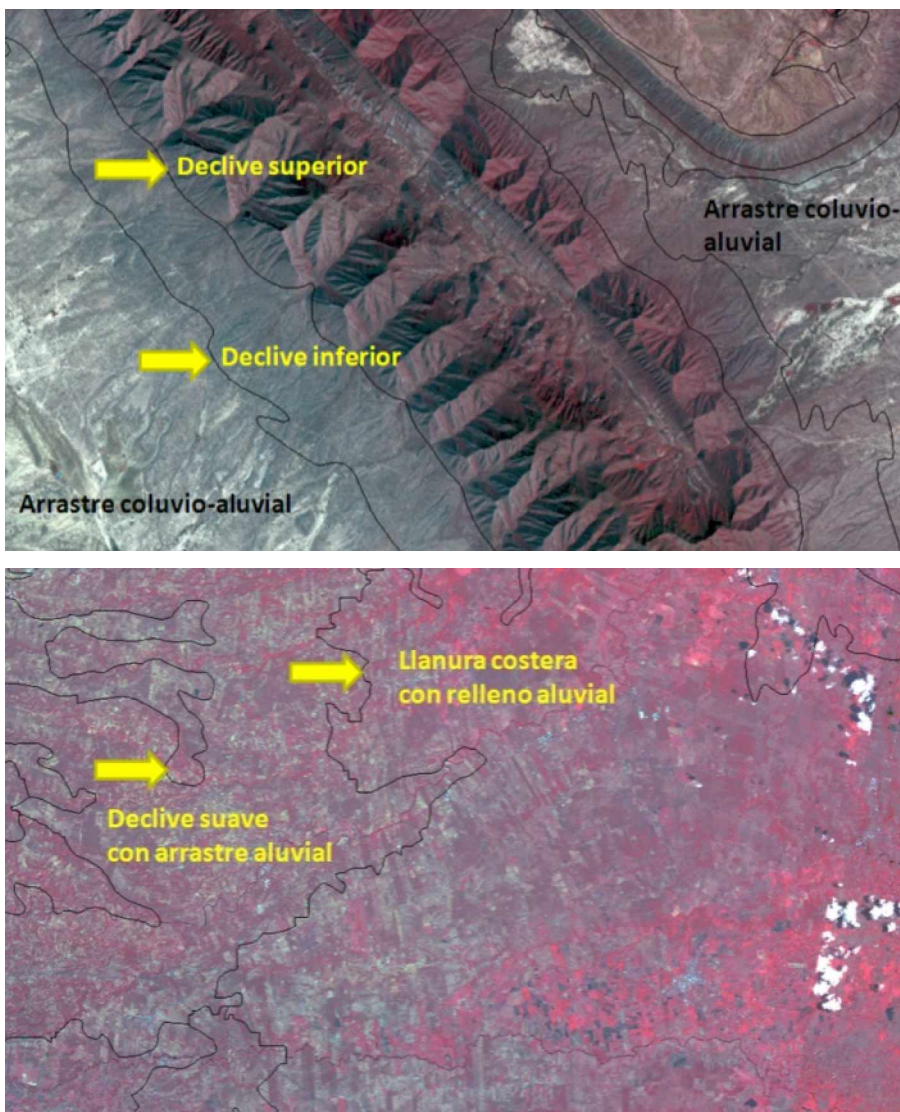
Para generar nuevos elementos exógenos de fotointerpretación fue conveniente establecer cuáles son las partes más altas y más bajas del paisaje, evaluar la transición de la geoforma y la sección donde la perturbación humana es más fuerte (Figura 4.4.1.1), identificar la orientación donde las corrientes recorren cuesta abajo con mayor devastación (sotavento, barlovento), asimismo, tener información más precisa del tipo de avenamiento asociando al elemento geomorfológico la red hídrica de corrientes de agua.

Una alternativa eficiente fue el procesamiento de los modelos digitales de elevación para obtener un modelo de pendientes del terreno, que en este caso, fueron normalizadas en cuatro grupos diferentes:

- a) Menor de 1%. Sitios con pendiente plana, característico de valles, llanuras costeras o zonas de relleno aluvial y que son profundos por lo general, muchos de estas zonas son empleadas para asentamientos humanos y agricultura de riego. Por lo general son suelos con erosión leve, donde las excepciones más importantes corresponden a las superficies de meseta que pueden presentar rasgos de erosión fuerte o incluso extrema.
- b) De 1 a 4%. Sitios con pendiente casi plana, característicos de lomeríos muy suaves. Muchas regiones agrícolas de temporal están asentadas aquí. Por lo general, los arrastres de material de estos sitios, en especial aquellos cercanos al pie de monte alcanzan su punto máximo de velocidad y con ello su mayor poder erosivo de manera natural.
- c) De 4 a 16%. Declives inferiores. Situados en la sección baja de una ladera, en una colina bien desarrollada o en una bajada pronunciada. Los declives inferiores están más afectados por las actividades humanas por su acceso más fácil y su mayor densidad de vías de transporte que las laderas fuertes.

- d) De 16 a 40%. Declives superiores. Situados en la parte alta de una ladera o en un banco de terraza. Normalmente las sierras altas de tipo escarpado o plegado tienen bien diferenciada la localización de este tipo de declive. En campo puede distinguirse cuando un declive tiene una sección transversal cóncava o convexa. Las formas cóncavas son regularmente más erosionadas que las formas convexas.
- e) Mayores a 40%, son identificadas finalmente como declives abruptos y se consideran zonas de exclusión no comparable con la erosión hídrica reciente.

Finalmente, cuando el modelo de pendientes fue construido, se realizó un retoque o ajuste manual de los linderos contra el fondo de la imagen de satélite georeferida.



Conocer la posición geomorfológica es importante para sustentar los criterios de separación entre los procesos erosivos leves y moderados.

En la imagen superior muestra que la cobertura vegetal protectora más intensa se localiza en el declive superior. Por el contrario, sobre el declive inferior cruzan las corrientes más veloces que alcanzan su punto máximo en las zonas de arrastre coluvio-aluvial.

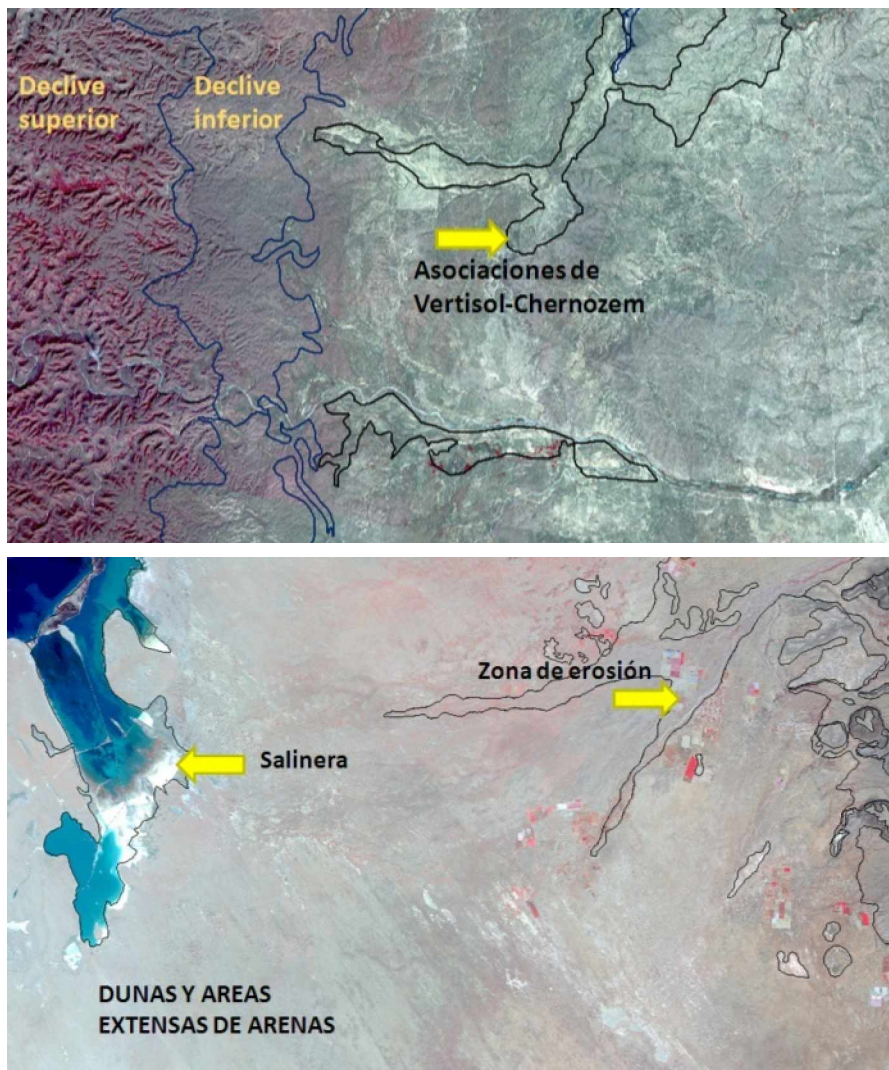
La imagen inferior corresponde a una zona costera donde la llanura aluvial es mejor diferenciable con el apoyo del modelo de pendientes. La zona de transición entre el declive suave inferior y el relleno aluvial es la zona con mayor potencial de erosión.

Figura 4.4.1.1 Delimitación del proceso erosivo a partir de la orientación y grado de inclinación de la pendiente.

4.4.2 Ajuste por erodabilidad del suelo

Algunas veces la sequía aparente y la reflectancia elevada que proporciona una superficie blanca puede desviar la efectividad en el diagnóstico de la erosión. Esto se debe a que frecuentemente suelos oscuros y profundos son literalmente tapados con una superficie pedregosa, que refleja una aparente erosión extrema pero que en realidad esconde suelos fértiles y mejor protegidos contra la erosión (Figura 4.4.2.1).

En otras ocasiones, un suelo puede ser relativamente claro en la superficie pero bastante profundo al interior. La erosión por tanto no afecta sensiblemente las propiedades de fertilidad natural incluso durante periodos históricos.



Algunos ejemplos frecuentes son los Vertisoles áridicos y los Kastañozems hipercálcicos, que por un lado reflejan histogramas de alto contraste, similares a sitios con extrema erosión, pero que en realidad poseen alta fertilidad natural (profundidad, carbono orgánico, ligera basicidad) ideal para la actividad agrícola.

Un caso especial son los Arenosoles con gran extensión, que en general no tienen problemas de erosión hídrica significativa, excepto los situados en los márgenes o dentro de los cauces más inestables.

Figura 4.4.2.1 Ajuste del grado de erosión en polígonos con información edafológica disponible.

4.4.3 Ajuste por presión antrópica

Indudablemente, la actividad humana es el único factor no natural y una de las causales más importantes de la aceleración del proceso erosivo. Pueden identificarse sobre las imágenes de satélite varios rasgos antrópicos causales de remoción directa del suelo: bancos de material, construcción urbana y obras de transporte, presión por actividad rural intensa y obras hidráulicas de diversa magnitud (Figura 4.4.3.1).



Bancos de material localizados en el área metropolitana de Monterrey. Se observa el contraste de la superficie afectada con el complemento de la imagen.



Cuerpos de agua pequeños y frecuentes, dispuestos sobre una región rica en limolitas con gran potencial de erosión. Es notorio el contraste de la superficie erosionada que se encuentra justamente en la línea de conexión entre bordos de agua cuesta abajo.



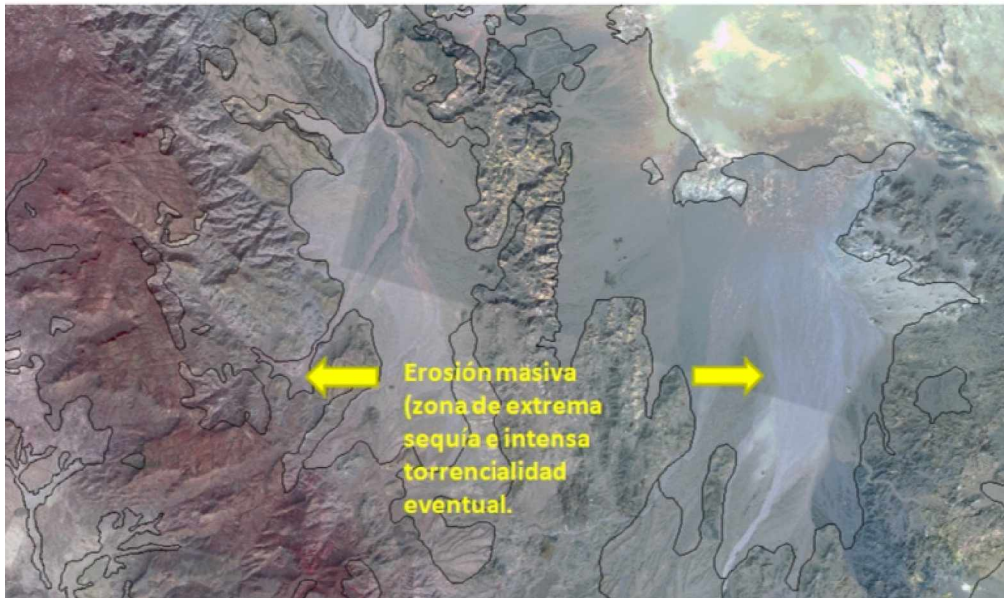
SUPERFICIE DE SUELO SEGUN GRADO DE EROSION HIDRICA

- Extrema
- Fuerte
- Moderada
- Leve
- Suelo estable
- No aplica
- No determinado

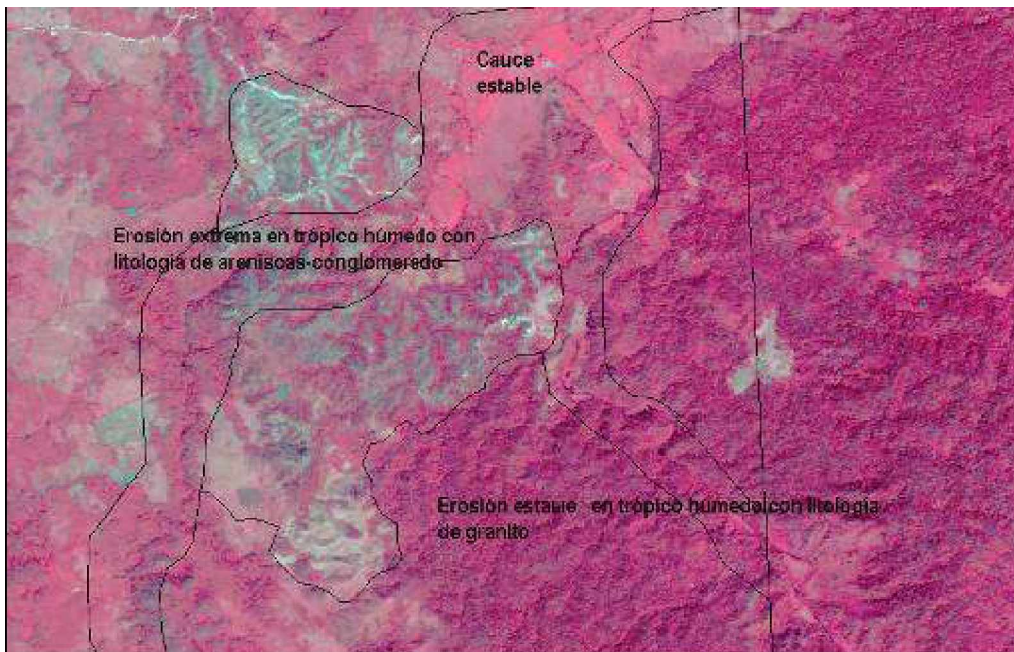
Figura 4.4.3.1 Ajuste del grado de erosión en polígonos con información de actividad humana disponible.

4.4.4 Ajuste por condiciones climáticas

Finalmente, fue conveniente asociar los polígonos con erosión, y su medio climático, debido a que gran parte de los polígonos con erosión extrema están localizados en regiones de extrema aridez donde el régimen de torrencialidad intensa de lluvias es el factor causal más relacionado. Por otro lado, la relación del clima y el componente geológico es tan estrecha que ciertas regiones de granito situadas bajo régimen de lluvia abundante, tienen fuerte erosión aún bajo cobertura vegetal relativamente cerrada (Figura 4.4.4.1).



Erosión extrema en ambiente de intensa sequía natural.



Erosión extrema (zona de areniscas) y leve (zona de granito) con similar condición de precipitación pero con litología y grado de actividad humana diferente.

Figura 4.4.4.1 Ajuste del grado de erosión en polígonos con información climática disponible.

4.5 Integración de coberturas

Mediante aplicaciones del software ArcInfo (dissolve, unión, eliminate, etc.) fueron integradas las coberturas relacionadas con erosión en una cobertura única en formato coverage (erosion_mex.cvg) y posteriormente exportada a cobertura shape para visualización en Arc View o Arc Explorer (erosion_mex.shp).

4.6 Estructura de la tabla de atributos (nombres de campos y valores)

La tabla contiene actualmente 71,211 polígonos con atributos, de los cuales el 53% fue obtenido por fotointerpretación directa (erosión fuerte, erosión extrema y suelo estable a la erosión), el 36% es obtenido por modelación geomorfológica con ajuste directo por fotointerpretación y análisis de otras variables asociadas. Finalmente el 11% de los polígonos es obtenido a través de diversas coberturas temáticas -escala 1:50,000- y con ajuste directo sobre imagen de satélite.

Los valores empleados para describir los atributos de erosión son finitos y están distribuidos en 4 columnas básicas de información (Tabla 2). Todos los términos son definidos a lo largo de este documento y sintetizados en el Metadato del producto (Anexo 1).

Grado	Forma	Componente geomorfológico	Componente antrópico
Extrema	Linear	Abanico aluvial	Construcción
Fuerte	Planar	Aluvial profundo	Caminos y carreteras
Moderada	Masiva	Cauce estable	Extracción
Leve	No apreciable	Coluvial-Aluvial	Presión rural
Suelo estable	Suelo estable	Cuerpo de Agua	Vegetación densa
Afloramiento rocoso	No aplica	Declive abrupto	No determinada
No aplica		Declive inferior	
		Declive superior	
		Dunas	
		Relieve mixto	
		Malpaís	
		No determinada	
		Salinas	
		Palustres-Pantano	
		Relleno aluvial	
		Zona de inundación	

Tabla 2. Estructura de la tabla de atributos del Mapa Nacional de Erosión.

4.7 Mapa raster de las clases de erosión actual

Adicionalmente, para fines de análisis de las Unidades de Producción Pecuaria (UPP) del PROGAN, se rasterizo el mapa de erosión actual modificando las clases de acuerdo al Cuadro 4.7.1

Cuadro 4.1.1 Codificación de las clases de erosión actual para el formato raster

Código Inicial (CEI)	Clase Inicial	Código Final (CEF)	Clase Final
1	Extrema	5	Extrema
2	Fuerte	4	Fuerte
3	Moderada	3	Moderada
4	Leve	2	Leve
5	No aplica	0	No Aplica
6	Estable	1	Estable
-2	Zonas de exclusión	-2	Zonas de exclusión

Las zonas de exclusión se refieren a clases donde no aplica el concepto de erosión: cuerpos de agua, dunas, áreas urbanas, afloramientos rocosos y cauces estables.

4.8 Control de calidad

A) Calidad geométrica

Se revisaron las siguientes especificaciones:

Información de referencia espacial:

Definición_del_Sistema_de_Coordenada_Horizontal:

Planar: Para la proyección “Cónica Conforme de Lambert “

Standard_Parallel: 17.5

Standard_Parallel: 29.5

Longitud del Meridiano Central: -102.000000

Latitud de Origen de Proyección: +12.000000

Falso Este: 2'500,000

Falso Norte: 0

Información de Coordenada Planar:

Método de Codificación de Coordenada Planar: par de coordenadas

Representación de Coordenadas:

Resolución de Abcisa: 1.0

Resolución de Ordenadas: 1.0

Unidades de Distancia Planar: Metros

Modelo Geodésico:

Nombre de Datum Horizontal: ITRF92

Nombre de Elipsoide: GRS80

Eje Semi mayor: 6378206.4

Factor de Denominador de Achatamiento: 294.9786982

Para mayor referencia consultar el Anexo 1 (Metadatos).

B) Calidad conceptual

Durante este proceso, se empleó información cuantitativa sobre perfiles de suelo y fotografías panorámicas georeferidas para validar las coberturas de erosión extrema, fuerte y suelo estable a la erosión.

Existen 23 mil perfiles de suelo levantados por INEGI de 1968 a 2008, con información indirectamente relacionada con procesos erosivos de diversa magnitud, de los cuales, se

obtienen dos grupos de datos: los perfiles con mayor relación a la erosión extrema y los perfiles con más estabilidad a la erosión (Tabla 3).

Al cierre de 2009, se obtuvieron estudios y descripciones de campo sobre erosión en 4 mil 750 conglomerados, levantados por CONAFOR en su Inventario Nacional Forestal y de Suelos, que describen en campo directamente la erosión y degradación del suelo, su causa, magnitud y principales relaciones geográficas.

Perfiles con fuertes evidencias de erosión	Perfiles con información asociada a suelos estables
<p>Grupos de suelo: Planosol, Luvisol, Calcisol, Durisol.</p> <p>Calificadores: takyrico, plánico, abruptico, rúptico, hiperócrico.</p> <p>Intervalo de COS: menos de 0.2%.</p> <p>Profundidad del horizonte A: menos de 5cm.</p> <p>Cementación: a menos de 10cm de profundidad.</p>	<p>Grupos de suelo: Histosol, Gleysol, Solonchak, Fluvisol, Vertisol.</p> <p>Calificadores: hístico, gléyico, húmico, mólico.</p> <p>Intervalo de COS: mayor de 5%.</p> <p>Profundidad del horizonte A: más de 30cm.</p> <p>Sin cementación antes de 100cm.</p>

Tabla 3. Criterios de diagnóstico para identificar perfiles con fuertes evidencias de erosión o estabilidad a la erosión.

Asimismo, se generó una cobertura espacial con las fotos de escenas panorámicas disponibles. Esta información tiene como fuente principal el archivo fotográfico del Inventario Nacional Forestal y de Suelos versión 2009 o anterior.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COTECOCA, 1967, Metodología para determinar tipos vegetativos, sitios y productividad de sitios, Publicación No. 8, México, D.F., 84 pp.

SAGARPA, 2007, Acuerdo por el que se Establecen las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2007, 132 Pág.

SAGARPA, 2008, Lineamientos Específicos del Componente Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Avícola (PROGAN) del Programa de Uso Sustentable de Recursos Naturales para la Producción Primaria de las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Diario Oficial de la Federación, 10 de marzo de 2008, 27 Pág..

6 Anexo 1. METADATOS

INFORMACION_DE_IDENTIFICACION:

Información de Cita:

Originador: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca – SAGARPA.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática – INEGI. Comisión Nacional Forestal – CONAFOR. Colegio de Postgraduados – COLPOS.

Fecha_de_Publicación: 30 de octubre de 2009

Título: Mapa Nacional de Erosión Hídrica, escala 1:50,000

Edición: 1ª

Forma_de_Presentación_de_Datos_Geospaciales: Mapa

Información de Publicación:

Lugar_de_Publicación: Montecillo, Texcoco, Estado de México

Editor: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca – SAGARPA.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática – INEGI. Comisión Nacional Forestal – CONAFOR. Colegio de Postgraduados – COLPOS.

Liga_en_Línea: No disponible

Dominio Espacial:

Coordenadas_Límite (Unidades en metros en proyección Cónica Conforme Lambert):

Coordenada_Límite_Oeste: 1071284.125

Coordenada_Límite_Este: 3992555.000

Coordenada_Límite_Norte: 2349587.000

Coordenada_Límite_Sur: 328807.406250

Thesaurus de Palabra Clave de Tema:

Palabra_Clave_de_Tema: Erosión

Thesaurus de Palabra Clave de Lugar:

Palabra_Clave_de_Lugar: México

Restricciones_de_Uso: Todos los derechos de carácter legal reservados por SAGARPA-INEGI-CONAFOR-COLPOS.

Nombre_de_Archivo_Gráfico: erosion_mexico.shp

Información adicional:

Cubrimiento: Nacional continental.

Formatos de transferencia: Shapefile y Coverage

Medio: DVD

Escala: 1:50,000

Tema: Erosión de suelos

Autoridades Productoras: SAGARPA, COLPOS, INEGI, CONAFOR

Cobertura Estatal: 31 estados y un Distrito Federal. No incluye territorio insular

Proyección Cartográfica: Cónica Conforme de Lambert (CCL)

Datum de Referencia: ITRF92

Fecha de Actualización Digital: 2007-2009

Responsable de Actualización Digital: SAGARPA, COLPOS, INEGI, CONAFOR

Imágenes Satélite en la Actualización Digital:

Productor: SPOT, LANDSAT, MODIS. Barrido multiespectral

Años: 2000-2007

Combinación de bandas: 4 o más

Resolución espacial: 2.5 metros/píxel o mayor

Parámetros de referencia:

MODELO GEODESICO: ITRF92 ELIPSOIDE GRS-80

UNIDADES DE SUPERFICIE: HECTAREAS

TAMAÑO DEL ARCHIVO: 326 MB

FORMATO: SHAPEFILE

TIPO DE FORMATO VECTORIAL: POLIGONO

RELEVANCIA DEL DATO: ENERO 2007 A DICIEMBRE 2007

Detalles del Mapa

Tipo de objeto: rasgo

Numero de registros: 50635

Descripción de Atributos:

GRADO

Descripción: Grado de la erosión hídrica.

Evidencia visual o documentada en campo sobre la magnitud del proceso de remoción del suelo en la superficie terrestre. Valores: Extrema, Fuerte, Moderada, Leve, Suelo estable, No aplica, No determinado.

Extrema. Remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso en más del 90% de la superficie del polígono de erosión, cuando la forma erosiva dominante es linear o planar y en cualquier proporción de la superficie cuando la forma erosiva es masiva.

Fuerte. Remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso entre un 50 y 90% o más de la superficie del polígono de erosión cuando esta es linear o planar. Se excluye la erosión masiva.

Moderada. No hay evidencias visuales de erosión fuerte o extrema en la imagen de satélite. Es necesario un análisis de elementos de fotointerpretación y la disposición de elementos cartográficos adicionales para establecer algunas evidencias de erosión tales como patrones de drenaje típicos de erosión, coberturas de vegetación abierta, posición en la geoforma más relacionada con fenómenos de intensidad gravitacional o mayor evidencia de actividad humana aún en zonas con acumulación o cobertura vegetal cerrada.

Leve. No hay evidencias visuales de erosión fuerte o extrema en la imagen de satélite. El análisis de elementos de fotointerpretación y la disposición de elementos cartográficos adicionales no logra aportar alguna evidencia significativa de erosión tanto por causa antrópica como asociada (natural-antrópica).

Suelo estable. Cuando el suelo no presenta evidencias de erosión tanto en la imagen de satélite como evidencias de campo que indiquen afectación por escurrimiento superficial en el terreno. Generalmente sucede cuando la cobertura vegetal es cerrada, la vegetación es prístina o cuando está en una fase de sucesión muy temprana.

Los términos complementarios “No aplica” indica polígonos considerados como zona de exclusión o “No determinada” que indica zonas dentro de la República Mexicana no incluidas aún en el área del Mapa Nacional de Erosión.

Alias: GRADO

Tipo de dato: Texto

ancho: 20

FORMA

Descripción: Forma de la erosión hídrica.

Patrón espacial visible durante el proceso de fotointerpretación o donde existe documentación de formas erosivas ocultas por vegetación o actividad humana.

Valores: Linear, Planar, Masiva, Suelo estable, No aplica, No apreciable

Planar. También conocida como erosión laminar. Ocurre cuando el desprendimiento del horizonte superficial es relativamente homogéneo en el polígono de erosión. Se considera grado fuerte cuando la evidencia visual ocupa aproximadamente entre 50 y 90% de la superficie del polígono y grado extremo cuando supera el 90%.

Linear. Incluye todas las formas de erosión con evidencias de cárcavas o surcos. Los canalillos se exceptúan de este análisis excepto los casos donde existen datos previamente documentados en campo. La erosión linear se considera de grado fuerte cuando los patrones lineares son identificables en más del 50% del polígono y grado extremo cuando la erosión linear está asociada íntimamente con erosión planar de grado extremo o cuando los patrones lineares ocupan más del 90% de la superficie del polígono de erosión.

Masiva. Están incluidos en este concepto los deslizamientos naturales de laderas escarpadas por causa de falla o fractura geológica. Se exceptúan los llamados abanicos aluviales de gran superficie. También se incluyen algunas formas de erosión planar o linear relacionadas con geoformas bastante extensas donde muchas veces el hombre ha incrementado el proceso erosivo.

Los términos complementarios "No aplica" indica polígonos considerados como zona de exclusión. El término "Suelo estable" es el mismo que el descrito en el apartado de Grado de Erosión. El término "No apreciable" indica que el patrón espacial no es posible de identificar a simple vista o que no hay datos disponibles que contengan evidencia al respecto.

Alias: Grado

Tipo de dato: Texto

ancho: 20

CGEO

Descripción: Condición geomorfológica.

Rasgo geomorfológico semejante a erosión hídrica o con posibles evidencias de erosión pero que no es comparable en su magnitud con los escurrimientos superficiales relativamente recientes.

Valores: Afloramientos rocosos, Aluvial profundo, Cauce estable, Coluvio-Aluvial, Cuerpo de agua, Declive abrupto, Declive inferior, Declive superior, Relieve mixto, Malpaís, Palustres, Pantano, Relleno aluvial, Zona de inundación, No determinado, Dunas, Zonas de arena, Salinas.

Afloramiento rocoso. Estructuras formadas por intemperismo del material rocoso y/o por el efecto gravitacional o de erosión eólica del escaso suelo presente en laderas escarpadas que terminan por desnudar la roca. Incluye derrames volcánicos con flujo lento que fueron solidificados al exterior de la corteza terrestre.

Aluvial profundo. Cuando el relleno aluvial supera el metro de profundidad.

Cauce estable. Cauce donde la erosión existente en las zonas de crecidas (aledañas al cauce) es compensada por la acumulación de materiales provenientes cuesta arriba.

Coluvial-Aluvial. Región con pendiente entre 1 y 4%, conectada generalmente por arriba de una zona de acumulación y por debajo de un declive de orden suave (4-16%) o de caída abrupta (más de 16% de pendiente). Esta zona tiene en general una dinámica mixta, de acumulación en las partes aledañas al pie de monte (coluvial) y de pérdida por arrastre de suelo en las zonas con pendiente ligera próximas a un cuerpo de agua o a una zona de acumulación neta.

Cuerpo de Agua. Extensión de agua limitada por tierra.

Declive abrupto. Región con pendiente mayor a 40%. Generalmente corresponden a cañones, barrancos o cantiles.

Declive inferior. Región con pendiente entre 4 y 16% situada en la sección baja de una ladera, en una colina bien desarrollada o en una bajada pronunciada. Los declives inferiores están más afectados por las actividades humanas por su acceso más fácil y su mayor densidad de vías de transporte que las laderas fuertes.

Declive superior. Región con pendiente entre 16 y 40% situada generalmente en la parte alta de una ladera o en un banco de terraza.

Relieve mixto. Cuando el 90% o más del polígono de erosión ocupa dos o más geoformas diferentes (por ejemplo que ocupe declive inferior y superior en el mismo polígono de erosión). Esto ocurre generalmente en polígonos de erosión fuerte o extrema.

Malpaís. Terreno de superficie escabrosa de origen volcánico basáltico.

Palustres o pantanos. Terreno con agua estancada, de poca profundidad y fondo cenagoso, que pueden presentar vegetación hidrófila, altos niveles de Carbono Orgánico y acumulación neta de suelo.

Relleno aluvial. Región con pendiente menor al 1% y que corresponde a una llanura costera, valle, o cualquier otra geoforma sujeta a la acumulación de material provenientes de los sitios de arrastre coluvio-aluviales. Incluye suelos agrícolas de regadío ubicados en el intervalo de pendiente antes descrito.

Zona de inundación. Terreno bajo inundado temporalmente hasta que la infiltración o la evaporación lo desecan.

Condición geomorfológica de la unidad de erosión, que describe la evidencia natural más relacionada con erosión observada.

Dunas. Zona de acumulación de arena generada por el viento. La dinámica de formación en las dunas se relaciona estrechamente con la erosión eólica y generalmente no presentan evidencias de erosión hídrica.

Zona arenosa. Sitios donde el material dominante son partículas gruesas (entre 0.2 y 2 mm de diámetro), aisladas, inestables a la acción del viento y cuya génesis corresponde a materiales parentales generalmente ricos en sílice y cuarzo.

Salina. Zona que por su proximidad al mar, o zonas donde su posición geográfica interior asociada con clima extremoso, favorecen la evaporación del agua en el suelo para obtener sal.

Alias: CGEO

Tipo de dato: Texto

ancho: 20

CANT

Descripción: Condición antrópica

Describe el rasgo antrópico más relacionado con el proceso erosivo y que puede actuar conjuntamente con otra causal natural de erosión.

Valores: Construcción, Población densa, Presión rural, vegetación densa

Construcción. Erosión fuerte o extrema. Incluye zonas urbanas oficiales y asentamientos humanos evidentes en la imagen de satélite.

Caminos y carreteras. Representa riesgo fuerte de erosión. Superficie con alta densidad de caminos pavimentados, autopistas y brechas (100 metros de buffer para autopistas, 50 metros para caminos pavimentados y 20 para brechas, veredas y caminos de terracería. Valor de anchura con remoción significativa de suelo).

Extracción. Erosión fuerte o extrema dependiendo de la proporción ocupada en el polígono de erosión. Incluye bancos de material que son yacimientos donde se explotan a cielo abierto materiales empleados en actividades industriales y en la construcción.

Población densa. Erosión moderada a extrema en función a otras evidencias adicionales presentadas. Ocurre cuando en el polígono existe una alta densidad de población. Se toman en cuenta los polígonos con más de 100 habitantes por cada hectárea en localidades con más de 100 has de superficie total.

Presión agrícola. Representa riesgo de erosión. Ocurre cuando el polígono de erosión tiene 70% o más de su superficie ocupada por agricultura de temporal. Riesgo fuerte en el caso de polígonos de erosión situados en bosques, selvas y vegetación acuática dominante y/o en el caso de presentarse la actividad agrícola en declives superiores. Riesgo moderado en cualquier otro caso.

Vegetación densa. Evidencia visual de matices en colores verdes e intensos para imágenes con tratamiento de color natural y de matices en colores rojos e intensos para imágenes en falso color.

Alias: CANT

Tipo de dato: Texto

ancho: 20

CCLIM

Descripción: Condición climática

Describe el rasgo climático ligado estrechamente al proceso erosivo. Se toman en cuenta solo eventos climáticos severos o extremos.

Valores: Aridez extrema, Alta precipitación

Aridez extrema. Ocurre cuando la precipitación total anual es menor a 300mm y cuando el tipo de clima (según Köppen, modificado por Enriqueta García) presenta las claves BW (climas secos) o el símbolo x' (clima extremoso).

Alta precipitación. Ocurre cuando la precipitación total anual es mayor a 2000mm y cuando el tipo de clima (según Köppen, modificado por Enriqueta García) presenta las claves Am, Af (climas húmedos con lluvias todo el año o la mayor parte del año).

Alias: CCLIM

Tipo de dato: Texto

ancho: 20