



Periódico Oficial



GOBIERNO CONSTITUCIONAL DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE NUEVO LEÓN

Monterrey, Nuevo León - Lunes - 23 de Julio de 2012

Índice Sección Segunda



PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN



Registrado como artículo de segunda clase el 18 de septiembre de 1903.

Publicaciones ordinarias: **Lunes, Miércoles y Viernes**

Sumario



PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

ACUERDO POR EL QUE SE APRUEBA POR EL TITULAR DEL EJECUTIVO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN EN CONJUNTO CON LOS MUNICIPIOS INVOLUCRADOS, EL ATLAS DE RIESGOS PARA EL ESTADO DE NUEVO LEÓN, SEGUNDA ETAPA, FORMULADO Y SOMETIDO A CONSULTA PÚBLICA POR LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE, EL CUAL COMPRENDE LA TOTALIDAD DEL TERRITORIO DE LOS MUNICIPIOS DE AGUALEGUAS, ANÁHUAC, ARAMBERRI, ALLENDE, BUSTAMANTE, CERRALVO, CHINA, DOCTOR ARROYO, DOCTOR COSS, GALEANA, GENERAL BRAVO, GENERAL TERÁN, GENERAL TREVIÑO, GENERAL ZARAGOZA, HUALAHUISES, ITURBIDE, LAMPAZOS DE NARANJO, LINARES, LOS RAMONES, LOS ALDAMAS, LOS HERRERAS, MELCHOR OCAMPO, MIER Y NORIEGA, MONTEMORELOS, PARÁS, RAYONES, SABINAS HIDALGO, VALLECILLO, VILLADAMA Y PARCIALMENTE EL TERRITORIO DE LOS MUNICIPIOS DE ABASOLO, CADEREYTA JIMÉNEZ, EL CARMEN, CIÉNEGA DE FLORES, DOCTOR GONZÁLEZ, GENERAL ZUAZUA, HIDALGO, HIGUERAS, MARÍN, MINA, PESQUERÍA, SALINAS VICTORIA, Y SANTIAGO, TODOS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN; MISMO QUE SE ANEXA AL PRESENTE ACUERDO, DEBIDAMENTE RUBRICADO POR EL SECRETARIO DE DESARROLLO SUSTENTABLE, EL SUBSECRETARIO DE DESARROLLO URBANO Y EL DIRECTOR DE PLANEAMIENTO TERRITORIAL DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE..... 3-28

ATLAS DE RIESGOS PARA EL ESTADO DE NUEVO LEÓN: SEGUNDA ETAPA..... 29-487



Directorio

Rodrigo Medina de la Cruz
 Gobernador Constitucional del
 Estado de Nuevo León

Pedro Quezada Bautista
 Coordinador de Asuntos Jurídicos

Alvaro Ibarra Hinojosa
 Secretario General de Gobierno

Félix Fernando Ramírez Bustillos
 Responsable del Periódico Oficial del Estado



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

RODRIGO MEDINA DE LA CRUZ, Gobernador Constitucional del Estado de Nuevo León, junto con los representantes legales de los municipios de Agualeguas, Anáhuac, Aramberri, Allende, Bustamante, Cerralvo, China, Doctor Arroyó, Doctor Coss, Galeana, General Bravo, General Terán, General Treviño, General Zaragoza, Hualahuises, Iturbide, Lampazos de Naranjo, Linares, Los Ramones, Los Aldamas, Los Herreras, Melchor Ocampo, Mier y Noriega, Montemorelos, Parás, Rayones, Sabinas Hidalgo, Vallecillo, Villaldama, Abasolo, Cadereyta Jiménez, El Carmen, Ciénega de Flores, Doctor González, General Zuazua, Hidalgo, Higuera, Marín, Mina, Pesqueria, Salinas Victoria, y Santiago, todos del Estado de Nuevo León, y con fundamento en lo dispuesto por el artículo 27 tercer párrafo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; en el artículo 3 fracción XII de la Ley General de Asentamientos Humanos; asimismo en los artículos 3 segundo párrafo, 85 fracciones I, X y XXVIII, 87 y 88 de la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Nuevo León; así como también en los artículos 1, 2, 5, 13, 14, 15, 18 fracción XII, 32 inciso A) fracciones II y XI, inciso B) fracciones I, XIV y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública para el Estado de Nuevo León; y atendiendo a lo establecido por los artículos 2 fracción V, 4 fracciones VII y XIII, 5 fracciones XI y LXV, 6, 8 fracción V, 9 fracción VI, 10 fracciones VI, XIII y XXII, 54, 55, 56, 60, 120 fracción I, 121 fracción III, 137, 154, 155, 164, 165, 324, 325, 326, 333, 341 fracción XIII, 342 fracción III, inciso a) y 343 fracción III de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, tenemos a bien emitir un acuerdo, en atención a los siguientes:

ANTECEDENTES

I.- El Estado de Nuevo León debe de estar preparado contra los efectos de los fenómenos naturales en las zonas habitadas, para prevenir y evitar daños graves a las personas, a sus bienes y a la economía regional.

El blindaje efectivo solamente puede lograrse con la participación de todos los posibles afectados: la ciudadanía, cualquiera que sea su nivel socioeconómico, las organizaciones sociales de todo tipo, los líderes de opinión y, desde luego, las Autoridades Municipales y el Gobierno del Estado, con el apoyo de Protección Civil y el respaldo de la Federación.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

Actualmente existen las leyes y reglamentos que rigen los proyectos de urbanización, los cuales se desarrollan al amparo de la Planificación Urbana, que cuentan con los mejores especialistas, sin embargo, eventualmente nuestro Estado se ve seriamente afectado por sus arroyos y ríos, transformados en peligrosos torrentes que desbordan, inundan, derrumban, arrastran y dejan tras su paso depósitos de basura, gravas, rocas o residuos que provienen de la descomposición de fuentes orgánicas, tales como vegetales y animales.

Para cualquier desarrollo, desde el permiso de construcción se establecen los requisitos en materia de Hidrología, Mecánica de Suelos y Geología, Impacto Vial e Impacto Ambiental, establecidos por la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León y por las reglamentaciones municipales en la materia.

II.- La Ley de Desarrollo Urbano en su Título Séptimo denominado "De la Zonificación, Usos y Destinos del Suelo y Estructuración de los Centros de Población", específicamente en el Capítulo Quinto "De las Zonas de Riesgo", establece en sus artículos 164 y 165 la definición de los Atlas de Riesgo, su contenido mínimo, así como el procedimiento para su elaboración, consulta y aprobación.

Cabe mencionar que los demás artículos que conforman dicho Capítulo Quinto, son aplicables a condición de que transcurran sesenta días siguientes a la fecha en que se publique el Atlas de Riesgo en el Periódico Oficial del Estado, de conformidad con lo dispuesto en el artículo Noveno Transitorio de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León.

Es por eso la importancia de la aprobación del Atlas de Riesgo, ya que la entrada en vigencia de los artículos 166, 167, 168, 169 y 170 de la referida Ley, se encuentran supeditados a la publicación del referido documento. Dichos artículos establecen requisitos adicionales para el otorgamiento de licencias relativas a usos de suelo y edificaciones, construcciones, así como factibilidades y demás autorizaciones relativas a todo tipo de fraccionamientos, para inmuebles ubicados en zonas de riesgo alto y riesgo muy alto.

Asimismo, dichos numerales establecen que las autoridades estatales y municipales competentes deberán realizar las modificaciones necesarias a los Programas de Desarrollo Urbano para que las zonas consideradas como de riesgo



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

no mitigable por los atlas respectivos se clasifiquen como no urbanizables, por lo que estará estrictamente prohibido realizar cualquier obra, acción o instalación. Además, tratándose de zonas de riesgo, los citados Planes y Programas deberán señalar que los usos y destinos del suelo que correspondan a dichas zonas estarán condicionados por las autoridades estatales y municipales competentes.

Se puede afirmar que el Título Quinto que nos ocupa, establece obligaciones a las autoridades municipales competentes en materia de desarrollo urbano, a los Ayuntamientos, a las diversas Direcciones de Protección Civil, a las autoridades estatales, así como a las personas físicas o morales, públicas o privadas, que pretendan llevar a cabo proyectos, acciones, obras o inversiones en zonas clasificadas como de riesgo o de peligro por los Atlas respectivos.

De lo antes expuesto, se desprende que la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, establece los elementos necesarios para planificar las medidas de prevención que permitan evitar o reducir potenciales daños que pudieran producirse por eventos meteorológicos que afecten a esta región.

III.- El Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, contribuirá al crecimiento ordenado de los municipios y centros de población, para que el desarrollo en las zonas de riesgo o de peligro sea menos vulnerable a los fenómenos naturales. El Atlas de Riesgo no pretende ser una herramienta infalible, sino perfectible en razón de la experiencia efectiva, pero si será una base sólida para establecer las zonas cuyo desarrollo se condicione a medidas de mitigación muy estrictas, así como para definir las zonas donde nada debe construirse o desarrollarse.

El Atlas de Riesgo en mención fue elaborado como un Sistema de Información Geográfica y para su consulta requiere de medios digitales. Por lo que estamos seguros que este documento ayudará a lograr que nuestra sociedad tenga, en la estrategia de la prevención, una mayor conciencia de los peligros naturales, así como una mayor capacidad para afrontarlos.

El artículo 3 fracción XII de la Ley General de Asentamientos Humanos, dispone que el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población, tenderá a mejorar el nivel y calidad de vida de



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

la población urbana y rural, mediante la prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanas en los centros de población.

Por otra parte, el artículo 5 fracción XI de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, señala que el Atlas de Riesgo es el documento en donde se establecen y clasifican las zonas de riesgo. El mencionado artículo 5 fracción LXV del precepto legal antes señalado, menciona que se entiende por Zonas de Riesgo, las superficies de suelo de un centro de población o de un municipio, identificadas como tales por los Atlas de Riesgo, que por su ubicación representan peligro, debido a factores antropogénicos o naturales, que pueden causar perjuicios a las personas o a sus bienes.

El artículo 164 de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, establece que la Secretaría de Desarrollo Sustentable, en coordinación con las autoridades municipales en materia de desarrollo urbano, están obligados a formular los estudios denominados Atlas de Riesgo, en donde se identifiquen las zonas de riesgo, entendiéndose por éstas aquellas que por su ubicación representen peligro debido a factores antropogénicos o naturales, que puedan causar perjuicios a las personas o a sus bienes y se clasificarán en cada zona atendiendo a los criterios de riesgo mitigable o riesgo no mitigable.

Es por ello que, en concordancia con lo dispuesto en los artículos 4 y 167 de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, la elaboración de los atlas de riesgo es de utilidad pública y las determinaciones de los mismos, serán de orden público e interés social, atendiendo a la finalidad de garantizar la seguridad física y jurídica de las personas y sus bienes que se encuentran en dichas zonas o colindando con las mismas.

En este orden de ideas, el Plan Estatal de Desarrollo 2010-2015, en el punto 7.3.10, determinó que para propiciar un desarrollo urbano ordenado, equilibrado y sustentable, Nuevo León requiere implementar un programa de planificación urbana que prevea los riesgos naturales en las áreas urbanizadas y urbanizables.

Por ello, el Estado de Nuevo León, sometido a las presiones que se generan por su acelerado crecimiento, debe contar con una herramienta para prevenir y evitar daños graves a las personas, o a sus bienes a fin de protegerse contra los efectos de los fenómenos naturales imposibles de evitar, tales como los huracanes y las tormentas que traen como consecuencia inundaciones, corrientes torrenciales,



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

daños a las laderas o zonas montañosas, mediante erosión natural y/o antropogénica, derrumbes, deslizamientos de rocas, así como también por las acciones humanas.

Se considera al Atlas de Riesgo como una herramienta para poseer mayor capacidad para afrontar los fenómenos naturales, siendo un documento mediante el cual algunas zonas se condicionan al desarrollo con la aplicación de ciertas medidas de mitigación muy estrictas, así como para determinar zonas en que nada deba construirse o desarrollarse.

Este documento contribuirá a lograr que nuestra sociedad tenga, en la estrategia de la prevención, una mayor conciencia de los peligros naturales, así como capacidad para afrontarlos, para tener el Estado que todos queremos.

IV.- El Atlas de Riesgo se elaboró en forma coordinada con los Ayuntamientos que integran esta Segunda Etapa, mediante reuniones de trabajo, así como intercambio de información geográfica con el Centro de Colaboración Geoespacial.

Cabe mencionar que de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9 fracción VI de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, a la Secretaría de Desarrollo Sustentable, como dependencia estatal de desarrollo urbano, tiene la facultad de formular y difundir los Atlas de Riesgo, por lo que el titular de dicha dependencia, autorizó para que fuera sometido a consulta pública.

Por lo que con el objeto de hacer del conocimiento de la ciudadanía en general el inicio del proceso de la consulta pública del Proyecto del Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, que comprende los Municipios de Agualeguas, Anáhuac, Aramberri, Allende, Bustamante, Cerralvo, China, Doctor Arroyo, Doctor Coss, Galeana, General Bravo, General Terán, General Treviño, General Zaragoza, Hualahuises, Iturbide, Lampazos de Naranjo, Linares, Los Ramones, Los Aldamas, Los Herreras, Melchor Ocampo, Mier y Noriega, Montemorelos, Parás, Rayones, Sabinas Hidalgo, Vallecillo y Villaldama y parcialmente el territorio de los Municipios de Abasolo, Cadereyta Jiménez, El Carmen, Ciénega de Flores, Doctor González, General Zuazua, Hidalgo, Higuera, Marín, Mina, Pesquería, Salinas Victoria, y Santiago, todos del Estado de Nuevo León, la Secretaría de Desarrollo Sustentable en cumplimiento del artículo 54 fracción III de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, publicó en

5/26



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

dos de los diarios de mayor circulación en la entidad denominados "El Norte" y "Milenio", durante 3-tres días consecutivos 25, 26 y 27 de octubre de 2010, el inicio del proceso de la consulta pública y participación social.

En dicho Aviso Público se comunicó la celebración de la Primera Audiencia Pública para dar así inicio al proceso de la participación social, mediante la cual se presentó el proyecto del Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, haciendo énfasis en la problemática urbana, en los objetivos y en las estrategias planteadas. Se informó del procedimiento para presentar las propuestas, comentarios y observaciones, se respondió a las preguntas de los asistentes a la audiencia sin que se presentaran planteamientos o propuestas por parte de los mismos. Cabe mencionar que dicha Audiencia se celebró el día 28 de octubre de 2010, de la cual se levantó Acta Circunstanciada.

Por otro lado, el 28 de octubre de 2010, el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, fue presentado ante el Consejo Estatal de Participación Ciudadana para el Desarrollo Urbano, dando así, cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 54 fracción V inciso b) de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León.

El proyecto del Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, estuvo disponible para consulta pública, durante un plazo de 30 días naturales en las oficinas de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, en los términos del artículo 54 fracción IV de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León.

De igual forma, la Segunda Audiencia Pública se celebró el día 26 de noviembre de 2010, último día del plazo fijado para la participación social, siguiendo el mismo procedimiento de la primera audiencia y tuvo como propósito recibir los planteamientos por escrito de los asistentes. De dicha audiencia, también se levantó Acta Circunstanciada.

En atención a que no se presentó ningún planteamiento por parte de los ciudadanos dentro del periodo de la consulta pública, el proyecto del Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, sometido a consulta pública, constituye el documento final que mediante el presente Acuerdo se aprueba.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

V.- Es necesario precisar, que a la fecha, el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Primera Etapa, continúa con su trámite de aprobación respectivo bajo el procedimiento legal establecido por la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, sin que su aprobación constituya un presupuesto indispensable para la aprobación de esta Segunda Etapa. Cabe aclarar que la denominación de Primera y Segunda Etapa, obedece al grado de presión e impacto por la urbanización que tienen los diferentes territorios municipales involucrados en cada caso.

Lo anterior, en atención a que se trata de dos documentos distintos e independientes entre sí, elaborados por el Ejecutivo del Estado de Nuevo León, en coordinación con los municipios involucrados en cada una de sus dos etapas. Cada uno de los documentos en mención, siguió con el proceso legal de aprobación de manera individual e independiente conforme a los lineamientos legales establecidos en la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León, llegando, en primer término, a su total culminación esta Segunda Etapa que se aprueba, antes que la Primera Etapa, la cual, por diversos motivos, aún continúa con el proceso de aprobación como ya se mencionó en el párrafo que antecede.

DECLARACIONES

1.- Declaran los municipios que son entidades de derecho público investidas de personalidad jurídica, con libertad interior, patrimonio propio y autonomía para su administración, cuyo Ayuntamiento constituye el órgano responsable de su administración, representado por el Presidente Municipal y el Síndico Municipal o Síndico Segundo según sea el caso, quienes tienen facultades para intervenir en la suscripción del presente acuerdo en los términos de lo prescrito por los artículos 26 inciso a) fracción V, 27 fracción X, 31 fracción II y demás relativos de la Ley Orgánica de la Administración Pública Municipal del Estado de Nuevo León.

2.- Que para los efectos del presente instrumento señalan como domicilio legal la sede oficial de las Presidencias Municipales de cada uno de los municipios suscriptores.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

3.- Que los Ayuntamientos del Estado de Nuevo León involucrados aprobaron el Atlas de Riesgo, Segunda Etapa, lo cual consta en las respectivas Actas de las sesiones de Cabildo, según se precisa a continuación:

- a) El municipio de Agualeguas mediante el Acta número 35 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 17-dieciséis de febrero del 2011-dos mil once.
- b) El municipio de Anáhuac mediante el Acta de la Primera Sesión Ordinaria del H. Cabildo, correspondiente al mes de febrero del año 2011, celebrada en fecha 8-ocho de febrero del 2011-dos mil once.
- c) El municipio de Aramberri mediante el Acta número 19 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 28-veintiocho de marzo del 2011-dos mil once.
- d) El municipio de Allende mediante el Acta número 51 derivada de la Trigésima Segunda Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 15-quince de febrero del 2011-dos mil once.
- e) El municipio de Bustamante mediante el Acta número 53 derivada de la Primera Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, correspondiente mes de enero del año 2011, celebrada en fecha 20-veinte de enero del 2011-dos mil once.
- f) El municipio de Cerralvo mediante el Acta número 32 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 8-ocho de febrero del 2011-dos mil once.
- g) El municipio de China mediante el Acta de la Sesión Ordinaria número 26 del H. Cabildo, celebrada en fecha 15-quince de diciembre del 2010-dos mil diez.
- h) El municipio de Doctor Arroyo mediante el Acta de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 13-trece de mayo del 2011-dos mil once.
- i) El municipio de Doctor Coss mediante el Acta número 1 derivada de la Sesión Ordinaria número 1 del H. Cabildo, celebrada en fecha 28-veintiocho de enero del 2011-dos mil once.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

- j) El municipio de Galeana mediante el Acta de la Décima Novena Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 14-catorce de enero del 2011-dos mil once.
- k) El municipio de General Bravo mediante el Acta número 39 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 27-veintisiete de enero del 2011-dos mil once.
- l) El municipio de General Terán mediante el Acta número 33 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 13-trece de enero del 2011-dos mil once.
- m) El municipio de General Treviño mediante el Acta número 33 derivada de la Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 23-veintitrés de marzo del 2011-dos mil once.
- n) El municipio de General Zaragoza mediante el Acta número 30 derivada de la Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 29-veintinueve de marzo del 2011-dos mil once.
- o) El municipio de Hualahuises mediante el Acta número 48 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 02-dos de marzo del 2011-dos mil once.
- p) El municipio de Iturbide mediante el Acta número 29 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 21-veintiuno de febrero del 2011-dos mil once.
- q) El municipio de Lampazos de Naranjo mediante el Acta número 27 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 11-once de febrero del 2011-dos mil once.
- r) El municipio de Linares mediante el Acta número 40 derivada de la Cuadragésima Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 27-veintisiete de enero del 2011-dos mil once.

9/26



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

- s) El municipio de Los Ramones mediante el Acta número 60 derivada de la Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 25-veinticinco de febrero del 2011-dos mil once.
- t) El municipio de Los Aldamas mediante el Acta de la Sesión Ordinaria número 28 del H. Cabildo, celebrada en fecha 24-veinticuatro de febrero del 2011-dos mil once.
- u) El municipio de Los Herreras mediante el Acta número 43 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 15-quince de febrero del 2011-dos mil once.
- v) El municipio de Melchor Ocampo mediante el Acta número 41 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 29-veintinueve de marzo del 2011-dos mil once.
- w) El municipio de Mier y Noriega mediante el Acta número 28 derivada de la Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 30-treinta de mayo del 2011-dos mil once.
- x) El municipio de Montemorelos mediante el Acta número 58 derivada de la Sesión Extraordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 28-veintiocho de febrero del 2011-dos mil once.
- y) El municipio de Parás mediante el Acta número 35 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 28-veintiocho de febrero del 2011-dos mil once.
- z) El municipio de Rayones mediante el Acta número 40 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 14-catorce de febrero del 2011-dos mil once.
- aa) El municipio de Sabinas Hidalgo mediante el Acta número 13 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 09-nueve de abril del 2011-dos mil once.
- bb) El municipio de Vallecillo mediante el Acta de la Sesión Ordinaria número 31 del H. Cabildo, celebrada en fecha 15-quince de febrero del 2011-dos mil once.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

- cc) El municipio de Villaldama mediante el Acta de la Sesión Ordinaria número 35 del H. Cabildo, celebrada en fecha 15-quince de febrero del 2011-dos mil once.
- dd) El municipio de Abasolo mediante el Acta de la Trigésima Primera Sesión Pública Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 14-catorce de febrero del 2011-dos mil once.
- ee) El municipio de Cadereyta Jiménez mediante el Acta número 03/2011 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 14-catorce de febrero del 2011-dos mil once.
- ff) El municipio de El Carmen mediante el Acta número 38 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 11-once de febrero del 2011-dos mil once.
- gg) El municipio de Ciénega de Flores mediante el Acta de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo número 47, celebrada en fecha 30-treinta de mayo del 2011-dos mil once.
- hh) El municipio de Doctor González mediante el Acta de la Junta de Cabildo número 39 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 17-dieciséis de junio del 2011-dos mil once.
- ii) El municipio de General Zuazua mediante el Acta número 003/2011 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 17-dieciséis de febrero del 2011-dos mil once.
- jj) El municipio de Hidalgo mediante el Acta número 5 derivada de la Primera Sesión Ordinaria del H. Cabildo, correspondiente al mes de febrero del año 2011 celebrada en fecha 16-dieciséis de febrero del 2011-dos mil once.
- kk) El municipio de Higuera mediante el Acta número 40 derivada de la Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 15-quince de febrero del 2011-dos mil once.
- ll) El municipio de Marín mediante el Acta número 28 derivada de la Sesión Ordinaria celebrada en 29-veintinueve de noviembre del 2010-dos mil diez.

11/26



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

mm) El municipio de Mina mediante el Acta número 806 derivada de la Sesión Ordinaria celebrada en 10-diez de diciembre del 2010-dos mil diez.

nn) El municipio de Pesquería mediante el Acta número Trigésima Sesión Ordinaria del H. Cabildo, celebrada en fecha 27-veintisiete de enero del 2011-dos mil once.

oo) El municipio de Salinas Victoria mediante el Acta de la Trigésima Segunda Sesión Ordinaria celebrada en fecha 09-nueve de febrero del 2011-dos mil once.

pp) El municipio de Santiago mediante el Acta número 53 derivada de la Trigésima Tercera Sesión Ordinaria celebrada en fecha 28-veintiocho de febrero del 2011-dos mil once.

4.- Que el Titular del Poder Ejecutivo y los Ayuntamientos de los Municipios de Agualeguas, Anáhuac, Aramberri, Allende, Bustamante, Cerralvo, China, Doctor Arroyo, Doctor Coss, Galeana, General Bravo, General Terán, General Treviño, General Zaragoza, Hualahuises, Iturbide, Lampazos de Naranjo, Linares, Los Ramones, Los Aldamas, Los Herreras, Melchor Ocampo, Mier y Noriega, Montemorelos, Parás, Rayones, Sabinas Hidalgo, Vallecillo, Villaldama, Abasolo, Cadereyta Jiménez, El Carmen, Ciénega de Flores, Doctor González, General Zuazua, Hidalgo, Higuera, Marín, Mina, Pesquería, Salinas Victoria, y Santiago, todos del Estado de Nuevo León, estimamos que se cumplió con el procedimiento que establece la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León para la elaboración y consulta del referido Atlas de Riesgo del Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, en virtud de que el documento de mérito cumple con los requisitos legales para su formalización.

En virtud de las consideraciones y fundamentos expuestos, se emite el siguiente:



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

ACUERDO

ARTÍCULO PRIMERO: Se aprueba por el Titular del Ejecutivo del Estado de Nuevo León en conjunto con los municipios involucrados, el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, formulado y sometido a consulta pública por la Secretaría de Desarrollo Sustentable, el cual comprende la totalidad del territorio de los Municipios de Agualeguas, Anáhuac, Aramberri, Allende, Bustamante, Cerralvo, China, Doctor Arroyo, Doctor Coss, Galeana, General Bravo, General Terán, General Treviño, General Zaragoza, Hualahuises, Iturbide, Lampazos de Naranjo, Linares, Los Ramones, Los Aldamas, Los Herreras, Melchor Ocampo, Mier y Noriega, Montemorelos, Parás, Rayones, Sabinas Hidalgo, Vallecillo y Villaldama y parcialmente el territorio de los Municipios de Abasolo, Cadereyta Jiménez, El Carmen, Ciénega de Flores, Doctor González, General Zuazua, Hidalgo, Higuera, Marín, Mina, Pesquería, Salinas Victoria, y Santiago, todos del Estado de Nuevo León; mismo que se anexa al presente Acuerdo, debidamente rubricado por el Secretario de Desarrollo Sustentable, el Subsecretario de Desarrollo Urbano y el Director de Planeamiento Territorial de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, y que forma parte integrante de este instrumento jurídico.

ARTÍCULO SEGUNDO: El Ejecutivo del Estado y los Municipios, dentro del ámbito de su competencia y atendiendo a los ordenamientos jurídicos aplicables, proveerán lo necesario para el cumplimiento del Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa. Asimismo, se realizarán las modificaciones necesarias a los planes y programas de desarrollo urbano, tomando en consideración lo dispuesto en el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 167 de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León.

ARTÍCULO TERCERO: El Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, se mantendrá para la consulta permanente de la comunidad en las oficinas de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y de los Municipios de Agualeguas, Anáhuac, Aramberri, Allende, Bustamante, Cerralvo, China, Doctor Arroyo, Doctor Coss, Galeana, General Bravo, General Terán, General Treviño, General Zaragoza, Hualahuises, Iturbide, Lampazos de Naranjo, Linares, Los



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

Ramones, Los Aldamas, Los Herreras, Melchor Ocampo, Mier y Noriega, Montemorelos, Parás, Rayones, Sabinas Hidalgo, Vallecillo, Villaldama, Abasolo Cadereyta Jiménez, El Carmen, Ciénega de Flores, Doctor González, General Zuazua, Hidalgo, Higuera, Marín, Mina, Pesquería, Salinas Victoria, y Santiago, todos del Estado de Nuevo León, y en su caso, a través de sus respectivos portales oficiales de Internet.

ARTÍCULO CUARTO: La Secretaría de Desarrollo Sustentable difundirá el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, a través del Centro de Colaboración Geoespacial.

ARTÍCULO QUINTO: El Ejecutivo del Estado, a través de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y los municipios involucrados, revisarán periódicamente y cuando menos cada seis años al inicio de su gestión el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, a fin de modificarlo o confirmarlo, según lo dispuesto en el artículo 56 de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado de Nuevo León.

TRANSITORIOS

PRIMERO. El presente Acuerdo y el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, que se anexa, forma parte integrante del referido documento, entrarán en vigor a los 15-quince días hábiles siguientes al de su publicación en el Periódico Oficial del Estado.

SEGUNDO. Publíquese íntegramente el presente Acuerdo que aprueba el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa y su respectivo anexo consistente en el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, en el Periódico Oficial del Estado y, en su caso, en las Gacetas Municipales de los municipios involucrados.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

TERCERO. Inscribese el Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León, Segunda Etapa, en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Instituto Registral y Catastral del Estado de Nuevo León, dentro de los 15-quince días hábiles siguientes al de su publicación en el Periódico Oficial del Estado.

En el entendido, que en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del referido Instituto, deberá obrar un ejemplar del documento original que se aprueba con los documentos y planos a color a fin de que puedan identificarse con claridad las diferentes áreas y zonas de riesgo correspondientes.

Dado en el Despacho del Poder Ejecutivo del Estado, en la Ciudad de Monterrey, Nuevo León, a los 25-veinticinco días del mes de junio del 2012-dos mil doce.



GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

22
C. RODRIGO MEDINA DE LA CRUZ
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL
DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

[Firma]
C. ÁLVARO IBARRA HINOJOSA
SECRETARIO GENERAL DE
GOBIERNO

[Firma]
C. FERNANDO GUTIÉRREZ MORENO
SECRETARIO DE DESARROLLO
SUSTENTABLE



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

MUNICIPIOS DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

POR EL MUNICIPIO DE AGUALEGUAS


C. JOSÉ GUADALUPE GARCÍA GARZA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. JOSÉ LUIS CAVAZOS GARZA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE ANÁHUAC


C. SANTOS JAVIER GARZA GARCÍA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. JUAN BRUNO PÉREZ LEYVA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE ARRAMBERRI


C. RAFAEL FLORES VILLANUEVA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. JESÚS MIRELES OROZCO
SÍNDICO SEGUNDO



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN**
PODER EJECUTIVO

POR EL MUNICIPIO DE ALLENDE


C. JORGE ALBERTO SALAZAR
SALAZAR
PRESIDENTE MUNICIPAL

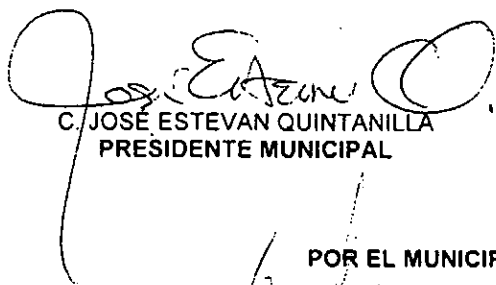

C. GREGORIO SALAZAR RODRÍGUEZ
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE BUSTAMANTE


C. ÓSCAR ARTURO GARCÍA CASTILLO
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. ARTURO MONSIVAÍS NIETO
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE CERRALVO


C. JOSÉ ESTEVAN QUINTANILLA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. JOSÉ RUBÉN GARCÍA GUERRA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE CHINA


C. JORGE GARZA SALINAS
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. RAMÓN SALAZAR RAMOS
SÍNDICO



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

POR EL MUNICIPIO DE DOCTOR ARROYO


C. JESÚS LARA CERVANTES
PRESIDENTE MUNICIPAL

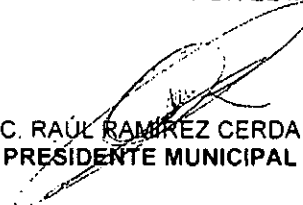

C. UBALDO LUNA MARTÍNEZ
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE DOCTOR COSS


C. MIGUEL ÁNGEL SALINAS
GONZÁLEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. JOSÉ DEL ROBLE SALINAS REYNA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE GALEANA


C. RAÚL RAMÍREZ CERDA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. CIPRIANO REYES ALEJANDRO
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE GENERAL BRAVO


C. JULIO CÉSAR CANTÚ GRACIA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. MARIA FLORA TELLO MARTÍNEZ
SÍNDICO



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

POR EL MUNICIPIO DE GENERAL TERÁN

**C. ÁLVARO ROLANDO QUINTANILLA
CORTAZO
PRESIDENTE MUNICIPAL SUSTITUTO**

**C. ERNESTO OCAÑAS AYALA
SÍNDICO SEGUNDO**

POR EL MUNICIPIO DE GENERAL TREVIÑO

**C. SIMPLICIO HINOJOSA SALINAS
PRESIDENTE MUNICIPAL**

**C. VÍCTOR MANUEL SOLÍS JASSO
SÍNDICO**

POR EL MUNICIPIO DE GENERAL ZARAGOZA

**C. SERGIO ALBERTO ROSAS CORTÉS
PRESIDENTE MUNICIPAL**

**C. JUAN ANTONIO LOREZ RODRÍGUEZ
SÍNDICO**

POR EL MUNICIPIO DE HUALAHUISES

**C. MARTÍN ZAMARRIPA RODRÍGUEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL**

**C. LUIS EDUARDO PRADO CASANOVA
SÍNDICO**



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

POR EL MUNICIPIO DE ITURBIDE


C. JUAN FRANCISCO TIENDA
ESPIÑOSA
PRESIDENTE MUNICIPAL



C. MISACH JOEL OJEDA RODRÍGUEZ
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE LAMPAZOS DE NARANJO


C. EUSEBIO BALDEMAR GONZÁLEZ
SERNA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. ARNULFO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE LINARES


C. FRANCISCO ANTONIO MEDINA
QUINTANILLA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. OLGA LETICIA ROMO HERNÁNDEZ
SÍNDICO



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN**
PODER EJECUTIVO

POR EL MUNICIPIO DE LOS RAMONES

Santos Salinas Garza
C. SANTOS SALINAS GARZA
PRESIDENTE MUNICIPAL

Humberto A Flores P
C. HUMBERTO AMADOR FLORES
PEÑA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE LOS ALDAMAS

Juan Alberto Lopez Peña
C. JUAN ALBERTO LÓPEZ PEÑA
PRESIDENTE MUNICIPAL

Jose Felipe Moreno Garcia
C. JOSÉ FELIPE MORENO GARCÍA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE LOS HERRERAS

Juan A Gutierrez
C. JUAN ANTONIO GUTIÉRREZ GARZA
PRESIDENTE MUNICIPAL

Eliezer Torres Maldonado
C. ELIEZER TORRES MALDONADO
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE MELCHOR OCAMPO

Rosa Elvia Ramos Garcia
C. ROSA ELVIA RAMOS GARCÍA
PRESIDENTE MUNICIPAL

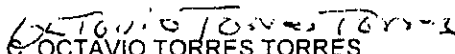
Mario Alberto Ibarra Chavez
C. MARIO ALBERTO IBARRA CHÁVEZ
SÍNDICO




**Gobierno del Estado
de Nuevo León
Poder Ejecutivo**

POR EL MUNICIPIO DE MIER Y NORIEGA


C. JOSÉ NAGUEL VARGAS
RODRÍGUEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL



C. OCTAVIO TORRES TORRES
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE MONTEMORELOS


C. GILBERTO RAMOS DE LA GARZA
PRESIDENTE MUNICIPAL SUSTITUTO


C. HÉRMILO MARROQUÍN TAMEZ
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE PARÁS


C. ARMANDO VÍCTOR GUTIÉRREZ
OLIVEIRA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. JOSÉ AMADOR HERRERA SERDA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE RAYONES


C. JAIME SALINAS VALDEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. EULOGIO VALDEZ TORRES
SÍNDICO



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

POR EL MUNICIPIO DE SABINAS HIDALGO

[Firma]
C. RAÚL MARIO MIRELES GARZA
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Firma]
C. FRANCISCO JAVIER CASTAÑEDA
ZURRUBIATES
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE VALLECILLO

[Firma]
C. NUMBERTO SERNA GUZMÁN
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Firma]
C. DANIEL VERA VILLARREAL
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE VILLALDAMA

[Firma]
C. GERARDO EUGENIO GUERRERO
GUTIÉRREZ
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Firma]
C. NORA OLGA CORTEZ CASIANO
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE ABASOLO

[Firma]
C. ENRIQUE VILLARREAL GUTIÉRREZ
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Firma]
C. SONIA BETANCOURT MARTÍNEZ
SÍNDICO

23/26



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

POR EL MUNICIPIO DE CADEREYTA JIMÉNEZ

**C. EDUARDO JAVIER DE LA GARZA
LEAL
PRESIDENTE MUNICIPAL**

**C. EDUARDO GUEVARA RODRÍGUEZ
SÍNDICO SEGUNDO**

POR EL MUNICIPIO DE EL CARMEN

**C. ROLANDO HUGO GARCÍA
RODRÍGUEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL**

**C. JUAN LEONARDO VILLARREAL
TAMÉZ
SÍNDICO**

POR EL MUNICIPIO DE CIÉNEGA DE FLORES

**C. LEANDRO MONTEMAYOR
RODRÍGUEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL**

**C. LIBRADO GARZA ÁVILA
SÍNDICO**

POR EL MUNICIPIO DE DOCTOR GONZÁLEZ

**C. LUIS GARZA VILLARREAL
PRESIDENTE MUNICIPAL SUSTITUTO**

**C. JUAN PABLO GARZA SOSA
SÍNDICO**



**GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO**

POR EL MUNICIPIO DE GENERAL ZUAZUA

[Signature]
C. PEDRO ÁNGEL MARTÍNEZ
MARTÍNEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Signature]
C. JAIME ALBERTO VILLARREAL
GONZÁLEZ
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE HIDALGO

[Signature]
C. ELIUD ALBERTO LOZANO
CISNEROS
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Signature]
C. MANUEL GIL ACOSTA
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE HIGUERAS

[Signature]
C. JUAN JESÚS VILLARREAL
GONZÁLEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Signature]
C. PABLO EDUARDO GUAJARDO
CAMACHO
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE MARÍN

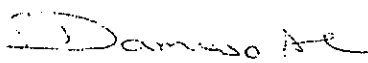
[Signature]
C. JOSÉ CRUZ GONZÁLEZ RODRIGUEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL

[Signature]
C. FÉLIX JULIÁN LOZANO SERNA
SÍNDICO




GOBIERNO DEL ESTADO
DE NUEVO LEÓN
PODER EJECUTIVO

POR EL MUNICIPIO DE MINA


C. DÁMASO AVELINO CÁRDENAS
GUTIÉRREZ
PRESIDENTE MUNICIPAL

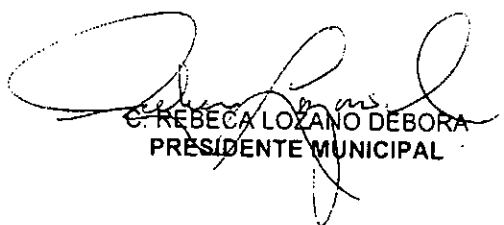

C. MARIO ALBERTO VILLARREAL
VARELA
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE PESQUERÍA


C. ALBERTO DE JESÚS RAMOS
MARTÍNEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. ILIANA VILLARREAL ARROYO
SÍNDICO

POR EL MUNICIPIO DE SALINAS VICTORIA


C. REBECA LOZANO DEBORA
PRESIDENTE MUNICIPAL


C. ROSALVA CAROLINA MORENO
SALINAS
SÍNDICO SEGUNDO

POR EL MUNICIPIO DE SANTIAGO


C. BLADIMIRO MONTALVO SALAS
PRESIDENTE MUNICIPAL SUSTITUTO

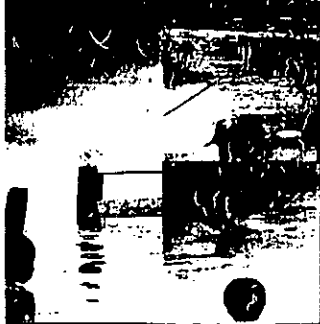

C. MANUEL FRANCISCO MARTÍNEZ
ALANÍS
SÍNDICO SEGUNDO



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

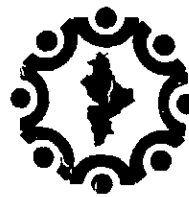


Poder Ejecutivo



Atlas de Riesgo

para el Estado de Nuevo León:
Segunda Etapa



**Nuevo
León
Unido**

Gobierno para Todos



Atlas de Riesgo para el Estado de
Nuevo León - Segunda Etapa

ATLAS DE RIESGO PARA EL ESTADO DE NUEVO LEÓN SEGUNDA ETAPA



  **Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

ii

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	01
1.1 Objetivo general	01
1.2 Objetivos específicos	02
1.3 Alcances	03
1.4 Área de estudio (Ubicación)	03
2. METODOLOGÍA	05
2.1 Estructura Cartográfica	05
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	09
3.1 Peligros geológicos	09
3.1.1 Inestabilidad de Laderas	09
3.1.2 Erosión	10
3.2 Peligros hidrometeorológicos	10
3.2.1 Inundación	10
3.2.2 Encharcamiento	10
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y MORFOLÓGICOS	10
4.1 Resumen	10
4.2 Introducción	11
4.2.1 Nuevo León en el contexto de los peligros Geológicos	12
4.3 Antecedentes	13
4.4 Objetivos	14
4.4.1 Objetivo general	14
4.4.2 Objetivos específicos	14
4.5 Metodología general	14
4.6 Procesos de remoción en masa	16
4.6.1 Tipología e procesos de remoción en masas	16
4.6.2 Afectaciones y daños potenciales	24
4.6.3 Metodología para el análisis de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa.	27
4.6.4 Análisis y descripción de las ponderaciones	35
4.6.4.1 Mapas de resultados a nivel estatal	40
4.6.4.2 Mapas de resultados por zonas	44
4.6.4.3 Mapas de resultados por municipios	60
4.6.5 Conclusiones (Procesos de remoción en masa)	182
4.7 Fallas y fracturas	188
4.7.1 Peligro por fallas y fracturas	188
4.7.2 Afectaciones y daños potenciales	191
4.7.3 Metodología para generar el mapa de peligro por fallas y fracturas	195
4.7.4 Resultados	196
4.8 Hundimientos	199
4.8.1 Karsticidad	201

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

iii

Handwritten signature

Handwritten signature



4.8.2	Afectaciones y daños potenciales	204
4.8.3	Metodología para generar el mapa de peligro por Karsticidad	209
4.8.4	Resultados	209
4.9	Erosión	212
4.9.1	Procesos y formas de erosión	212
4.9.2	Afectaciones y daños potenciales	213
4.9.3	Metodologías para estimar la susceptibilidad del terreno a la erosión	214
4.9.4	Resultados	224
4.9.5	Conclusiones	225
4.10	Conclusiones	225
5.	PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS	227
5.1	Inundación	227
5.1.1	Introducción	227
5.1.2	Objetivos	227
5.1.3	Área de estudio	227
5.1.4	Análisis Climatológico	229
5.1.4.1	Información disponible	229
5.1.4.2	Cálculo y ampliación de datos	230
5.1.5	Construcción de curvas I-D-Tr	235
5.1.5.1	Introducción	235
5.1.5.2	Calculo de alturas de precipitación	235
5.1.5.2.1	Calculo de intensidad de lluvia	237
5.1.5.2.2	Coefficiente de escurrimiento	238
5.1.6	Calculo de avenidas de diseño	243
5.1.7	Desarrollo de análisis	248
5.1.7.1	Geometría del modelo	248
5.1.7.1.1	Trazo de cauce	248
5.1.7.1.2	Trazo de las orillas del río	249
5.1.7.1.3	Trazo de los patrones de flujo	250
5.1.7.1.4	Trazo de secciones transversales	250
5.1.7.1.5	Calculo Hidráulico	251
5.1.7.1.6	Zonas de Inundación	252
5.1.8	Diagnostico de las presas: El Cuchillo, Cerro Prieto y La Boca	280
5.2	Granizadas	289
5.2.1	Introducción	289
5.2.2	Formación del granizo	290
5.2.3	Daños ocasionados por el impacto del granizo	290
5.2.4	Peligro por granizadas en el Estado de Nuevo León	292
5.2.5	Zonificación de peligro por granizadas en el Estado de Nuevo León.	296

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

6. PELIGROS Y RIESGOS ANTROPOGÉNICOS	304
6.1 Introducción	304
6.1.1 Riesgos Químico – Tecnológicos	305
6.1.2 Riesgos Sanitario – Ambientales	306
6.1.3 Riesgos Socio-Organizativos	306
6.2 Metodología	306
6.2.1 Riesgos Químico – Tecnológicos	306
6.2.2 Riesgos Sanitario – Ambientales	307
6.2.3 Riesgos Socio-Organizativos	310
6.3 Inventario de Sitios con Peligros Antropogénicos (Fuentes oficiales)	312
6.4 Inventario de Sitios con Peligros Antropogénicos (Inspeccionados en Campo y Geo-Referenciados con Imágenes Satelitales)	316
6.5 Desglose de Sitios con Peligros Antropogénicos por Municipio	324
6.5.1 Desglose de Sitios con Peligros Antropogénicos por Municipio	324
6.6 Análisis de Riesgo del Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos "RIMSA". Mina, N.L.	370
7. PELIGROS Y RIESGOS POR INCENDIOS FORESTALES	375
7.1 Introducción	375
7.1.1 Peligro y riesgo por incendios forestales	375
7.1.2 Causas de los incendios forestales	375
7.1.3 Factores que intervienen en el comportamiento del fuego	376
7.1.4 Tipos de incendio	379
7.2 Historial de las zonas que han sido más afectadas por incendios forestales en el Estado de Nuevo León	380
7.3 Estimación de la amenaza por incendios forestales	388
7.4 Zonificación de peligro por incendios forestales de Nuevo León	396
8. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN	398
8.1 Riesgos Hidrometeorológicos	400
8.2 Riesgos geológicos	415
8.2.1 Esquema general de mitigación para procesos de remoción en masa	415
8.2.2 Esquema general de mitigación para fallas y fracturas	431
8.2.3 Esquema general de mitigación para hundimientos	431
8.2.4 Esquema general de mitigación para erosión	434
8.3 Riesgos Antropogénicos	434
9. BIBLIOGRAFÍA	436

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

v

Handwritten signature

Handwritten signature



LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tablas

- Tabla 4.6.1 Correlación entre deslizamientos y lluvias en el Estado de Nuevo León (período 1995-2008).
- Tabla 4.6.2 Factores característicos para la identificación de volteos y deslizamientos.
- Tabla 4.6.3 Reclasificación de la litología en función de sus características.
- Tabla 4.6.4 Rangos asociados al mecanismo de su movimiento.
- Tabla 4.6.5 Rangos de altura local considerados para cada mecanismo.
- Tabla 4.6.6 Equivalencia de la pendiente en grados y en porcentaje.
- Tabla 4.6.7 Esquema cualitativo para establecer el nivel de atención de cada municipio.
- Tabla 4.6.8 Nomenclatura para identificar los mapas de la zona o Región Norte (ZN.)
- Tabla 4.6.9 Nomenclatura para identificar los mapas de la zona o Región Periférica (ZP).
- Tabla 4.6.10 Nomenclatura para identificar los mapas de la zona Citrícola (ZC).
- Tabla 4.6.11 Nomenclatura para identificar los mapas de la zona Altiplano y Sierra o Sur (ZS).
- Tabla 4.6.12 Municipios con niveles de atención muy alto y peligros potenciales.
- Tabla 4.6.13 Municipios con niveles de atención alto y peligro potenciales.
- Tabla 4.6.14 Municipios con niveles de atención media y peligros potenciales.
- Tabla 4.6.15 Municipios con niveles de atención bajo.
- Tabla 4.8.1 Descripción de hundimientos y colapsos.
- Tabla 4.8.2 Nivel cualitativo de peligro asignado para las zonas kársticas.
- Tabla 5.1.1 Estaciones climatológicas utilizadas para la correlación.
- Tabla 5.1.2 Alturas de precipitación. Estación 5002, Allende (smm).
- Tabla 5.1.3 Intensidades por Tr y Duración de la Estación 5002.
- Tabla 5.1.4 Selección de número de escurrimiento (N).
- Tabla 5.1.5 Tipo de suelo/
- Tabla 5.1.6 Gastos máximos extraordinarios de la Presa "La Boca".
- Tabla 5.1.7 Características Hidrológicas de la presa "El Cuchillo".
- Tabla 5.1.8 Características del vaso de la presa "El Cuchillo".
- Tabla 5.1.9 Características Hidrológicas de la presa "Cerro Prieto".
- Tabla 5.1.10 Características del vaso de la presa "Cerro Prieto".
- Tabla 5.2.1 Escala de intensidad de Granizo.
- Tabla 5.2.2 Análisis climatológico de número promedio de días con granizo al año para el Estado de Nuevo León.
- Tabla 5.3.1 Producción agrícola en el Estado de Nuevo León. Ciclo: otoño-invierno+primavera-verano.
- Tabla 5.3.2 Producción agrícola en el Estado de Nuevo León. Cultivos cíclicos y perennes 2008.
- Tabla 6.2.1 Nivel de riesgo por agentes Sanitario-Ambientales.
- Tabla 6.2.2 Clasificación de sitios prioritarios de acuerdo a la peligrosidad de las sustancias
- Tabla 6.3.1 Inventario de sitios que representan peligros Químico-Tecnológicos por municipio.
- Tabla 6.3.2 Inventario de sitios que representan peligros Sanitario-Ambientales por municipio.
- Tabla 6.3.3 Inventario de sitios que representan peligros Socio-Organizativos por municipio.



- Tabla 6.3.4 Cantidad Total de Sitios.
- Tabla 6.4.1 Inventario de sitios que representan peligros Químico-Tecnológicos por municipio.
- Tabla 6.4.2 Inventario de sitios que representan peligros Sanitario-Ambientales por municipio.
- Tabla 6.4.3 Inventario de sitios que representan peligros Socio-Organizativos por municipio.
- Tabla 6.4.4 Total de Sitios geo-referenciados e inspeccionados en campo.
- Tabla 6.5.1 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Agualeguas, N.L.
- Tabla 6.5.2 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Los Aldamas, N.L.
- Tabla 6.5.3 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Allende, N.L.
- Tabla 6.5.4 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Anáhuac, N.L.
- Tabla 6.5.5 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Aramberri, N.L.
- Tabla 6.5.6 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Bustamante, N.L.
- Tabla 6.5.7 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Cerralvo, Nuevo León
- Tabla 6.5.8 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de China, Nuevo León
- Tabla 6.5.9 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Doctor Arroyo, N.L.
- Tabla 6.5.10 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Doctor Coss, N.L.
- Tabla 6.5.11 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Galeana, Nuevo León
- Tabla 6.5.12 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Bravo, N.L.
- Tabla 6.5.13 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Terán, N.L.
- Tabla 6.5.14 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Treviño, N.L.
- Tabla 6.5.15 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Zaragoza, N.L.
- Tabla 6.5.16 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Los Herreras, N.L.
- Tabla 6.5.17 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Hualahuises, N.L.
- Tabla 6.5.18 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Iturbide, N.L.
- Tabla 6.5.19 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Lampazos de Naranjo, N.L.
- Tabla 6.5.20 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Linares, N.L.
- Tabla 6.5.21 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Melchor Ocampo, N.L.
- Tabla 6.5.22 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Mier y Noriega, N.L.
- Tabla 6.5.23 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Montemorelos, N.L.
- Tabla 6.5.24 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Parás, N.L.
- Tabla 6.5.25 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Los Ramones, N.L.
- Tabla 6.5.26 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Rayones, N.L.
- Tabla 6.5.27 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Sabinas Hidalgo, N.L.



- Tabla 6.5.28 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Vallecillo, N.L.
- Tabla 6.5.29 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Villaldama, N.L.
- Tabla 7.1.1 Origen de la causa de incendios forestales.
- Tabla 7.1.2 Tamaño y Textura de los combustibles.
- Tabla 7.2.1 Información estadística de incendios forestales en Nuevo León. Periodo 1991-2009.
- Tabla 7.2.2 Estadísticas de incendios ocurridos en 2005-2006 de acuerdo a la localidad.
- Tabla 8.1.1 Medidas de mitigación.
- Tabla 8.2.1 Tratamientos geotécnicos recomendados para deslizamiento.
- Tabla 8.2.2 Tratamientos geotécnicos recomendados para volteo.
- Tabla 8.2.3 Tratamientos geotécnicos recomendados para caída.

Figuras

- Figura 1.4.1: Área de estudio.
- Figura 2.1.1 CANEVÁ.
- Figura 2.1.2: Hidrología superficial.
- Figura 2.1.3: Litología y fallas – fracturas.
- Figura 2.1.4: Vegetación y edafología.
- Figura 2.1.5: Traza urbana y vías de comunicación.
- Figura 4.6.1 Caída por desprendimiento.
- Figura 4.6.2 Caída por rodamiento.
- Figura 4.6.3 Volteo con flexión de estratos.
- Figura 4.6.4 Volteo de bloques independizados por discontinuidades de gran apertura.
- Figura 4.6.5 Deslizamiento rotacional en rocas a través de una superficie curva.
- Figura 4.6.6 Falla plana.
- Figura 4.6.7 Falla en cuña.
- Figura 4.6.8 Flujo de detritos, en taludes formados por material granular.
- Figura 4.6.9 Expansión lateral.
- Figura 4.6.10 Mapa litológico.
- Figura 4.6.11 Mapa de inclinaciones.
- Figura 4.6.12 Proceso de digitalización de lineamientos y circos de erosión.
- Figura 4.6.13 Lineamientos y circos de erosión digitalizados para el Estado de Nuevo León.
- Figura 4.6.14 Drenaje del Estado de Nuevo León.
- Figura 4.6.15 Esquema de deslizamientos con un control estructural.
- Figura 4.6.16 Esquemas de inestabilidad por volteo en rocas estratificadas.
- Figura 4.6.17 Esquema de deslizamientos en cuña y en superficies escalonadas.
- Figura 4.6.18 Esquema de volteos y desprendimientos en zonas altas y escarpadas.
- Figura 4.6.19 Susceptibilidad a deslizamientos a nivel estatal.
- Figura 4.6.20 Susceptibilidad a volteos a nivel estatal.
- Figura 4.6.21 Susceptibilidad general (deslizamiento y/o volteo) a nivel estatal.
- Figura 4.6.22 Distribución de regiones en que se divide el Estado de Nuevo León.
- Figura 4.6.23 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Norte.
- Figura 4.6.24 Susceptibilidad a volteos Zona Norte.
- Figura 4.6.25 Susceptibilidad general Zona Norte.


- Figura 4.6.26 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Periférica
- Figura 4.6.27 Susceptibilidad a volteos Zona Periférica.
- Figura 4.6.28 Susceptibilidad general Zona Periférica.
- Figura 4.6.29 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Citrícola.
- Figura 4.6.30 Susceptibilidad a volteos Zona Citrícola.
- Figura 4.6.31 Susceptibilidad general Zona Citrícola.
- Figura 4.6.32 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Sur.
- Figura 4.6.33 Susceptibilidad a volteos Zona Sur.
- Figura 4.6.34 Susceptibilidad general Zona Sur.
- Figura 4.6.35 Mapa M1ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.36 Mapa M1ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.37 Mapa M1ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.38 Mapa M2ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.39 Mapa M2ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.40 Mapa M2ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.41 Mapa M3ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos
- Figura 4.6.42 Mapa M3ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.43 Mapa M3ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.44 Mapa M4ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos
- Figura 4.6.45 Mapa M4ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.46 Mapa M4ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.47 Mapa M5ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.48 Mapa M5ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.49 Mapa M5ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.50 Mapa M6ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.51 Mapa M6ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.52 Mapa M6ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.53 Mapa M7ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.54 Mapa M7ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.55 Mapa M7ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.56 Mapa M8ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.57 Mapa M8ZN-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.58 Mapa M8ZN-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.59 Mapa M1ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.60 Mapa M1ZP-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.61 Mapa M1ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.62 Mapa M2ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.63 Mapa M2ZP-2 Susceptibilidad a volteos
- Figura 4.6.64 Mapa M2ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.65 Mapa M3ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.66 Mapa M3ZP-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.67 Mapa M3ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.68 Mapa M4ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.69 Mapa M4ZP-2 Susceptibilidad a volteos.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



ix



- Figura 4.6.70 Mapa M4ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.71 Mapa M5ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.72 Mapa M5ZP-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.73 Mapa M5ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.74 Mapa M6ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.75 Mapa M6ZP-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.76 Mapa M6ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.77 Mapa M7ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.78 Mapa M7ZP-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.79 Mapa M7ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.80 Mapa M8ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.81 Mapa M8ZP-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.82 Mapa M8ZP-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.83 Mapa M1ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.84 Mapa M1ZC-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.85 Mapa M1ZC-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.86 Mapa M2ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.87 Mapa M2ZC-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.88 Mapa M2ZC-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.89 Mapa M3ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.90 Mapa M3ZC-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.91 Mapa M3ZC-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.92 Mapa M4ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.93 Mapa M4ZC-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.94 Mapa M4ZC-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.95 Mapa M1ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.96 Mapa M1ZS-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.97 Mapa M1ZS-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.98 Mapa M2ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.99 Mapa M2ZS-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.100 Mapa M2ZS-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.101 Mapa M3ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.102 Mapa M3ZS-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.103 Mapa M3ZS-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.104 Mapa M4ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.105 Mapa M4ZS-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.106 Mapa M4ZS-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.107 Mapa M5ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.108 Mapa M5ZS-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.109 Mapa M5ZS-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.6.110 Mapa M6ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.
- Figura 4.6.111 Mapa M6ZS-2 Susceptibilidad a volteos.
- Figura 4.6.112 Mapa M6ZS-3 Susceptibilidad general.
- Figura 4.7.1 Estilos de Fallamiento








x

- Figura 4.7.2 Bloques fallados que muestran el desplazamiento característico para las diferentes clases de fallas.
- Figura 4.7.3 Carta geológico-estructural del centro y sur del estado de Nuevo León en la que se muestra las principales fallas y estructuras plegadas regionales desarrolladas durante la Orogenia Laramide en la región.
- Figura 4.7.4 Diagrama que ilustra la evolución del fracturamiento en secuencias de multicapas, desde el sepultamiento hasta su exhumación durante un evento orogénico con desarrollo de pliegues y fallas.
- Figura 4.7.5 Mapa de fallas y fractura.
- Figura 4.7.6 Mapa de fallas y fracturas sobre imagen Landsat
- Figura 4.8.1 Dolina por disolución
- Figura 4.8.2 Dolina por colapso.
- Figura 4.8.3 Tipos morfológicos de espeleotemas.
- Figura 4.8.4 Mapa geológico del estado de Nuevo León.
- Figura 4.8.5 Distribución de estructuras producto de hundimiento por disolución subterránea (dolinas) al oeste del municipio de Galeana, N.L. El material de color blanco en el valle corresponde a yeso.
- Figura 4.8.6 Mapa de peligro por Karsticidad, zona norte.
- Figura 4.8.7 Mapa de peligro por Karsticidad, zona sur.
- Figura 4.9.1 Distribución de la precipitación media anual en el estado de Nuevo León
- Figura 4.9.2 distribución de los suelos en función de su textura con predominio de la textura media.
- Figura 4.9.3 Distribución de inclinaciones en el estado de Nuevo León
- Figura 4.9.4 Distribución de grupos reclasificados de cobertura vegetal
- Figura 4.9.5 Mapa de erosión para el estado de Nuevo León.
- Figura 5.1.1 Localización de la zona de estudio
- Figura 5.1.2 Localización de estaciones base
- Figura 5.1.3 Polígonos de Thiessen generados para el área de estudio.
- Figura 5.1.4 Alturas de precipitación con un periodo de retorno de dos años y duración de 24 horas.
- Figura 5.1.5 Alturas de precipitación con un periodo de retorno de dos años y duración de una hora.
- Figura 5.1.6 Curvas I-D-Tr estación 5002.
- Figura 5.1.7 Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS.
- Figura 5.1.8 Intersección de Uso de suelo, Edafología, Polígonos de Thiessen y Cuencas.
- Figura 5.1.9 Shape de números N.
- Figura 5.1.10 Shape de Cuencas, polígonos de Thiessen y parámetros de curvas I-D-Tr.
- Figura 5.1.11 Shape de cauces.
- Figura 5.1.12 Hidrograma Triangular.
- Figura 5.1.13 Trazo del cauce.
- Figura 5.1.14 Trazo de las orillas del río.
- Figura 5.1.15 Trazo de los patrones de flujo.
- Figura 5.1.16 Trazo de secciones transversales.
- Figura 5.1.17 Secciones transversales para el modelado de la inundación



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

xi



- Figura 5.1.18 Modelo de inundación para un $T_r=2$ años en Hualahuises, N.L.
- Figura 5.1.19 Mapa de planicies de inundación para Agualeguas, N.L.
- Figura 5.1.20 Mapa de planicies de inundación para Allende, N.L.
- Figura 5.1.21 Mapa de planicies de inundación para Anáhuac, N.L.
- Figura 5.1.22 Mapa de planicies de inundación para Aramberri, N.L.
- Figura 5.1.23 Mapa de planicies de inundación para Bustamante, N.L.
- Figura 5.1.24 Mapa de planicies de inundación para Cadereyta Jiménez, N.L.
- Figura 5.1.25 Mapa de planicies de inundación para China, N.L.
- Figura 5.1.26 Mapa de planicies de inundación para Doctor Coss, N.L.
- Figura 5.1.27 Mapa de planicies de inundación para Galeana, N.L.
- Figura 5.1.28 Mapa de planicies de inundación para General Bravo, N.L.
- Figura 5.1.29 Mapa de planicies de inundación para General Terán, N.L.
- Figura 5.1.30 Mapa de planicies de inundación para General Treviño, N.L.
- Figura 5.1.31 Mapa de planicies de inundación para General Zaragoza, N.L.
- Figura 5.1.32 Mapa de planicies de inundación para Hualahuises, N.L.
- Figura 5.1.33 Mapa de planicies de inundación para Iturbide, N.L.
- Figura 5.1.34 Mapa de planicies de inundación para Lampazos de Naranjo, N.L.
- Figura 5.1.35 Mapa de planicies de inundación para Linares, N.L.
- Figura 5.1.36 Mapa de planicies de inundación para Los Aldama, N.L.
- Figura 5.1.37 Mapa de planicies de inundación para Los Herreras, N.L.
- Figura 5.1.38 Mapa de planicies de inundación para Los Ramones, N.L.
- Figura 5.1.39 Mapa de planicies de inundación para Melchor Ocampo, N.L.
- Figura 5.1.40 Mapa de planicies de inundación para Montemorelos, N.L.
- Figura 5.1.41 Mapa de planicies de inundación para Parás, N.L.
- Figura 5.1.42 Mapa de planicies de inundación para Rayones, N.L.
- Figura 5.1.43 Mapa de planicies de inundación para Sabinas Hidalgo, N.L.
- Figura 5.1.44 Mapa de planicies de inundación para Santiago, N.L.
- Figura 5.1.45 Mapa de planicies de inundación para Villaldama, N.L.
- Figura 5.1.46 Localización de la presa "La Boca" en Santiago, N.L.
- Figura 5.1.47 Localización de la presa "El Cuchillo" en China, N.L.
- Figura 5.1.48 Localización de la presa "Cerro Prieto" en Linares, N.L.
- Figura 5.2.1 Imagen de nube cumulonimbus.
- Figura 5.2.2 Diagrama de la formación del granizo.
- Figura 5.2.3 Peligro por granizadas para el Estado de Nuevo León.
- Figura 5.3.1 Temperaturas mínimas en el Estado de Nuevo León en los meses de: diciembre, enero y febrero, respectivamente.
- Figura 5.3.2 Mapa de peligro por heladas para el Estado de Nuevo León.
- Figura 6.1.1 Esquema de los Riesgos Antropogénicos.
- Figura 6.2.1 Rombo de seguridad.
- Figura 6.4.1 Regiones en el Estado de Nuevo León.
- Figura 6.5.1 Agualeguas, Nuevo León
- Figura 6.5.2 Los Aldamas, Nuevo León.
- Figura 6.5.3 Allende, Nuevo León.
- Figura 6.5.4 Anáhuac, Nuevo León.

ca
ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

ca

- Figura 6.5.5 Aramberri, Nuevo León.
- Figura 6.5.6 Bustamante, Nuevo León.
- Figura 6.5.7 Cerralvo, Nuevo León
- Figura 6.5.8 China, Nuevo León
- Figura 6.5.9 Doctor Arroyo, Nuevo León.
- Figura 6.5.10 Doctor Coss, Nuevo León.
- Figura 6.5.11 Galeana, Nuevo León
- Figura 6.5.12 General Bravo, Nuevo León.
- Figura 6.5.13 General Terán, Nuevo León.
- Figura 6.5.14 General Treviño, Nuevo León.
- Figura 6.5.15 General Zaragoza, Nuevo León.
- Figura 6.5.16 Los Herreras, Nuevo León.
- Figura 6.5.17 Hualahuisés, Nuevo León.
- Figura 6.5.18 Iturbide, Nuevo León.
- Figura 6.5.19 Lampazos de Naranjo, Nuevo León.
- Figura 6.5.20 Linares, Nuevo León.
- Figura 6.5.21 Melchor Ocampo, Nuevo León.
- Figura 6.5.22 Mier y Noriega, Nuevo León.
- Figura 6.5.23 Montemorelos, Nuevo León
- Figura 6.5.24 Parás, Nuevo León.
- Figura 6.5.25 Los Ramones, Nuevo León.
- Figura 6.5.26 Rayones, Nuevo León.
- Figura 6.5.27 Sabinas Hidalgo, Nuevo León.
- Figura 6.5.28 Vallecillo, Nuevo León.
- Figura 6.5.29 Villadama, Nuevo León.
- Figura 6.6.1 Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos, Mina Nuevo León.
- Figura 6.6.2 Celdas de Alta Seguridad, RIMSA, Mina, Nuevo León.
- Figura 6.6.3 Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos "RIMSA", Mina, Nuevo León.
- Figura 7.1.1 Promedio anual (1998-2005) de causas de incendios forestales originadas por intervención humana en México.
- Figura 7.1.2 Triángulo del fuego.
- Figura 7.1.3 Tipos de incendio.
- Figura 7.2.1 Temporada de incendios en el Estado de Nuevo León.
- Figura 7.3.1 Distribución de la temperatura máxima promedio ponderada en el Estado de Nuevo León.
- Figura 7.3.2 Distribución de la precipitación media anual ponderada en el Estado de Nuevo León.
- Figura 7.3.3 Distribución de grupos reclasificados por tipo de vegetación.
- Figura 7.4.1 Zonificación de incendios forestales para el Estado de Nuevo León.
- Figura 8.1.1 Dique de contención.
- Figura 8.1.2 Gavión.
- Figura 8.1.3 Rejilla Pluvial.
- Figura 8.1.4 Barreras en Taludes.
- Figura 8.1.5 Zanjas de infiltración.

pw



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

xiii

sd

6



- Figura 8.1.6 Terrazas de absorción.
- Figura 8.1.7 Techos verdes.
- Figura 8.1.8 Canal revestido.
- Figura 8.1.9 Sistema PneuSol.
- Figura 8.1.10 Sistema Loffel.
- Figura 8.1.11 Sistema Geocell.
- Figura 8.1.12 Geomanta.
- Figura 8.1.13 Criblock.
- Figura 8.1.14 Canales excavados.
- Figura 8.1.15 Sistema de captación.
- Figura 8.1.16 Tapete de concreto flexible.
- Figura 8.1.17 Malla orgánica.
- Figura 8.1.18 Surcos y fajas de contorno.
- Figura 8.1.19 Rotación de cultivos.
- Figura 8.1.20 Cobertura muerta.
- Figura 8.1.21 Reforestación.
- Figura 8.2.1 Talud con bermas.
- Figura 8.2.2 Efecto estabilizador de un anclaje.
- Figura 8.2.3 Esquema de un anclaje.
- Figura 8.2.4 Anclajes para estabilizar la falla por deslizamiento plano
- Figura 8.2.5 Anclajes para estabilizar falla por deslizamiento de cuñas
- Figura 8.2.6 Anclajes para estabilizar falla por volteo.
- Figura 8.2.7 Muro de contención.
- Figura 8.2.8 Muro de revestimiento.
- Figura 8.2.9 Muros de apeo para estabilizar bloques rocosos en cantiléver.
- Figura 8.2.10 Eliminación de bloques.
- Figura 8.2.11 Fijación de bloques y concreto lanzado.
- Figura 8.2.12 Atado de bloques.
- Figura 8.2.13 Malla de guiado con anclajes intermedios.

COH
sdh

ru

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo General

Objetivo general. Desarrollar un Atlas Estatal General de Peligros Naturales y de Riesgos para el Estado de Nuevo León a escala 1:250,000. El Atlas Estatal profundizará los estudios y análisis en las siguientes regiones, es decir, se tendrá un nivel de detalle mayor, escala 1:50,000:

Localidad, municipio y Región a analizar con detalle (Escala 1:50 000)	Fenómeno Perturbador	Observaciones
China y General Bravo	Hidrometeorológicos	Localidades localizadas a aguas debajo de la Presa El Cuchillo
Atlande y Linares	Hidrometeorológicos Antropogénicos	Localidades con alta presión de desarrollo urbano.
Montemorelos	Hidrometeorológicos Geológicos Antropogénicos	Alta emisión de Metano (HC4), debido a la presencia de ganado. Municipio que también presenta presión de desarrollo urbano.
La Asunción, Aramberri.	Hidrometeorológicos. Geológicos	Constantes inundaciones, debido a que se encuentra en una cuenca endorreica de respuesta rápida a las tormentas.
Rayones y Galeana	Geológicos	Deslizamientos de laderas, desprendimiento de bloques, caídos y cavidades.
Santiago	Hidrometeorológicos Geológicos Antropogénicos	Fuerte presión de desarrollos urbanos
Ciénega de Flores y Salinas Victoria. La parte comprendida en la carta topográfica 1:50,000: G14A86, G14A85, G14A86, G14A75 y G14A76	Hidrometeorológicos Geológicos Antropogénicos	Fuerte presión de desarrollos urbanos.
Mina	Antropogénicos	Unico sitio a nivel Estatal para confinar Residuos Peligrosos.
Cuenca de Burgos (Dr. Coss, General Bravo y Los Aldama.	Antropogénicos	Explotación de Gas Natural y zona densamente atravesada por ductos de hidrocarburos.
Cadereyta.	Hidrometeorológicos Geológicos Antropogénicos	Presencia del Complejo Petroquímico de PEMEX, alta presión de desarrollo Urbano.

pat

sch *26*

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

1



1.2 Objetivos específicos

- a) Integrar, homologar y estandarizar la información existente (municipal, regional, estatal y federal) relativa a cada uno de los fenómenos perturbadores hidrometeorológicos, geológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ambientales, socio-organizativos e incendios forestales que afectan al Estado de Nuevo León, incorporando además información oficial correspondiente a datos estadísticos, registros administrativos, Atlas de Peligros y Riesgos municipales, regionales, sectoriales, etc.
- b) Elaborar mapas de zonificación de peligros y de riesgo por municipio y por fenómeno perturbador, mediante metodologías que permitan utilizar los criterios que a nivel nacional han definido las instancias con atribuciones en materia de riesgo.
- c) Establecer propuestas de estudios geológicos y geotécnicos detallados adecuados a cada tipo de peligro geológico, para aquellos casos específicos que no puedan ser contemplados por la escala de trabajo.
- d) Establecer propuestas de estudios hidrológicos, meteorológicos e hidráulicos en las zonas por peligro hidrometeorológico.
- e) El Atlas Estatal, se considerará como parte fundamental de un instrumento base para formular planes integrales para la gestión de riesgos y el ordenamiento territorial, que alcance los siguientes objetivos:
 - f) Instituir un documento fundamental en la prevención, para futuros desarrollos urbanos.
 - g) Dar una visión sintética de los peligros naturales y los generados por el hombre así como su impacto sobre la población.
 - h) Integrar en un documento la información esencial útil para la toma de decisiones.
 - i) Facilitar la jerarquización de las zonas de peligro; elegir prioridades para elaborar estudios más finos; la ejecución de las obras propuestas en las medidas de mitigación y; examinar y comparar los problemas en diferentes regiones a fin de establecer una política estatal de prevención.
 - j) Elaborar los requisitos, definiendo los métodos y criterios estandarizados para los estudios de riesgos geológicos e hidrometeorológicos en función de la zonificación del riesgo.
- k) Hacer del conocimiento de la población los riesgos a los cuales está expuesta en el lugar donde habita, para que adopte una postura de autoprotección.
- l) Establecer planes y programas de mitigación.

rw

sch



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

AG

1.3 Alcances

El estudio incluye los fenómenos naturales: hidrometeorológicos y geológicos y los antropogénicos: sanitario-ambientales, químico-tecnológicos, socio-organizativos e incendios forestales que afectan a la zona de estudio.

1.4 Área de Estudio (Ubicación)

El área de estudio abarca la totalidad del Estado de Nuevo León, exceptuando la zona urbana del área metropolitana de Monterrey ocupada por los nueve (9) municipios que conforman la Zona Conurbada de Monterrey: Apodaca, General Escobedo, Juárez, García, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás, San Pedro y Santa Catarina; y la región Periférica, que comprende fracciones de los siguientes trece municipios: Mina, Hidalgo, Abasolo, Carmen, Salinas Victoria, Higuera, Ciénega de Flores, General Zuazua, Marín, Doctor González, Pesquería, Cadereyta Jiménez y Santiago; el área anterior se resume en 4 cartas topográfica esc. 1:50,000 del INEGI, con claves G14C15, G14C16, G14C25 y G14C26, tal como se muestra en la siguiente figura:

OWSecretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

3

*ad**5/6*



Figura 1.4.4: Área de estudio

CRAT



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

4

adh *BL*

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada en este estudio sigue los lineamientos generales establecidos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en sus Guías Básicas para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, edición 2006; así como en base a los lineamientos establecidos por la SEDESOL en la Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación), edición 2004.

En cada uno de los capítulos que forman este documento, se describen las adaptaciones realizadas a las metodologías propuestas por el CENAPRED y la SEDESOL, de acuerdo a la información disponible y la extensión del área de estudio.

2.1 Estructura Cartográfica

CANEVÁ.- La red de líneas que representan paralelos de latitud y meridianos de longitud geográfica, y que se muestran en el cuerpo de la cartografía, varía de acuerdo a la escala del mapa, para los mapas municipales tienen un espaciado de 1,000 a 10,000 metros, para los regionales cada 10,000-100,000 metros y para los estatales cada 100,000 m.



Figura 2.1.1 CANEVÁ.

Handwritten initials: CW



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten initials: NL

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA.- Es un sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla, para nuestros mapas utilizamos la proyección cartográfica WGS 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984), proyectamos este sistema de coordenadas geodésicas (expresados en grados, minutos, segundos) a algún otro sistema de coordenadas cartesianas (pasar de un modelo 3D a uno 2D) llamados sistema de proyección típicamente UTM (Universal Transverse Mercator) que se expresan en metros (en orden a su relación a un punto de origen arbitrario) que facilita cálculos de distancia y superficie que en el caso de Nuevo León fue la zona 14 Norte y le asignamos Datum (consiste en una serie de parámetros que establecen la forma, dimensiones, orientación y tangencia del elipsoide utilizado para sustituir la verdadera forma de la Tierra) WGS 84.

MAPA BASE: TOPOGRAFÍA.- Comprende las curvas de nivel de las cartas del INEGI escala 1:50,000 de la totalidad del Estado, así como la información proporcionada por el Centro de Colaboración Geoespacial de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, para la creación de modelos digitales de elevación con curvas a cada 50 cm de origen LIDAR.

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.- Se utilizó el tema de corrientes de agua y cuerpos de agua incluidos en los conjuntos vectoriales de las cartas de 1:50,000 del INEGI, esto para los mapas municipales. En cambio para los estatales se incluyeron los mismos temas pero escala 1:250,000 del INEGI.

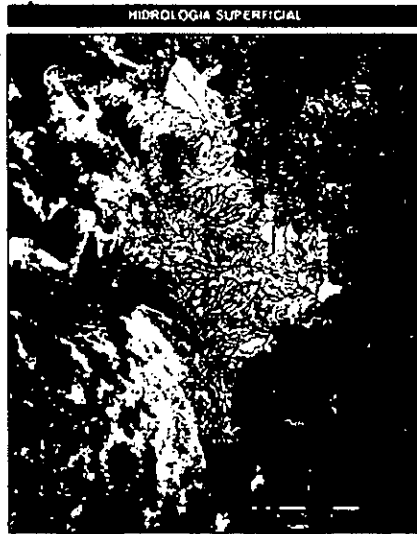



Figura 2.1.2: Hidrología superficial.

OW

ad *lv*

LITOLOGÍA, FALLAS Y FRACTURAS.- El tema litología representa diferentes tipos de rocas que contribuyen en la definición del riesgo geológico de una zona o región, se obtuvo del banco de información cartografía de la CONABIO con escala 1:1,000,000

En el tema fallas y fracturas se digitalizaron los rasgos estructurales contenidos en la carta geológico-minera del Estado de Nuevo León, escala 1: 500,000, editada por el Servicio Geológico Mexicano, mismos que se complementaron con los lineamientos obtenidos a partir del análisis de modelos de relieve sombreado, ortofotos y recopilación bibliográfica sobre el contexto estructural del Estado.



Figura 2.1.3: Litología y fallas - fracturas.

Handwritten signature

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature



VEGETACIÓN Y EDAFOLOGÍA.- Del tema edafología se utilizó el atributo de textura para utilizarlo con fines de ingeniería en el desarrollo del atlas, ambos se obtuvieron del banco de información cartografía de la CONABIO con escala 1:1,000,000.

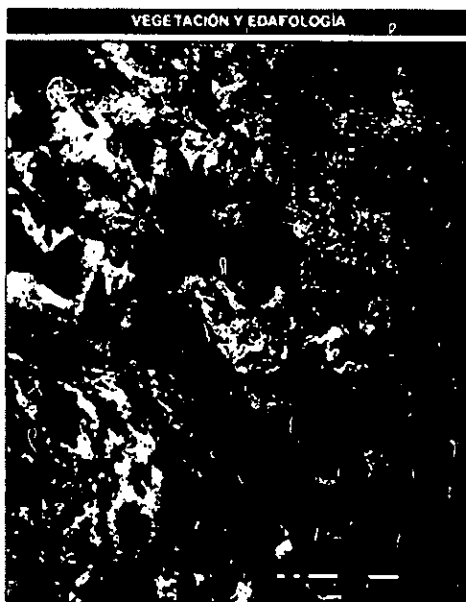


Figura 2.1.4: Vegetación y edafología.

TRAZA URBANA, RED CARRETERA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.- El tema de traza de zona urbana al nivel de predios o manzanas consiste de polígonos que representan límites de predios o manzanas.

El tema de carreteras comprende las líneas que representan todas las líneas de comunicación, en la zona urbana y en la zona periférica, ambos se obtuvieron de los conjuntos vectoriales de las cartas de 1:50,000 del INEGI para todo el Estado.

PW
ad *ab*



Figura 2.1.5: Traza urbana y vías de comunicación.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS NATURALES

3.1 Peligros geológicos

3.1.1 Inestabilidad de Laderas

El peligro por inestabilidad se clasifica como deslizamientos de laderas en tres grandes grupos: caídos o derrumbes, deslizamientos y flujos (CENAPRED, 2006).

Los deslizamientos de laderas definidos en la guía de CENAPRED se subdividen de acuerdo con los materiales formadores, los cuales pueden ser rocas, detritos y suelos, desprendimientos, volteos, derrumbes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos.

PSW
SD
G



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



3.1.2 Erosión

La erosión consiste de un conjunto de procesos naturales, hídricos, eólicos, cársticos (disolución de caliza) y antropogénicos, como urbanización y deforestación. Son desgastes tanto del suelo como de la roca que deforma el relieve terrestre por remoción paulatina del suelo y materiales sin consolidar.

3.2 Peligros hidrometeorológicos

3.2.1 Inundación

Las inundaciones se generan cuando la precipitación provoca que el flujo de agua sea superior al área del cuerpo de captación y cuando existe el desbordamiento de ríos y arroyos. Los asentamientos humanos (considérese cualquier instalación que esté relacionada con las actividades humanas) que se ubican cerca de los cauces de los ríos, arroyos y grandes cañadas, lógicamente se ven afectados.

3.2.2 Encharcamiento

El encharcamiento o anegamiento, es un fenómeno caracterizado por la presencia de láminas delgadas de agua sobre la superficie del suelo en pequeñas extensiones y por lo general, presente en zonas moderadamente onduladas o planas. En las calles y avenidas de las zonas urbanizadas causa diversos grados de molestia para peatones y automóviles.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

4.1 Resumen

El presente estudio, abarca el análisis de los peligros geológicos, en el marco del Atlas Estatal de Peligros Naturales y Riesgos para el Estado de Nuevo León. Tomando como base las metodologías que propone el Centro Nacional de Prevención de Desastros y el Servicio Geológico Mexicano, respecto al análisis y zonificación de los peligros geológicos, complementadas con trabajos publicados en la literatura técnica.

Se realiza el estudio de los peligros geológicos que afectan al Estado, específicamente por remociones en masa, fallas y fracturas, karsticidad y erosión.

La información generada se integra en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para facilitar su manipulación, visualización, modificación y actualización, a fin de proporcionar a las entidades gubernamentales una herramienta indispensable de utilidad para la Protección Civil, la Gestión y Planeación Urbana y para orientar políticas gubernamentales encaminadas a disminuir el impacto de estos fenómenos sobre la población.

Para cada uno de los peligros geológicos analizados se empleó una metodología propia, basada en la disponibilidad de información base, en las limitaciones de la escala de trabajo, pero tomando como referencia un adecuado nivel de representación del fenómeno analizado y procurando resaltar las zonas o puntos críticos en los cuales se debe prestar atención especial.

AW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

10

AW

AW

De esta forma, el trabajo desarrollado permite jerarquizar a través de mapas y tablas, las zonas de mayor atención, lo que proporciona elementos para orientar recursos tanto materiales como humanos, establecer prioridades en cuanto a estudios detallados y obras de mitigación, todo ello dentro de una política estatal de prevención y mitigación de riesgos.

4.2 Introducción

Los peligros geológicos son una constante en todo el planeta y han formado parte del desarrollo y evolución del relieve terrestre. Los fenómenos de remociones en masa, erosión, agrietamientos, hundimientos y fallamientos, por mencionar algunos, están relacionados con la interacción de las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno, mismas que en ocasiones, son exacerbadas por la acción del hombre. El tema de los peligros geológicos ha cobrado importancia en las últimas décadas debido a su impacto sobre las actividades que realiza el ser humano así como a su propia integridad y seguridad.

El peligro geológico, definido como un fenómeno natural potencialmente destructivo, ha existido a la par de la conformación del planeta. Sin embargo, con la aparición del ser humano, que se asienta y construye infraestructura sobre terrenos inestables, expuestos a diversos fenómenos perturbadores, implícitamente crea vulnerabilidades que tienen que ver con el grado de daño o afectación tanto a la infraestructura (vulnerabilidad física), actividades económicas y productivas (vulnerabilidad económica) como a la integridad de las personas y al tejido social (vulnerabilidad social). Todo ello, la conjunción de fenómenos naturales potencialmente destructivos y la presencia de infraestructura y núcleos sociales, conlleva a hablar de un riesgo, en términos propiamente de afectación o daño a uno o varios elementos (infraestructura, personas, actividades productivas) y asociados a uno o varios eventos naturales.

El impacto de los peligros geológicos es cada vez más notorio, sobre todo porque cada vez es mayor el crecimiento urbano hacia zonas inestables, tales como cauces y barrancas, laderas potencialmente inestables, terrenos susceptibles al agrietamiento, hundimiento y disolución, valles aluviales, áreas con potencial sísmico, etc. Los problemas de cambio de uso de suelo, la mala o en ocasiones nula planeación territorial, las necesidades de vivienda, las presiones socioeconómicas y el desconocimiento de las condiciones geológico-geotécnicas del relieve, implican un riesgo que en determinadas situaciones se combinan para generar situaciones de desastre.

En este sentido y para proporcionar una herramienta conceptual y aplicada dentro del contexto del Atlas Estatal de Peligros Naturales y Riesgos para el Estado de Nuevo León, se presenta el análisis de los Peligros Geológicos y Geomorfológicos, el cual abarca los siguientes fenómenos:

- a) Procesos de remoción en masa
- b) Fallas y fracturas
- c) Hundimientos (Karsticidad)
- d) Erosión

Estos peligros, se discuten de manera detallada en este capítulo y tienen como meta proporcionar las bases tanto conceptuales como aplicadas respecto a cada uno de ellos, a fin de proporcionar a las autoridades información respecto a las zonas de mayor impacto, así como dar recomendaciones tanto para la mitigación como para el estudio detallado en zonas críticas que así





lo requieran. Una aplicación fundamental de este trabajo y que en esencia es la base de cualquier Atlas de Peligros y Riesgos, consiste en coadyuvar en la toma de decisiones en materia de Protección Civil, Ordenamiento y Gestión Territorial y para la atención de emergencias en caso de desastres.

4.2.1 Nuevo León en el contexto de los peligros geológicos

México es un país conformado en dos terceras partes por sistemas montañosos, donde se combinan una serie de factores geológicos, geomorfológicos, estructurales y climáticos, que definen zonas de marcada inestabilidad por procesos de laderas y en las cuales, existe desarrollo tanto urbano como rural así como presencia de infraestructura civil. Esto implica que un gran número de habitantes, de inmuebles y estructuras se encuentren en una situación de riesgo potencial ante la generación de deslizamientos y derrumbes de roca, flujos de lodos y/o detritos así como otros procesos destructivos asociados a zonas montañosas.

Los distintos tipos de peligros geológicos en el país, están íntimamente ligados a las condiciones geológico-estructurales del relieve. Por lo anterior, resulta fundamental el conocimiento y análisis de las distintas formaciones geológicas que conforman el territorio nacional, con el fin de establecer esquemas generales que relacionen el tipo de material con los problemas de estabilidad del terreno que se pudiesen presentar. Esto es necesario para establecer qué tipo de problema geotécnico se asocia a cada formación geológica y su impacto en el caso de cortes carreteros, minas, excavaciones, laderas naturales, desarrollos urbanos y rurales etc. Ello permitirá establecer esquemas de mitigación y remediación así como para orientar acciones de gestión del riesgo a nivel regional, estatal y municipal.

El Estado de Nuevo León, es afectado por remociones en masa, fallas y fracturas, problemas de karsticidad y colapsos súbitos del terreno, así como por procesos erosivos que deterioran las condiciones ambientales y del suelo. Todo ello tiene un impacto dañino en la población, en la infraestructura y en las actividades productivas de la región. Todos estos peligros están condicionados básicamente por la presencia de la Sierra Madre Oriental, que corresponde con un gran cinturón plegado y cabalgado con rumbo que varía de N-S a E-W, el cual representa un rasgo geológico importante en la zona noreste del país (Fig. 3.2.1) así como a la presencia de litologías débiles y susceptibles de erosionarse fácilmente y presentar problemas de disolución.

La geología del Estado de Nuevo León es compleja y ha sido estudiada desde varios enfoques (Padilla-Sánchez, 1978 a; Padilla-Sánchez, 1978 b; Mitre-Salazar, 1981; Huizar-Álvarez y Oropeza-Orozco, 1989; León-Gómez et al., 1998; CNA, 2002).

De manera general, las unidades litoestratigráficas presentes en el Estado se pueden agrupar en dos grandes conjuntos (Mitre-Salazar, 1981): el primero se caracteriza por depósitos marinos con un alcance estratigráfico desde el Jurásico Superior hasta la parte baja del Paleoceno mientras que el segundo, de naturaleza continental, corresponde a depósitos de edad terciaria y cuaternaria.

Las rocas del primer conjunto, están constituidas en su parte inferior por una unidad basal de yeso y/o anhidritas, sobre la cual descansa una potente secuencia de rocas carbonatadas; hacia la parte superior el conjunto presenta una mayor influencia de terrígenos y las rocas carbonatadas se vuelven menos abundantes, para llegar a la cima con un desarrollo de depósitos de tipo flysch. La

Handwritten initials: CW

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten initials: sh

parte inferior de este conjunto marino se encuentra, por lo general, formando las sierras, donde hay asociadas capas intercaladas de lutitas y areniscas; en tanto que la mitad superior de este conjunto se encuentra en las partes bajas formando los valles.

El conjunto de los depósitos continentales corresponde a unidades pobremente consolidadas, constituida esencialmente por gravas, arenas y arcillas. Los depósitos terciarios se encuentran dispuestos discordantemente sobre las rocas marinas mesozoicas y por sus características litológicas se infiere que la fuente del suministro fue el conjunto de rocas marinas previamente deformadas. Los depósitos cuaternarios se presentan formando grandes abanicos aluviales, asociados estrechamente con las sierras, o bien en las llanuras aluviales con una distribución más amplia.

Localmente, existen en el Estado afloramientos de rocas ígneas intrusivas, en su porción centro norte, en la zona mineralizada El Picacho (municipios de Dr. González, Cerralvo, Salinas Victoria y Agualeguas), en el cerro Boludo y Loma la Voladora (municipios de Bastamente y Lampazos de Naranjo).

El contexto geológico y morfoestructural del Estado de Nuevo León, es favorable para la generación de los peligros geológicos mencionados por los siguientes factores fundamentales: presencia de litologías blandas y susceptibles de erosionarse y presentar disolución (materiales carbonatados y yesos); presencia de estructuras plegadas y afectadas por fallas, litologías que presentan planos de estratificación y fracturas de origen tectónico, mismas que delimitan bloques o cuñas de geometría y tamaño diverso; contrastes en cuanto a propiedades geomecánicas en los materiales. Todos ellos son factores que, combinados con los procesos de erosión e intemperismo, con factores climáticos y antrópicos, inciden de manera desfavorable para la ocurrencia de dichos peligros.

4.3 Antecedentes

El presente trabajo tiene como antecedente el proyecto del Atlas de Peligros Naturales y Riesgos del Estado de Nuevo León, Primera Etapa realizado por el Servicio Geológico Mexicano, que abarca el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) que comprende nueve municipios, Apodaca, General Escobedo, Juárez, García, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás, San Pedro y Santa Catarina; y la región periférica, que comprende parcialmente 13 municipios, Mina, Hidalgo, Abasolo, Carmen, Salinas Victoria, Higuera, Ciénega de Flores, General Zuazua, Marin, Doctor González, Pesquería, Cadereyta de Jiménez y Santiago.



SECRETARÍA DE
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

13





4.4 Objetivos

4.4.1 Objetivo General

Generar el Atlas de Peligros Geológicos y Geomorfológicos del Estado de Nuevo León apoyándose en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para que el Gobierno del Estado de Nuevo León cuente con una herramienta conceptual y aplicada, que proporcione información de los peligros que eventualmente pueden causar afectaciones a la población e infraestructura civil, ya sea a nivel local, municipal o regional y así fundamentar acciones en materia de prevención, de ordenamiento territorial y en caso de atenciones a situaciones de emergencia.

La integración del Atlas en un Sistema de Información Geográfica, resulta indispensable pues facilita el manejo de la información y se convierte en una herramienta para delinear políticas de planeación urbana, ordenamiento territorial sustentable y programas preventivos que involucre tanto a las autoridades, medios académicos de los distintos niveles, medios de comunicación, y a la población en general. Todo ello redundará en una gestión social del riesgo, mejora las estrategias de prevención tanto de la sociedad como de los distintos niveles de gobierno, fundamenta la toma de decisiones y contribuye para una adecuada planeación urbana.

4.4.2 Objetivos Específicos

- a) Elaborar mapas de zonificación y de susceptibilidad para los siguientes peligros: Procesos de remoción en masa, Fallas y fracturas, Karsticidad y Erosión, tomando como base metodologías definidas por las instancias especializadas en materia de riesgo así como las planteadas en la literatura técnica internacional.
- b) Integrar la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG) en plataforma Arc Gis 9.2, para su manipulación, modificación y actualización, aplicado a la gestión de riesgos.
- c) Proporcionar un marco conceptual actualizado y completo de los peligros geológicos, su impacto en el Estado de Nuevo León y las alternativas para su mitigación y/o estudio detallado.
- d) Facilitar la jerarquización de los municipios con distintos niveles de atención, en el marco de una política integral de prevención, para que las entidades gubernamentales establezcan prioridades en términos de recursos humanos y materiales, elaboren estudios detallados de peligro, vulnerabilidad y riesgo en zonas críticas, ejecuten medidas de mitigación, formulen programas y planes preventivos y de atención a emergencias en caso de desastres naturales.

4.5 Metodología general

La metodología empleada en este estudio sigue los lineamientos generales establecidos por la SEDESOL y el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en la "Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación)" edición 2004, en lo referente al tipo y uso de la información. De esta forma se tomaron como mapas base la topografía digital, modelos digitales de elevación y se generaron diversos mapas temáticos en función del peligro geológico analizado. Asimismo, se realizó una adaptación de los criterios establecidos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en la "Guía Básica para la

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", tomando en cuenta la gran extensión y complejidad de la zona a estudiar, el nivel de representación de los resultados y la información disponible. Para complementar y fortalecer las metodologías particulares empleadas, se utilizaron criterios y conceptos publicados en la literatura especializada, nacional e internacional, para así orientar y robustecer los análisis, dando con ello un soporte teórico importante.

El análisis y procesamiento de la información se realizó en el Sistema de Información Geográfica Arc. Gis 9.2. Asimismo, se realizó el análisis e interpretación de imágenes de satélite y ortofotos, para identificar los principales rasgos del relieve. A partir de las curvas de nivel se generó el modelo digital de elevación, mismo que sirvió de base para obtener el mapa de pendiente, de hipsometría y modelos de relieve sombreado con distintas orientaciones de iluminación, los cuales sirvieron para comprender el contexto morfológico y estructural. A su vez estos mapas fueron el insumo para analizar los diferentes peligros que afectan al Estado.

En términos generales, se siguió una metodología adaptada para cada uno de los peligros, en función del área de estudio y de la información disponible, con lo cual se llegó a resultados favorables dada la escala de trabajo, el nivel de representación requerido, las condiciones del terreno así como las necesidades propias de este proyecto.

Para el mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa se utilizó un método heurístico, basado en la ponderación y sobreposición de mapas temáticos, los cuales representan las variables consideradas como fundamentales en la generación de estos procesos.

Para el mapa de peligro por fallas y fracturas, se digitalizaron los elementos estructurales considerados por el Servicio Geológico Mexicano en la carta Geológico-Minera del Estado de Nuevo León, escala 1: 500 000, mismos que se complementaron con los lineamientos obtenidos a partir del análisis de modelos de relieve sombreado, ortofotos y recopilación bibliográfica sobre el contexto estructural del Estado.

El mapa de peligro por karsticidad se realizó a partir de la digitalización de las zonas afectadas por estos procesos, basándose en la interpretación de ortofotos, imágenes de satélite, todo ello complementado con la cartografía realizada en trabajos previos y artículos técnicos.

El mapa de susceptibilidad a la erosión se realizó usando la expresión dada por la Ecuación de Pérdida Universal de Suelo (USLE, por sus siglas en inglés), integrando los factores considerados en el Sistema de Información Geográfica. La información base fue la pendiente, la precipitación pluvial, la cobertura vegetal y textura del suelo (CONABIO). Asimismo, se consideraron las corrientes de agua a escala 1:250 000 y las áreas urbanas.

Para cada caso, se describe con mayor detalle la metodología utilizada en los subcapítulos correspondientes.

CAW





4.6 Procesos de remoción en masa

4.6.1 Tipología de procesos de remoción en masa

En general se entiende por procesos de remoción en masa (PRM), como el movimiento de masas de suelo o roca de los taludes, por acción de la gravedad, cualquiera que sea el mecanismo particular del movimiento.

La terminología para referirse a los procesos de remoción ha ido evolucionando (Terzaghi, 1950; Muller, 1959; Varnes, 1984; IAEG, 1990). Las clasificaciones de los PRM suele referirse a los tipos de materiales involucrados (rocas, suelos y derrubios), al mecanismo y tipo de rotura, al contenido de agua del terreno y a la velocidad y magnitud del movimiento.

La clasificación más actual y aplicada a nivel internacional es la que se basa en el tipo movimiento y de material (EPOCH, 1993; Dikau et. al., 1996; Hutchinson, 1998; Alcántara-Ayala, 2000; Leroueil et. al., 2001).

De acuerdo con esta clasificación los PRM se dividen en las siguientes clases:

1. Caídas
2. Volteos
3. Deslizamientos
4. Flujos
5. Expansiones laterales
6. Complejos

Mientras que los materiales son divididos en tres grupos:

1. Rocas
2. Detritos (partículas mayores a 2 mm)
3. Suelo (partículas menores a 2 mm)

De esta forma, se pueden combinar los términos para hacer mención a un mecanismo en particular y al material involucrado: flujo de suelos o detritos, caída de rocas o detritos, etc. El "mecanismo complejo" se refiere a la combinación entre dos o más procesos.

Estas clasificaciones son de gran utilidad para abordar los PRM, ya sea para la cartografía, la descripción detallada en campo, para el establecimiento de la tipología en relación con las características geológicas, morfológicas y estructurales de las laderas o bien, para facilitar la comunicación entre distintas disciplinas (geología, geografía, geomorfología, ingeniería, protección civil).

La clasificación de los PRM se describe a continuación (Hutchinson, 1998; González, 2002):

1. Caídas.- Comprende el descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaño y forma variable, de taludes con fuerte pendiente. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre. Este mecanismo es común en escarpes de falla y cortes verticales, así como en taludes fracturados o brechados. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido, y puede ser precedido o no, de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o inclinación del bloque. La observación muestra que los bloques de roca o material, tienden a moverse en

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

caída libre cuando la pendiente superficial es mayor a 75°. En taludes con una pendiente menor, generalmente los materiales rebotan y con pendientes menores a 45° los bloques tienden a rodar (Suárez, 1998). Una vez que una roca ubicada en el talud inicia su movimiento (que incluye caída, rodamiento y rebotes), el factor más importante que controla la trayectoria de caída es la geometría del talud y el coeficiente de restitución (Giani, 1992).

Las caídas se pueden subdividir en:

1.1 Primarios o desprendimiento.- Un desprendimiento es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente que, en una parte de su trayectoria, descienda por el aire en caída libre (Figura 4.6.1), volviendo a entrar en contacto con el terreno, donde se producen saltos, rebotes y rodamiento. Involucra material fresco que se ha separado del talud.

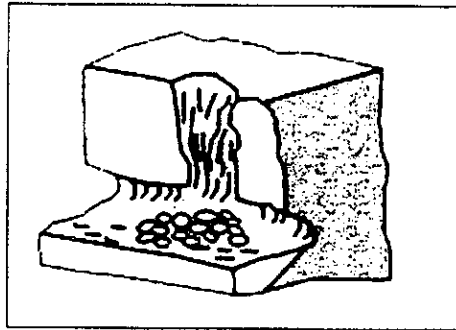


Figura 4.6.1 Caída por desprendimiento.

1.2. Secundarios o rodamiento.- Involucra material disgregado, que ha quedado como un residuo del primario. También se puede tratar de bloques que han quedado separados de la masa rocosa y que están apoyados sobre la ladera (Figura 4.6.2).

aw

ad

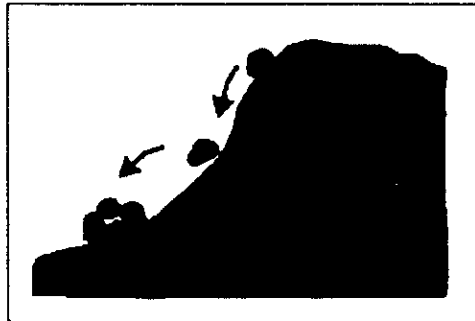


Figura 4.6.2 Caída por rodamiento.

2. Volteo.- Este tipo de movimiento ocurre cuando la resultante de las fuerzas aplicadas a un bloque cae fuera de un punto que sirve como pivote en la base del mismo y alrededor del cual se produce el giro o volteo. Esta falla es común en masas rocosas con discontinuidades casi verticales. Una característica fundamental para este mecanismo de falla es la orientación de las discontinuidades, las cuales son verticales o subverticales. Cuando el echado es a favor de la pendiente se presenta el volteo de bloques y cuando el echado es en contra de la pendiente, se puede presentar volteo con flexión de las capas. Este mecanismo es común en zonas escarpadas como cantiles y cortes verticales, en zonas de grandes fracturas y ejes de pliegues, o en donde aflora la traza de fallas de tipo normal o inversa.

Los tipos de inestabilidad asociados al volteo son (Hoek y Bray, 1996):

2.1. Volteo con flexión.- Se presenta cuando un sistema de discontinuidades orientado subverticalmente y con echado en contra del talud, delimita capas o columnas semicontinuas, donde la fuerza de gravedad induce un momento flector y los bloques tienden a caer. Este mecanismo de falla puede ser inducido por erosión o excavaciones en el pie del talud (Figura 4.6.3).

Handwritten signatures and initials:
- Top left: *Handwritten signature*
- Middle left: *Handwritten signature*
- Middle right: *Handwritten initials*

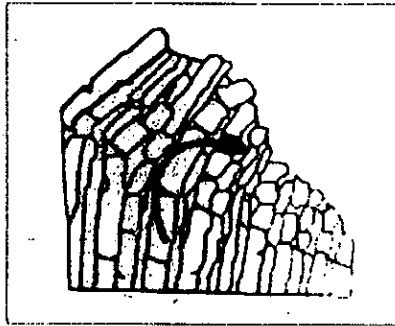


Figura 4.6.3 Volteo con flexión de estratos.

2.2. Volteo de bloques.- Este mecanismo de falla ocurre cuando se trata de bloques singulares que son divididos por discontinuidades muy espaciadas y con gran apertura (Figura 4.6.4).

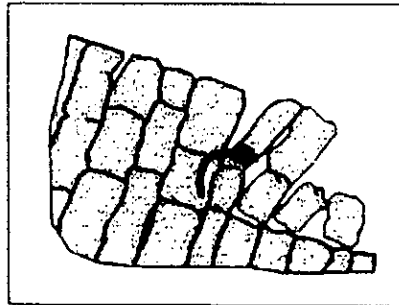


Figura 4.6.4 Volteo de bloques independizados por discontinuidades de gran apertura.

3. Deslizamientos.- Son movimientos relativamente rápidos en un talud, en los cuales la masa del geomaterial se mueve a través de una o más superficies bien definidas y que definen la geometría del deslizamiento. De acuerdo con la forma de la superficie de falla se subclasifican en:

3.1. Deslizamiento rotacional.- El movimiento se presenta por corte a través de una superficie de falla curva. La masa se desplaza girando alrededor de un centro de rotación. Este mecanismo es común en taludes formados por materiales arcillosos, por roca fuertemente fracturada y alterada (Hoek y Bray, 1996) o por materiales rocosos

ow
ad



con discontinuidades circulares preexistentes, como en el caso de zonas de fallas listricas (Figura 4.6.5).

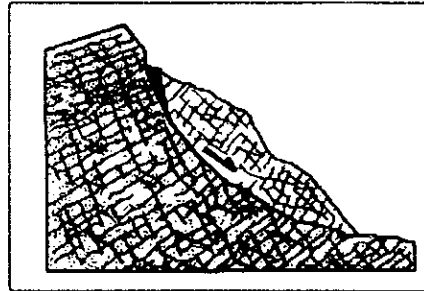


Figura 4.6.5 Deslizamiento rotacional en rocas a través de una superficie curva.

3.2. Deslizamiento trasnacional.-El movimiento se presenta por corte a través de una superficie relativamente plana (deslizamiento plano, Figura 4.6.6) o a través de la línea de intersección de dos planos (deslizamiento en cuña, Figura 4.6.7). Este mecanismo es común en masas rocosas que están afectadas por discontinuidades tales como planos de estratificación, juntas de enfriamiento, fracturas de origen tectónico, esquistosidad entre otras. Las condiciones para que se produzca este tipo de movimiento son que las discontinuidades o bien la línea de intersección, aflore en el frente del talud de manera que el movimiento sea cinemáticamente posible, además de que la resistencia al esfuerzo cortante en las discontinuidades sea menor que las fuerzas aplicadas (peso propio, sobrecargas, fuerzas de filtración o fuerzas sísmicas).

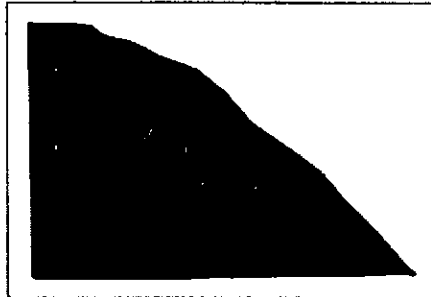


Figura 4.6.6 Falla plana.

Handwritten signatures and stamps, including the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL.

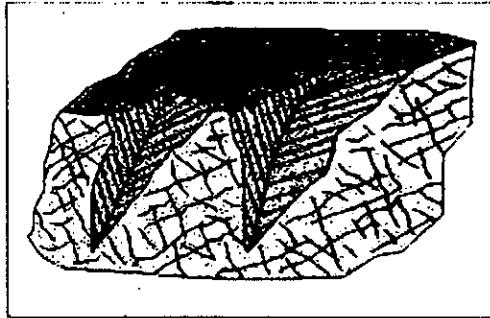


Figura 4.6.7 Falla en cuña.

4. Flujos. - Los flujos son movimientos de una masa desorganizada donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas. Debido a ello, la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas. Para este tipo de movimientos es determinante la granulometría y el grado de saturación que los materiales puedan presentar. En ocasiones un deslizamiento puede evolucionar en un flujo (Hungar et. al., 2005).

De manera simplificada se pueden dividir en:

4.1. Flujo de lodos.- Los flujos de lodo o de detritos están asociados con la presencia de agua. La pendiente no necesita ser muy grande ya que tratándose de materiales finos saturados estos se comportan como un semifluido viscoso y su movimiento es a través de cauces o barrancas por lo que este proceso será importante donde se encuentren estos rasgos.

4.2. Flujo de detritos.- Son movimientos rápidos de detritos húmedos o con alto grado de saturación. Esta forma destructiva de falla del talud está asociada a zonas montañosas donde una precipitación puede movilizar los detritos del manto e incorporarlos en un flujo. El material involucrado puede ser detritos de roca alterada o acumulaciones de material de escombros. Así mismo, en taludes arenosos se pueden presentar flujos secos (Figura 4.6.8), que pueden ser detonados por fuerzas sísmicas, vibraciones o cortes en la base.

CM

ad



SECRETARÍA DE
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

NL

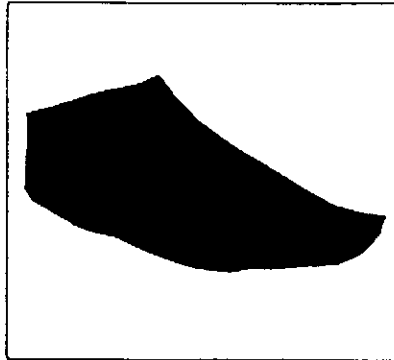


Figura 4.6.8 Flujo de detritos, en taludes formados por material granular.

4.3. **Avalancha.**- Son flujos extremadamente rápidos de detritos secos. Algunos deslizamientos o caídas de roca de gran magnitud se pueden convertir en avalanchas.

5. **Expansiones laterales.**- Este término generalmente es utilizado para describir la extensión lateral de masas de suelo o roca compactos, debido a la licuación o fluidización del material subyacente y generalmente la superficie de corte no está bien definida. Cuando las masas de suelo o roca son relativamente homogéneas, éstas se fracturan en varias unidades y conforman arreglos tipo horse y graben (Figura 4.6.9).

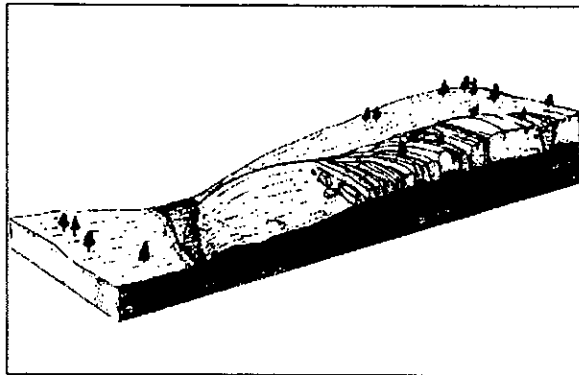


Figura 4.6.9 Expansión lateral.

RS
SD
RS



6. Movimientos complejos. - Se refiere a la combinación de dos o más mecanismos de falla. Dependiendo de los mecanismos involucrados se puede tener una combinación de ellos, por ejemplo un deslizamiento rotacional con volteo de bloques al frente, o un deslizamiento que evolucione en un flujo, o un volteo que posteriormente se vuelva una caída o una avalancha.

Factores que intervienen en la generación de procesos de remoción en masa

Los factores que controlan los PRM son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno. Una forma útil de clasificar los factores que inciden en la estabilidad de las laderas es separarlos en: pasivos (o condicionantes) y activos (detonantes). Los factores condicionantes o pasivos dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno mientras que los factores detonantes o activos se pueden considerar como factores externos que provocan la inestabilidad y que están asociados con la velocidad y magnitud del movimiento. Los factores activos y pasivos, que intervienen en los procesos de inestabilidad de los taludes (Herrera, 2002) se pueden agrupar en cuatro categorías:

1.- Características y condiciones geológicas del terreno (pasivas)

Litológicas: Presencia de materiales de baja resistencia, alterados o fracturados.

Estratigráficas: Presencia de capas masivas descansando sobre capas poco competentes, presencia de capas permeables, contraste de rigidez de los materiales.

Estructurales: Echados de discontinuidades muy inclinados, roca fuertemente fracturada por fallamiento, plegamiento o enfriamiento.

Topográficas: Presencia de acantilados o fuertes pendientes causadas por erosión, fallamiento, colapsos gravitacionales.

2.- Procesos de tipo geomorfológico (pasivas y activas)

Procesos endógenos: tectónica y vulcanismo.

Procesos exógenos: erosión fluvial y subterránea, remoción de la vegetación por erosión, incendio o sequía, depósito de materiales en forma natural sobre la cresta de taludes).

3.- Procesos de origen químico, físico y biológico (activas)

Intemperismo de las rocas y suelos, precipitaciones, sismos, contracción y expansión de suelo en discontinuidades, crecimiento de raíces en discontinuidades y congelamiento de agua en discontinuidades, entre los principales.

4.- Procesos de origen humano o antrópicos (activas)

Excavación en laderas para obras civiles (carminos, viviendas, canales), explotación de canteras.

Sobrecarga debido al peso de: material de rezaga de minas y excavaciones, colocación de rellenos, viviendas y terraplenes construidos en la corona y el cuerpo del talud.

Deforestación así como vibraciones del terreno debido a perforaciones, explosiones, paso de vehículos pesados y de maquinaria.

Handwritten signatures and initials: "CAR" and "adn".





4.6.2 Afectaciones y daños potenciales

El impacto de los PRM sobre la infraestructura dependerá básicamente de la magnitud de los procesos (volúmenes removidos, velocidades), grado de exposición y vulnerabilidad.

Conviene distinguir dos tipos de impacto:

- 1) cuando la infraestructura se ubique sobre el talud o ladera que presenta inestabilidad y
- 2) cuando el proceso se desarrolle ladeja arriba pero la infraestructura pueda ser afectada por la trayectoria del material removido.

Esto implica diferentes acciones tanto preventivas como correctivas. En el primer caso se puede optar por estabilizar la ladera o en su defecto, por la reubicación de la infraestructura. En el segundo caso, una vez estimado el impacto potencial, se puede optar por medidas de contención de caldos y deslizamientos y eventualmente por la reubicación. Así mismo, se debe caracterizar de manera local el tipo de proceso de remoción que afecta a una zona en particular, ya que dependiendo de éste, será la obra de mitigación recomendada y las acciones preventivas a implementar.

Los PRM tienen como principales agentes detonantes a la lluvia y a los sismos, los cuales inducen fuerzas en los macizos rocosos que tienden a provocar inestabilidad. De acuerdo con las condiciones climáticas, el Estado de Nuevo León se ubica en la zona latitudinal norte de subtropicales (Strangeways, 2007; Montalvo-Arrieta et al., 2009). El clima de Nuevo León es muy variable; sin embargo, predomina el clima semiseco extremo. La precipitación pluvial es bastante escasa, aunque cuenta con regiones que registran lluvias anuales mayores de 800 milímetros; la media general del Estado oscila entre 300 y 600 milímetros.

Las lluvias intensas se registran entre los meses de junio a octubre, Montalvo-Arrieta et al. (2009) mencionan que las lluvias son los principales disparadores de deslizamientos en la Sierra Madre Oriental (SMO, la mayor parte de la documentación de este tipo de movimientos se concentra en la zona metropolitana de Monterrey), así como de inundaciones (las primeras evidencias documentadas son de 1612). El primer caso donde se correlaciona periodos extraordinarios de lluvias con un huracán es en 1895 (Montalvo-Arrieta et al., 2009). En agosto de 1938 (Nuncio et al., 1989) un huracán categoría 2 golpea a la región de Monterrey, durante este ciclón se documentan deslizamientos de tierra asociados a estas intensas lluvias en la Curvatura de Monterrey, en particular en el área del Mirador y cerro del Obispado, en Monterrey, N. L.

Además de las lluvias como detonante de los procesos de ladera, se tienen los sismos, aunque el noreste de México se caracteriza por ser una región de baja sismicidad. Sin embargo, Galván-Ramírez y Montalvo-Arrieta (2008) reportan que para el Estado de Nuevo León hay evidencia de sismos desde 1838, un punto importante es que la mayor parte de la sismicidad reportada se localiza en la Sierra Madre Oriental. Uno de los sismos más recientes, corresponde al temblor de Santiago (17/04/2006; M = 4.3, Servicio Sismológico Nacional).

De la sismicidad reportada en la SMO, no hay evidencia documental de algún tipo de proceso de remoción en masa. Sin embargo, es posible que alguno de los sismos documentados por Galván-Ramírez y Montalvo-Arrieta (2008) pudiera haber inducido algún tipo deslizamiento de tierra. De acuerdo con Keefer (1999) la magnitud mínima reportada para inducir un proceso de ladera es M=4.

Handwritten signatures and initials: *dar*, *ad*, *bc*

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Particularmente en el Estado de Nuevo León, las afectaciones por PRM han sido importantes, causando pérdidas materiales y afectaciones a la población y a las actividades productivas. A partir de realizar una revisión bibliográfica en libros, revistas y periódicos, se pudo documentar que desde 1938 hay evidencia de deslizamientos de tierra en la zona metropolitana de Monterrey (Nuncio et al., 1989 y Montalvo-Arrieta et al., 2009), sin embargo, para otras localidades en el Estado de Nuevo León es poca o nula la información. La información documental existente es a través de información periodística (véase los periódicos El Norte y El Porvenir), de acuerdo a estas fuentes de datos, en donde cualquier movimiento de ladera queda expresado como un "deslizamiento" se ha podido documentar evidencia continua desde el año de 1995, la cual siempre ha estado asociada a periodos de lluvia extraordinaria o a la llegada de algún huracán.

La Tabla 4.6.1 muestra la relación de PRM, localidades donde se han documentado estos eventos, así como la fecha y el tipo de fenómeno meteorológico que lo disparó.

Tabla 4.6.1 Correlación entre deslizamientos y lluvias en el Estado de Nuevo León (periodo 1995 - 2008). Fuente: "El Norte".

Evento	Año	Mes	Deslizamientos	
			Localidades	Comentarios
Tormenta Tropical Gabrielle	1995	Agosto	Rayones	Deslaves en Rayones. El Alcalde de Rayones solicita ayuda al Gobierno del Estado porque cuatro ejidos de la Comunidad, Las Casillas están incomunicados por los deslaves provocados por las lluvias.
			Santiago	Varios deslaves se observaron en la carretera que conduce de Santiago a la Laguna de Sánchez (Rincón Suizo y a Puerto Genovevo).
			Linares	Las lluvias ocasionaron deslaves sobre la carretera que comunica los municipios de Linares, Iturbide y Galeana.
Tormenta Tropical Dolly	1996	Agosto	Linares	Más de 10 tramos de la Carretera Linares-San Roberto fueron severamente dañados por deslaves que dificultaron el tránsito de vehículos y tráileres al caer grandes rocas que obstruyeron los carriles.
			Rayones	400 familias del municipio de Rayones estuvieron incomunicadas por los daños que sufrió la Carretera Montemorelos - Rayones.
Lluvias	1998	Septiembre	Rayones	En Rayones, la carretera tenía más de 30 deslaves.
Lluvias extraordinarias	1999	Septiembre	Rayones	En algunos puntos de la Sierra tanto de Galeana como Rayones se han registrado algunos deslaves. En Rayones es donde se han presentado problemas, cayeron algunas rocas y se tuvo que cerrar

Handwritten signatures and initials.



Evento	Año	Mes	Deslizamientos	
			Localidades	Comentarios
Ciclón Keith	2000	Octubre	Aramberri	un carril de la carretera. Deslaves peligrosos en la carretera Zaragoza-Aramberri
Tormenta Tropical Erika	2003	Agosto	Linares	Se registraron deslaves que provocaron el cierre total de la circulación de la Carretera Linares-San Roberto, a la altura del kilómetro 41.
			Rayones	La carretera a Rayones fue cerrada por deslaves y derrumbes en la Sierra.
Lluvias extraordinarias	2004	Abril	Rayones	Deslaves por lluvias.
Huracán Emily	2005	Julio	Montemorelos-Rayones	Deslaves en la Sierra Madre Oriental cubrieron de lodo y rocas algunos tramos de la Carretera Montemorelos-Rayones, entre los kilómetros 18 y 24, obligando a autoridades de ambos municipios a cerrar la vía a la circulación.
Lluvias extraordinarias	2008	Septiembre	Santiago	Otros poblados en la Sierra de Santiago, como Ciénega de González, San Juan Bautista y San Isidro, quedaron aislados por deslaves en la Carretera a Laguna de Sánchez. Así como desgajamientos considerables a la altura de Puerto Genovevo.
			Montemorelos-Rayones	Sergio Alanís, director del Sistema Estatal de Caminos, informó que se tuvo que cerrar la Carretera Montemorelos-Rayones porque se presentaron deslaves a la altura de los kilómetros 17 y 26. El mayor desprendimiento de roca y lodo, se registró a la altura del lugar conocido como "El Puerto".

De acuerdo con la recopilación realizada, se ha encontrado que los factores que condicionan la ocurrencia de PRM en el Estado de Nuevo León son:

- a) condiciones litológico-estructurales;
- b) alteración de la ladera por actividades industriales o de urbanización; y
- c) periodos importantes de lluvia.

4.6.3 Metodología para el análisis de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa

La cartografía de los PRM tiene por finalidad dividir el territorio en zonas o unidades con diferente grado de potencialidad ante la generación de PRM. Sin embargo, la diversidad de factores de tipo geológico, geomorfológico, geomecánico, meteorológico, etc., que controlan los PRM, hace que los trabajos cartográficos para establecer las zonas de inestabilidad potenciales y su posibilidad de ocurrencia sean complejos, sobre todo si se intenta la cuantificación y el tratamiento determinista o probabilista de los factores.

En el caso de áreas extensas, con distintos tipos de relieve, presencia de diversos tipos de roca y de estructuras tectónicas (ya sea frágiles o dúctiles), hace que el evaluar con detalle las zonas potencialmente inestables sea casi imposible. Para ello, el análisis cualitativo empleando Sistemas de Información Geográfica se muestra como la mejor opción, dadas las limitaciones de tiempo, trabajo de campo y laboratorio, además de que permiten realizar análisis espaciales de zonas extensas en un tiempo relativamente corto.

Los mapas de susceptibilidad tienen como objetivo mostrar las zonas críticas donde potencialmente se pueden presentar PRM a partir de la combinación de variables que ejercen influencia en la generación de los mismos. La susceptibilidad puede definirse como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos (González, 2002). Moreiras (2005) menciona de manera sencilla que la susceptibilidad se define como la propensión de una ladera a presentar un tipo de movimiento, lo cual depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos. El término susceptibilidad hace referencia a la predisposición del terreno a la ocurrencia de PRM y no implica el aspecto temporal del fenómeno.

Para evaluar el grado de susceptibilidad del terreno frente a los PRM existen diversas aproximaciones basadas la mayor parte de ellas, en la determinación de los factores que influyen para su ocurrencia. En general se distinguen cuatro principales métodos utilizados en la evaluación y confección de mapas de susceptibilidad del terreno a producir roturas de las laderas (Van Westen, 1994; Soeters y Van Westen, 1996):

Métodos geomorfológicos

En este análisis lo importante es el mapeo de los PRM y su caracterización geomorfológica, para determinar el grado de peligro o susceptibilidad de una zona. El grado de peligro se evalúa en el sitio, por lo tanto, las reglas de decisión pueden variar de un sitio a otro. Estos métodos son considerados subjetivos ya que interviene el criterio y la experiencia del especialista. La principal ventaja es la validez y el detalle del análisis y del mapa final, la desventaja es el alto grado de subjetividad, ya que depende del conocimiento y experiencia del autor.

El método usado en este estudio es de tipo heurístico, basado en la sobreposición y ponderación de mapas temáticos que representan las variables que inciden en la generación de PRM. En esencia, la metodología empleada sigue los lineamientos generales establecidos por la SEDESOL y el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en la "Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación)" edición 2004, en lo referente al tipo y uso de la información. De esta forma se tomaron como mapas base la topografía digital,









modelos digitales de elevación y como mapas temáticos, el mapa geológico, el mapa de disección vertical o de alturas relativas y el mapa de pendientes, entre otros.

Así mismo, se realiza una adaptación de los criterios establecidos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en la "Gula Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos", tomando en cuenta la gran extensión y complejidad de la zona a estudiar, el nivel de representación de los resultados y la información disponible.

Los factores que se consideraron en este estudio son:

1. Inclinación
2. Litología
3. Alturas relativas (o disección vertical del terreno)
4. Presencia de lineamientos
5. Circos de erosión (rasgos morfológicos)
6. Fracturas o ejes de pliegues (rasgos estructurales)
7. Presencia de líneas de drenaje natural

De esta forma, estos cinco factores se consideran fundamentales para el análisis de la susceptibilidad del Estado de Nuevo León ante la generación de PRM.

Factores condicionantes de inestabilidad considerados

La ocurrencia de PRM está relacionada con factores, como la litología, estructura geológica, hidrogeología, topografía, clima, sismicidad e influencia antrópica, entre otros (Irigaray et al., 1999). Tomar en cuenta todos los factores es una tarea compleja y laboriosa. La geología y la pendiente se consideran como factores fundamentales para la ocurrencia de PRM (Brabb et al, 1972; Capra, 2003) y se consideran como los insumos principales en la generación de mapas de susceptibilidad que consideren más variables. A continuación se describen los factores condicionantes utilizados y cómo influyen en la generación de PRM.

Litología

El tipo de roca influye de manera importante en la generación de PRM ya que controla aspectos tales como la resistencia, la cohesión, el grado de alteración, la presencia de discontinuidades inherentes al proceso de formación (planos de flujo, de enfriamiento, de estratificación, foliación), por mencionar los principales aspectos. La edad, estructura y composición de los afloramientos tiene un control importante sobre el comportamiento geomecánico de los materiales. Además, los distintos tipos de roca conforman un relieve característico que está influenciado por los procesos endógenos que lo forman y por los procesos exógenos que lo modelan, de ahí su relevancia (Figura 4.6.10).

Inclinación

La inclinación es un factor fundamental en la generación de PRM (Moreiras, 2005). Un talud formado por un material homogéneo e isotrópico, presenta una mayor inestabilidad a medida que aumenta su valor de inclinación (Dai, 2002). La pendiente es uno de los parámetros que puede usarse como una variable independiente en los análisis regionales de la susceptibilidad a PRM (Moreiras, 2005). En general valores altos de inclinación (>45-50°) están asociados a zonas con PRM activos, tales como volteo y desprendimiento de rocas; inclinaciones medias (30-45°) están asociadas a caídas por rodamiento, deslizamientos, reptaciones e inclinaciones menores (<30°) a solifluxión, creep y flujos. El mapa de pendientes del Estado se muestra en la figura 4.6.11.



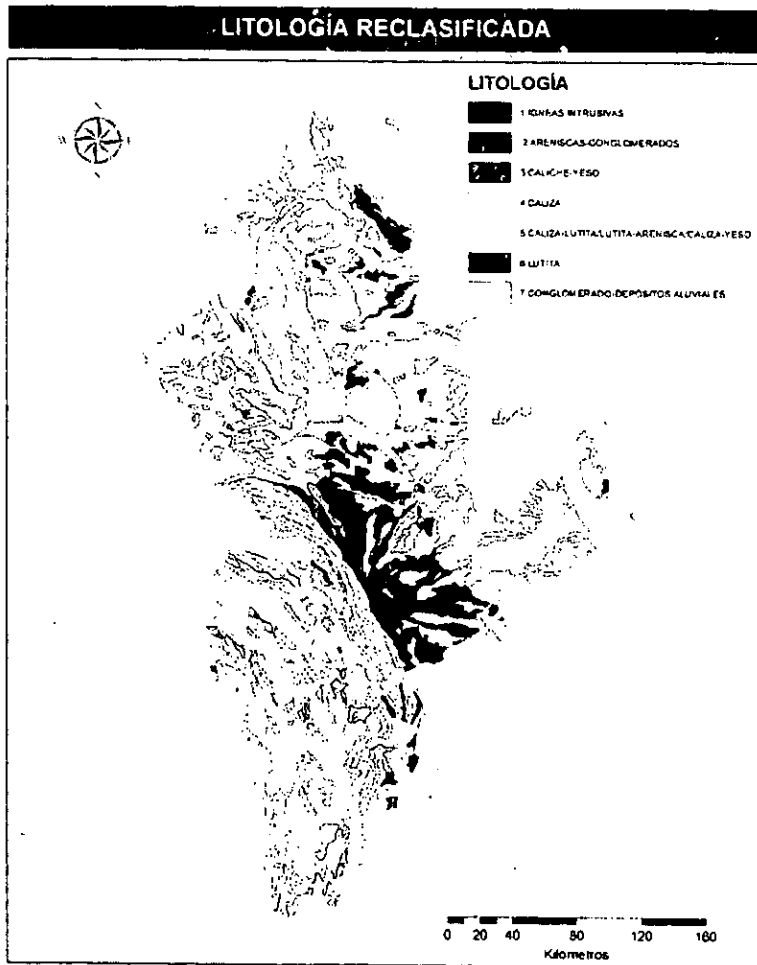


Figura 4.6.10 Mapa de litología.



 Secretario de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**



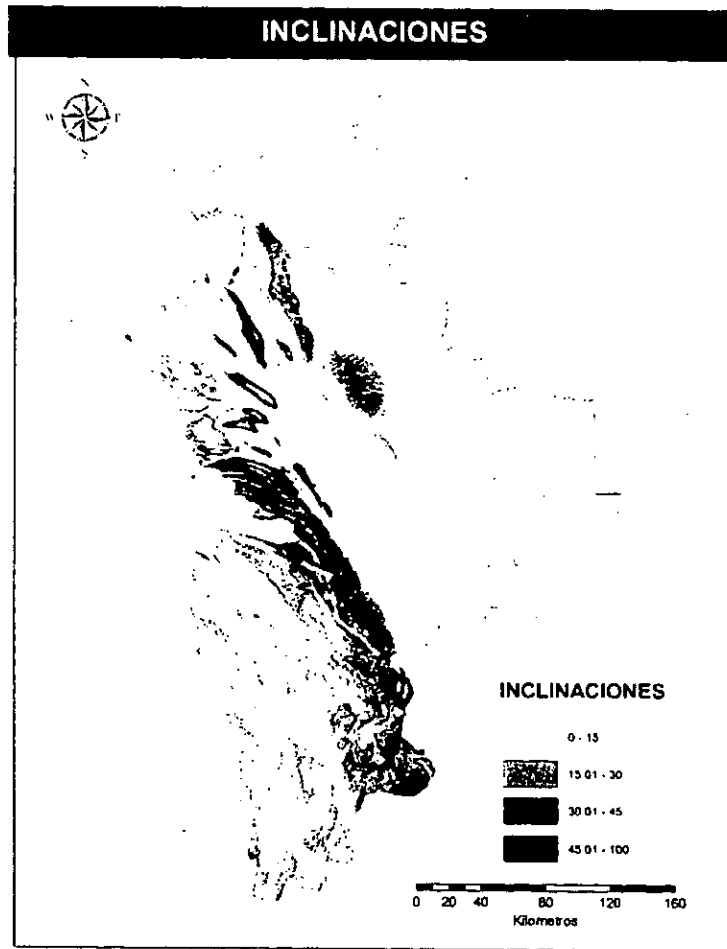




Figura 4.6.11 Mapa de inclinaciones.

car



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

sdh *sb*

Lineamientos

Algunos estudios muestran que la probabilidad de ocurrencia de PRM se incrementa notablemente en las zonas cercanas a lineamientos tectónicos (Gómez y Kavzoglu, 2005; Margielewsky, 2006). Para ello se identificaron lineamientos correspondientes básicamente a dos tipos: morfológicos (1) y estructurales (2).

Circos de Erosión.

Fracturas, ejes de pliegues, escarpes.- Los circos de erosión son estructuras en forma de herradura que controlan los escurrimientos. Son depresiones semi-circulares, de paredes escarpadas, fondo sobre-excavado y con un escalón rocoso en la salida, tienen forma de anfiteatro y controlan los escurrimientos hacia los valles.

Los lineamientos estructurales pueden ser fracturas regionales, ejes de pliegues, escarpes ya sea de falla o bien originados por procesos exógenos. Representan zonas donde existe fracturamiento asociado y coinciden generalmente con zonas de fuerte pendiente. Estas áreas serían consideradas generadoras de bloques y material fracturado con el potencial de presentar vólteo y desprendimientos principalmente.

Se digitalizaron lineamientos y circos de erosión empleando modelos de relieve sombreado con 8 distintas orientaciones de la luz. Los valores acimutales del ángulo de iluminación fueron 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315° (Figura 4.6.12).

Apoyados en las curvas de nivel y mediante el criterio de perpendicularidad entre la orientación del haz de luz y los lineamientos, éstos se marcaron para todo el Estado de Nuevo León (Figura 4.6.13). Para el caso de los lineamientos y circos de erosión, se consideró que su influencia se ejerce en la vecindad de los mismos. Para ello se consideraron zonas de influencia o búfers. En este caso se consideraron búfers de 200 y 400 m.



Figura 4.6.12 Proceso de digitalización de lineamientos y circos de erosión.



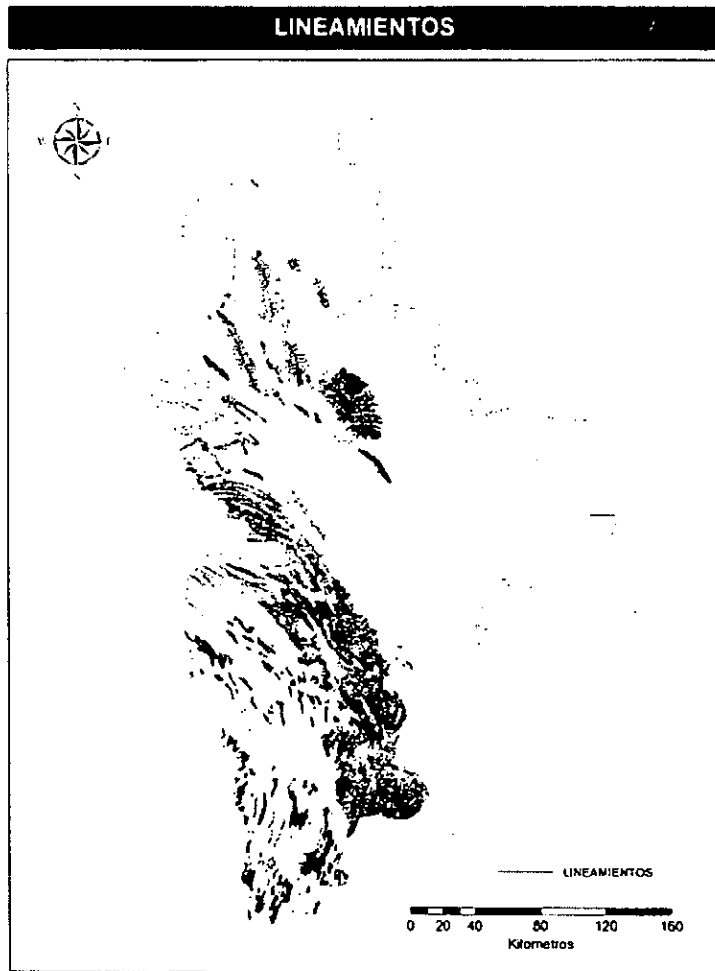



Figura 4.6.13 Lineamientos y circos de erosión digitalizados para el Estado de Nuevo León.

pw

ed *76*

Drenaje natural

Diversos estudios muestran la correlación que existe entre la generación de remociones en masa y la proximidad a las líneas de drenaje natural (Dai, 2002; Fournel, 2004). La erosión ocasionada por los cauces y la saturación del terreno favorecen la presencia de deslizamientos, desprendimientos y flujos.

Para conformar el mapa temático de drenaje natural se reclasificaron los cauces en dos tipos:

1. Perenes
2. Intermitentes

Para estas líneas de drenaje se consideraron búfers de 100 y 200 m. Estos valores se consideran adecuados para el nivel de representación utilizado, aunado a la extensión del área de estudio. En general, el tipo de configuración de la red de drenaje natural del Estado de Nuevo León es dendrítico y en menor medida tiene arreglos en paralelo y radiales. En las zonas de karsticidad existe drenaje interno o subterráneo. Ello implica una alta densidad de drenaje, favorecida por los patrones de fracturamiento de las rocas, así como por el tipo de morfología predominante, consistente en geometrías alargadas y semicilíndricas, acorde con la existencia de sinclinales y anticlinales (Figura 4.6.14).



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



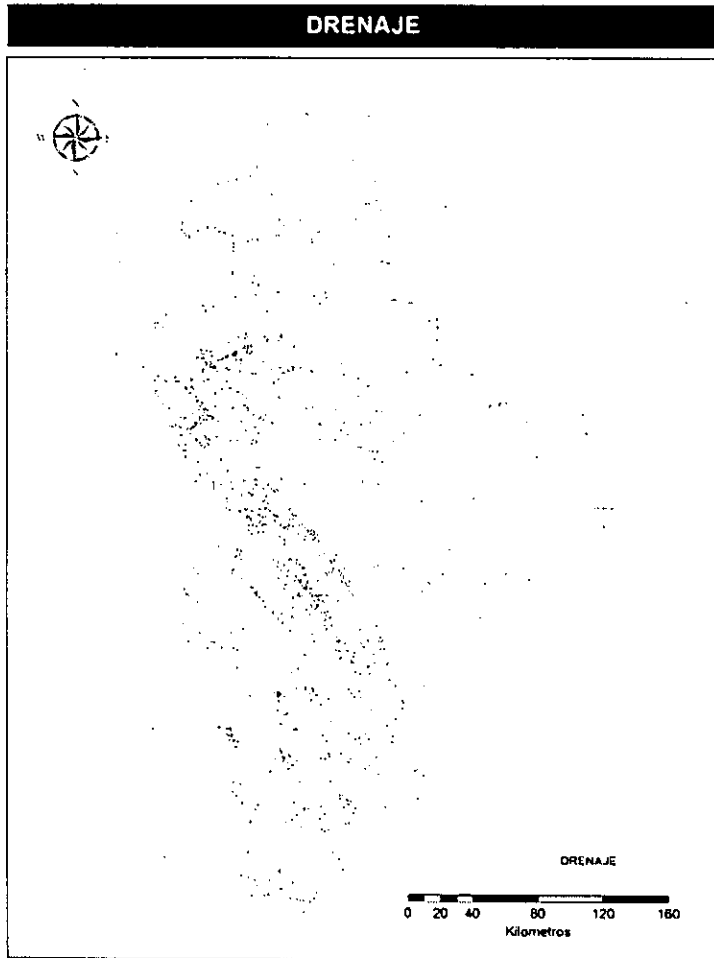


Figura 4.6.14 Drenaje del Estado de Nuevo León.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

La siguiente tabla muestra las características generales de los PRM, en función de su tipología y de los factores morfológicos que los controlan. Estas consideraciones sirven para valorar cada factor o variable de acuerdo con el tipo de proceso, ya sea deslizamiento o volteo principalmente. De esta forma, los cinco factores descritos anteriormente se consideran fundamentales para el análisis de la susceptibilidad ante la generación de PRM.

Tabla 4.6.2 Factores característicos para la identificación de volteos y deslizamientos

Tipo de movimiento	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Zona baja de la ladera	Geometría
Volteos y Desprendimientos	Laderas irregulares y rocosas, escarpadas con material suelto y derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras el talud. Vegetación escasa.	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos.	Inclinaciones elevadas > 50°.
Deslizamientos rotacionales	Grietas de tracción, curvas cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior.	Depósitos convexos, lobulados. Desvío de cauces.	Inclinaciones entre 20-40°. D/L < 0.3 a 0.1.
Deslizamientos traslacionales en rocas o suelos	Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamientos en la cabecera. Drenaje desordenado o ausencia del mismo.	Desvío de cauces. En ocasiones acumulaciones de material en forma de lóbulos.	Inclinaciones uniformes D/L < 0.1.

D/L = profundidad/ longitud de la masa desplazada.

4.6.4 Análisis y descripción de las ponderaciones

Litología

El mapa litológico se reclasificó para agrupar aquellos materiales con un comportamiento geomecánico similar ante la generación de PRM. De esta forma se simplifica en gran medida la manipulación de la información así como su jerarquización en la matriz de ponderaciones. Para ello se definieron los siguientes grupos litológicos (Tabla 4.6.4).



 Secretario de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Tabla 4.6.3 Reclasificación de la litología en función de sus características.

Litología	Características	Identificador (ID) para SIG
Ígneas intrusivas intermedias y ácidas	Origen similar, afectadas por planos de enfriamiento y descompresión.	1
Areniscas y areniscas-conglomerados	Origen similar, tamaño de partículas de arenas, gravas y bloques.	2
Caliche y Yeso	Rocas deleznales, de baja resistencia.	3
Caliza	Roca masiva, ya sea sana o fracturada. Predisposición a formar grandes bloques. Presencia de planos de estratificación.	4
Caliza-Lutita/Caliza-Yeso/Lutita arenisca	Roca intercalada, con diferencias de comportamiento mecánico, donde la roca débil funciona como planos de deslizamiento o desprendimiento.	5
Lutita/Esquisto	Roca fisil, afectada por planos de esquistosidad. Baja resistencia al corte.	6
Depósitos aluviales/Conglomerado	Material aluvial y coluvial, se deposita en la parte baja de los valles formando conos de deyección y en las planicies aluviales.	7

Inclinaciones

Se consideraron los rangos presentados en la Tabla 3.6.4 en la cual se menciona el mecanismo de movimiento predominante:

Tabla 4.6.4 Rangos asociados al mecanismo de movimiento.

Inclinación (°)	Pendiente %	Mecanismo predominante
15-30°	27-58	Deslizamientos superficiales
30-45°	58-100	Deslizamientos traslacionales (planos, en cuña, poligonales) y rotacionales
>45°	>100	Volteo y desprendimiento de bloques

En general, las zonas correspondientes con la provincia de la Sierra Madre Oriental presentan pendientes elevadas, producto de los procesos exógenos que la han modelado así como por la afectación estructural, manifestada a través de fallas inversas, cabalgaduras y fallas normales. Así mismo, las discontinuidades asociadas a la litología y a los procesos tectónicos (planos de estratificación, fracturas por fallamiento y plegamiento) favorecen el deslizamiento de bloques (Figura 4.6.15).

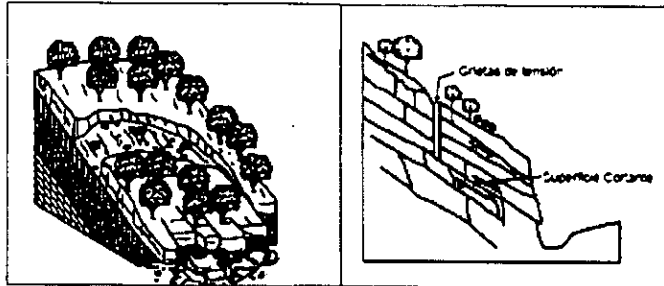


Figura 4.6.15 Esquema de deslizamientos con un control estructural (Suárez 1998).

Deslizamiento

Se considera que el rango predominante sobre este proceso es el de 30-45° le sigue el de 15-30° donde aún es posible que se presente. Los rangos restantes, aunque no son determinantes, deben ponderarse debido a la naturaleza del método. La pregunta que surge es: ¿Es posible que haya deslizamientos en inclinaciones mayores a 45°? Tomando en cuenta que el ángulo de fricción de las discontinuidades rocosas, varía entre 15 y 45°, dependiendo de su rugosidad y sus propiedades de cementación, el valor máximo mencionado en la literatura técnica corresponde con este umbral (Hoek y Bray, 1996; González, 2002) mismo que se ha considerado un límite para separar los deslizamientos de otro tipo de procesos (como volteo y desprendimiento). En otras palabras, las laderas con pendientes mayores de 45°, generalmente están asociadas a escarpes y paredes fracturadas donde los bloques tienen una disposición vertical o bien se encuentran acunados entre sí, y donde las superficies de deslizamiento potencial, ya han sido afectadas por deslizamientos en el pasado, dando al relieve su configuración actual.

Volteo

Es razonable considerar el umbral mínimo de 45° a partir del cual estos procesos pueden presentarse. Este mecanismo de movimiento generalmente está asociado a frentes rocosos fracturados que forman fuertes escarpes y paredes verticales o subverticales, de unos cuantos hasta decenas de metros de altura. Se generan por la diferencia de competencia de materiales intercalados, donde los menos resistentes se erosionan dejando al descubierto peñascos o frentes de roca; también se forman por la presencia de fallas o fracturas regionales donde se ha formado un escarpe de falla o bien en las zonas de curvatura de los pliegues, donde las fuerzas compresivas han inclinado o basculado materiales estratificados, dejándolos en una condición propensa a la inestabilidad por volteo (Figura 4.6.16).

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signatures

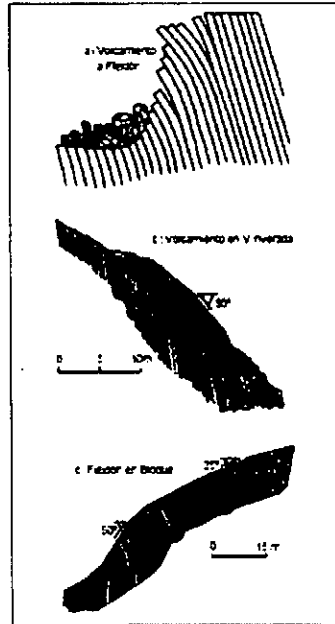


Figura 4.6.16 Esquemas de inestabilidad por volteo en rocas estratificadas (Suárez 1998).

Alturas

Para el mapa de susceptibilidad se utilizó el mapa de alturas relativas, el cual consiste en calcular la diferencia de alturas dentro de una cuadrícula de 1 km². Este mapa también es conocido como mapa de energía del relieve ya que expresa la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena.

En General

Siguiendo con la consideración de ordenar las variables y sus rangos de lo más desfavorable a lo más favorable, se tiene que a mayor pendiente existe mayor susceptibilidad a que se presenten remociones de masa.

Para la altura relativa se definieron los siguientes rangos (Tabla 4.6.5):

Tabla 4.6.5 Rangos de altura local considerados para cada mecanismo.

Rango (m)	Mecanismo predominante
0-300	Deslizamientos superficiales
300-600	Deslizamientos (traslacionales, rotacionales)
600-900	Deslizamientos/volteos
>900	Volteo y desprendimiento de bloques

Deslizamiento

En términos regionales, se considera que a mayor altura de un talud existe una mayor propensión a que se presente deslizamientos. Si se piensa en dos taludes con la misma pendiente y las mismas características físicas y mecánicas a excepción de la altura, tenemos que el talud más alto ejerce una presión litostática mayor en la base del talud, además de tener un mayor volumen, lo que implica mayores zonas de potencial inestabilidad. El rango de altura con mayor propensión al deslizamiento es el de 600-900 m, seguido del rango 300-600 m, asociados a las partes intermedias de las laderas. Alturas mayores podrían presentar deslizamientos de bloques, ya sea en cuña o mediante un mecanismo combinado (volteo con deslizamiento, o superficies poligonales, Figura 4.6.17). Alturas relativas menores, de 0-300 m, indican baja energía del relieve y morfologías suaves, con menor propensión a los deslizamientos.

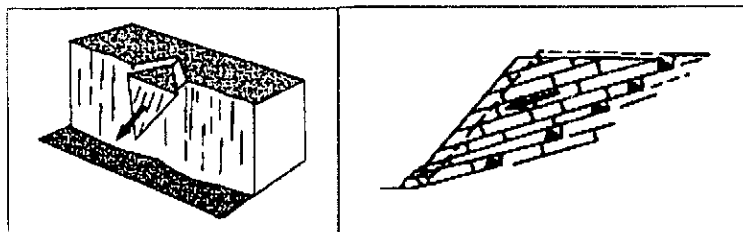


Figura 4.6.17 Esquema de deslizamientos en cuña y en superficies escalonadas.

Volteo

Existe una correlación directa entre la altura relativa y la propensión al volteo. Entre mayor altura relativa, mayor energía por relieve, donde existen diferencias importantes de altura en áreas relativamente pequeñas. Esto nos habla de la presencia de zonas afectadas por fallas normales, ejes de pliegues, antiguos colapsos gravitacionales, etc., mismos que generan fuertes escarpes, conformando paredes rocosas fracturadas y alteradas, donde los procesos de volteo y desprendimiento de bloques son comunes (Figura 4.6.18).

Handwritten signatures and stamps, including the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL.

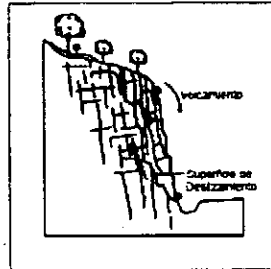


Figura 4.6.18 Esquema de volteos y desprendimientos en zonas altas y escarpadas.

4.6.4.1 Mapas de resultados a nivel Estatal

Con base en los resultados obtenidos de la estimación de la susceptibilidad del terreno a presentar PRM, del análisis de la información geológico-estructural y del comportamiento de los materiales, se realiza una descripción de la problemática que presenta el Estado.

Los mapas de susceptibilidad para todo el Estado de Nuevo León, se muestran a continuación (Figuras 4.6.19, 4.6.20 4.6.21), usando la siguiente nomenclatura:

- Mapa Estado Deslizamiento (1). E-1
- Mapa Estado Volteo (2). E-2
- Mapa Estado General (3). E-3

[Handwritten signatures]

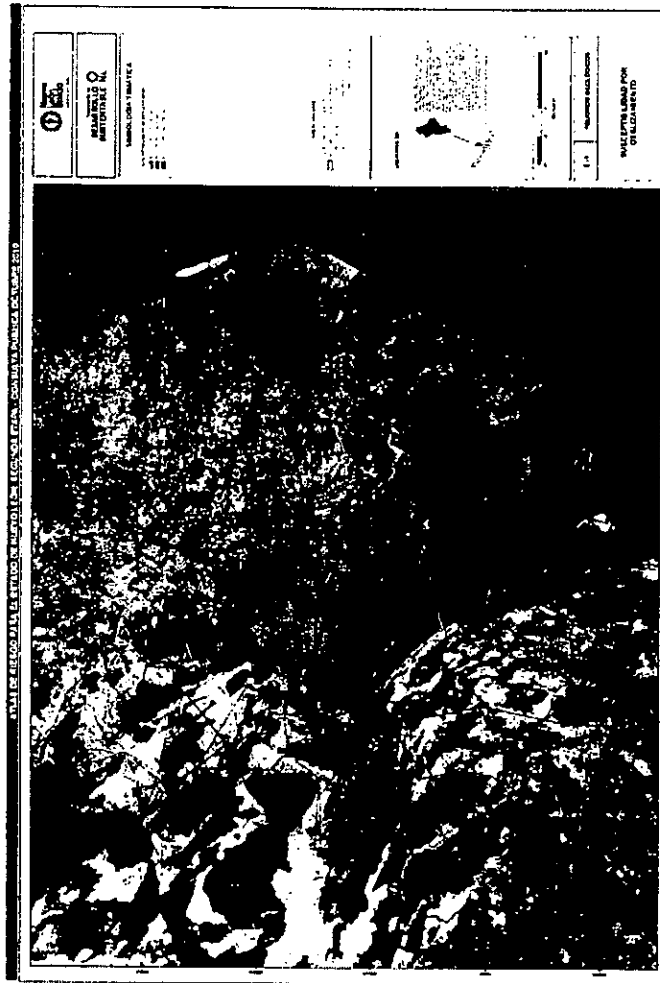


Figura 4.6.19 Susceptibilidad a deslizamientos a nivel estatal.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

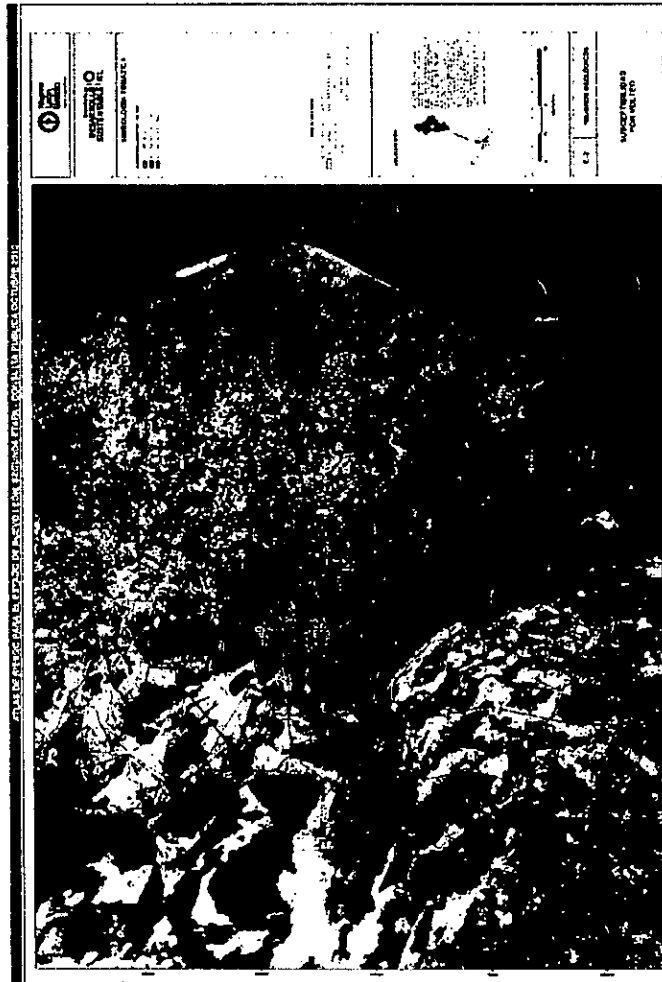


Figura 4.6.20 Susceptibilidad a volteos a nivel estatal.

aw

adh



SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL

nl

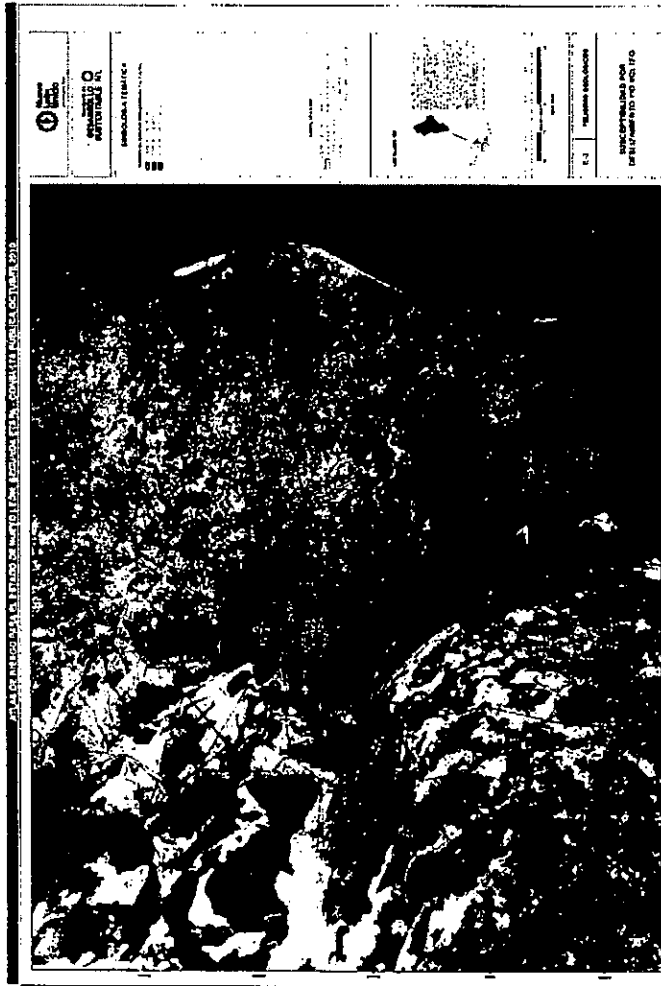


Figura 4.6.21 Susceptibilidad general (deslizamiento y/o volteo) a nivel estatal.

car
ad



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



4.6.4.2 Mapas de resultados por zonas

Los tipos de peligros geológicos y su potencial impacto en cada municipio, dependen de su posición geográfica, del tipo de terreno o relieve donde estén asentados, del grado de exposición o cercanía a las zonas inestables así como de la extensión y tipo de asentamiento. Los municipios del Estado se encuentran agrupados en una zonificación estatal, la cual es útil para describir los peligros que afectan a cada uno.

De esta forma se tiene que el Estado de Nuevo León está conformado por 51 municipios, mismos que están distribuidos por zonas geográficas (Figura 4.6.22), las cuales son:

1. Zona Norte
2. Zona Metropolitana
3. Zona Periférica
4. Zona Citrícola
5. Zona Sur

La distribución de municipios por región, es la siguiente:

Zona Conurbada de Monterrey

- Apodaca
- Garza
- San Pedro Garza García
- General Escobedo
- Guadalupe
- Juárez
- Monterrey
- San Nicolás de los Garza
- Santa Catarina

Conjunto de las Regiones Norte, Noreste y Oriente (Zona Norte)

- Anáhuac
- Bustamante
- Lampazos de Naranjo
- Sabinas Hidalgo
- Vallecillo
- Villaldama
- Aguaqueguas
- Los Aldamas
- Cerralvo
- China
- Doctor Coss
- General Bravo
- General Treviño
- Los Herreras
- Melchor Ocampo
- Parás
- Los Ramones

OW

id *re*

Región Periférica

Abasólo
Cadereyta Jiménez
El Carmen
Ciénega de Flores
Doctor González
General Zuazua
Higuera
Marín
Mina
Pesquería
Salinas Victoria
Hidalgo
Santiago

Región Citrica

Linares
Montemorelos
Allende
Hualahuises
General Terán
Rayones

Región Altiplano y Sierra (Zona Sur)

Aramberri
Doctor Arroyo
Galeana
General Zaragoza
Iturbide
Mier y Noriega



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

45





Figura 4.6.22 Distribución de regiones en que se divide el Estado de Nuevo León.

aw

edh *nl*

De acuerdo con esta zonificación del Estado, se presentan los mapas de susceptibilidad por procesos de remoción en masa (Figuras a partir de la 4.6.23), para los tres tipos de movimientos considerados: deslizamiento, volteo y general (volteo y/o deslizamiento), excluyendo el área metropolitana. Para ello se considera conveniente utilizar la siguiente nomenclatura:

Zona Norte Deslizamiento (1).	ZN-1
Zona Norte Volteo (2).	ZN-2
Zona Norte General (3).	ZN-3
Zona Periférica Deslizamiento (1).	ZP-1
Zona Periférica Volteo (2).	ZP-2
Zona Periférica General (3).	ZP-3
Zona Citrícola Deslizamiento (1).	ZC-1
Zona Citrícola Volteo (2).	ZC-2
Zona Citrícola General (3).	ZC-3
Zona Sur Deslizamiento (1).	ZS-1
Zona Sur Volteo (2).	ZS-2
Zona Sur General (3).	ZS-3



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



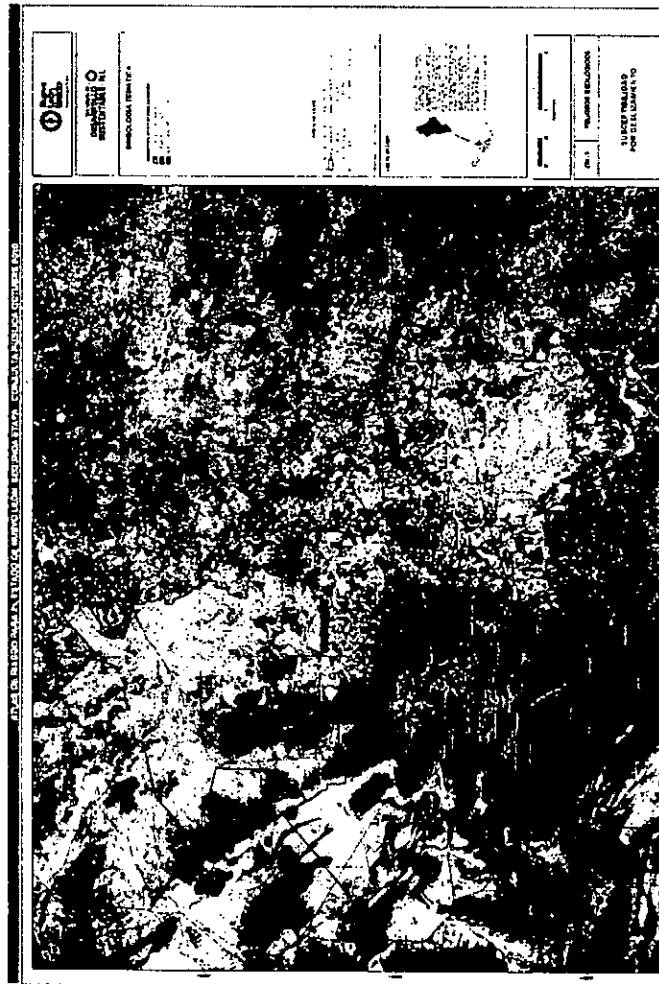



Figura 4.6.23 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Norte.

OS

sch *sk*
Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

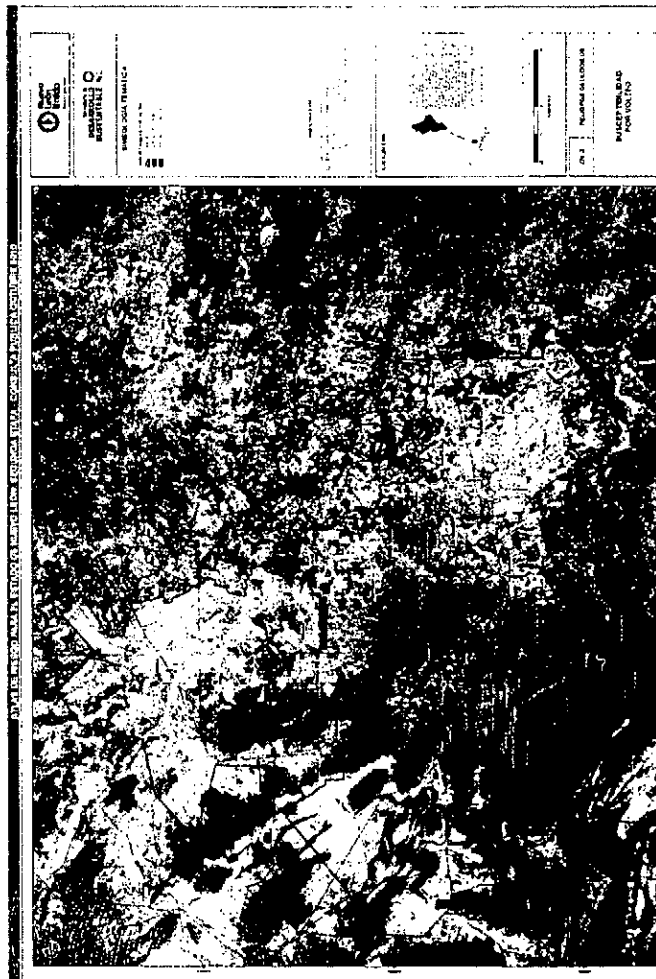


Figura 4.6.24 Susceptibilidad a volteos Zona Norte.

ad
adh *75*

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Figura 4.6.25 Susceptibilidad general Zona Norte.

CS

ad



Figura 4.6.27 Susceptibilidad a volteos Zona Periférica.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Figura 4.6.28 Susceptibilidad general Zona Periférica.

Handwritten signatures and stamps:
 - A signature that appears to be "OW".
 - A stamp of the "Secretaría de Desarrollo Sustentable NL" (Secretariat of Sustainable Development NL) with the text "Estado de Nuevo León" and "Código Postal 66000".
 - Another signature that appears to be "AS".

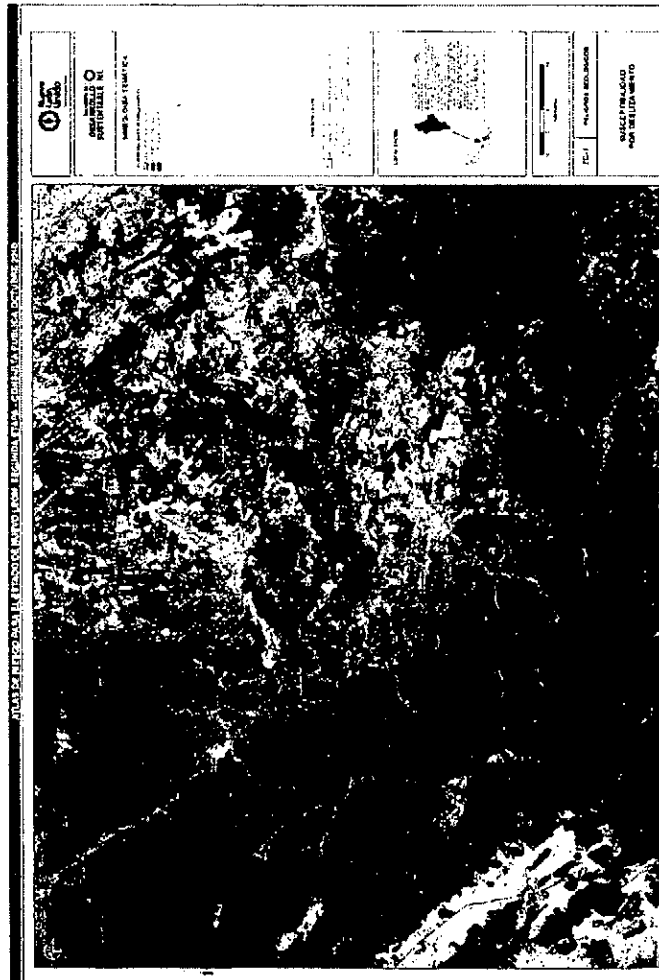


Figura 4.6.29 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Citricola.

Handwritten initials



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

Handwritten initials

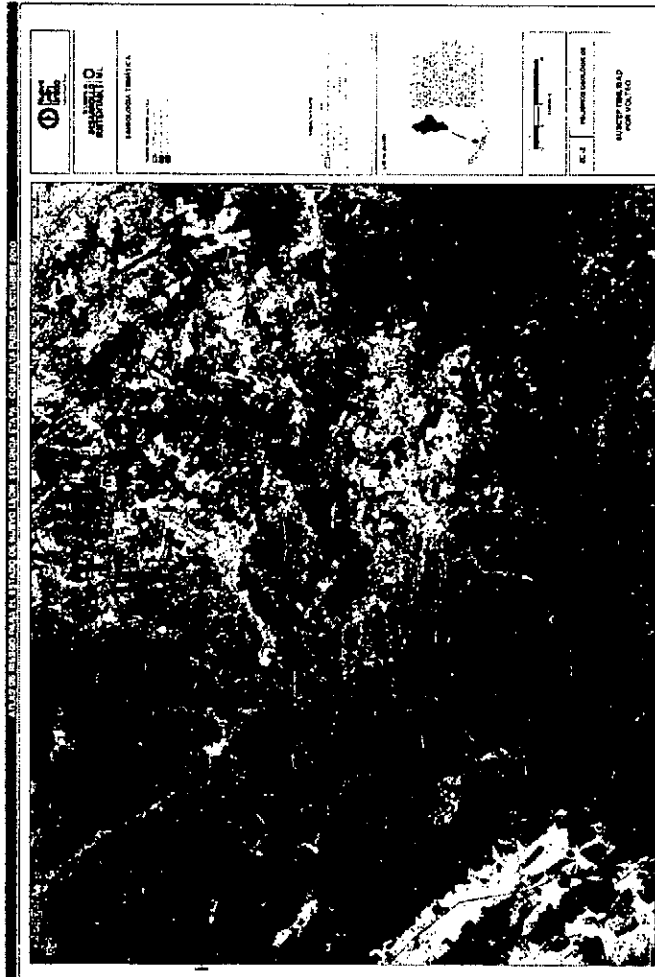


Figura 4.6.30 Susceptibilidad a volteos Zona Citrícola.

Handwritten signatures and initials:
CWS
adn
JG

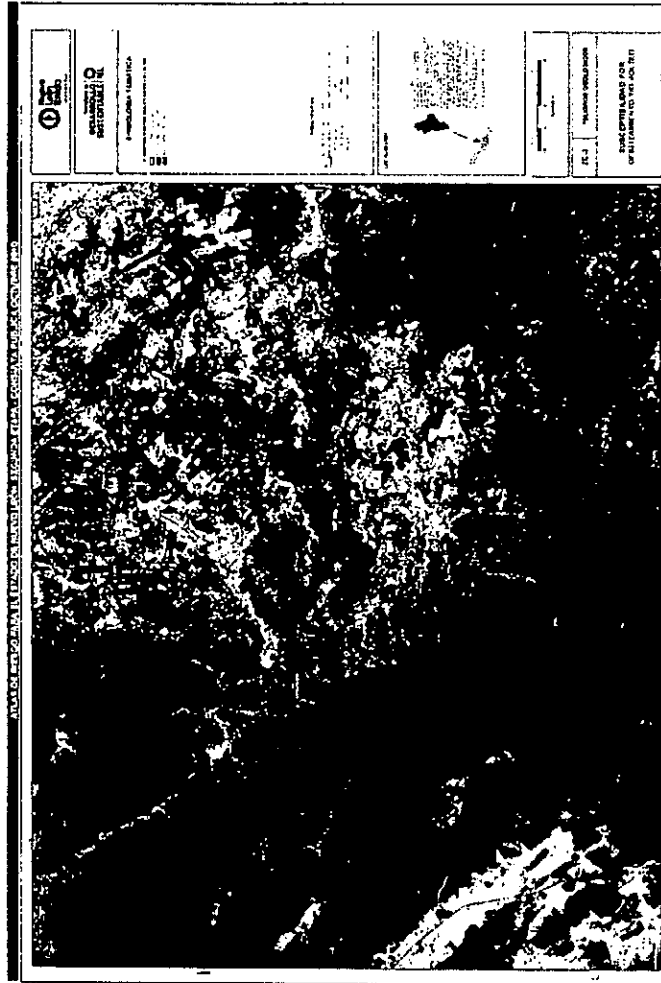


Figura 4.6.31 Susceptibilidad general Zona Citricola.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

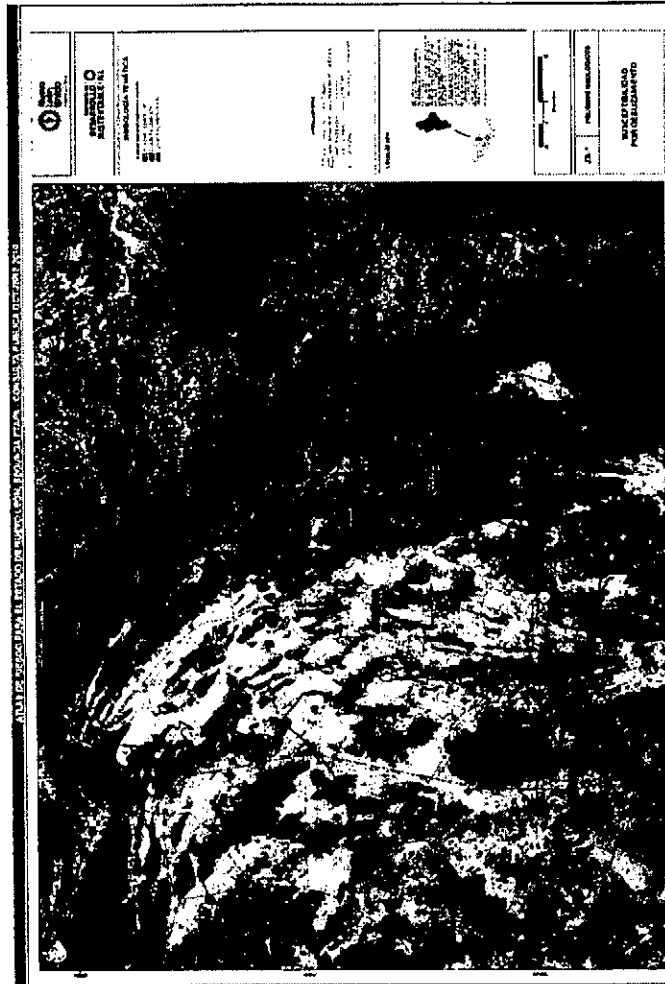


Figura 4.6.32 Susceptibilidad a deslizamientos Zona Sur.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten signature

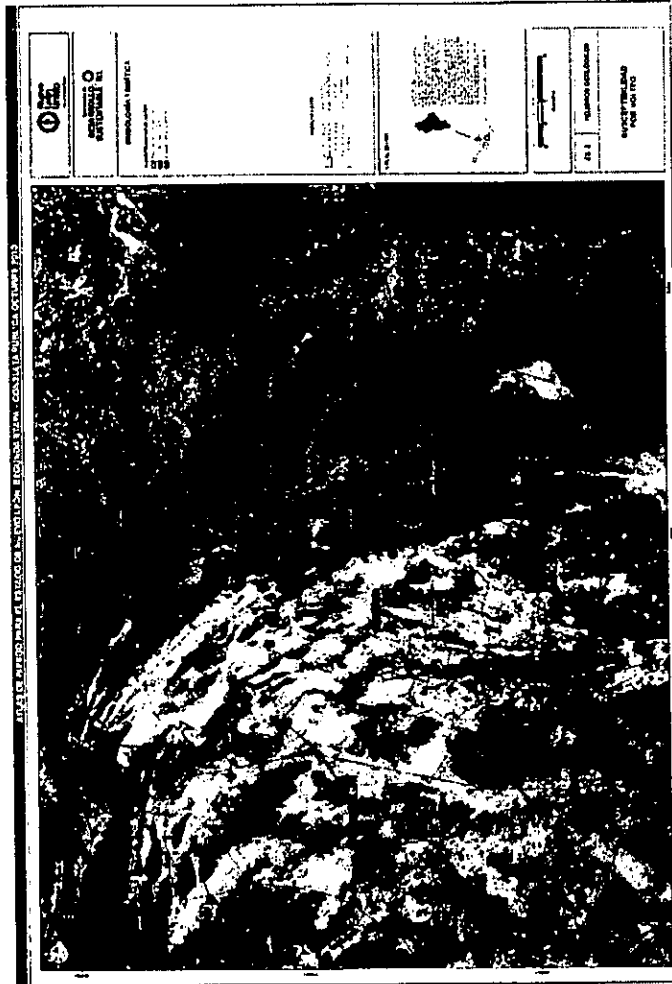


Figura 4.6.33 Susceptibilidad a volteos Zona Sur.

ms

sdh *ms*
Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

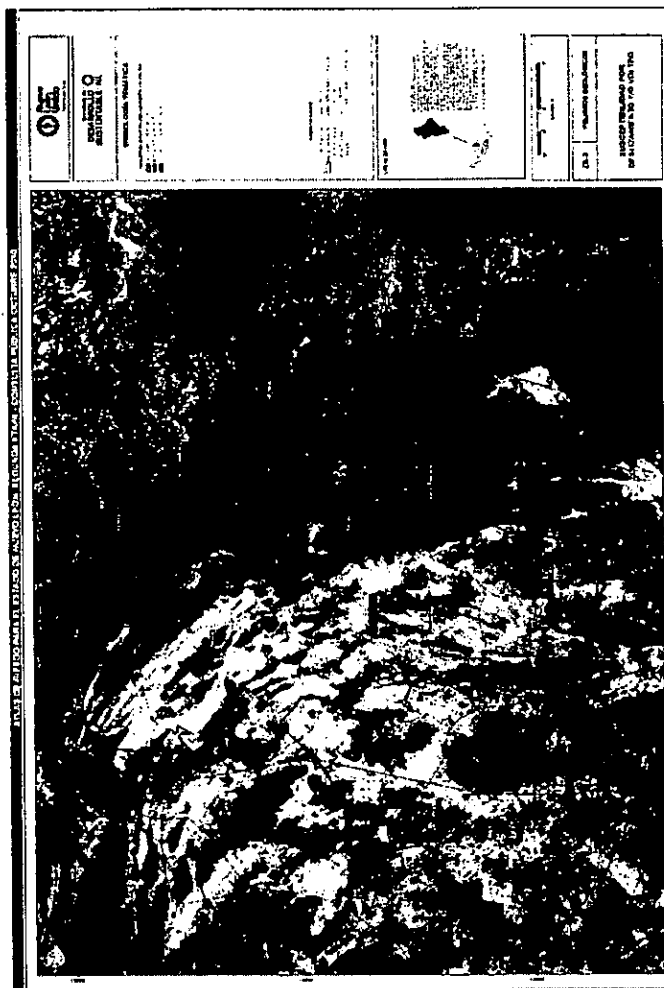


Figura 4.6.34 Susceptibilidad general Zona Sur.

Handwritten signatures and initials.



4.6.4.3 Mapas de resultados por municipio

Los peligros geológicos por procesos de remoción de masa presentes en cada municipio, se sintetizan en una ficha técnica, la cual contiene los aspectos geográficos, geológicos y morfológicos más relevantes. Asimismo, se menciona el nivel de atención requerido por cada municipio en función de sus potenciales afectaciones. Aquellos municipios en que los que no se presentan mapas de susceptibilidad obedece a que su relieve no favorece la ocurrencia de procesos de remoción de masa.

Tabla 4.6.6 Equivalencia de la pendiente en grados y en porcentaje.

Inclinación (Pendiente) en grados	Pendiente en %
2°	3.5%
10°	18%
30°	60%
45°	100%

El nivel de atención requerido se clasifica de manera cualitativa, de acuerdo a la descripción de la Tabla 3.6.7.







Tabla 4.6.7 Esquema cualitativo para establecer el nivel de atención de cada municipio.

NIVEL DE ATENCION REQUERIDO	CARACTERÍSTICAS
BAJO	<p>La zona urbanizada del municipio tiene un nivel bajo o nulo de exposición. El tipo de relieve no es favorable para la ocurrencia de los peligros geológicos.</p> <p>Las pendientes en general son suaves (menores al 27%)</p> <p>Baja energía del relieve (desniveles menores a 300 m).</p> <p>Poca densidad de disección y de fracturamiento.</p>
MEDIO	<p>La zona urbanizada del municipio se encuentra cerca de las zonas de potencial peligro.</p> <p>El tipo de relieve y de litología presente, favorecen la presencia del peligro geológico.</p> <p>Las pendientes son moderadas (menores a 58%).</p> <p>La energía del relieve es moderada (desniveles menores a 600).</p> <p>Existencia de corrientes de drenaje y algunos lineamientos.</p>
ALTO	<p>La zona urbanizada del municipio se ubica justo en las zonas de peligro o sobre la posible trayectoria de los procesos de remoción en masa, v.gr., al pie de zonas montañosas, en la base de grandes circos erosivos, en zonas de depósito aluvial.</p> <p>El tipo y estructura del relieve favorecen la ocurrencia del peligro geológico.</p> <p>Las pendientes son fuertes (menores al 100%).</p> <p>Existe alta energía del relieve (desniveles menores a 900 m).</p> <p>Presencia importante de corrientes y de lineamientos.</p> <p>Presencia de morfologías kársticas.</p>
MUY ALTO	<p>La zona urbanizada del municipio se ubica justo en las zonas de peligro o sobre la posible trayectoria de los procesos de remoción en masa, v.gr., al pie de zonas montañosas, en la base de grandes circos erosivos, en zonas de depósito aluvial.</p> <p>El tipo y estructura del relieve favorecen la ocurrencia del peligro geológico.</p> <p>Las pendientes son mayores al 100%.</p> <p>Alta energía del relieve (desniveles mayores a 900 m).</p> <p>Gran presencia de corrientes y de lineamientos.</p> <p>Presencia de morfologías kársticas.</p>

CDW



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Tabla 4.6.8 Nomenclatura para identificar los mapas de la Zona o Región Norte (ZN).

Número de municipio	Nombre de Municipio	Zona	Nomenclatura del mapa Proceso (Desplazamiento 1, Volteo 2 y General 3)
1	Lampazos de Naranjo	Norte	M1ZN-1 M1ZN-2 M1ZN-3
2	Bustamante	Norte	M2ZN-1 M2ZN-2 M2ZN-3
3	Villaldama	Norte	M3ZN-1 M3ZN-2 M3ZN-3
4	Sabinas Hidalgo	Norte	M4ZN-1 M4ZN-2 M4ZN-3
5	Vallecillo	Norte	M5ZN-1 M5ZN-2 M5ZN-3
6	Agualeguas	Norte	M6ZN-1 M6ZN-2 M6ZN-3
7	Cerralvo	Norte	M7ZN-1 M7ZN-2 M7ZN-3
8	Los Ramones	Norte	M8ZN-1 M8ZN-2 M8ZN-3

QAS



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

sch

ck

Tabla 4.6.9 Nomenclatura para identificar los mapas de la Zona o Región Periférica (ZP).

Número de municipio	Nombre de Municipio	Zona	Nomenclatura del mapa
1	Mina	Periférica	M1ZP-1 M1ZP-2 M1ZP-3
2	Salinas Victoria	Periférica	M2ZP-1 M2ZP-2 M2ZP-3
3	Hidalgo	Periférica	M3ZP-1 M3ZP-2 M3ZP-3
4	Higueras	Periférica	M4ZP-1 M4ZP-2 M4ZP-3
5	Marín	Periférica	M5ZP-1 M5ZP-2 M5ZP-3
6	Dr. González	Periférica	M6ZP-1 M6ZP-2 M6ZP-3
7	Cadereyta Jiménez	Periférica	M7ZP-1 M7ZP-2 M7ZP-3
8	Santiago	Periférica	M8ZP-1 M8ZP-2 M8ZP-3

AW



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

zh

ku



Tabla 4.6.10 Nomenclatura para identificar los mapas de la Zona Citrícola (ZC).

Número de municipio	Nombre de Municipio	Zona	Nomenclatura del mapa
1	Rayones	Citrica	M1ZC-1 M1ZC-2 M1ZC-3
2	Allende	Citrica	M2ZC-1 M2ZC-2 M2ZC-3
3	Montemorelos	Citrica	M3ZC-1 M3ZC-2 M3ZC-3
4	Linares	Citrica	M4ZC-1 M4ZC-2 M4ZC-3



 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL


Tabla 4.6.11 Nomenclatura para identificar los mapas de la Zona Altiplano y Sierra o Sur (ZS).

Numero de municipio	Nombre de Municipio	Zona	Nomenclatura del mapa
1	Galeana	Sur	M1ZS-1 M1ZS-2 M1ZS-3
2	Iturbide	Sur	M2ZS-1 M2ZS-2 M2ZS-3
3	Dr. Arroyo	Sur	M3ZS-1 M3ZS-2 M3ZS-3
4	Aramberri	Sur	M4ZS-1 M4ZS-2 M4ZS-3
5	General Zaragoza	Sur	M5ZS-1 M5ZS-2 M5ZS-3
6	Mier y Noriega	Sur	M6ZS-1 M6ZS-2 M6ZS-3

aw

 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
sdh *RG*



Región o Zona Norte

Lampazos de Naranjo	
Características geográficas	Extensión: 4 020.2 Km ² Temperatura media: 23 °C. Precipitación media anual: 560 mm Población total: 4 428 habitantes
Rasgos geológicos	Las litologías aflorantes son: Lutita-arenisca, caliza-lutita, lutita, conglomerados y depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	Predomina el relieve suave, resaltando la presencia de la Sierra de Lampazos. El drenaje es denso, de tipo dendrítico y paralelo, favorecido por la presencia de material aluvial y conglomerados.
Rasgos estructurales	La sierra de Lampazos, es un anticlinal formado por caliza en la parte central y por caliza-lutita en los flancos. Esta elevación montañosa está curvada, pues su orientación es N30W en sus extremos y N-S en su parte central. Presenta circos de erosión, mismos que controlan los escurrimientos.
Peligros geológicos	En la zona plana existe el potencial para el desarrollo de karsticidad. Posibles flujos de detritos que podrían canalizarse hacia la zona urbana.
Nivel de atención requerido	ALTO. El municipio se localiza en el piedemonte de la Sierra de Lampazos, donde podrían generarse grandes avenidas y flujos de detritos.







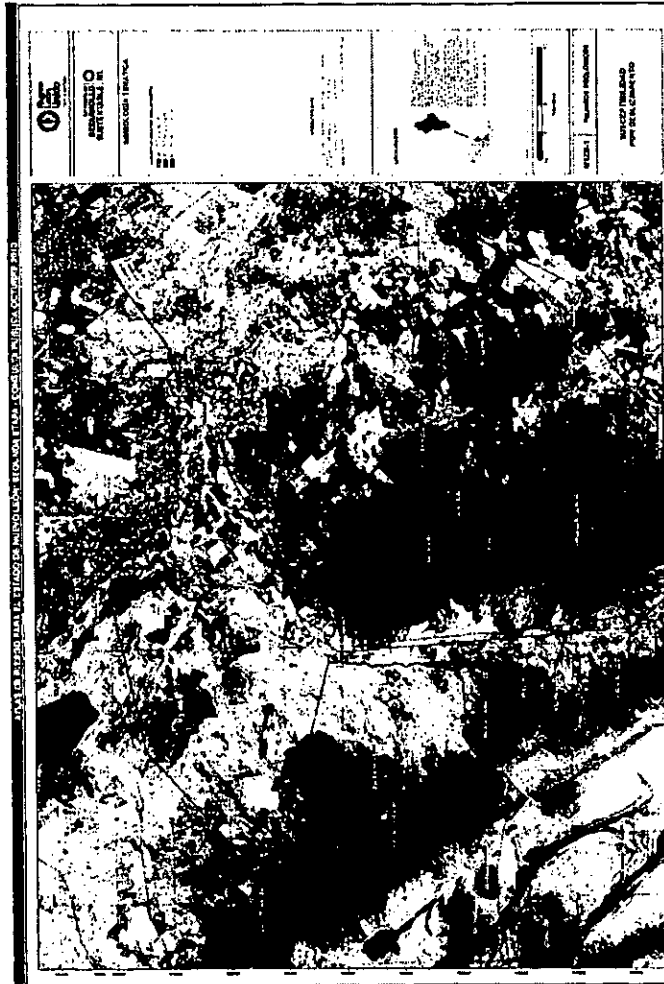


Figura 4.6.35 Mapa M1ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Can
sch



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

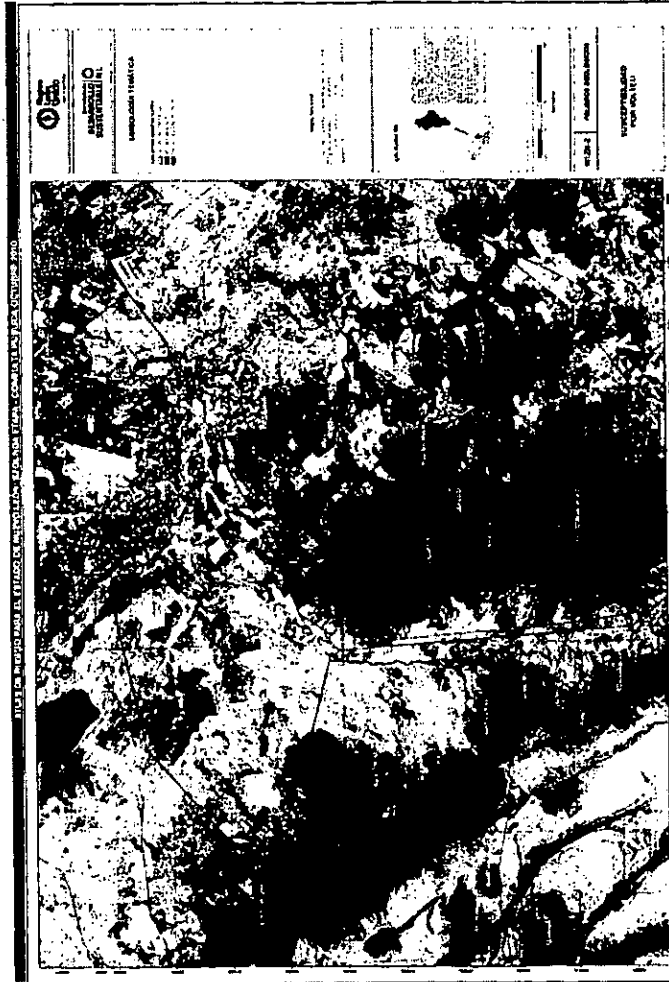


Figura 4.6.36 Mapa M1ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

OH



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

sd

sc

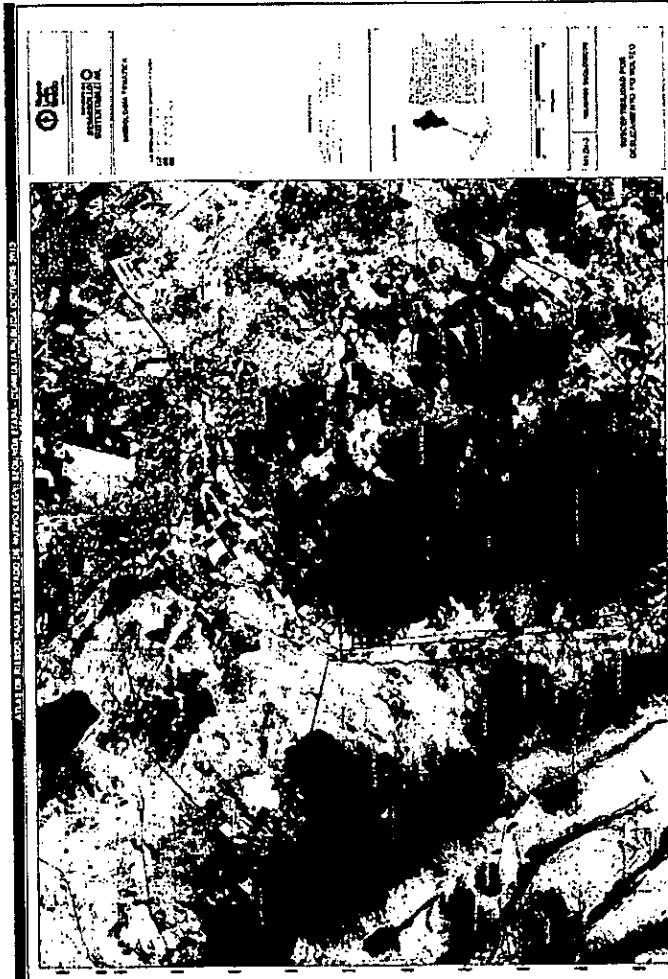


Figura 4.6.37 Mapa M1ZN-3 Susceptibilidad general.

aw



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

sed

76



Bustamante	
Características geográficas	Extensión: 558 Km ² Temperatura media: 21 °C. Precipitación media anual: 400 a 720 mm Población total: 3 326 habitantes.
Rasgos geológicos	Se encuentra un anticlinal que conforma la Sierra la Morena y la sierra de Bustamante. Litológicamente, el anticlinal está compuesto de caliza en su parte central y de caliza-lutita en la periferia, aunque ésta última alcanza a aflorar en la parte más alta de la estructura. En la planicie existen depósitos aluviales y conglomerados. Hacia la parte norte afloran rocas ígneas intrusivas ácidas, en el Cerro Boludo, donde hay actividades de explotación minera.
Rasgos morfológicos	Contrasta el relieve suave de la planicie (con pendientes menores al 30% y alturas relativas menores a 300 m) con el relieve escarpado de la zona montañosa (alcanza pendientes mayores al 100% y con alturas de 600 hasta 900 m), especialmente en la zona conocida como cañón de Bustamante, que conforma un escarpe con procesos de remoción asociados. El drenaje es de tipo dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	La falla lateral derecha "El Salado" corta a la estructura anticlinal de la sierra de Bustamante, controlando así el drenaje que atraviesa esta estructura. Asociados al anticlinal existen circos de erosión y fracturas que conforman escarpes en las partes altas.
Peligros geológicos	PRM en las partes altas y escarpadas, principalmente volteo de bloques. Karsticidad en la zona montañosa.
Nivel de atención requerido	ALTO. La zona urbana se encuentra en el piedemonte del anticlinal, es decir en la zona de depósito, y donde podrían presentarse potenciales flujos y grandes avenidas.

WH



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

ad

AG



Figura 4.6.38 Mapa M22N-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

car

ed



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

76



Figura 4.6.38 Mapa M2ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signatures and initials, including 'ad' and '76'.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Figura 4.6.40 Mapa M2ZN-3 Susceptibilidad general.

pw
ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Villaldama	
Características geográficas	Extensión: 870.5 Km ² Temperatura media: 25 °C. Precipitación media anual: 500 mm Población total: 4 105 habitantes.
Rasgos geológicos	Este municipio se encuentra rodeado de tres estructuras anticlinales: la sierra de Bustamante, Sierra Milpillas y Puerto el Dieciocho. Las litologías aflorantes son: caliza y caliza-lutita, en las estructuras plegadas y depósitos aluviales en la planicie aluvial.
Rasgos morfológicos	En la planicie y piedemonte predominan las pendientes suaves (del orden de 18%) y en las partes montañosas hay pendientes mayores al 100%, principalmente en cabeceras de circos de erosión. Las alturas relativas en la planicie son menores a 300 m y en las zonas montañosas alcanzan valores de hasta 750 m. Hay predominio de drenaje dendrítico.
Rasgos estructurales	Presencia de circos de erosión así como de fracturamiento en las partes altas asociado a los ejes de pliegues.
Peligros geológicos	La zona urbana se localiza sobre la planicie aluvial, donde se descarga el material de arrastre de las sierras que la rodean. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas. PRM, tales como volteo y deslizamiento en las zonas altas y escarpadas.
Nivel de atención requerido	ALTO. Se deberá prestar atención a los cauces que cruzan la zona urbana por el potencial de presentar flujos en los cauces. Las zonas propensas a presentar PRM, se encuentran alejadas del área urbana, aunque pueden existir problemas locales a escala de afloramiento, principalmente en cortes carreteros.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

Handwritten signature

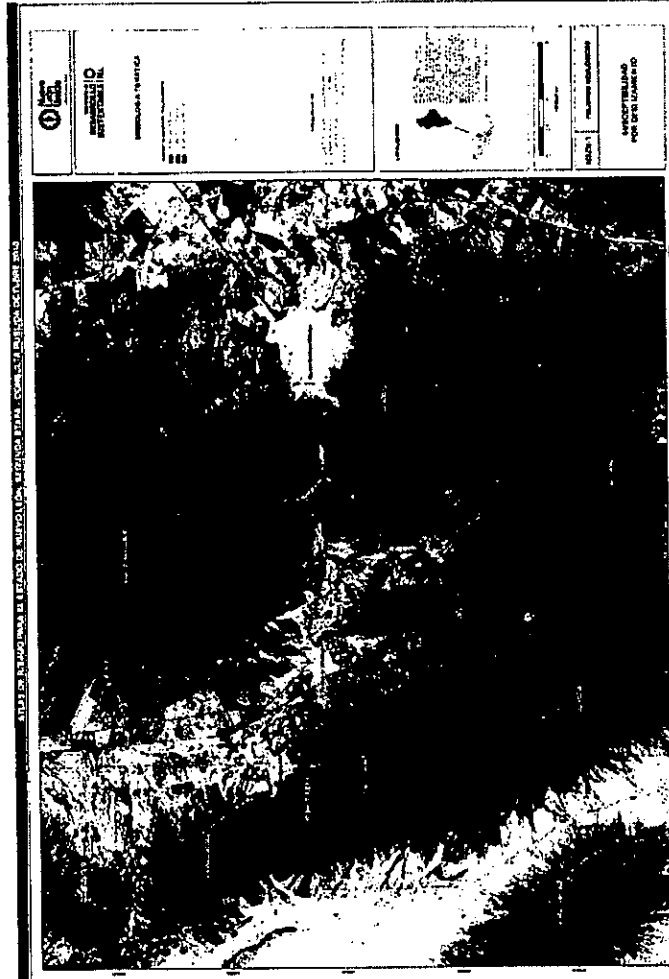


Figura 4.6.41 Mapa M3ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos

Handwritten signatures and initials, including 'COW' and 'ad'.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

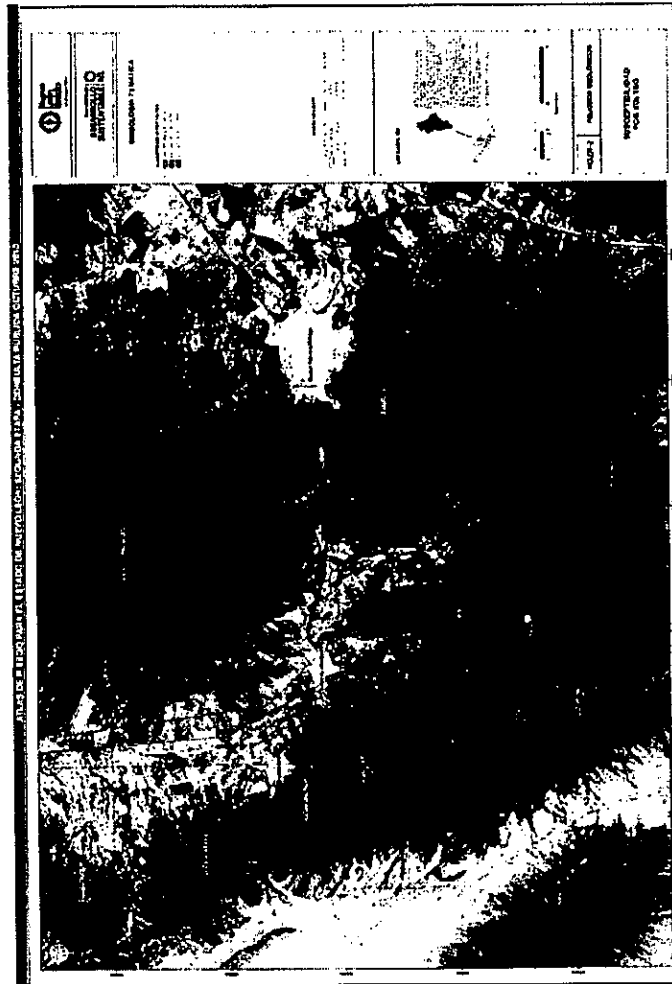


Figura 4.6.42 Mapa M3ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

com

adh



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

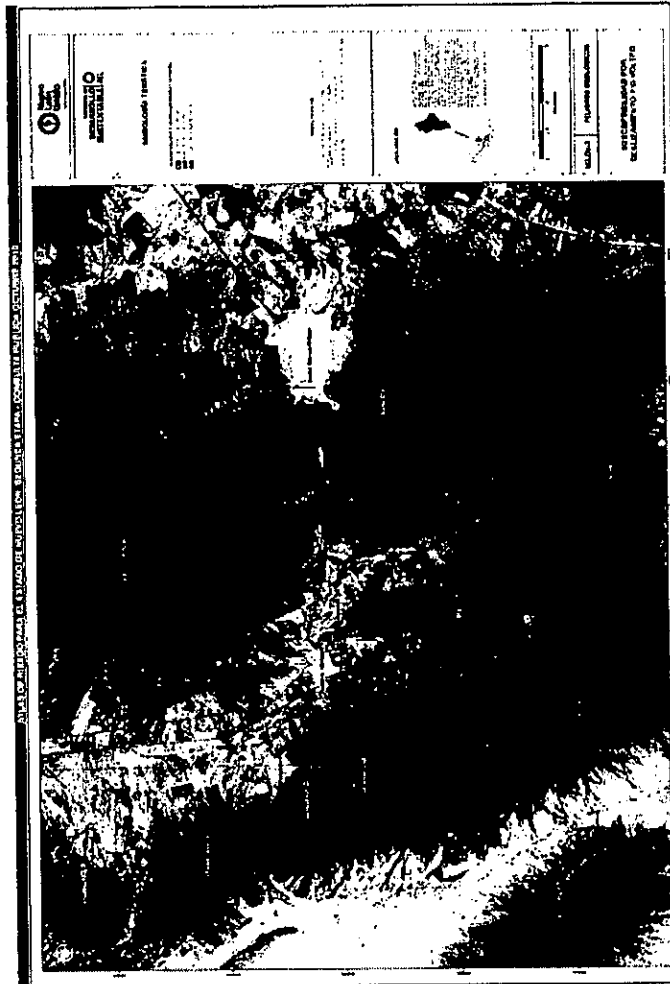


Figura 4.6.43 Mapa M3ZN-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Sabinas Hidalgo	
Características geográficas	Extensión: 1 661.6 Km2 Temperatura media: 28 °C. Precipitación media anual: 340 a 700 mm Población total: 32 040 habitantes.
Rasgos geológicos	El anticlinal que conforma la sierra de Lampazos se extiende hasta este municipio. Las litologías que afloran son: caliza, caliza-lutita, lutita, depósitos aluviales, conglomerados. Al sur del municipio aflora una parte del anticlinal Picacho, donde existen rocas ígneas intrusivas intermedias.
Rasgos morfológicos	Existe una gran planicie formada por depósitos aluviales y conglomerados, con pendientes menores al 10%. En la zona montañosa, predominan las pendientes del 60%, aunque en sitios muy localizados se tienen mayores al 100%. Las alturas relativas máximas son del orden de 300 a 400 m. El drenaje es dendrítico en las partes montañosas y en la planicie tiene un arreglo en paralelo.
Rasgos estructurales	En las zonas montañosas hay presencia de circos de erosión así como de fracturas asociadas a las estructuras plegadas (Sierra de Lampazos, Lomerio del Vallecillo y Sierra el Picacho).
Peligros geológicos	PRM en las zonas altas y escarpadas. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas hacia la zona urbana.
Nivel de atención requerido	MEDIO. El río Sabinas cruza la zona urbana del municipio, por lo que deberá ser monitoreado así como la infraestructura civil cercana.



Figura 4.6.44 Mapa M4ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos

Handwritten signatures and initials: 'ad' and 'R'.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Figura 4.6.45 Mapa M4ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

aw

ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

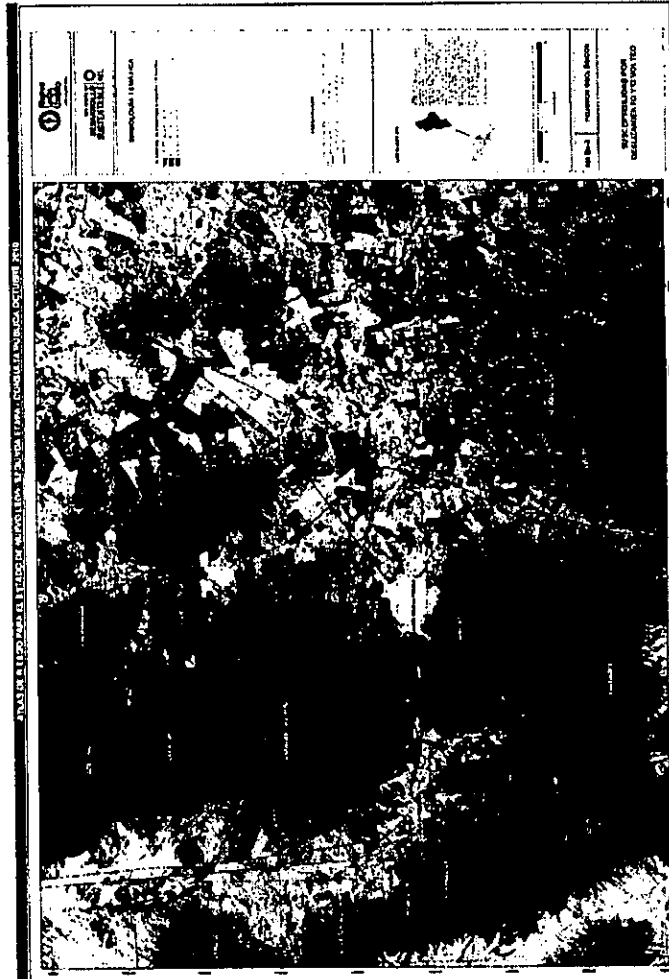


Figura 4.6.46 Mapa M4ZN-3 Susceptibilidad general.

OW

ad



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



Vallecillo	
Características geográficas	Extensión: 1 859.9 Km ² Temperatura media: 23 °C. Precipitación media anual: 580 mm Población total: 1859 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías aflorantes son: conglomerados y depósitos aluviales, lutitas y caliza-lulita.
Rasgos morfológicos	Predomina una gran planicie aluvial donde se concentran los conglomerados y depósitos aluviales. En general la pendiente es suave, menor al 30% en la planicie y menor al 60% en la zona montañosa. Las alturas relativas no sobrepasan los 300m, lo que indica una baja energía del relieve. El drenaje es de tipo dendrítico, principalmente.
Rasgos estructurales	Presencia del anticlinal que conforma los lomeríos de Vallecillos y la zona mineralizada. Existen círcos de erosión y fracturamiento asociado al anticlinal Vallecillos.
Peligros geológicos	PRM en las partes montañosas, asociados a la litología intercalada. Posibles flujos y grandes avenidas.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se deberá prestar atención a las corrientes de agua cercanas a la zona urbanizada. Existe bajo potencial de impacto por PRM.

CPW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

sdh *de*



Figura 4.6.47 Mapa M5ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten initials: OS

Handwritten signature: ad



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

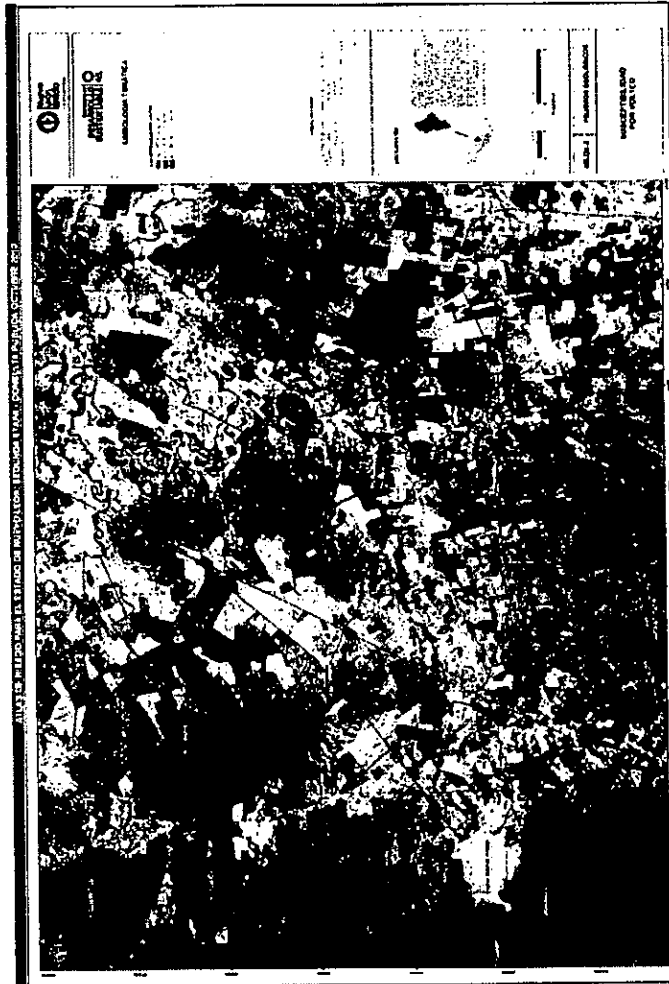


Figura 4.6.48 Mapa M5ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten initials



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten initials

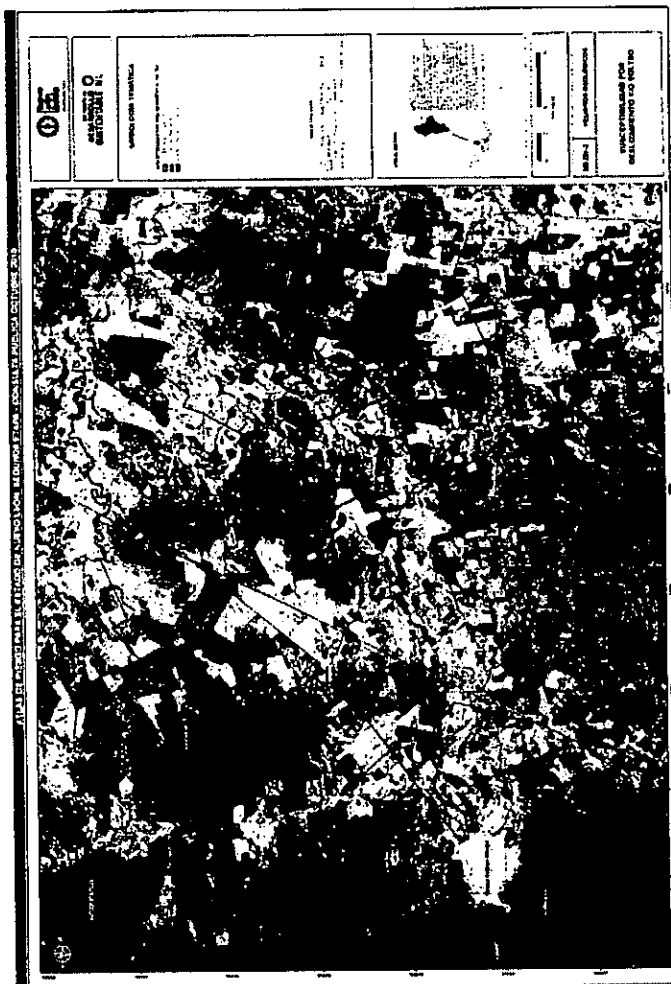


Figura 4.6.49 Mapa M5ZN-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signature



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten initials



Agualeguas	
Características geográficas	Extensión: 917.6 Km ² Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: 484 mm Población total: 3 537 habitantes.
Rasgos geológicos	Una porción del municipio se ubica sobre La zona mineralizada el Picacho, que consiste en un anticlinal formado por caliza en su núcleo y caliza-lutita en la periferia, con presencia de cuerpos ígneos intrusivos de composición ácida e intermedia. La planicie está conformada por depósitos aluviales, conglomerados y lutita-arenisca. La zona urbana se encuentra asentada sobre el anticlinal Agualeguas, mismo que se encuentra muy erosionado.
Rasgos morfológicos	El relieve en general es suave. En la planicie se presentan pendientes menores al 10% y alturas relativas menores a los 300 m. La zona montañosa alcanza pendientes del 70% y alturas relativas del orden de 300 m. El drenaje es de tipo dendrítico principalmente en la zona montañosa y paralelo en la planicie.
Rasgos estructurales	Presencia de circos de erosión y fracturamiento en la zona del anticlinal Picacho.
Peligros geológicos	Presencia de PRM en la zona montañosa, tales como deslizamiento y volteo. Sin embargo su afectación sobre la zona urbana del municipio es nula.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se debe prestar atención a los cauces que atraviesan la zona urbana, ante posibles grandes avenidas.



 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

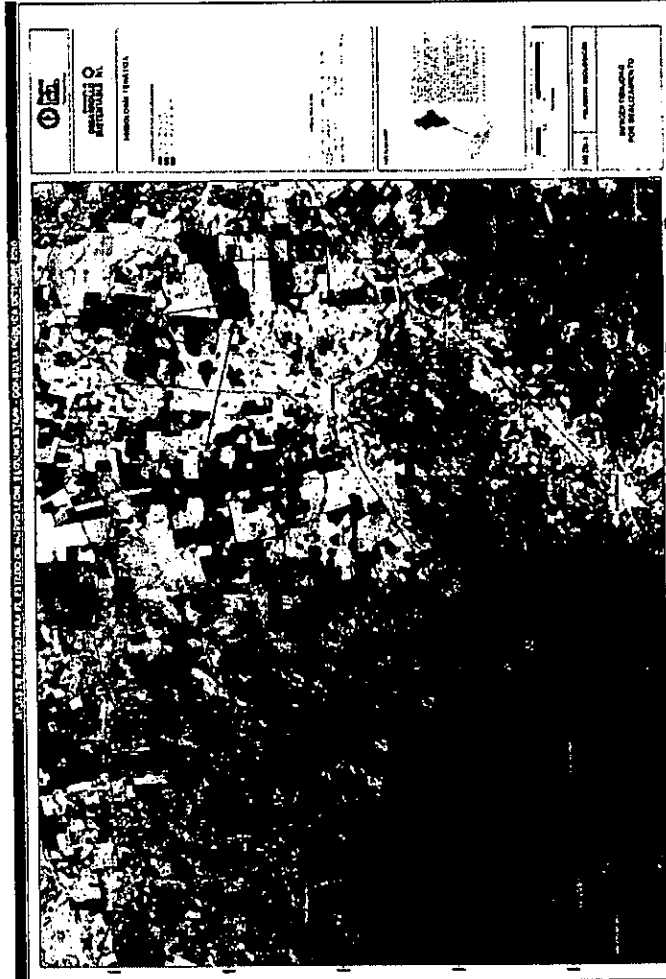



Figura 4.6.50 Mapa M6ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

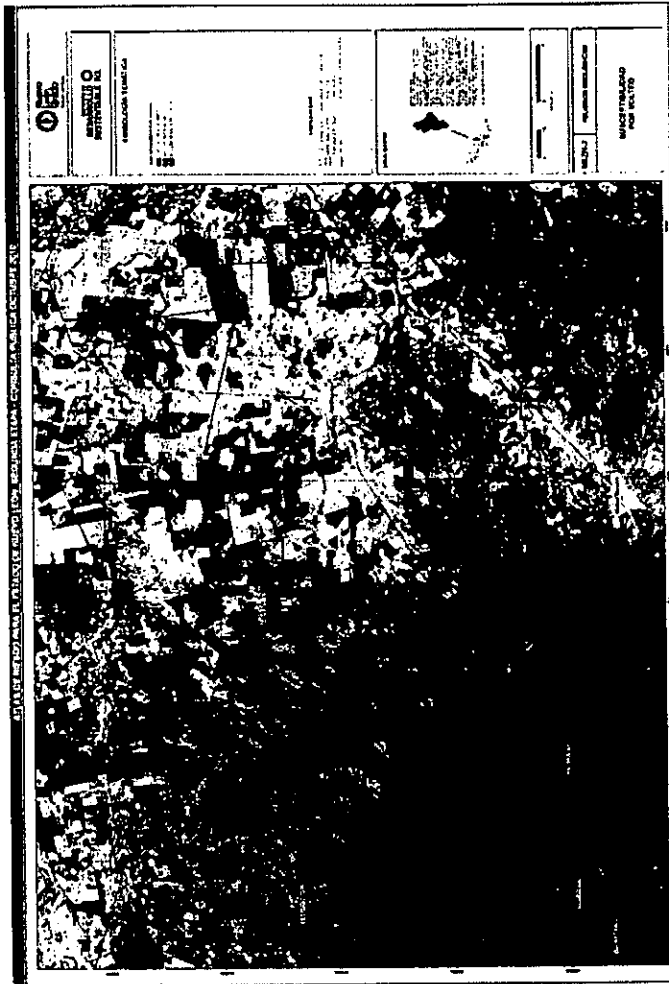


Figura 4.6.51 Mapa M6ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

CR



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

sd

re

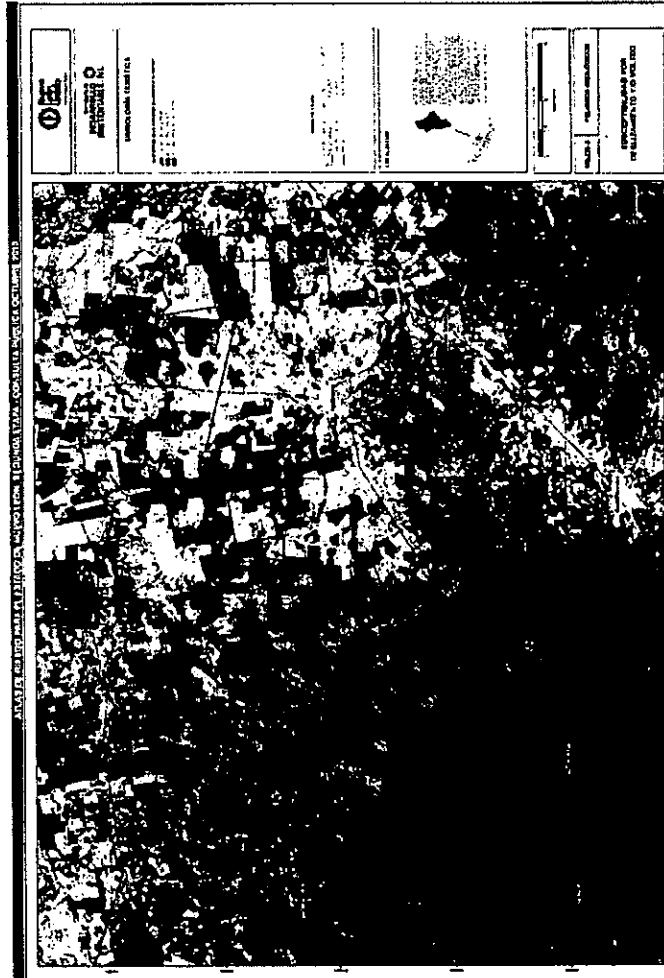


Figura 4.6.52 Mapa M6ZN-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten initials



Cerralvo	
Características geográficas	Extensión: 949.8 Km ² Temperatura media: 28 °C. Precipitación media anual: 582 mm Población total: 8 009 habitantes.
Rasgos geológicos	Gran parte del municipio se asienta sobre el anticlinal El Picacho, conocido por su explotación minera. Este anticlinal está formado por caliza en su núcleo y caliza-lutita en la periferia, con presencia de cuerpos ígneos intrusivos de composición ácida e intermedia en los extremos norte y sur. La planicie está compuesta de conglomerados, depósitos aluviales, lutita y lutita-arenisca.
Rasgos morfológicos	Contrastan dos tipos de relieve, en la planicie las pendientes son menores al 18% y las alturas relativas son menores a 100 m. La zona montañosa, que corresponde a la zona mineralizada El Picacho, presenta pendientes mayores al 100%, principalmente en las zonas altas y escarpadas y alturas relativas del orden de los 400 m. El drenaje es denso y de tipo dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	Resaltan muchos circos de erosión en el anticlinal Picacho mismos que controlan los escurrimientos hacia las partes bajas. En la parte central existe fracturamiento asociado al eje del pliegue.
Peligros geológicos	PRM en la zona montañosa, principalmente volteo asociado a las rocas calizas e ígneas intrusivas y deslizamientos asociados a la caliza-lutita. Posibles flujos y grandes avenidas hacia la zona urbanizada aunque con bajo potencial de impacto.
Nivel de atención requerido	MEDIO. Aunque existe un bajo grado de exposición de la zona urbana (Ciudad Cerralvo) ante los PRM, ésta se encuentra sobre la planicie aluvial. Se deben monitorear las corrientes cercanas al municipio para prevenir inundaciones. Las áreas de explotación minera pueden tener problemas de estabilidad local.



Figura 4.6.53 Mapa M7ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

car

ad



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

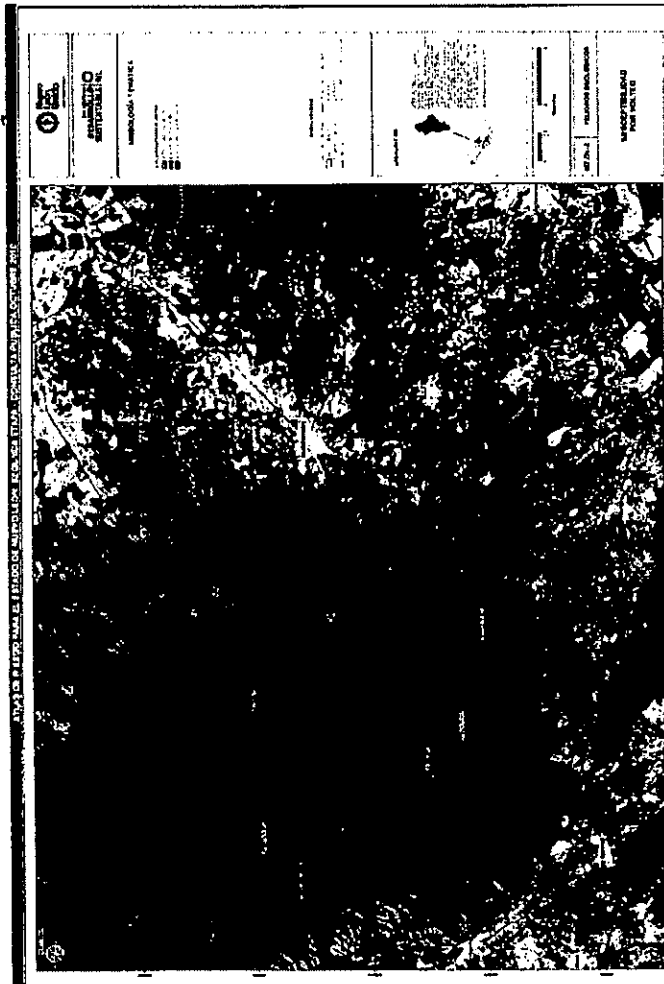


Figura 4.6.54 Mapa M7ZN-2 Susceptibilidad a volteos.

aw



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

ad

7c

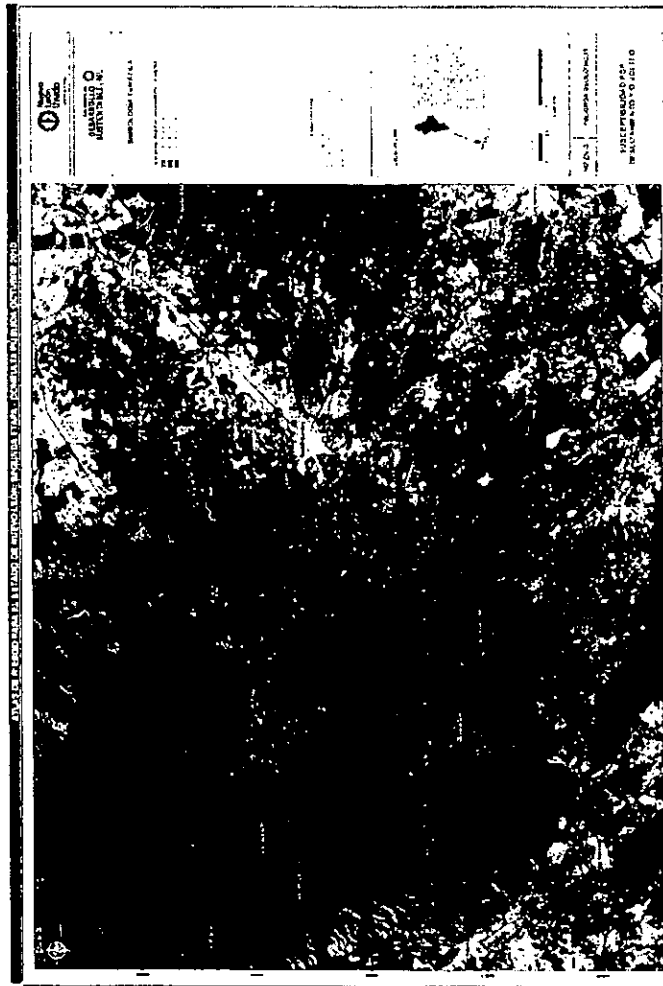


Figura 4.6.55 Mapa M7ZN-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



Los Ramones	
Características geográficas	Extensión: 1 378.8 Km ² Temperatura media: 12 a 18 °C. Precipitación media anual: 600 mm Población total: 6 227 habitantes.
Rasgos geológicos	En la parte plana afloran depósitos aluviales, conglomerados, lutita-arenisca, lutita y en la zona montañosa aflora caliza y caliza-lutita.
Rasgos morfológicos	Predomina el relieve suave y disectado por corrientes fluviales. La pendiente en la parte plana alcanza valores del 30% y las alturas relativas no superan los 100 m. La zona montañosa corresponde con la sierra de Papagayo, donde la pendiente alcanza valores de 70% y alturas relativas de hasta 300 m. El tipo de drenaje es dendrítico, favorecido por la presencia de material aluvial.
Rasgos estructurales	Resalta la presencia del anticlinal Papagayos, el cual es afectado por fallas laterales. A esta estructura hay asociados circos de erosión y fracturamiento en las partes altas.
Peligros geológicos	Existe el potencial de que se generen PRM en la zona montañosa, sin embargo las pendientes son moderadas y no se alcanzan alturas relativas importantes que favorezcan remociones con gran energía.
Nivel de atención requerido	BAJO. La zona urbana se encuentra alejada de la zona montañosa. Se debe monitorear el comportamiento de las corrientes cercanas a la zona urbana para prevenir grandes avenidas e inundaciones.



 Secretario de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

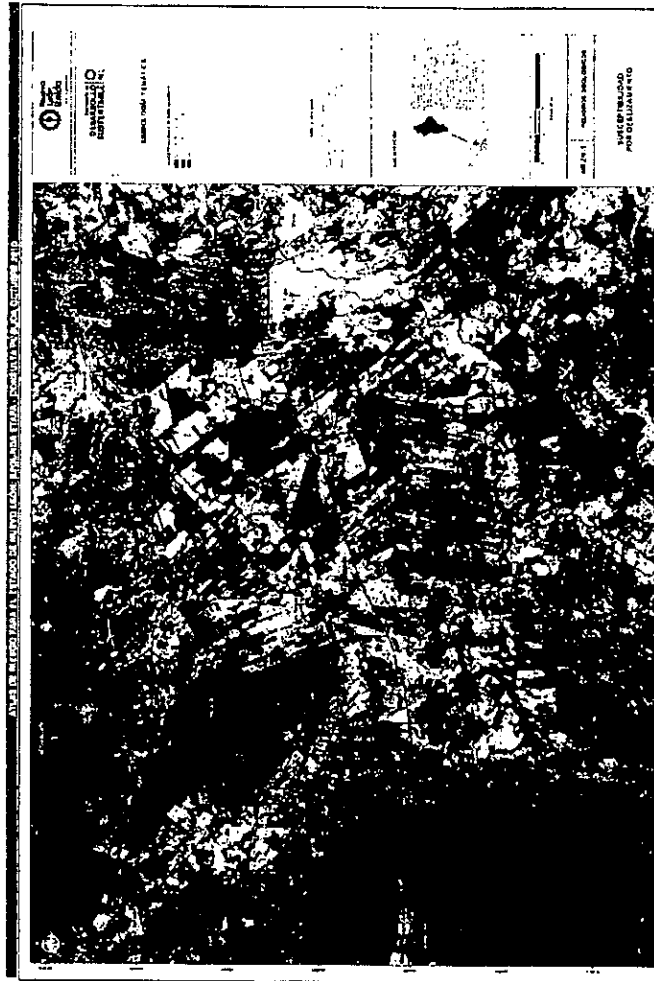



Figura 4.6.56 Mapa M8ZN-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**



Figura 4.6.57 Mapa M8ZN-2 Susceptibilidad a voltcos.

CS
ed



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

76



Figura 4.6.58 Mapa M8ZN-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Anáhuac	
Características geográficas	Extensión: 4 121.4 Km ² Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: 75 mm Población total: 17 983 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías aflorantes son: lutita, lutita-arenisca, conglomerados y depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	En general el tipo de relieve es suave. Existe una red de drenaje dendrítico bien desarrollado, favorecido por el predominio de material granular. Existen diversos cuerpos de agua. El drenaje es denso con un patrón dendrítico. Existe drenaje interno y subterráneo asociado a la morfología endokárstica.
Rasgos estructurales	Hacia la parte SW del municipio se reporta una falla lateral izquierda con rumbo N70°W, misma que podría controlar el flujo subterráneo de agua así como la alineación de dolinas.
Peligros geológicos	Karsticidad, manifestada por la presencia de dolinas. El relieve no favorece la ocurrencia de PRM.
Nivel de atención requerido	MEDIO. Se requiere inspeccionar y cartografiar las dolinas en la zona así como hacer estudios geofísicos para detección de cavidades en zonas urbanizadas. No existen problemas por procesos de remoción en masa. Se recomienda el monitoreo de los cauces cercanos a la zona urbana para prevenir grandes avenidas e inundaciones.



 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL


Melchor Ocampo	
Características geográficas	Extensión: 223.2 Km ² Temperatura media: 24 °C. Precipitación media anual: 600 mm Población total: 1 052 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son lutita-arenisca, lutita, depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	El municipio se localiza sobre una planicie aluvial, donde el relieve es suave. Las pendientes máximas son del 26 %, pero en general son menores del 17 %. Las alturas relativas máximas no exceden los 100 m, lo que indica una baja energía del relieve. El drenaje es denso y de tipo dendrítico.
Rasgos estructurales	No existen rasgos estructurales importantes.
Peligros geológicos	Posibles grandes avenidas y flujos a través de los cauces.
Nivel de atención requerido	BAJO. El relieve no favorece la ocurrencia de PRM. Se recomienda el monitoreo de los cauces cercanos a la zona urbana para prevenir grandes avenidas.


 **Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL**
 



Parás	
Características geográficas	Extensión: 992 Km2 Temperatura media: 20 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 950 habitantes.
Rasgos geológicos	El relieve es suave, las litologías aflorantes son: lutita-arenisca, lutita, depósitos aluviales y conglomerados. No existen zonas montañosas y en general las alturas relativas no superan los 300 m.
Rasgos morfológicos	Esta región consiste de una gran planicie aluvial, con baja energía del relieve. El drenaje es de tipo dendrítico. Resaltan los ríos el Álamo, que pasa por la zona urbana, y los ríos Los Cavazos y Río Sabinás. Al norte del municipio existen diversos cuerpos de agua.
Rasgos estructurales	Al norte de la zona urbana del municipio existen estructuras sinclinales muy erosionadas que prácticamente han desaparecido del relieve.
Peligros geológicos	En casos extraordinarios, posibles flujos canalizados en las corrientes y grandes avenidas.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se deberá poner atención en los cauces que confluyen hacia la zona urbana y prevenir posibles inundaciones o flujos de detritos. No existe peligro por PRM.

COEF

 Secretario de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL
[Handwritten signature] *[Handwritten mark]*

General Treviño	
Características geográficas	Extensión: 391.8 Km2 Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: 500 mm Población total: 1 476 habitantes.
Rasgos geológicos	El municipio se asienta sobre una planicie aluvial, donde en general afloran conglomerados, lutita-arenisca y depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	En general el relieve es suave, con predominio de pendientes menores al 10 % y alturas relativas menores a 300 m. El drenaje es de tipo dendrítico.
Rasgos estructurales	No existen rasgos estructurales importantes.
Peligros geológicos	Posibles flujos y grandes avenidas.
Nivel de atención requerido	BAJO. En general no existen peligros de consideración. Se deben monitorear los cauces que pasan cerca de la zona urbana, para prevenir grandes avenidas o posibles flujos canalizados. No existe peligro por PRM.

OW
[Signature]



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

101



Los Aldama	
Características geográficas	Extensión: 778.7 Km ² Temperatura media: 25-27 °C. Precipitación media anual: 300 a 600 mm Población total: 1 675 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son básicamente lutita-arenisca y conglomerados.
Rasgos morfológicos	El relieve en general es suave, con pendientes menores al 18%. La altura relativa es menor a 100 m, indicando baja energía del relieve.
Rasgos estructurales	No existen rasgos estructurales de consideración. La erosión prácticamente ha borrado las estructuras plegadas en esta zona.
Peligros geológicos	No hay PRM que afecten a la zona urbana. Posibles avenidas o desbordamiento de los cauces.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se debe monitorear el comportamiento de las corrientes cercanas a la zona urbana para prevenir grandes avenidas e inundaciones.



 Secretario de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Doctor Coss	
Características geográficas	Extensión: 664.6 Km ² Temperatura media: 24 a 44 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 1 639 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son básicamente lutita-arenisca, depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	Se localiza en una planicie aluvial. El relieve es suave, con pendientes menores al 18 % y alturas relativas menores a los 100 m. El drenaje es poco integrado.
Rasgos estructurales	No existen rasgos estructurales de consideración. La erosión prácticamente ha borrado las estructuras plegadas en esta zona.
Peligros geológicos	No existen PRM que pudieran afectar la zona urbana. Posibles grandes avenidas e inundaciones en las corrientes cercanas a la zona urbana.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se debe monitorear el comportamiento de las corrientes cercanas a la zona urbana para prevenir grandes avenidas e inundaciones.

aw

 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**
ad *NL*

103



Los Herreras	
Características geográficas	Extensión: 421.6 Km ² Temperatura media: 24 °C. Precipitación media anual: 500 mm Población total: 1 877 habitantes
Rasgos geológicos	Se asienta sobre una planicie aluvial, donde las litologías que afloran son: lutita, lutita-arenisca, conglomerados y depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	El relieve es suave, con pendientes menores al 18 % y en puntos muy localizados son del orden del 30 %. Las alturas relativas son menores a 100 m, indicando baja energía del relieve. El drenaje es denso e integrado, con un patrón dendrítico.
Rasgos estructurales	Existe una falla lateral derecha, sepultada, que tiene un control sobre el Río Pesquería mismo que pasa por la zona urbana. Se menciona el anticlinal Cuchillo-San Juan de Vaquerías, mismo que es desplazado por fallas laterales derechas; sin embargo su expresión en el relieve es mínima.
Peligros geológicos	No se identifican PRM que afecten a la zona urbana. Existe el potencial de grandes avenidas ante eventos extraordinarios.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se debe monitorear el comportamiento de las corrientes cercanas a la zona urbana para prevenir grandes avenidas e inundaciones.








General Bravo	
Características geográficas	Extensión: 2 073.2 Km ² Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 5 385 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son lutita-arenisca, depósitos aluviales, conglomerados así como yesos y caliche.
Rasgos morfológicos	El municipio se asienta sobre una planicie aluvial, con pendientes menores al 18 % y alturas relativas menores a 100 m. La red de drenaje está bien integrada y es de tipo dendrítico.
Rasgos estructurales	No existen rasgos importantes.
Peligros geológicos	No se identifica peligro por PRM. Existe el potencial de grandes avenidas en las corrientes cercanas a la zona urbana.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se debe monitorear el comportamiento de las corrientes cercanas a la zona urbana para prevenir grandes avenidas e inundaciones.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



China	
Características geográficas	Extensión: 3 940.6 Km ² Temperatura media: 22 a 24 °C. Precipitación media anual: 600 a 700 mm Población total: 10 697 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son amplias secuencias de lutita-arenisca así como depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	El relieve es suave, con fuerte disección sobre todo en la parte norte y sur del municipio. La pendiente en general no supera el 10 % y las alturas relativas son menores a 100 m. La red de drenaje es de tipo dendrítico y está bien integrada. Resalta la presencia de la presa el Cuchillo.
Rasgos estructurales	Resalta el anticlinal El Cuchillo-San Juan de Vaquerías, afectado por fallas laterales. Esta estructura está muy erosionada y su expresión en el relieve es mínima.
Peligros geológicos	No existen problemas asociados a los PRM. Sin embargo, debido a la fuerte densidad de corrientes, existen problemas potenciales de grandes avenidas, posibles flujos de detritos y socavaciones laterales en cauces, asociados a eventos extraordinarios.
Nivel de atención requerido	BAJO. No existe peligro de remociones en masa, pero se debe considerar la presencia de la presa El Cuchillo, misma que se encuentra a 3 km, de la zona urbana, existiendo el riesgo potencial de una inundación o grandes avenidas en caso de eventos extraordinarios.

adw

adw *AS*

Zona o Región Periférica

Mina	
Características geográficas	Extensión: 3 915,8 Km ² Temperatura media: 24 °C. Precipitación media anual: 270 mm Población total: 5 384 habitantes.
Rasgos geológicos	Afloran amplias secuencias de depósitos aluviales y conglomerados en la parte plana así como lutitas, caliza-lutita y caliza en las zonas que corresponden con estructuras plegadas.
Rasgos morfológicos	Predomina el relieve suave, con pendientes menores al 18 % y alturas relativas menores a 100 m. Las zonas montañosas, corresponden con la Sierra de Enmedio, el Anticlinal Minas Viejas; parte de la Sierra de Bustamante, Sierra del Fraile y Sierra San Miguel, y las Sierras El Anticristo y El Rincón del Arco, éstas últimas con un grado avanzado de erosión. Las pendientes superan el valor de 100%, principalmente en las cabeceras de los circos de erosión y en las zonas altas y escarpadas. Las alturas relativas máximas son del orden de 900 m. Predomina el drenaje dendrítico.
Rasgos estructurales	Resalta la presencia de circos de erosión, ejes de pliegues y fracturamiento asociado a las estructuras montañosas plegadas.
Peligros geológicos	PRM en zonas altas y escarpadas. Procesos de arrastre de detritos en circos de erosión y cauces.
Nivel de atención requerido	MEDIO. La zona urbana del municipio se encuentra en una planicie aluvial, cerca de dos zonas montañosas: la sierra Minas Viejas y San Miguel, existiendo potencial para grandes avenidas y flujos.











Figura 4.6.59 Mapa M12P-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Figura 4.6.60 Mapa M1ZP-2 Susceptibilidad a volteos.

COAF



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

[Handwritten signature]

[Handwritten initials]



Figura 4.6.61 Mapa M1ZP-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signature

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

Salinas Victoria	
Características geográficas	Extensión: 1 334.2 Km2 Temperatura media: 21 a 23 °C. Precipitación media anual: 380 mm Población total: 27 848 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran en las zonas montañosas correspondientes con estructuras plegadas son caliza, calizalutita y rocas ígneas intrusivas intermedias. En la planicie aluvial existen conglomerados y secuencias de depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	El relieve en la parte plana tiene alturas relativas menores a 100 m, el piedemonte de 300 m y en las zonas montañosas alcanza valores de hasta 900 m. Las pendientes en la zona plana y de piedemonte son menores al 30 %, mientras que en la zona montañosa alcanza valores mayores al 100 %. Las Sierras que conforman parte de este municipio son: sierra de Gomas, Milpillas, El Granero, Sierra de Mamulique, el Picacho y Minas Viejas. El drenaje es denso y de tipo dendrítico.
Rasgos estructurales	Existe abundante presencia de circos de erosión y fracturamiento regional, asociado a la presencia de las estructuras plegadas.
Peligros geológicos	PRM asociados a la litología presente, a la presencia de lineamientos tales como circos de erosión, fracturas y ejes de pliegues. Potenciales flujos de detritos y grandes avenidas en zonas de cauces y barrancas.
Nivel de atención requerido	MUY ALTO. Es un municipio relativamente poblado. El desarrollo urbano se encuentra sobre zonas de laderas donde pueden existir problemas de estabilidad, en cortes carreteros o para vivienda. Posibles flujos y grandes avenidas en Las Villarreales y Salinas Victoria.








Figura 4.6.62 Mapa M2ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.



 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL



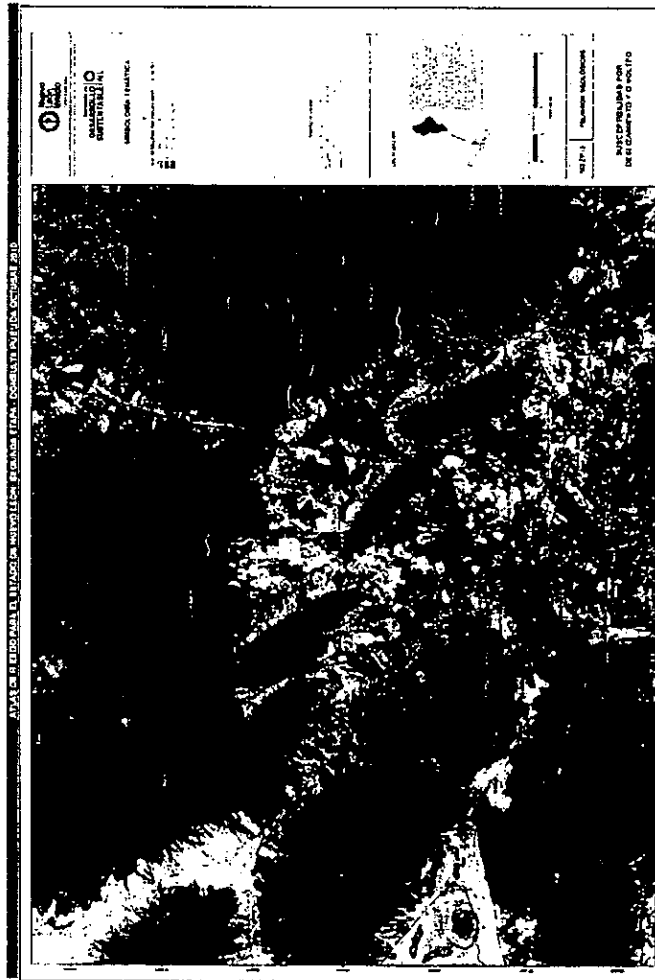


Figura 4.6.63 Mapa M2ZP-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Figura 4.6.64 Mapa M2ZP-3 Susceptibilidad general.

OW

ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

NL

Hidalgo	
Características geográficas	Extensión: 220,7 Km ² Temperatura media: 23 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 15 480 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que conforman la zona montañosa son caliza, caliza-lutita y caliza-yeso. En la parte plana predominan los conglomerados y depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	El municipio se localiza entre los anticlinales Minas Viejas y San Miguel. La pendiente en la zona montañosa es del orden del 60 %, pero en zonas altas y escarpadas es mayor de 100 %, con alturas relativas cercanas a los 800 m. En la parte plana, correspondiente con la planicie aluvial la pendiente es menor del 18 % y alturas relativas menores a 100 m. En el piedemonte la pendiente es de 25 % con alturas relativas de 200 m. El drenaje es denso, con arreglo dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	Existen circos de erosión, ejes de pliegues y fracturamiento asociado.
Peligros geológicos	PRM asociados a la litología y a la presencia de estructuras anticlinales con fracturamiento en las partes altas.
Nivel de atención requerido	MUY ALTO. La zona urbana se encuentra cerca de las zonas con potencial a presentar PRM. Localmente pueden existir problemas de estabilidad en cortes carreteros y para vivienda. Confluyen diversos cauces por lo que existe potencial impacto de flujos y grandes avenidas.

cas

SA



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

AL



Figura 4.6.65 Mapa M3ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.

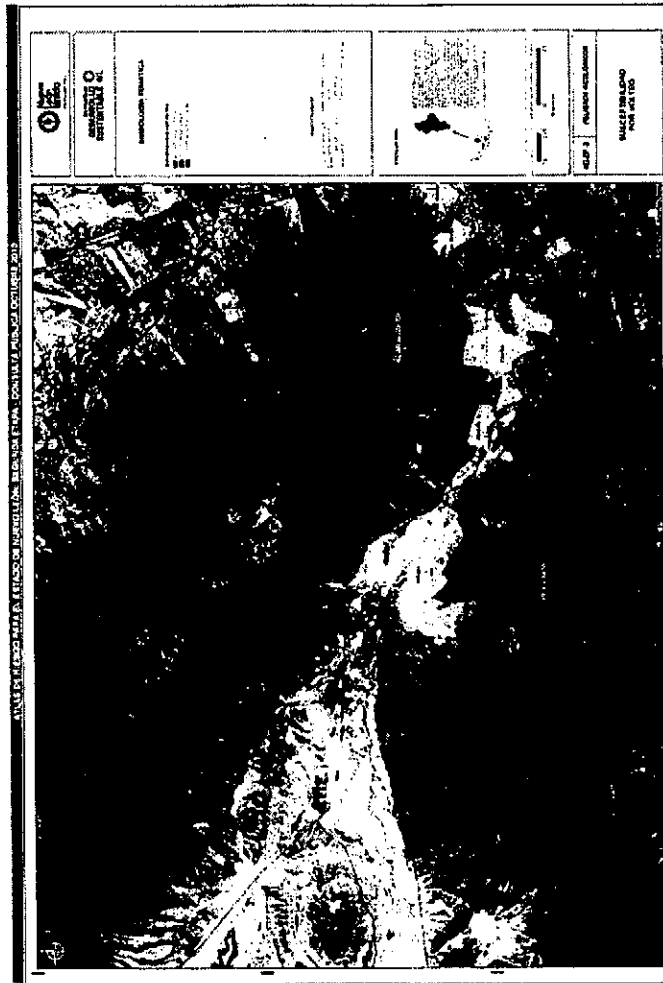


Figura 4.6.66 Mapa M3ZP-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

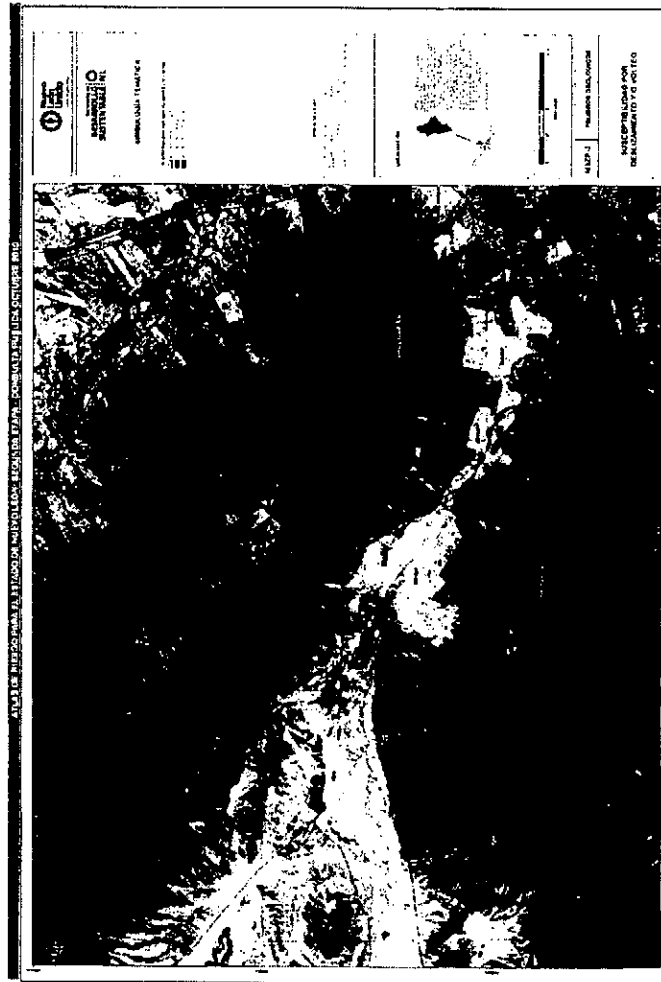


Figura 4.6.67 Mapa M3ZP-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures:
 [Signature 1]
 [Signature 2]



Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

Higueras	
Características geográficas	Extensión: 600.2 Km2 Temperatura media: 25 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 1 427 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son, en la parte montañosa, caliza, caliza-lutita y en menor medida lutita. En la parte plana y de piedemonte existe depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	Este municipio abarca la porción SW de la Sierra El Picacho (anticlinal) así como el anticlinal Higuera, mismo que se encuentra erosionado y con formas suavizadas. La pendiente en la zona plana y de piedemonte no supera el 18%, con alturas relativas menores a 150 m, mientras que en las zonas montañosas la pendiente predomina el 60 %, alcanzando en algunos puntos 100 %, con alturas relativas de hasta 500 m. El drenaje es denso con arreglos dendríticos y paralelos.
Rasgos estructurales	Existe presencia de circos de erosión asociados a las estructuras plegadas, así como fracturamiento en las partes altas.
Peligros geológicos	PRM asociados a las estructuras plegadas y a la litología. La zona urbana se localiza donde confluyen los escurrimientos, por lo que existe el potencial de flujos y grandes avenidas.
Nivel de atención requerido	ALTO. La zona urbana se asienta sobre laderas del anticlinal Higuera, pudiendo existir problemas de estabilidad local en cortes carreteros o para viviendas. Se debe implementar un monitoreo pues en el área confluyen diversos escurrimientos.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

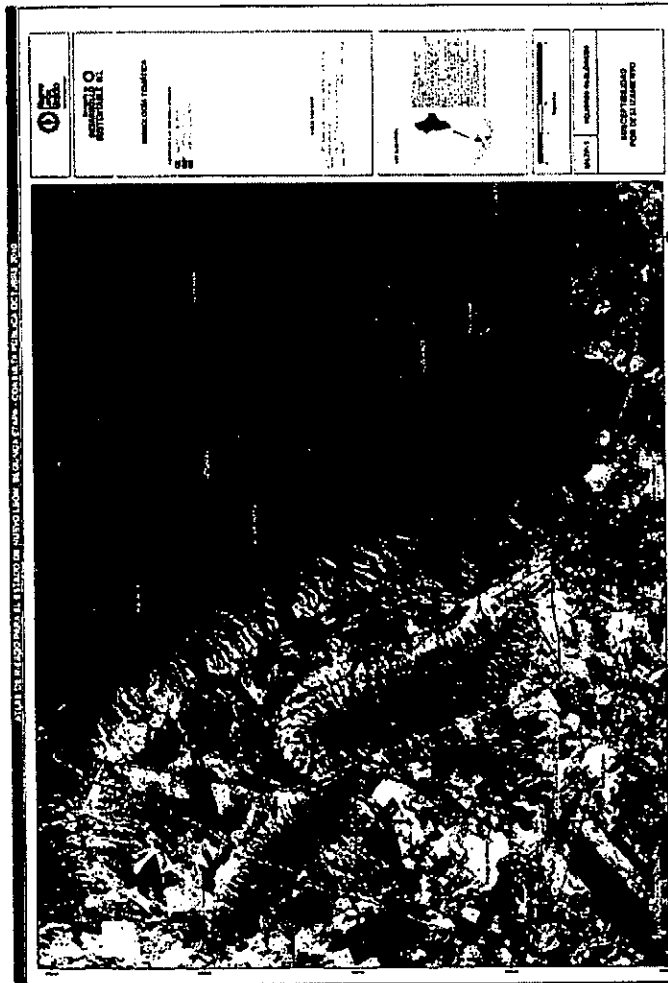


Figura 4.6.68 Mapa M4ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

CDW
ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Figura 4.6.69 Mapa M4ZP-2 Susceptibilidad a voltios.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

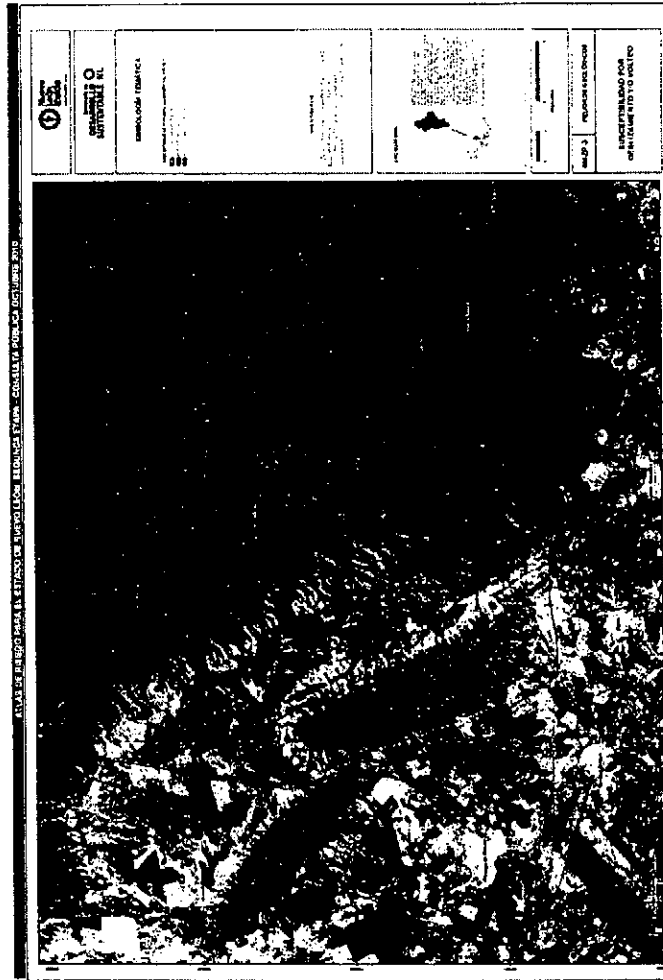


Figura 4.6.70 Mapa M4ZP-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials:
CMT
ed

Marín	
Características geográficas	Extensión: 129 Km ² Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: 700 a 1 200 mm Población total: 5 398 habitantes.
Rasgos geológicos	Afloran depósitos aluviales, conglomerados y lutita en la parte plana y de piedemonte, mientras que en la zona montañosa aflora caliza y caliza-lutita.
Rasgos morfológicos	Una parte del municipio comprende la zona montañosa del anticlinal Picacho, con pendientes mayores al 100 % y alturas relativas de hasta 400 m. La parte plana, que predomina en el municipio tiene pendientes menores al 10 % y alturas relativas menores a 100 m. El drenaje es de tipo dendrítico.
Rasgos estructurales	Sólo la presencia de circos de erosión y fracturas en la zona montañosa de la Sierra El Picacho.
Peligros geológicos	PRM en la zona montañosa asociados a la litología y a la presencia del anticlinal Picacho. Posibles flujos y grandes avenidas en zonas de cauces y barrancas.
Nivel de atención requerido	BAJO. No existe potencial para el impacto de PRM tales como volteo o deslizamiento en la zona urbana, sin embargo se debe implementar el monitoreo de posibles flujos y grandes avenidas en los cauces que atraviesan la zona urbana.

Handwritten signature



Sistema de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten signature

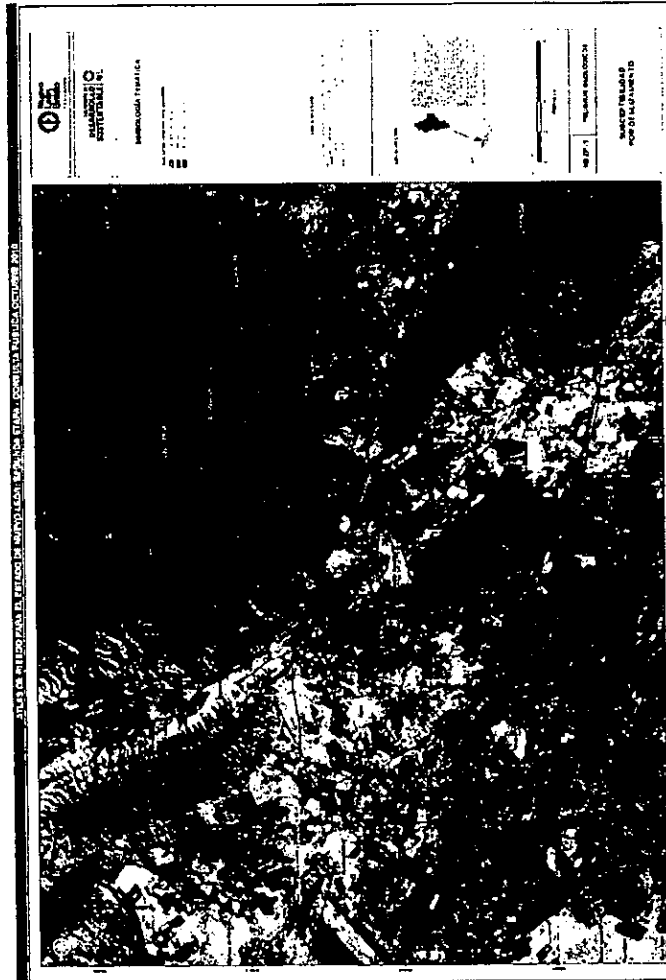


Figura 4.6.71 Mapa M5ZP-1 Susceptibilidad a desizamientos.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten initials



Figura 4.6.72 Mapa M5ZP-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

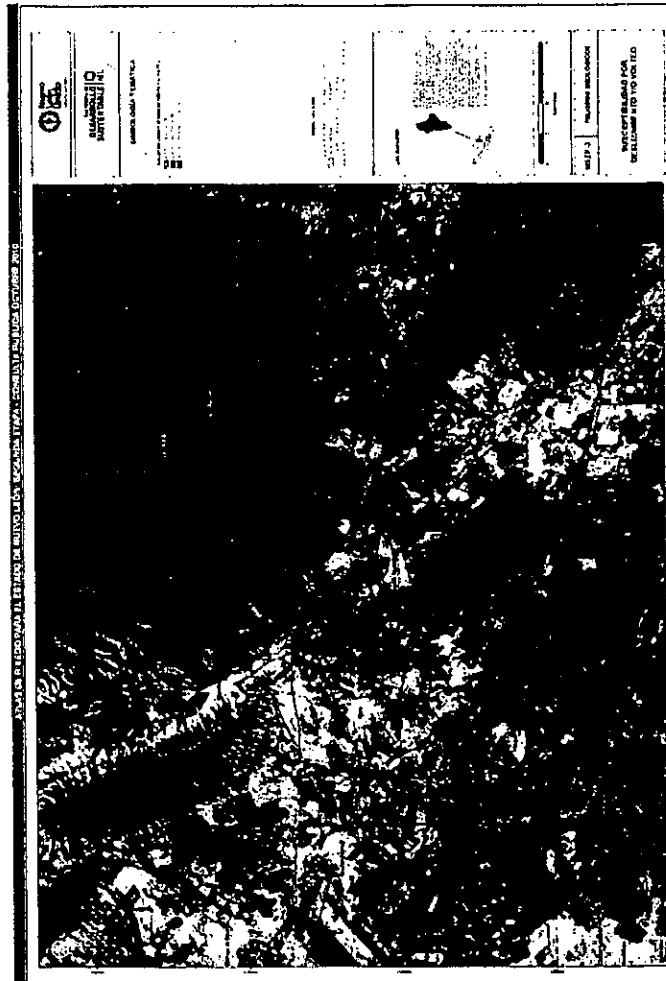


Figura 4.6.73 Mapa M5ZP-3 Susceptibilidad general.

[Handwritten signature]

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
[Handwritten signature]

Doctor González	
Características geográficas	Extensión: 701.8 Km ² Temperatura media: 24 °C. Precipitación media anual: 550 mm Población total: 3 092 habitantes.
Rasgos geológicos	Afloran las siguientes litologías: en la zona montañosa, caliza y caliza-lutita y en la parte plana lutita, depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	Este municipio comprende parte de los anticlinales que forman las sierras El Picacho y Papagayos. Esta zona montañosa alcanza pendientes del orden del 70 %, con alturas relativas de hasta 350 m. La parte plana tiene pendientes que no exceden el 18 % con alturas relativas menores a 100 m. El drenaje es denso con un patrón dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	Presencia importante de circos de erosión y fracturamiento asociado a las estructuras plegadas. El anticlinal papagayo está afectado por fallas laterales.
Peligros geológicos	PRM en las zonas montañosas, asociados a la litología y a las estructuras plegadas. Posibles flujos y grandes avenidas en zonas de cauces y barrancas.
Nivel de atención requerido	MEDIO. Existe un bajo potencial para el impacto de PRM tales como volteo o deslizamiento en el área urbana. Se debe monitorear la zona urbana y los cortes carreteros que atraviesen partes montañosas. Existe el potencial para que se presenten posibles flujos y grandes avenidas en caso de eventos extraordinarios.

GW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

127

ad

th



Figura 4.6.74 Mapa M6ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos:

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

Handwritten initials

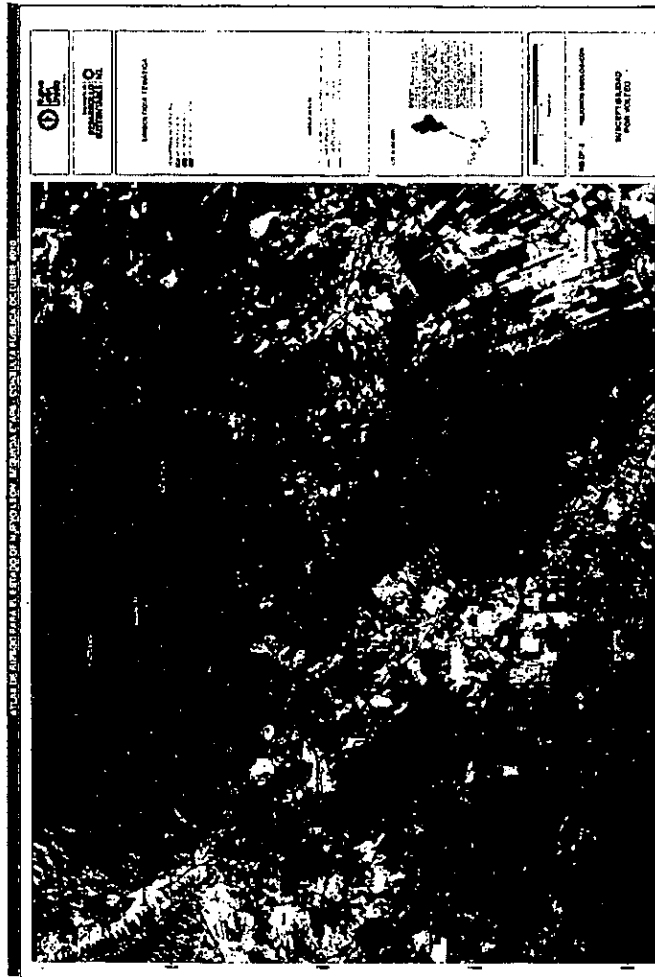


Figura 4.6.75 Mapa M6ZP-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten initials

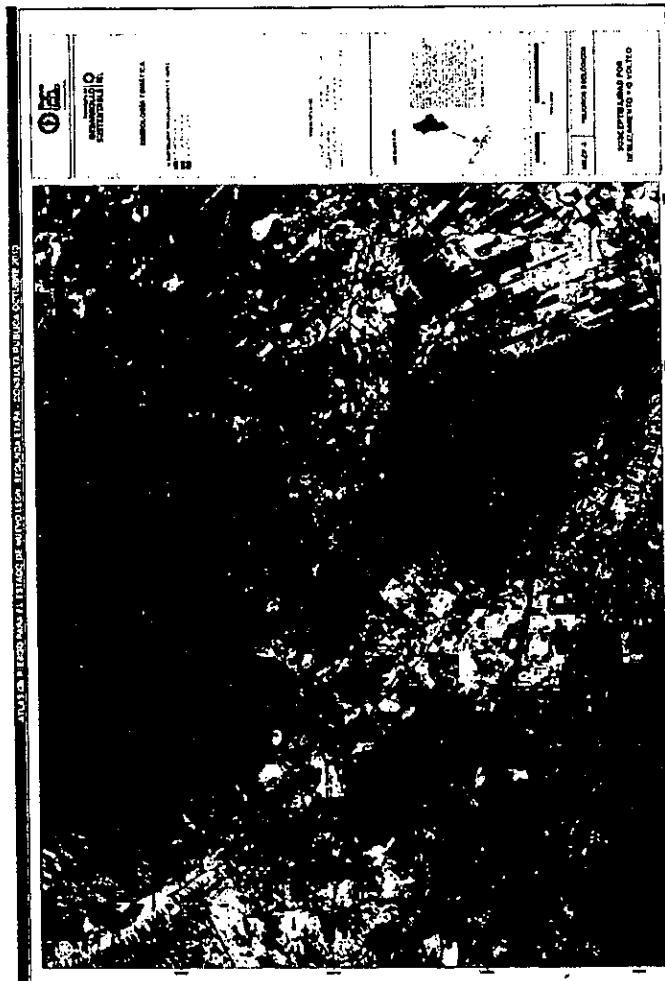


Figura 4.6.76 Mapa M6ZP-3 Susceptibilidad general.

AW

ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Rh

Cadereyta Jiménez	
Características geográficas	Extensión: 1 004.4 Km ² Temperatura media: 23 °C. Precipitación media anual: 600 a 800 mm Población total: 73 746 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran en la parte plana son: lutita y amplias secuencias de depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	En la zona montañosa, que abarca una porción mínima, al sur de la Sierra Cerro de la Silla, aflora roca caliza. Ahí las pendientes llegan a ser de hasta 100 %, con alturas relativas máximas de 600 m. En la zona plana, las pendientes son menores al 5 % y las alturas relativas son menores a 100 m. El drenaje es de tipo dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	Son escasos y están asociados a circos de erosión y fracturas en la porción montañosa.
Peligros geológicos	PRM en la zona montañosa, aunque no se cuenta al momento con desarrollo urbano cerca.
Nivel de atención requerido	BAJO. No existen problemas de PRM que puedan impactar en la zona urbana. Se debe monitorear el comportamiento de las corrientes que atraviesan el área urbana.

CAW



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

131

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

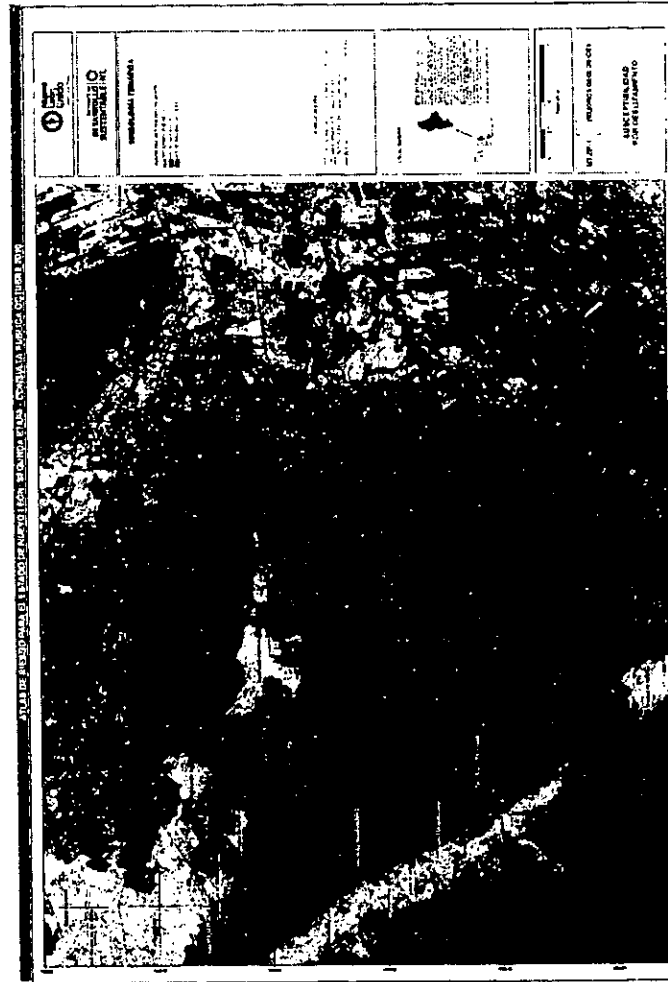


Figura 4.6.77 Mapa M7ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

car
al

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

h



Figura.6.78 Mapa M7ZP-2 Susceptibilidad a volteos.

AW
sch
NL

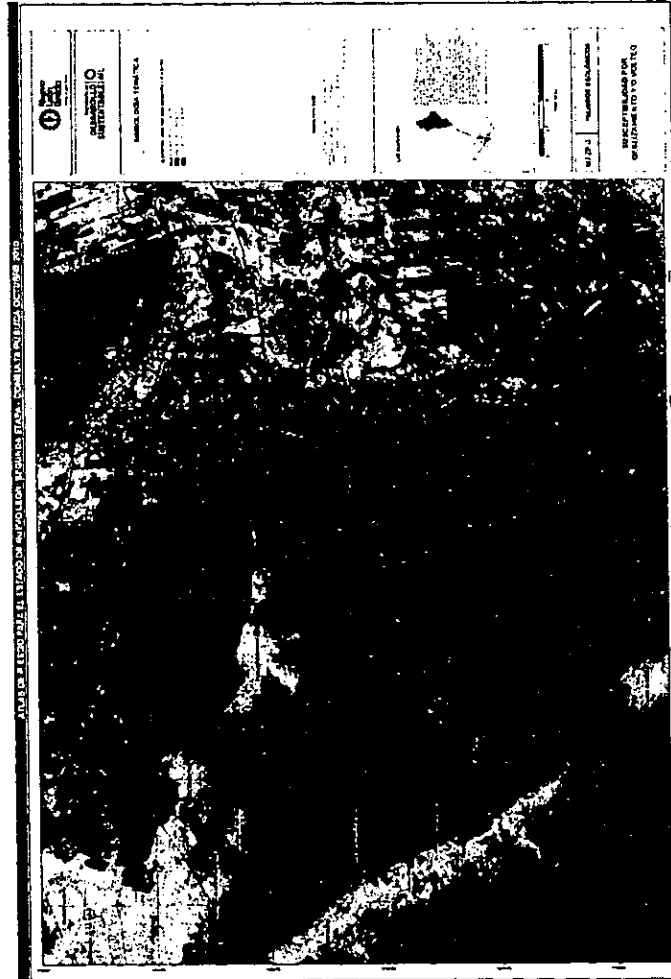


Figura 4.6.79 Mapa M7ZP-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten initials

Santiago	
Características geográficas	Extensión: 763.8 Km ² Temperatura media: 21 °C. Precipitación media anual: 1 015 mm Población total: 37 886 habitantes.
Rasgos geológicos	Este municipio está enclavado en la curvatura de Monterrey y se encuentra rodeado de estructuras plegadas. Las litologías que afloran son caliza, caliza-lutita, lutita y lutita-arenisca. La zona urbana se encuentra entre la Sierra Cerro de la Silla y Sierra de San Cristóbal.
Rasgos morfológicos	Predomina el relieve agreste y escarpado. La zona plana, donde se asienta el desarrollo urbano, tiene pendientes de menores al 18 % y alturas relativas que alcanzan un máximo de 200m en algunos puntos, pero en general son menores de 100m. La zona montañosa que es la que predomina, tiene pendientes mayores al 100% en las partes altas y escarpadas, donde se forman paredes sub-verticales con procesos de remoción asociados. El drenaje es muy denso y eminentemente dendrítico.
Rasgos estructurales	Se tiene gran presencia de lineamientos asociados a los circos de erosión así como a ejes de pliegues y fracturamiento en zonas altas. Esta zona es afectada por importantes cabalgaduras que afectan a la sierra Madre Oriental.
Peligros geológicos	PRM asociados a las litologías (rocas intercaladas y rocas masivas), con alta susceptibilidad de ocurrencia. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas en cauces, controlados por los circos de erosión y la pendiente.
Nivel de atención requerido	MUY ALTO. La zona urbana está expuesta al impacto de PRM y posibles flujos. Resalta la presencia de la presa La Boca cerca del área urbana. Este municipio se considera crítico.

ant



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

nk

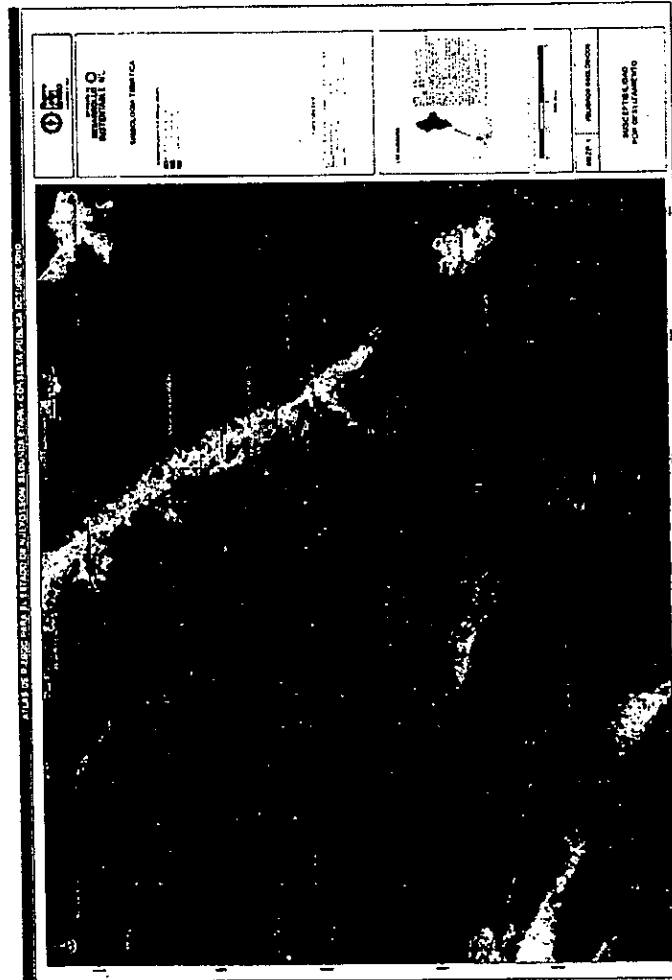


Figura 4.6.80 Mapa M8ZP-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signature

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

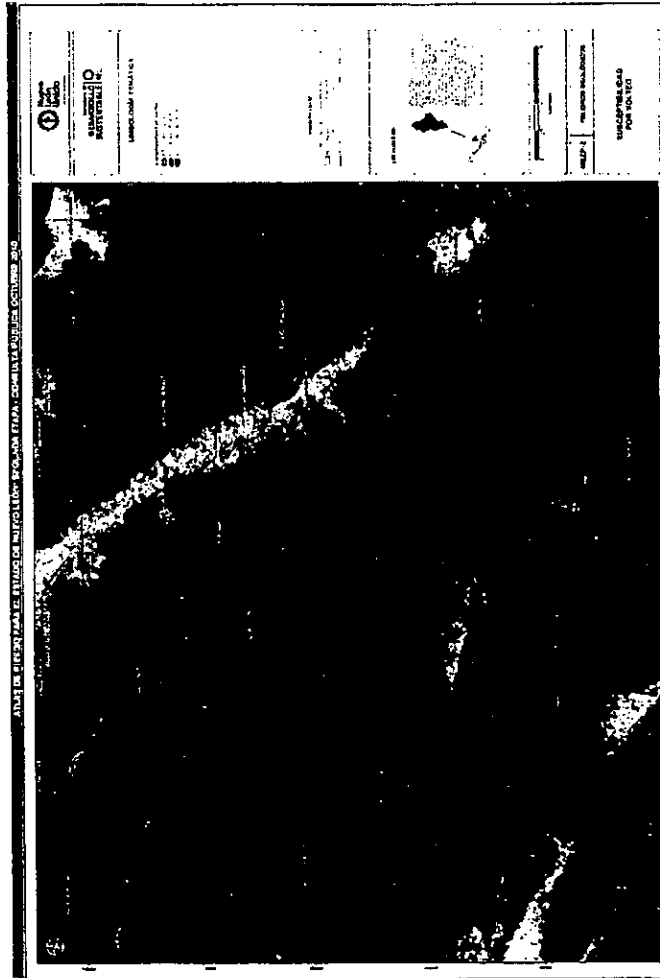


Figura 4.6.81 Mapa M8ZP-2 Susceptibilidad a voltesos.

Handwritten signature

Handwritten signature



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

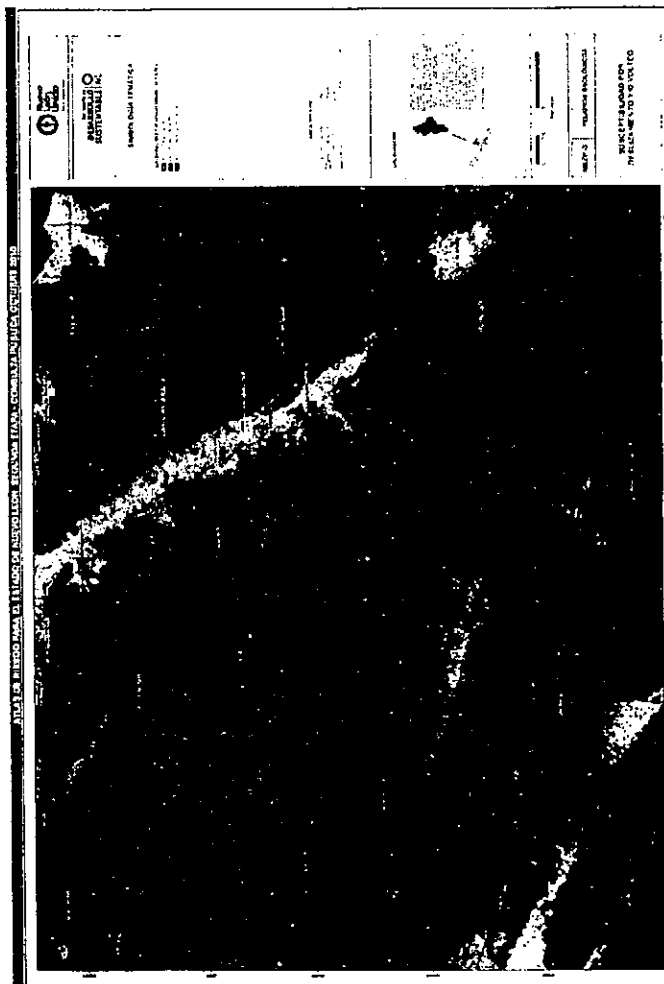


Figura 4.6.82 Mapa M8ZP-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.

Pesquería	
Características geográficas	Extensión: 307.5 Km ² Temperatura media: 22 °C Precipitación media anual: 550 mm Población total: 12 258 habitantes.
Rasgos geológicos	Afloran lutitas y una amplia secuencia de depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	Predomina el relieve plano, con pendientes menores al 5 % y alturas relativas menores a 100 m. El drenaje es poco denso y con un patrón dendrítico y paralelo, poco definidos
Rasgos estructurales	No existen rasgos estructurales
Peligros geológicos	No se identifican afectaciones por PRM
Nivel de atención requerido	BAJO. Se recomienda monitorear las zonas de cauces y barrancas por posibles grandes avenidas en caso de eventos extraordinarios

OW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Zona o Región Crítica

Rayones	
Características geográficas	Extensión: 905.2 Km ² Temperatura media: 21 °C. Precipitación media anual: 693 mm Población total: 2 576 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías aflorantes son: caliza, caliza-lutita y lutita.
Rasgos morfológicos	El relieve es totalmente montañoso y agreste, con presencia de grandes paredes verticales producto de la erosión de rocas menos competentes dentro de las estructuras plegadas. Pendientes menores al 18% sólo se presentan sobre las vertientes o cauces de ríos. El resto del relieve presenta pendientes mayores al 60 %, y en las partes altas mayores al 100 % Las alturas relativas alcanzan valores de 1100 m, lo que indica gran energía del relieve. Existe un drenaje muy denso de tipo dendrítico.
Rasgos estructurales	Existe gran presencia de circos de erosión, ejes de pliegues, escarpes y fracturas. Es común la presencia de paredes subverticales y grandes filones de roca potencialmente inestables.
Peligros geológicos	PRM en gran parte del área que conforma el municipio. Volteo y deslizamiento de grandes bloques. Posibles flujos, avalanchas de roca y grandes avenidas debido a la energía del relieve que es considerable.
Nivel de atención requerido	MUY ALTO. La zona urbana se encuentra al pie de grandes estructuras plegadas con PRM asociados, además existen diversas corrientes que confluyen hacia ella. Se deben monitorear las corrientes para prevenir desbordamientos, grandes avenidas y posibles flujos. Este municipio se debe considerar crítico por la ocurrencia de PRM.

Handwritten signatures and initials



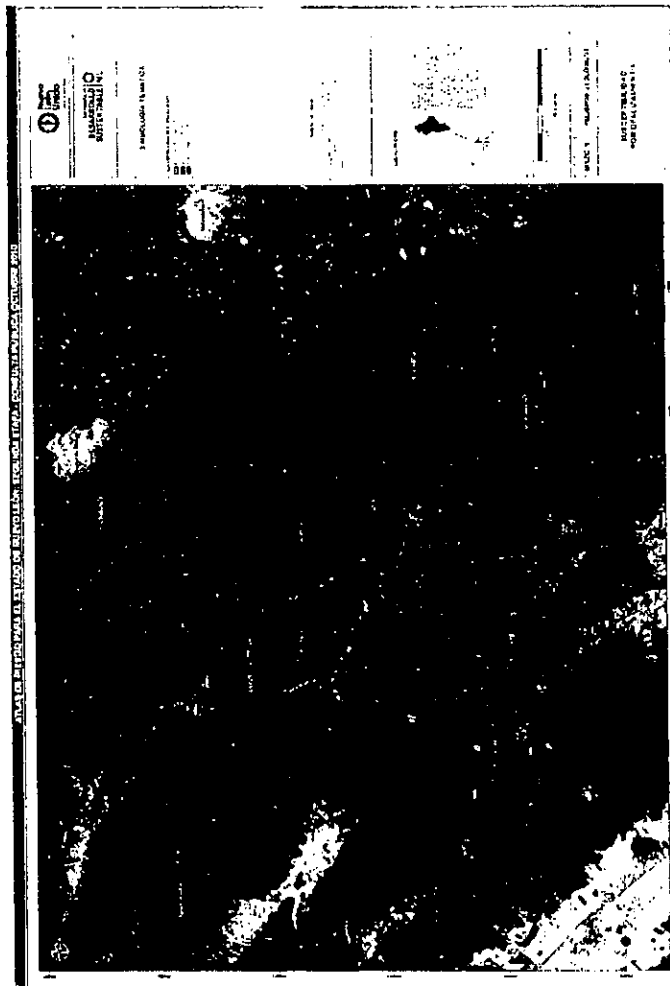


Figura 4.6.83 Mapa M1ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.

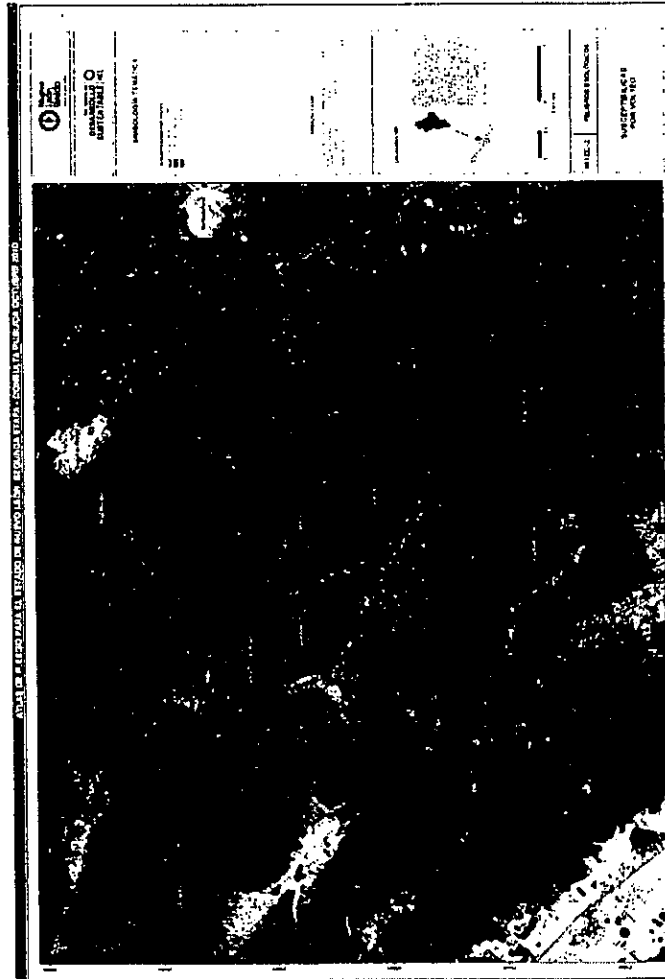


Figura 4.6.84 Mapa M1ZC-2 Susceptibilidad a voltesos.

Handwritten signatures and initials: CW, [signature], [signature]

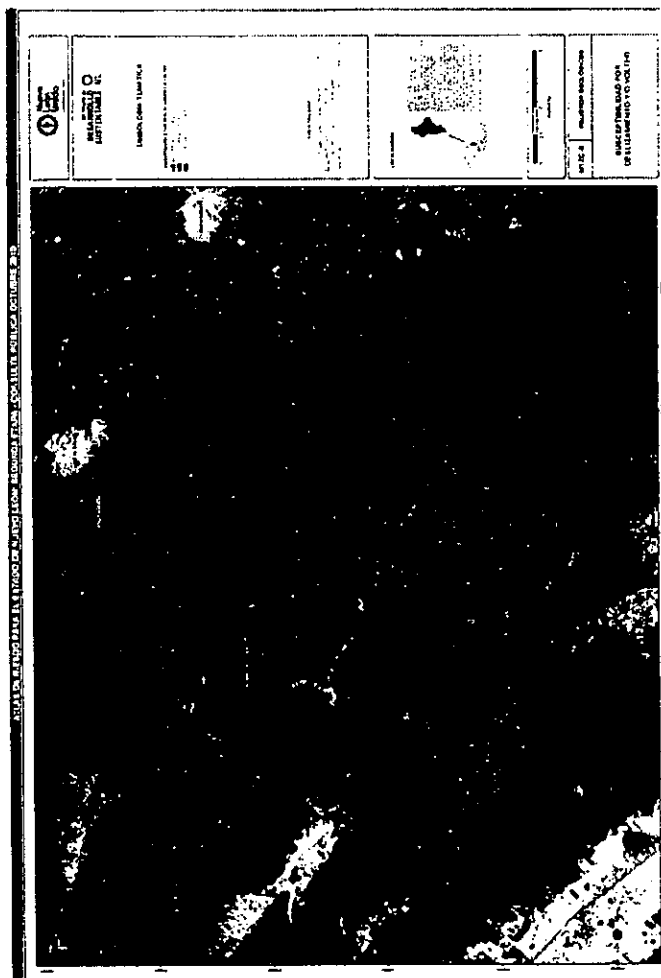


Figura 4.6.85 Mapa M1ZC-3 Susceptibilidad general.

Handwritten initials

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Allende	
Características geográficas	Extensión: 156.2 Km ² Temperatura media: 16 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 29 568 habitantes.
Rasgos geológicos	En la parte plana aflora lutita, mientras que en la zona montañosa, correspondiente con estructuras plegadas, aflora caliza y caliza-lutita
Rasgos morfológicos	La zona plana presenta pendientes menores al 18 % y alturas relativas menores de 100 m. La zona montañosa, que comprende la porción sur de la Sierra Cerro de la Silla, así como la prolongación de la cabalgadura Hualaihuises-Linares, en el extremo W del municipio, presenta pendientes del 60 %, y en algunos puntos mayores al 100 %, con alturas relativas máximas de hasta 800 m. El drenaje es denso con un patrón paralelo.
Rasgos estructurales	Presencia de circos de erosión y ejes de pliegues en la zona montañosa.
Peligros geológicos	PRM en las partes altas y escarpadas. Posibles flujos y grandes avenidas a través de cauces que nacen en las partes altas.
Nivel de atención requerido	MEDIO. El desarrollo urbano se localiza al pie de la zona montañosa, pudiendo existir el impacto de flujos y grandes avenidas sobre las corrientes que descienden de las partes altas.

Handwritten initials



1.14

Handwritten signature and initials

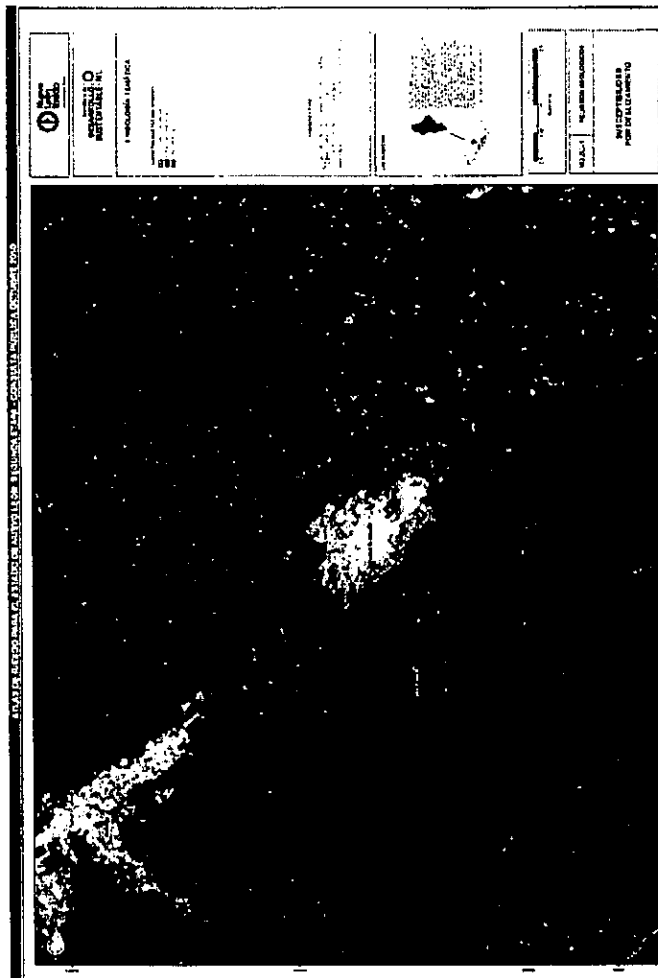


Figura 4.6.86 Mapa M2ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signature

Handwritten signature

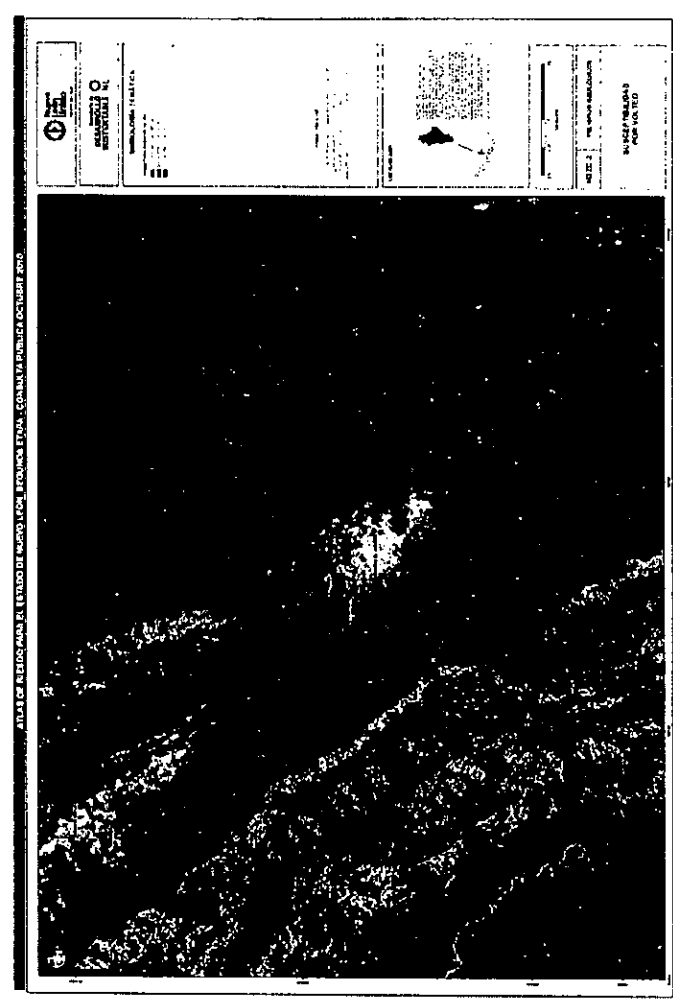


Figura 4.6.87 Mapa M2ZC-2 Susceptibilidad a volteos.

[Handwritten signature]

SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL

[Handwritten signature]



Montemorelos	
Características geográficas	Extensión: 1 706.2 Km ² Temperatura media: 22 a 24 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 53 854 habitantes.
Rasgos geológicos	En la parte plana afloran lutita, conglomerados y depósitos aluviales. En la parte montañosa, correspondiente con estructuras plegadas aflora caliza y caliza-lutita.
Rasgos morfológicos	El relieve en general es plano, a excepción de la porción W del municipio, que abarca parte de la zona montañosa correspondiente con la cabalgadura de Hualahuises-Linares. La parte plana presenta pendientes menores al 30 % y alturas relativas máximas de 100 m. La zona montañosa presenta pendientes mayores al 100 %, con alturas relativas de 1100 m en las zonas altas y escarpadas. El drenaje es muy denso con un patrón dendrítico.
Rasgos estructurales	Existen circos de erosión y fracturas asociadas a los anticlinales y sinclinales de la cabalgadura Hualahuises-Linares. Estos rasgos condicionan los PRM que se presentan en esta zona, pues asociados a ellos existe fracturamiento.
Peligros geológicos	PRM en la zona montañosa, favorecidos por la pendiente, tipo de material y por la energía del relieve. Se presentan en las cabeceras y flancos de los circos de erosión y en paredes subverticales que se han formado por la diferencia de resistencia entre las rocas que conforman las estructuras plegadas.
Nivel de atención requerido	MEDIO. El desarrollo urbano se encuentra lejos de las zonas potencialmente inestables por PRM. Se pueden presentar problemas de estabilidad locales, en caminos y cortes carreteros que atraviesen la zona montañosa. Se deben monitorear los cauces que atraviesan la zona urbana, ante posibles eventos extraordinarios.

COAT

al *de*

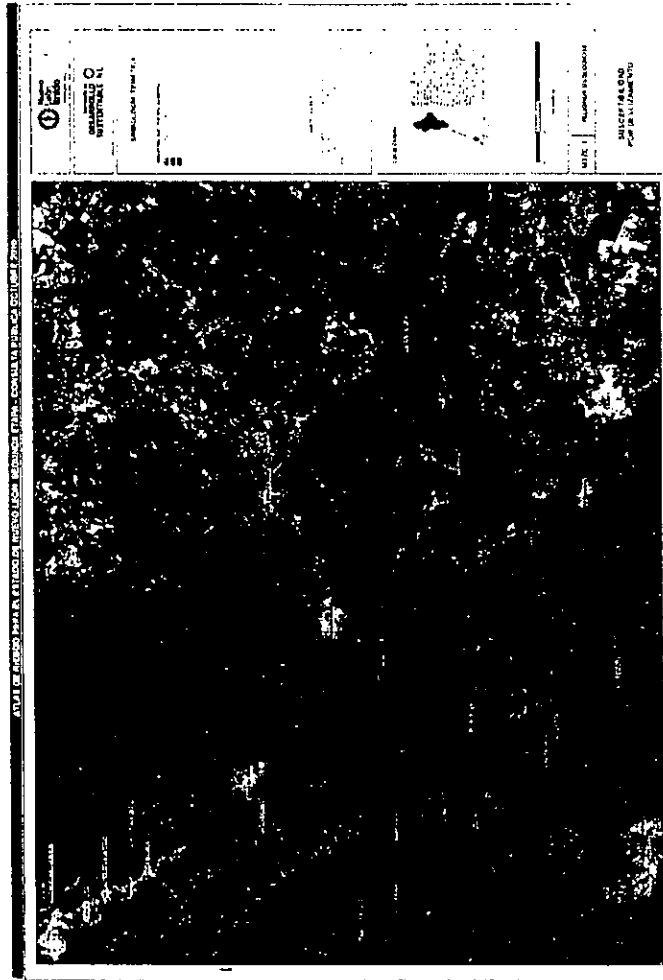


Figura 4.6.89 Mape M3ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

aw
ad

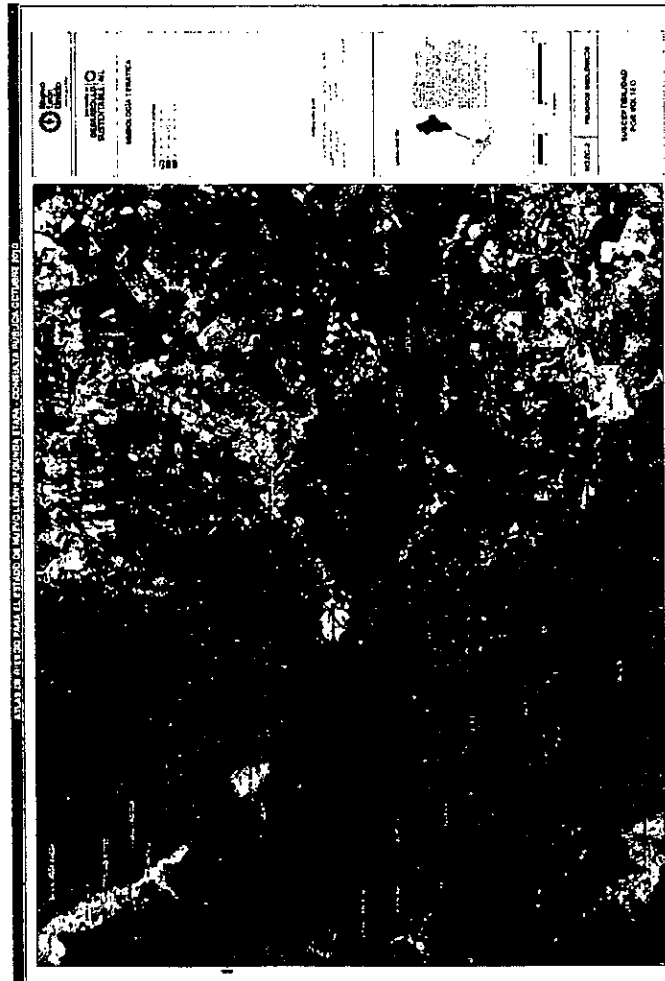


Figura 4.6.90 Mapa M3ZC-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

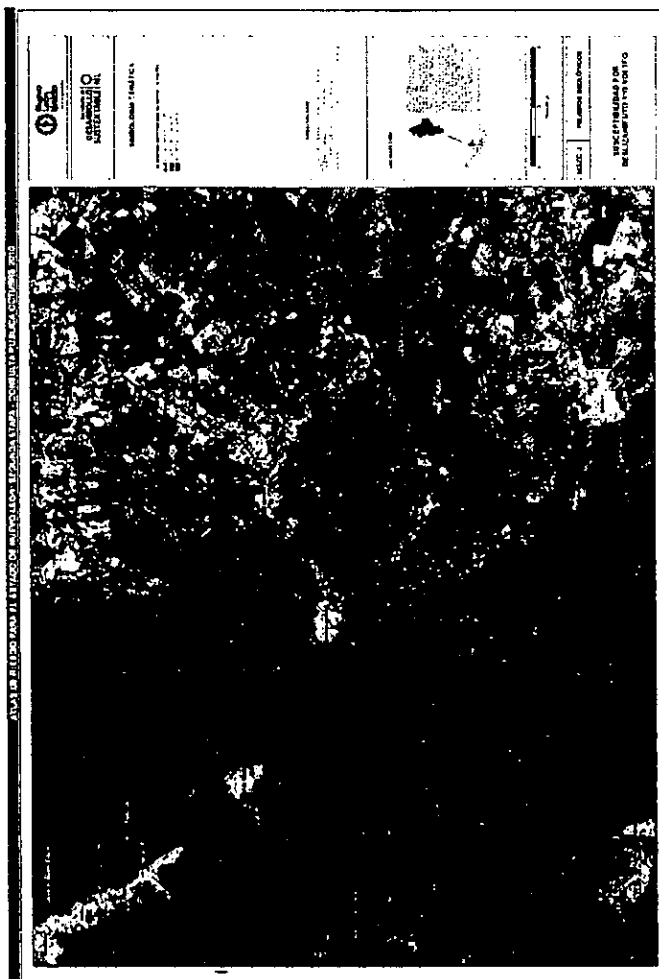


Figura 4.6.91 Mapa M3ZC-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



Linares	
Características geográficas	Extensión: 2 445.2 Km ² Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: 749 mm Población total: 71 061 habitantes.
Rasgos geológicos	Predomina el relieve plano, conformado por depósitos aluviales, conglomerados, lutita, lutita arenisca y en menor medida caliza-lutita. En la parte montañosa, correspondiente con la cabalgadura Hualahuis-Linares, aflora caliza y caliza-lutita.
Rasgos morfológicos	La zona plana presenta pendientes menores al 18 % y alturas relativas menores de 100 m. El piedemonte presenta pendientes menores a 60% y alturas máximas de 300m. La zona montañosa y escarpada presenta pendientes mayores al 100% y alturas relativas de hasta 1000m, acorde con el frente de la cabalgadura.
Rasgos estructurales	Presencias de circos de erosión, ejes de pliegues y fracturas asociadas a la cabalgadura.
Peligros geológicos	PRM en la zona montañosa, donde existen paredes subverticales que delimitan bloques. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas controlados por escurrimientos de las partes altas.
Nivel de atención requerido	MEDIA. El desarrollo urbano se encuentra alejado de la zona montañosa agreste. Se recomienda el monitoreo de las corrientes cercanas a la zona urbana. Resalta la presencia de la presa Cerro Prieto. Sin embargo, en la zona de laderas de la parte poniente del municipio, existe gran potencial para la generación de remociones en masa, por lo que se deben monitorear las carreteras y caminos rurales que la atraviesen.

OTW

sd *AL*



Figura 4.6.92 Mapa M4ZC-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

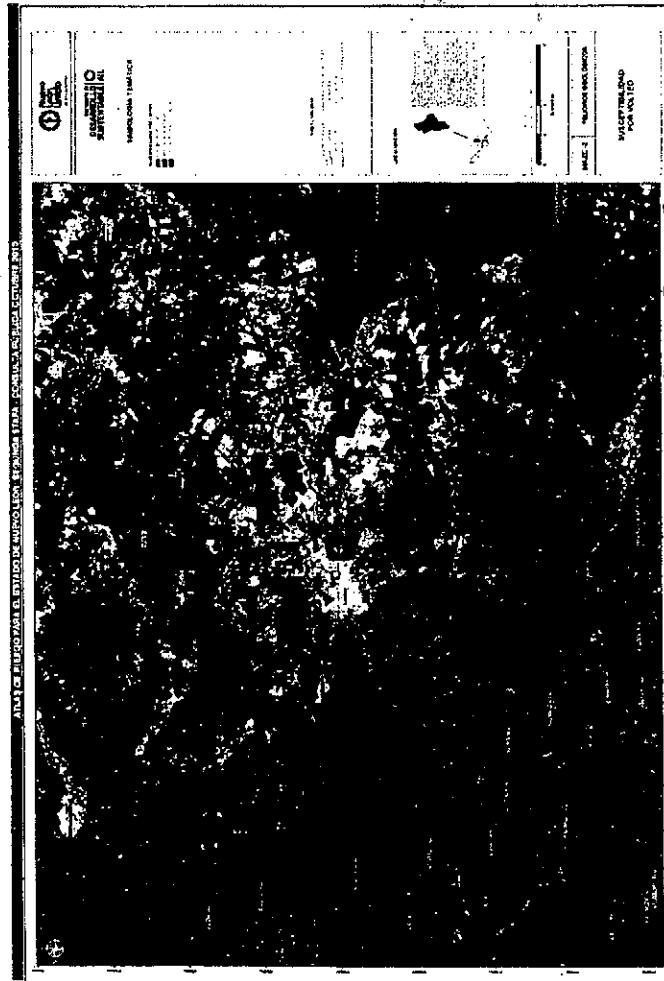


Figura 4.6.93 Mapa M4ZC-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signatures and initials:
Cár
S
F



Figura 4.6.94 Mapa M4ZC-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



General Terán	
Características geográficas	Extensión: 2 465 Km ² Temperatura media: 21 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 14 022 habitantes.
Rasgos geológicos	En general el relieve es plano y afloran las siguientes litologías: lutita-arenisca, lutita, depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	El relieve es suave y no existen zonas montañosas. La pendiente alcanza valores del 26 % pero sólo en algunos puntos. La altura relativa no sobrepasa los 100 m. El drenaje es denso, favorecido por la presencia de materiales granulares y rocas poco competentes, con un patrón dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	No existen rasgos importantes.
Peligros geológicos	El relieve no favorece la ocurrencia de PRM. Posibles grandes avenidas sobre cauces y barrancas así como erosión lateral.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se debe monitorear las zonas donde existen cauces para prevenir grandes avenidas o desbordamientos. Resalta la presencia del Río Pílon atravesando la zona urbana de la cabecera municipal.

Handwritten signatures and initials:


Hualahuises	
Características geográficas	Extensión: 243 Km ² Temperatura media: 22 °C. Precipitación media anual: 760 mm Población total: 6 631 habitantes.
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son lutita, depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	El relieve en general es suave, con pendientes predominantes de 18 % y alturas relativas menores de 100 m. El drenaje es poco denso y con un patrón dendrítico.
Rasgos estructurales	No existen rasgos importantes.
Peligros geológicos	El relieve no favorece la ocurrencia de PNM.
Nivel de atención requerido	BAJO. Se recomienda monitorear las corrientes cercanas a la zona urbana (Río Hualahuises) para prevenir afectaciones originadas por grandes avenidas.

Handwritten initials



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

157

Handwritten signature



Región Altiplano y Sierra ó Zona Sur

Galeana	
Características geográficas	Extensión: 7 154.6 Km2 Temperatura media: 19 °C. Precipitación media anual: 393 mm Población total: 38 930 habitantes/
Rasgos geológicos	Las litologías que afloran son, principalmente rocas calizas, caliza-yeso y amplias secuencias de depósitos aluviales; en menor medida aflora caliza-lutita, lutita-arenisca, arenisca, conglomerados y al SW del municipio hay pequeños afloramientos de ígneas intrusivas.
Rasgos morfológicos	Hacia el norte y este del municipio, se cuenta con la presencia de estructuras plegadas con una mayor expresión en el relieve. En cambio, en la parte central y sur estos rasgos se encuentran más erosionados. El relieve en la zona montañosa alcanza pendientes mayores al 100 % en las partes altas y alturas relativas de 700 m. En la planicie, la pendiente es menor al 18%, con alturas relativas menores a 100 m. El drenaje es de tipo dendrítico, sobre todo en la zona montañosa y de piedemonte. Existe drenaje interno o subterráneo debido a la presencia de morfologías endokársticas.
Rasgos estructurales	Existencia de circos de erosión, ejes de pliegues y fracturamiento en las partes altas. Hay presencia de fallas laterales y normales, éstas últimas formando estructuras tipo horse y graben.
Peligros geológicos	PRM en las zonas montañosas, donde se forman paredes fracturadas y subverticales. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas. Problemas de karsticidad asociados a la presencia de yesos. Desarrollo de lapiaz, dolinas, uvalas, poljes y ponors.
Nivel de atención requerido	MUY ALTO. La zona urbana se encuentra cerca de las zonas inestables, tanto por PRM como por procesos de karsticidad. Se recomienda realizar estudios a detalle.

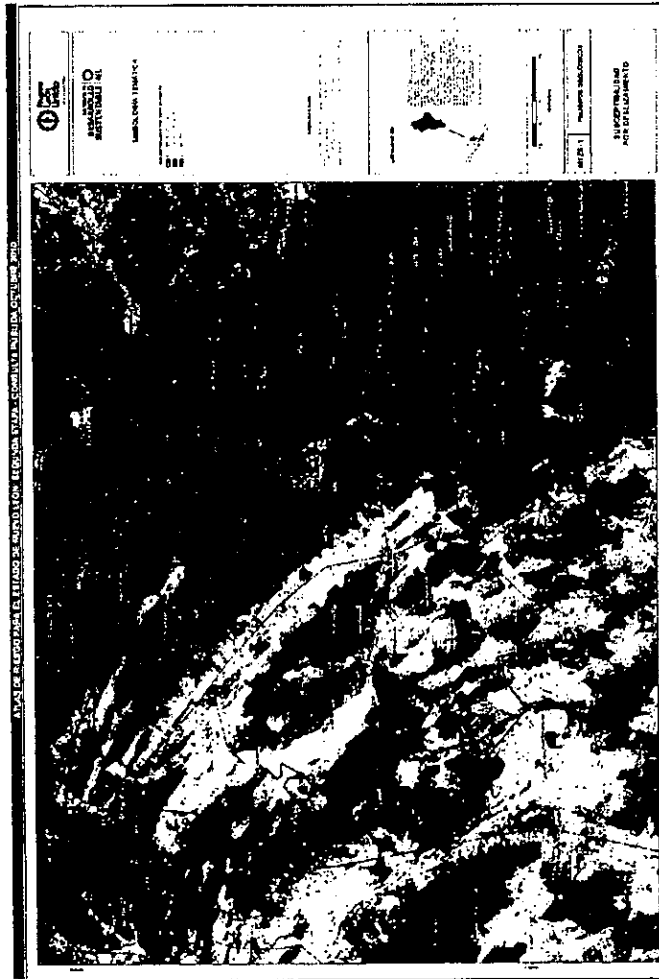


Figura 4.6.95 Mapa M12S-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Figura 4.6.96 Mapa M1ZS-2 Susceptibilidad a volteos.

OW

[Handwritten signature]



Figura 4.6.97 Mapa M1ZS-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Iturbide	
Características geográficas	Extensión: 719.2 Km2 Temperatura media: 19 °C. Precipitación media anual: 560 mm Población total: 3 533 habitantes.
Rasgos geológicos	Predomina el relieve montañoso, con las siguientes litologías: caliza, caliza-lutita y en menor medida lutita. Existen diversas estructuras plegadas, como el anticlinal Iturbide, el sinclinal La Poza, sinclinal Prieto entre los más importantes.
Rasgos morfológicos	En general el relieve es montañoso y poco escarpado, con pendientes de 18% al 60%. Sólo en algunas partes se alcanzan valores mayores al 100%. Las alturas relativas son del orden de 300 a 600m, y en algunas zonas al sur del municipio llegan a 800m. El drenaje es denso y de tipo dendritico.
Rasgos estructurales	Gran presencia de circos de erosión, ejes de pliegues y fracturamiento asociado. El municipio está enclavado entre diversas estructuras plegadas, en un flanco de la gran cabalgadura Hualahuises-Linares.
Peligros geológicos	PRM en las zonas montañosas, con mayor elevación y pendiente. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas controladas por los circos de erosión y por zonas de cauces o barrancas.
Nivel de atención requerido	ALTO. El desarrollo urbano se localiza al pie de estructuras plegadas, donde los escurrimientos confluyen hacia esa zona. El relieve alrededor del área urbana es suave pero pueden existir problemas locales en cortes carreteros.




 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

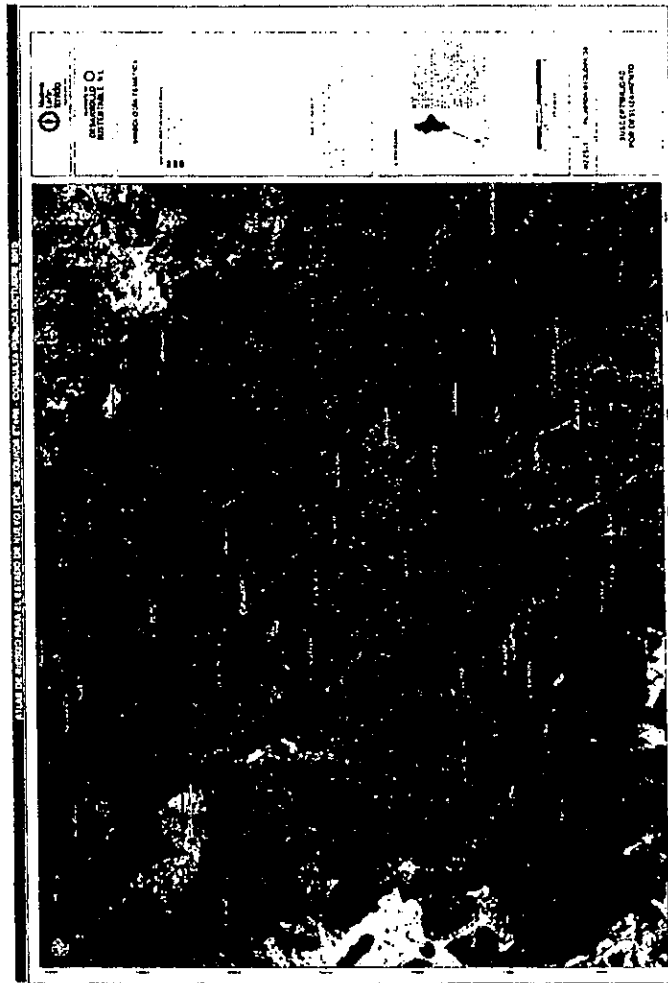


Figura 4.6.98 Mapa M2ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

DW
sdh
Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

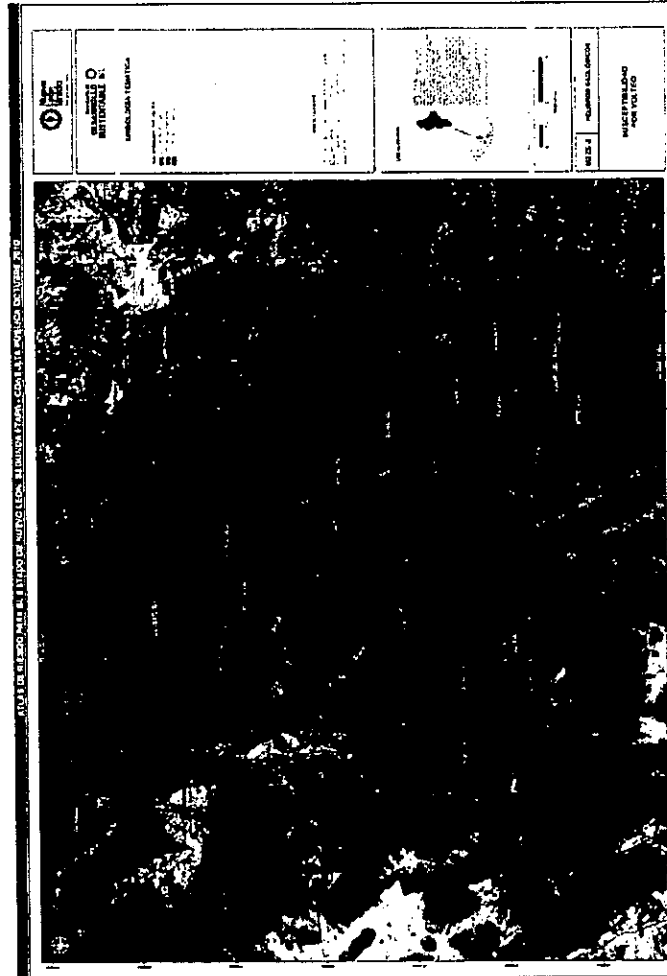


Figura 4.6.99 Mapa M2ZS-2 Susceptibilidad a voltios.

car
scd

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

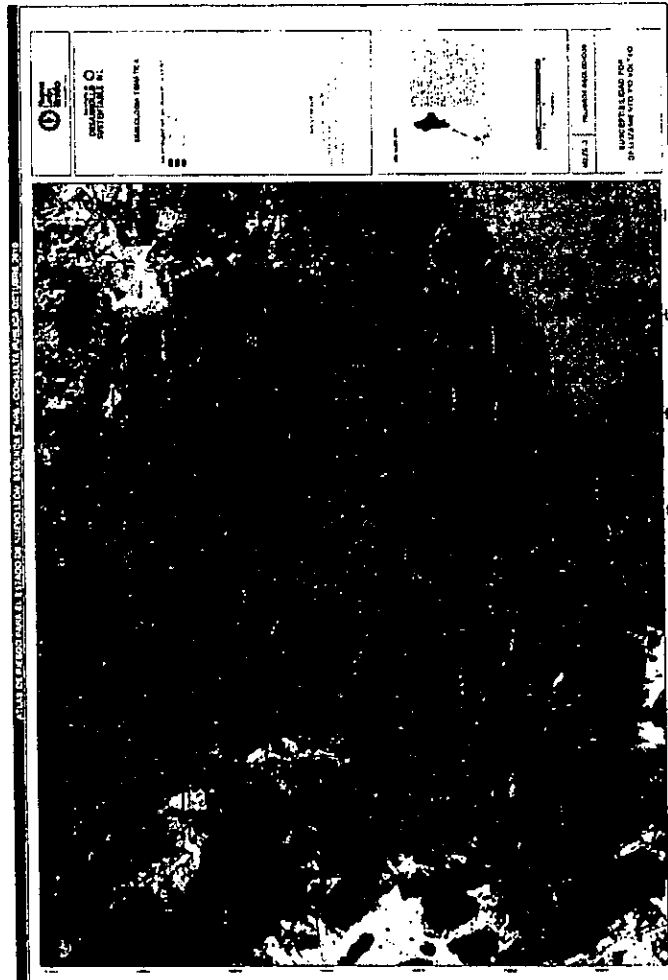


Figura 4.6.100 Mapa M2ZS-3 Susceptibilidad general.

CDW
[Handwritten signature]



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Doctor Arroyo	
Características geográficas	Extensión: 5 106.2 Km ² Temperatura media: ND Precipitación media anual: ND Población total: 33 269 habitantes.
Rasgos geológicos	Las estructuras plegadas están conformadas principalmente por caliza y caliza-lutita. En menor medida por lutita-arenisca. La planicie está conformada por amplias secuencias de depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	Predomina el relieve plano, con pendientes menores al 18 % y alturas relativas menores a 100 m, lo que implica una baja energía del relieve. La zona montañosa, corresponde con estructuras plegadas que tienen un elevado grado de erosión; algunas de ellas han sido borradas del relieve o su expresión es mínima. Las pendientes predominantes son de 18 al 60 % y en algunos puntos se alcanzan pendientes del 100 %. La altura relativa no sobrepasa los 450 m, indicando una baja energía del relieve. El drenaje es denso principalmente en la zona montañosa, con patrón dendrítico y paralelo. En la planicie el drenaje es poco integrado, con corrientes aisladas.
Rasgos estructurales	Moderada presencia de circos de erosión y ejes de pliegues, de las estructuras plegadas erosionadas.
Peligros geológicos	PRM en las partes altas, favorecidos por la litología. Posibles flujos y grandes avenidas controlados por los circos de erosión. La escasa energía del relieve limita el potencial impacto de los procesos. Existe el potencial para el desarrollo de karsticidad
Nivel de atención requerido	MEDIO. La zona urbana se encuentra alejada de las áreas potencialmente inestables. Se deben monitorear los cauces para prevenir grandes avenidas o socavaciones laterales. Se debe hacer un reconocimiento detallado para identificar zonas afectadas por karsticidad.

Handwritten signatures and stamps:

 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Figura 4.6.101 Mapa M3ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.

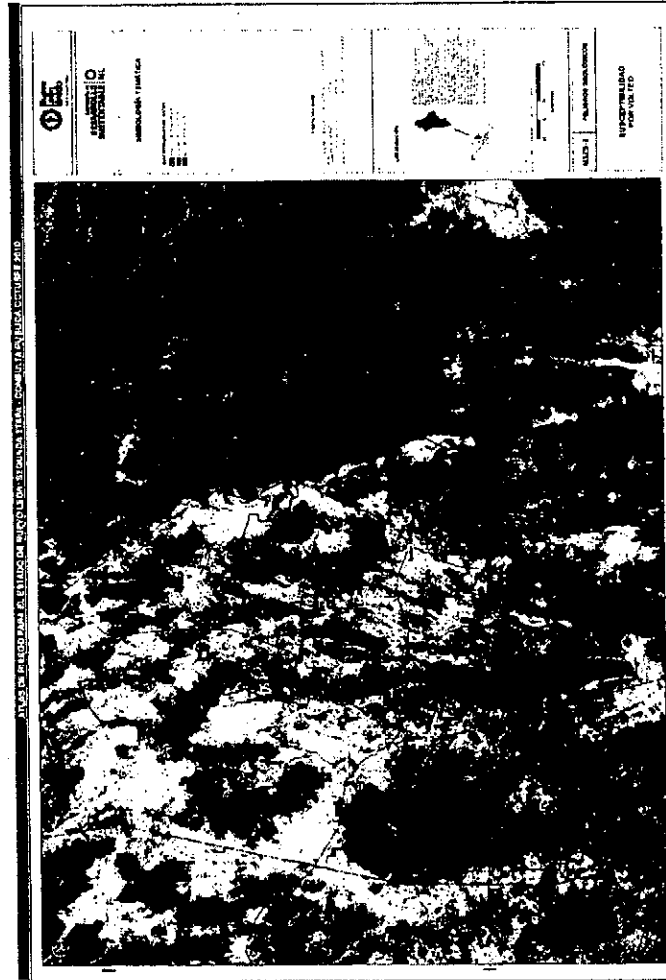


Figura 4.6.102 Mapa M3ZS-2 Susceptibilidad a voltesos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

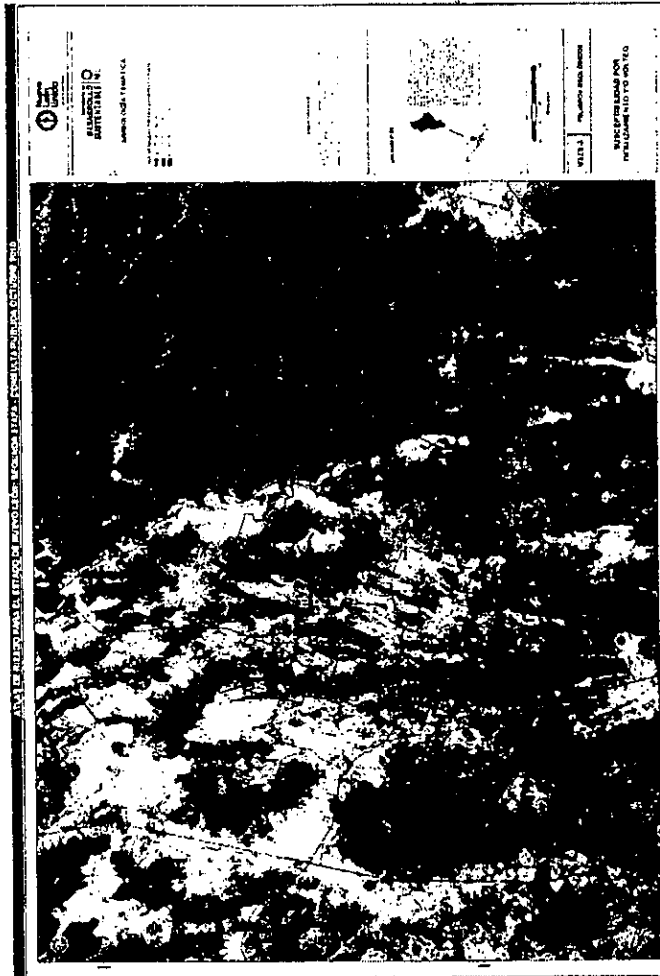


Figura 4.6.103 Mapa M3ZS-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Aramberri	
Características geográficas	Extensión: 2 839.5 Km ² Temperatura media: 20 a 30 °C. Precipitación media anual: ND Población total: 14 692 habitantes.
Rasgos geológicos	Predomina el relieve montañoso suave, conformado por estructuras plegadas donde afloran las siguientes litologías: caliza, lutita, caliza-lutita, caliza-yeso. En la planicie existen secuencias de depósitos aluviales y conglomerados. Algunas de las estructuras plegadas son: sinclinal Las Loberas, anticlinal Ibarra, sinclinal Las Adjuntas, anticlinal Buenavista, sinclinal San Antonio Mitpillas, anticlinal La Angostura entre los más relevantes.
Rasgos morfológicos	En la zona montañosa predominan las pendientes suaves, del orden del 18 al 60%. En las partes más altas se alcanzan valores mayores al 100%. Las alturas relativas que predominan son de 100 a 300m, y en la parte SE del municipio alcanzan valores de hasta 800m. El drenaje es muy denso con un patrón dendrítico.
Rasgos estructurales	Existe gran presencia de circos de erosión, ejes de pliegues y fracturamiento asociado. Resalta la presencia de la cabalgadura La Silla.
Peligros geológicos	PRM asociados a la litología y gran presencia de lineamientos. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas controlados por circos de erosión, a través de cauces. Problemas de karsticidad asociados a la presencia de calizas y yesos.
Nivel de atención requerido	ALTO. Las áreas urbanas de La Ascensión y Aramberri se encuentran enclavadas entre las estructuras plegadas, donde existe el potencial de ocurrencia de PRM y donde confluyen los escurrimientos de las partes altas. Merece particular atención la localidad de Aramberri. Se debe caracterizar a detalle las zonas con problemas de karsticidad.

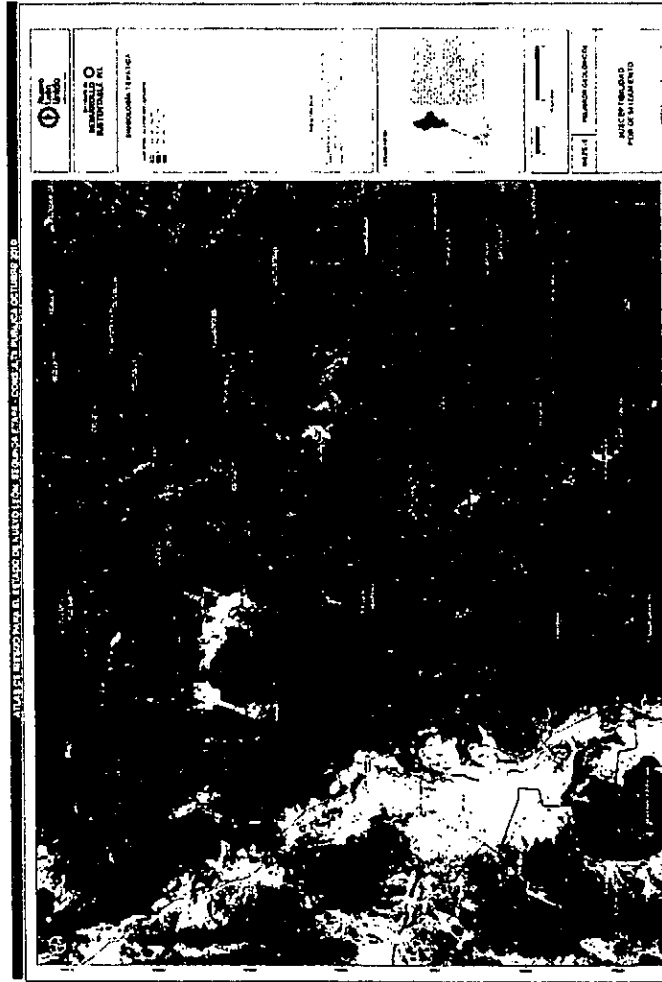


Figura 4.6.104 Mapa M4ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and stamps:
 - A large handwritten signature at the top left.
 - A circular stamp of the Government of Nuevo León.
 - The text "Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL" (Secretariat of Sustainable Development NL).
 - A handwritten signature at the bottom left.
 - A handwritten signature at the bottom center.

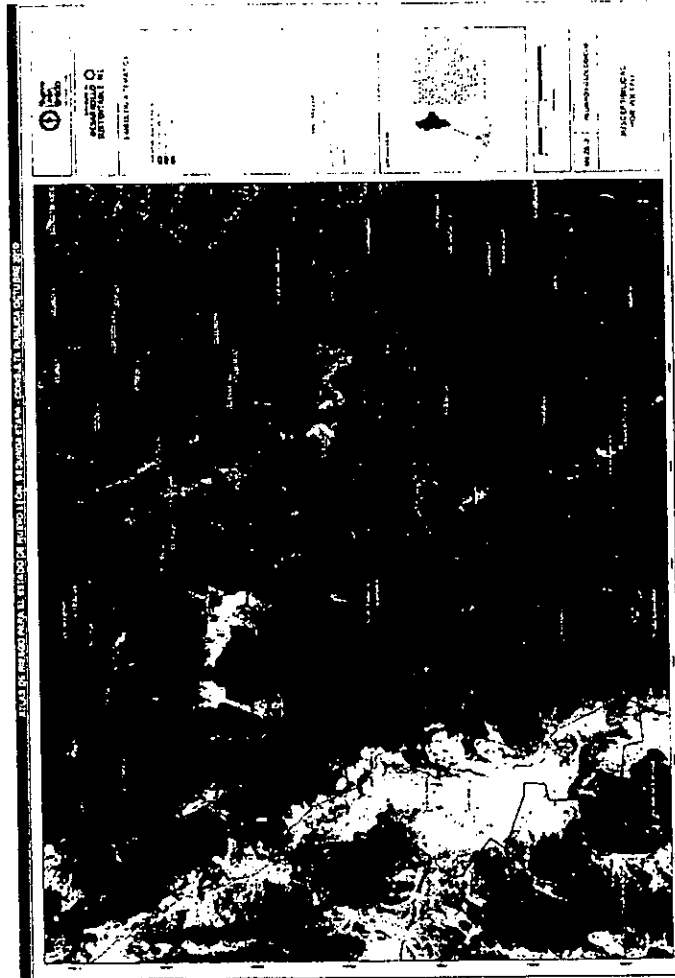


Figura 4.6.105 Mapa M4ZS-2 Susceptibilidad a voltéos.



 Secretario de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

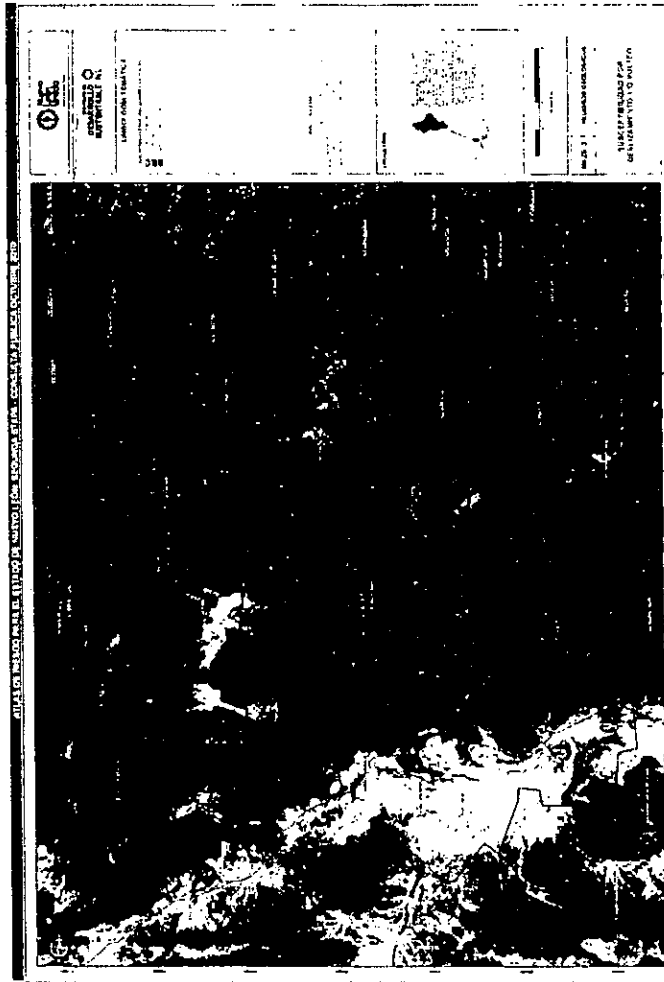


Figura 4.6.106 Mapa M4ZS-3 Susceptibilidad general.

car

[Signature]


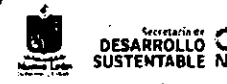


Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

[Signature]



General Zaragoza	
Características geográficas	Extensión: 1 108.5 Km ² Temperatura media: 15 a 16°C. Precipitación media anual: 900 mm Población total: 5 733 habitantes.
Rasgos geológicos	El relieve es predominantemente montañoso, conformado por las siguientes litologías: caliza, caliza-lutita, lutita. En la planicie aflora yeso y depósitos aluviales.
Rasgos morfológicos	La planicie donde se asienta el área urbana y otras partes aisladas, presentan pendientes menores al 18 %, con alturas relativas de hasta 100m. La mayoría de la zona montañosa presenta pendientes del 18 al 60%, y en las partes más altas se tienen pendientes mayores al 100%. Las alturas relativas son del orden de 300 a 600m. Sólo en una pequeña porción al oriente del municipio, existen alturas de hasta 1000m. El drenaje es denso con arreglo dendrítico y aisladamente en paralelo.
Rasgos estructurales	Gran presencia de circos de erosión, ejes de pliegues y fracturas. Existen cabalgaduras tales como El Refugio, Santa Rosa, Santa Lucía, San Diego y La Joya.
Peligros geológicos	PRM en la mayor parte del terreno, sobre todo en las partes altas y escarpadas. Se identifican procesos de volteo y deslizamiento en paredes verticales y zonas caracterizadas por circos de erosión. Posibles flujos de detritos y grandes avenidas controladas por los circos de erosión.
Nivel de atención requerido	MUY ALTO. El área urbana se ubica en una zona desfavorable, al pie de las zonas de laderas donde además confluyen los escurrimientos de las partes altas. Existe potencial afectación por PRM en la zona urbana así como en cortes carreteros.

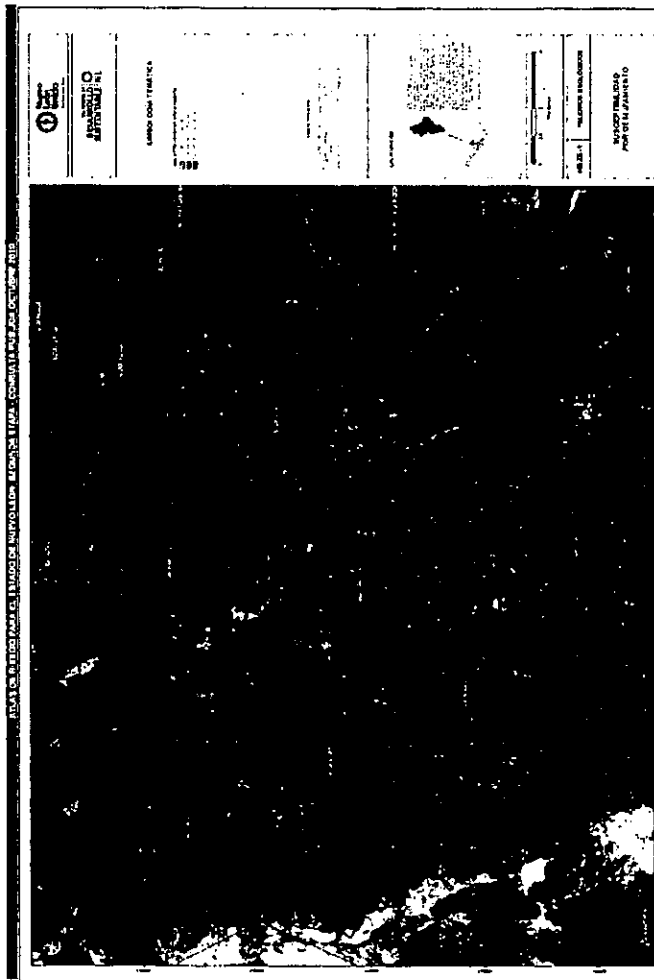


Figura 4.6.107 Mapa M5ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.

SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL

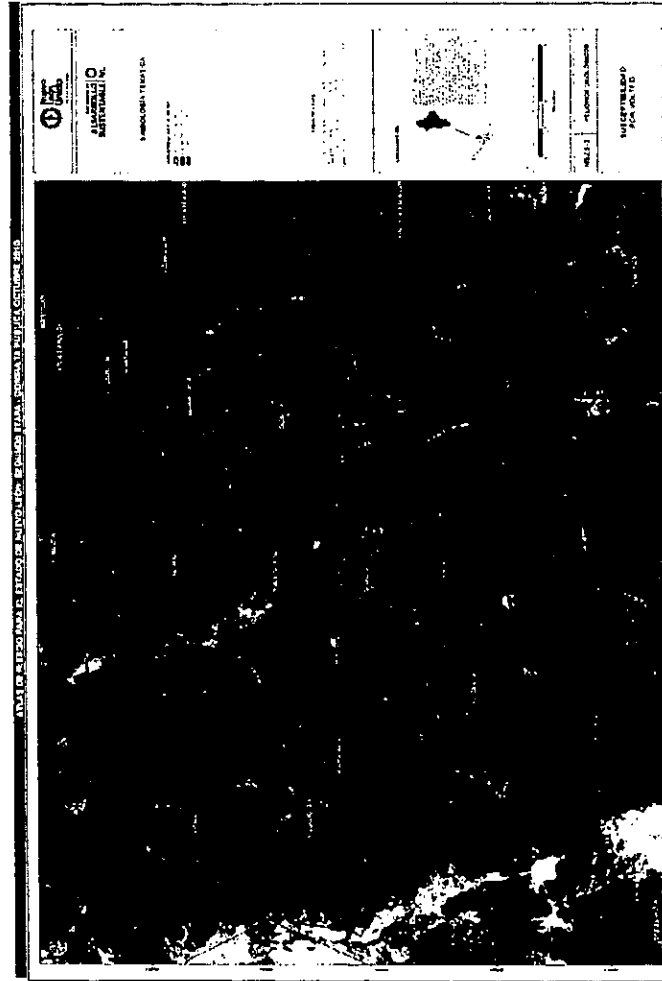


Figura 4.6.108 Mapa M5ZS-2 Susceptibilidad a volteos.

Handwritten signatures and initials:
 - Top left: *ad*
 - Middle left: *ad*
 - Middle right: *de*

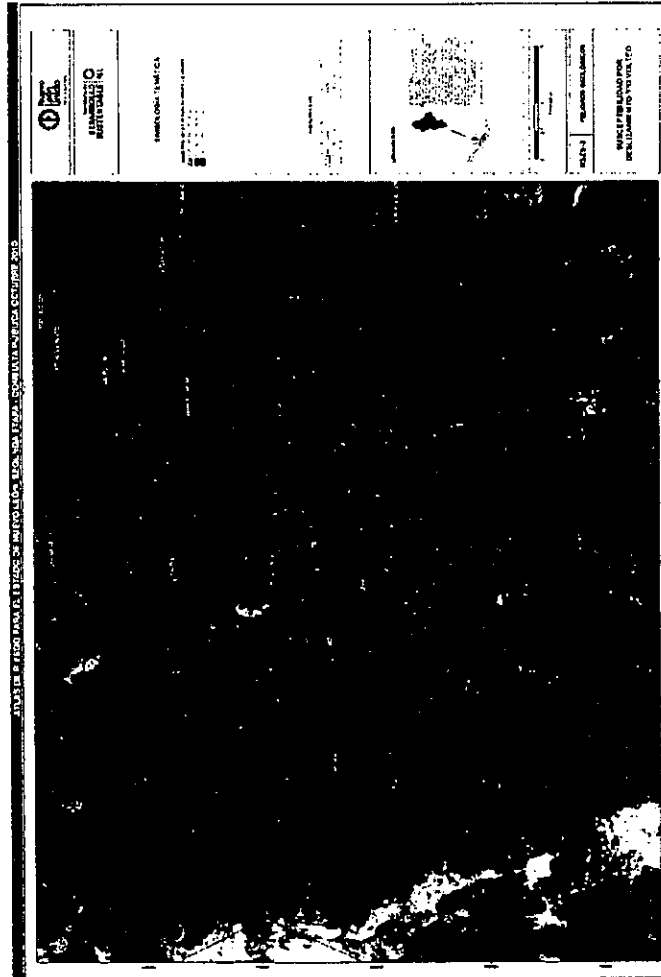


Figura 4.6.109 Mapa M5ZS-3 Susceptibilidad general.

Handwritten signatures and initials.



SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Mier y Noriega	
Características geográficas	Extensión: 1 168 Km ² Temperatura media: 19 °C. Precipitación media anual: 480 mm Población total: 7 047 habitantes
Rasgos geológicos	En la zona montañosa, conformada por estructuras plegadas y erosionadas, aflora caliza, caliza-lutita y lutita-arenisca. En la planicie afloran depósitos aluviales y conglomerados.
Rasgos morfológicos	Prácticamente la mitad del relieve es suave, con pendientes, menores al 18% y alturas relativas menores a 100m. El relieve montañoso, en general es suave, con predominio de pendiente de 18 al 60% y en zonas altas y aisladas alcanzan valores del 70%. Las alturas relativas máximas son del orden de 350 m, lo que indica baja energía del relieve. El drenaje es denso con un patrón dendrítico y paralelo.
Rasgos estructurales	Moderada presencia de circos de erosión y ejes de pliegues.
Peligros geológicos	PRM en zonas altas, favorecidos por la litología. La energía del relieve es baja por lo que los procesos tienen poco impacto. Posibles flujos y fuertes avenidas sobre cauces, controlados por los circos de erosión.
Nivel de atención requerido	MEDIO. El área urbana se encuentra al pie de laderas con relieve suave, pero en la zona confluyen diversos escurrimientos por lo que deberán monitorearse los cauces y corrientes cercanas.






 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**




Figura 4.6.110 Mapa M6ZS-1 Susceptibilidad a deslizamientos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

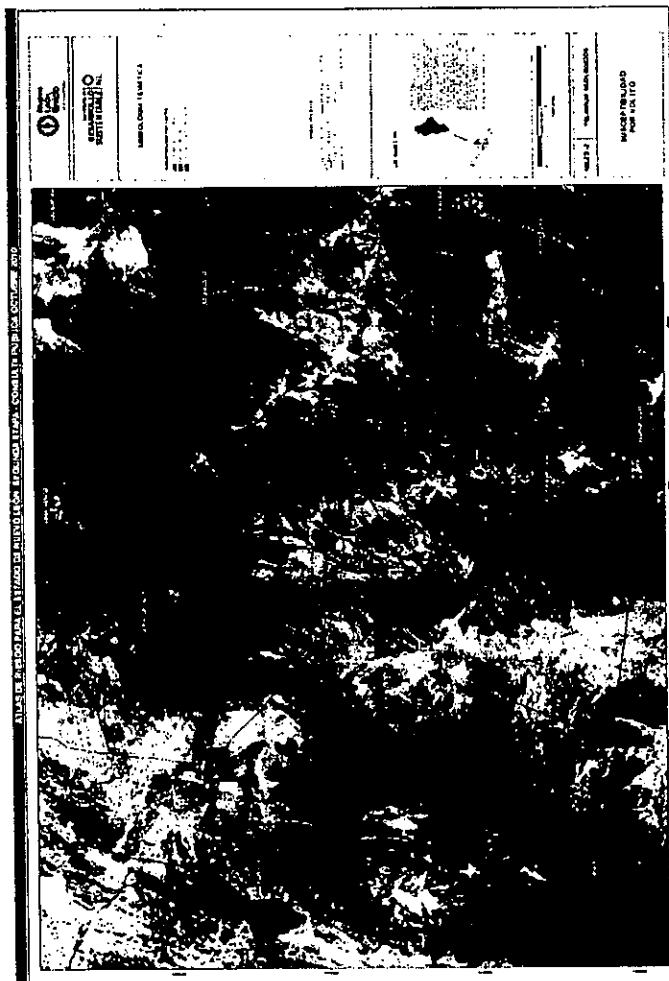


Figura 4.6.111 Mapa M6ZS-2 Susceptibilidad a volteos.

OH
est *R*

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

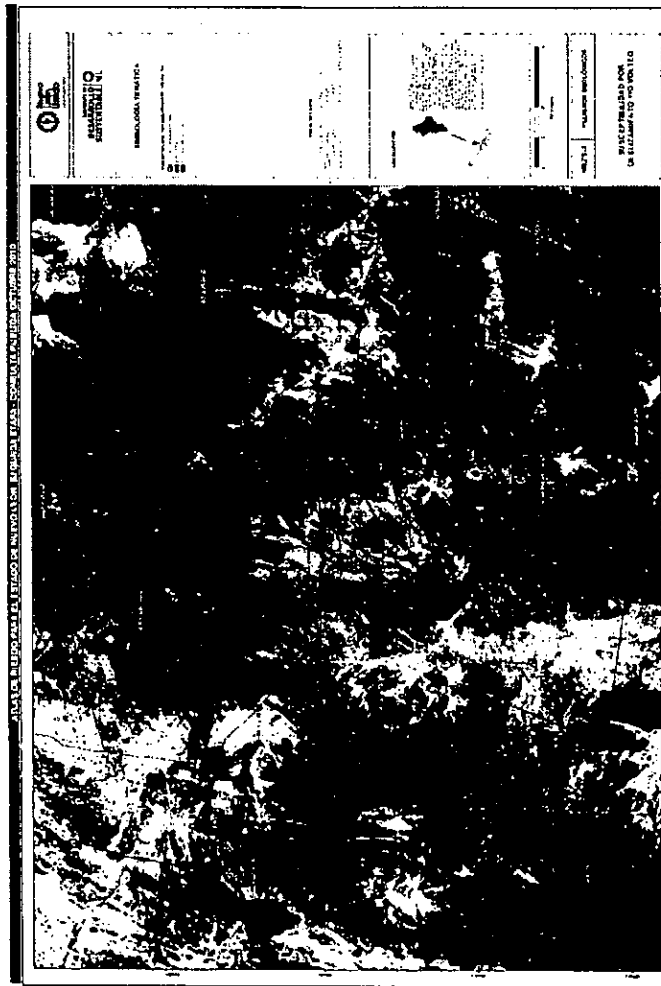


Figura 4.6.112 Mapa M6ZS-3 Susceptibilidad general.

Handwritten initials: DW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signatures and initials



3.6.5 Conclusiones (Procesos de Remoción de Masa)

Los estudios de estabilidad de laderas deben de considerar la información geológica disponible del área a investigar así como los antecedentes de la zona, además de información regional y local. Para determinar el tipo de estudios geotécnicos que se deben realizar, es necesario identificar los mecanismos potenciales de movimiento, ya que en función de estos sería la obra de mitigación o las medidas preventivas y/o correctivas que deberán aplicarse.

El objetivo principal de un estudio de estabilidad de taludes o laderas es el de establecer medidas de prevención y control para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Generalmente, la mejor herramienta para afrontar tales amenazas y riesgos es la prevención. Las medidas de prevención requieren políticas de estado y la participación y colaboración de las comunidades. Sin embargo, la eliminación de los problemas no siempre es posible mediante métodos preventivos se requiere establecer medidas de control para la estabilización de taludes susceptibles a presentar algún tipo de falla. Una vez que se conocen los tipos de falla que se pueden presentar en las laderas y se ha realizado un análisis de estabilidad, se está en condiciones de proponer medidas de mitigación.

Resulta necesario determinar las zonas críticas en los municipios que tengan una mayor afectación potencial por remociones de masa. Esto es fundamental para proponer acciones preventivas, así como dar un soporte técnico adecuado para orientar recursos económicos tanto para la mitigación como para la gestión de estudios detallados encaminados a resolver problemas particulares.

A continuación se presenta un resumen de los municipios de acuerdo con los niveles de atención determinados para cada uno de ellos, empleando el criterio establecido en la tabla 3.6.37. Asimismo, se dan una serie de recomendaciones particulares para cada nivel de atención, mismas que se complementan con la propuesta general de mitigación planteada.

car

edh *h*
Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Los municipios con niveles de atención MUY ALTO son los siguientes (Tabla 4.6.12):

Tabla 4.6.12 Municipios con niveles de atención muy alto y peligros potenciales.

Municipio	Zona	Peligros potenciales
Galeana	Sur	PRM tales como volteo o desprendimiento de bloque de zonas altas y escarpadas. Potenciales flujos de detritos y grandes avenidas que impacten el área urbana. Desarrollo de morfologías endo y exokarsticas.
General Zaragoza	Sur	El municipio se encuentra rodeado de zonas montañosas, donde confluyen los escurrimientos. Posibles flujos y grandes avenidas. La susceptibilidad para ocurrencia de PRM es alta.
Hidalgo	Periférica	En la zona urbana confluyen importantes escurrimientos además de que se ubica entre dos estructuras plegadas con alta susceptibilidad a presentar PRM.
Rayones	Citricola	La zona urbana del municipio se localiza en la planicie de deposición y está rodeada de estructuras plegadas con potencial de generar PRM. Existen grandes paredes subverticales que presentan fracturamiento, por lo que pueden presentar volteo y desprendimiento de grandes bloques. Además confluyen los escurrimientos de las partes altas, existiendo el potencial para que se generen flujos de detritos y grandes avenidas.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature



Tabla 4.6.12 Continuación.

Municipio	Zona	Peligros potenciales
Salinas Victoria	Periférica	PRM en zonas de laderas. Parte de la zona urbana se asienta sobre taludes, que podrían presentar remociones a nivel local y en cortes carreteros. Existen corrientes que atraviesan la zona urbana, existiendo el potencial para flujos de detritos y grandes avenidas.
Santiago	Periférica	La zona urbana se localiza en medio de estructuras plegadas, con potencial para la generación de PRM. En la zona confluyen diversos escurrimientos, lo que genera el potencial para ocurrencia de flujos y grandes avenidas. La cercanía de la presa La Boca, representa un riesgo potencial en caso de eventos extraordinarios.

Recomendaciones específicas para los municipios catalogados con un nivel de atención MUY ALTA.

1. Generar un inventario de zonas potencialmente inestables.
2. Hacer estudios a detalle para determinar la estabilidad de macizos rocosos.
3. Realizar ensayos de campo y laboratorio para obtener valores de resistencia, tanto de la roca intacta como de las discontinuidades.
4. Una vez identificadas las zonas críticas así como los bloques, realizar análisis de trayectoria de bloques.
5. Establecer la vulnerabilidad física de la infraestructura urbana.
6. Realizar estudios detallados de peligro y riesgo a nivel local.
7. Realizar estudios de exploración geofísica para detección de cavidades en zonas kársticas.
8. Implementar medidas de mitigación y prevención de acuerdo al nivel de impacto de los procesos.
9. Monitoreo de cauces y ríos que confluyan hacia zonas urbanas, así como de los materiales de depósito (espesor, granulometría etc).

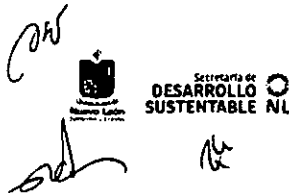
Los municipios con niveles de atención ALTO son los siguientes (Tabla 4.6.13):

Tabla 4.6.13 Municipios con niveles de atención alto y peligros potenciales.

Municipio	Zona	Peligros potenciales
Aramberri	Sur	Las zonas urbanas se encuentran rodeadas por zonas montañosas con el potencial de presentar PRM. En la zona confluyen escurrimientos por lo que existe el potencial de que se generan flujos y grandes avenidas.
Bustamante	Norte	La zona urbana se encuentra al pie de una estructura plegada y donde confluyen los escurrimientos. Existen paredes subverticales y con fracturamiento donde se pueden general volteos y desprendimientos de bloques.
Higueras	Periférica	La zona urbana se asienta sobre zona de laderas y donde confluyen varios escurrimientos de las partes altas.
Iturbide	Sur	El municipio se localiza entre estructuras plegadas, y en la base de las laderas, mismas que presentan susceptibilidad media y alta para la generación de PRM. Aunque la morfología es suave, confluyen diversos escurrimientos de las partes altas.
Lampazos de Naranjo	Norte	La zona urbana se localiza en la base y piedemonte de las laderas, donde se pueden desarrollar PRM a nivel local. Asimismo, confluyen diversos escurrimientos de las partes altas.
Villaldama	Norte	La zona urbana se asienta sobre laderas con morfología suave pero pueden existir problemas de estabilidad locales. Diversos escurrimientos y corrientes confluyen en el área urbana.

Recomendaciones específicas para los municipios catalogados con un nivel de atención ALTA.

1. Generar un inventario de zonas potencialmente inestables.
2. Realizar estudios a detalle para determinar la estabilidad de macizos rocosos.
3. Establecer la vulnerabilidad física de la infraestructura urbana.
4. Realizar estudios detallados de peligro y riesgo a nivel local.
5. Implementar medidas de mitigación y prevención de acuerdo al nivel de impacto de los procesos.
6. Monitoreo de cauces y ríos que confluyen hacia zonas urbanas, así como de los materiales de depósito (espesor, granulometría etc).



SECRETARÍA DE
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



Los municipios con niveles de atención MEDIA son los siguientes (Tabla 4.6.14):

Tabla 4.6.14 Municipios con niveles de atención media y peligros potenciales.

Municipio	Zona	Peligros potenciales
Allende	Citrica	PRM en las partes altas y escarpadas. Existe una amplia zona de amortiguamiento entre el área urbana y las zonas de potencial inestabilidad. Posibles grandes avenidas.
Linares	Citrica	Existe potencial para la generación de PRM en la zona montañosa. La zona urbana se encuentra alejada de la zona de laderas pero se debe prestar atención en cortes y caminos. Posibles grandes avenidas ante eventos hidrometeorológicos extremos.
Montemorelos	Citrica	El área urbana se encuentra alejada de las zonas de laderas, pero en ésta se presenta el potencial para la generación de PRM.
Anáhuac	Norte	Posibles grandes avenidas en caso de eventos extraordinarios. Desarrollo de karsticidad.
Cerralvo	Norte	PRM en zonas altas y escarpadas. El potencial de impacto en el área urbana es bajo, pues existe una amplia zona de amortiguamiento. Existen escurrimientos que confluyen al área urbana.
Mier y Noriega	Sur	Se asienta en el piedemonte de laderas de morfología suave. Pueden existir problemas de estabilidad local. Algunos escurrimientos confluyen en la zona urbana.
Dr. Arroyo	Sur	Existe potencial para el desarrollo de morfologías kársticas. El área urbana se encuentra alejada de las zonas potencialmente afectadas por PRM, pero en general estos procesos se encuentran ampliamente distribuidos dentro del municipio.
Dr. González	Periférica	El área urbana se asienta en la planicie donde confluyen los escurrimientos de la zona de laderas. Se presenta importante disección del relieve y existen procesos de ramoción asociados a las zonas montañosas.
Mina	Periférica	PRM en zonas altas y escarpadas, donde existen paredes verticales con fracturamiento asociado. La zona urbana se asienta sobre laderas de morfología suave y existe una amplia zona de amortiguamiento, por lo que el impacto de los PRM es nulo, a excepción de problemas de estabilidad locales. En el área urbana confluyen diversos escurrimientos.
Sabinas Hidalgo	Norte	PRM en las partes altas y escarpadas. La zona urbana se encuentra lejos de las zonas de potencial inestabilidad. Posibles flujos y grandes avenidas en el Río Sabinas.



 SECRETARÍA DE
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**



Recomendaciones específicas para los municipios catalogados con un nivel de atención MEDIA.

1. Generar un inventario de zonas potencialmente inestables.
2. Llevar a cabo estudios a detalle para determinar la estabilidad de macizos rocosos.
3. Monitoreo en cauces y ríos.
4. Implementar medidas de mitigación y prevención de acuerdo al nivel de impacto de los procesos.

Los municipios con niveles de atención BAJO son los siguientes (Tabla 4.6.15):

Tabla 4.6.15 Municipios con niveles de atención bajo.

Municipio	Zona
Cadereyta Jiménez	Periférica
Dr. Coss	Norte
Gral. Bravo	Norte
Gral. Terán	Citrica
Gral. Treviño	Norte
Hualahuises	Citrica
Los Aldamas	Norte
Los Herreras	Norte
Los Ramones	Norte
Marín	Periférica
Melchor Ocampo	Norte
Parás	Norte
Pesquería	Periférica
Vallecillo	Norte
China	Norte
Aguateguas	Norte

A la escala regional de trabajo, estos municipios se asientan sobre terrenos que no favorecen la ocurrencia de PRM. Sin embargo, se recomienda la realización de un inventario de problemas locales de estabilidad, ya que esto es la base para determinar las áreas con problemáticas particulares.

4.7 Fallas y fracturas

4.7.1 Peligro por fallas y fracturas

Las fallas y fracturas son estructuras geológicas de suma importancia y condicionan en gran medida el desarrollo y evolución del relieve. Las fallas son rasgos de origen tectónico, producto de esfuerzos regionales. Son discontinuidades en la roca donde existe un desplazamiento reconocible, desde unos pocos centímetros hasta kilómetros y se clasifican de manera general en tres tipos, normales, inversas y laterales, en función de los esfuerzos que las originan y de los movimientos relativos de los bloques (Nicolas, 1987; Twiss y Moores, 1992; Van der Pluijm, 2004).

Las fallas se pueden definir como superficies o zonas estrechas, a lo largo de las cuales un bloque se ha movido con respecto al otro. Este desplazamiento genera una deformación, la cual puede ocurrir en tres diferentes estilos (Figura 4.7.1):

1. Fracturas de cizalla quebradizas.
2. Zonas de cizalla quebradizas cercanamente espaciadas.
3. Zonas de cizalla dúctil.

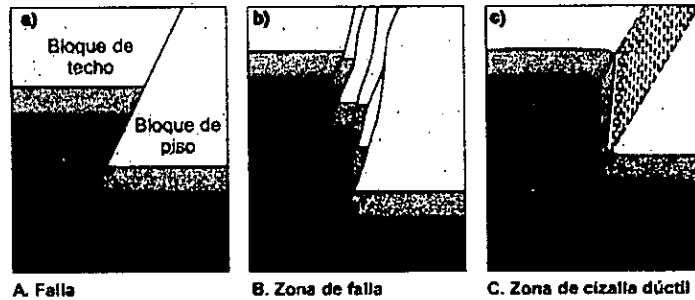


Figura 4.7.1 Estilos de fallamiento.

Handwritten initials: OW, SA, and R.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

El desplazamiento característico para las diferentes clases de fallas se puede clasificar de manera más general en (Figura 4.7.2):

1. Fallas con deslizamiento en el buzamiento, las cuales se identifican como:
 2. Fallas normales.
 3. Fallas inversas.
4. Fallas con deslizamiento en el rumbo.
 5. Lateral derecha.
 6. Lateral izquierda.
7. Fallas con deslizamiento oblicuo.
 8. Sinistral normal.
 9. Sinistral inversa.
10. Fallas rotacionales.

Falla normal.- Se generan por tracción. El movimiento es predominantemente vertical respecto al plano de falla, el cual típicamente tiene un ángulo de 60 grados respecto a la horizontal. El bloque que se desliza hacia abajo se le denomina bloque de techo, mientras que el que se levanta se llama bloque de piso.

Falla inversa.- Este tipo de fallas se genera por compresión. El bloque de techo se encuentra sobre el bloque del piso. Cuando las fallas inversas presentan un buzamiento inferior a 45°, estas toman el nombre de cabalgamiento.

Falla de desgarre o transversal.- Son verticales y el movimiento de los bloques es horizontal. Son típicas de límites transformantes de placas tectónicas. Se distinguen dos tipos de fallas de desgarre: derechas e izquierdas, también se les conoce como fallas transversales o de rumbo.

Las fallas se reconocen porque a menudo las paredes están estriadas y pulidas como resultado del deslizamiento cortante. Para determinar el sentido del movimiento existen indicadores cinemáticos como por ejemplo: fracturas de Riedel, estrias, clastos rotados, elementos estradores, zonas brochadas, desplazamiento de horizontes guía por mencionar algunos (Petit, 1987; Telson, 1996; Dobias, 1998).



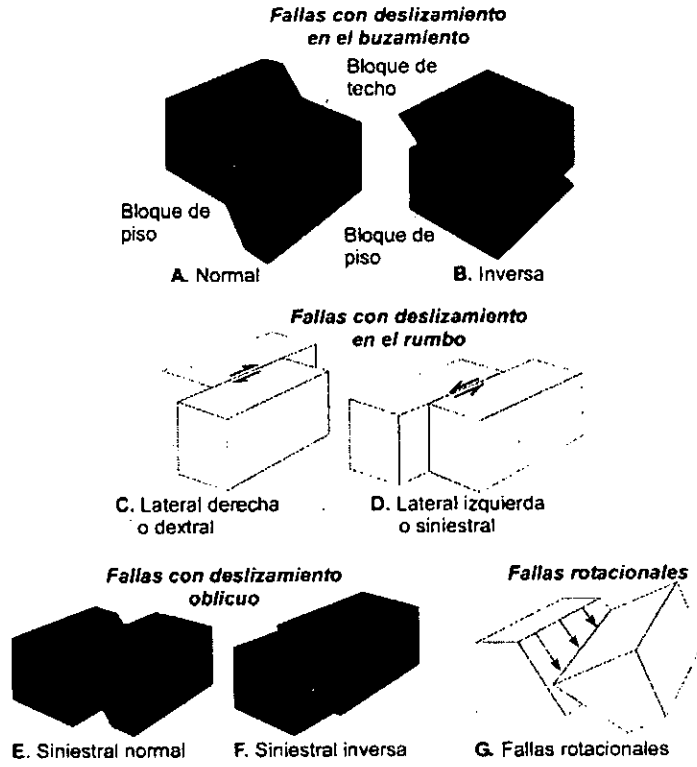


Figura 4.7.2 Bloques fallados que muestran el desplazamiento característico para las diferentes clases de fallas.

Handwritten signatures and initials.



Las fracturas (del latín "fractus", roto) son superficies que no presentan un desplazamiento visible y a través de las cuales la roca o los minerales han perdido la cohesión y la continuidad (Twiss y Moores, 1992; Van der Pluijn, 2004). Las fracturas son estructuras abundantes en la corteza y se desarrollan en las rocas y suelos; ayudan a la corteza a cambiar de forma con movimientos de subsidencia, hundimientos (colapsos), levantamientos, cabalgaduras, contracciones, expansiones y plegamientos (Davis, 1984). Las fracturas son asociadas a esfuerzos producidos por la naturaleza como lo es el tectonismo, la diagénesis, el gradiente termal y la gravedad (Stearns, 1996).

Las juntas o diaclasas, también llamadas fracturas secas, corresponden a planos que no presentan deslizamiento ni relleno alguno. Se forman por aplicación de esfuerzos y por pérdida de volumen. Las juntas desarrolladas por aplicación de esfuerzos, se pueden desarrollar tanto en pliegues como en fallas, relacionándolas con el campo de esfuerzos que afecta a la roca. Las juntas desarrolladas por pérdida de volumen, por ejemplo en rocas volcánicas, se asocian al enfriamiento de la roca y, las desarrolladas en rocas sedimentarias, conocidas como fracturas de desecación, se desarrollan por la pérdida de agua en los sedimentos debido a evaporación. Por otro lado, durante el sepultamiento de cuencas, la gran mayoría del fracturamiento ocurre por la liberación de fluidos, desarrollándose lo que se conoce como fracturamiento hidráulico (hidrofracturamiento), disparado por el incremento de la presión de poro en los sedimentos que contienen fluidos.

Grietas de tensión: Las grietas de tensión, diques y vetas son planos que tampoco presentan un deslizamiento importante paralelo a la superficie de la grieta. Se distinguen de las juntas o diaclasas por el relleno de material introducido durante la propagación de la fractura. Comúnmente, las grietas de tensión forman sistemas paralelos de arreglos en escalón (en echelon).

4.7.2 Afectaciones y daños potenciales

Afectaciones asociadas a las fallas

El estado de Nuevo León presenta todo un conjunto de fallas, mismas que han interactuado a través del tiempo, influyendo en la configuración actual del relieve. La evolución tectónica de la región es compleja y ha habido por lo menos dos etapas importantes de generación de fallas profundas, las cuales influyeron tanto en el relieve antiguo como actual y sobre el depósito de las diferentes litologías que afloran hoy en día.

El evento de fallamiento más antiguo y que se sabe que hasta hoy en día ha mostrado actividad, corresponde al fallamiento extensional Triásico-Jurásico que controló la apertura misma del Golfo de México (Coney, 1983; Salvador, 1987; Goldhammer, 1999). Durante este tiempo, las fallas importantes registradas son: Falla San Marcos, Falla La Babia y la extensión de la Sonora-Mojave.

La traza de estas fallas principalmente están expuestas en Coahuila; sin embargo, parte de ellas cruzan el centro y la parte norte de estado de Nuevo León.

El segundo evento importante de desarrollo de fallas correspondió al acortamiento continental del Cretácico superior-Terciario temprano, conocido como Orogenia Laramida. Este evento configuró las fallas más importantes hoy expuestas dentro y en los bordes del cinturón plegado y cabalgado de la Sierra Madre Oriental (SMO), área dentro de la cual se encuentran poblaciones importantes en el centro y sur del estado (Rayones, Santiago, Allende, Galeana, Iturbide, Aramberry, Dr. Arroyo, Mier y Noriega y Zaragoza). La misma área metropolitana de Monterrey está en la frontera entre

**Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

191



esta provincia y la Planicie Costera del Golfo de México. En orden de importancia, las fallas más abundantes desarrolladas dentro de la SMO corresponden a fallas inversas, fallas laterales, retrofallas, fallas normales neoformadas y fallas inversas reactivadas con componente normal (Figura 4.7.3).

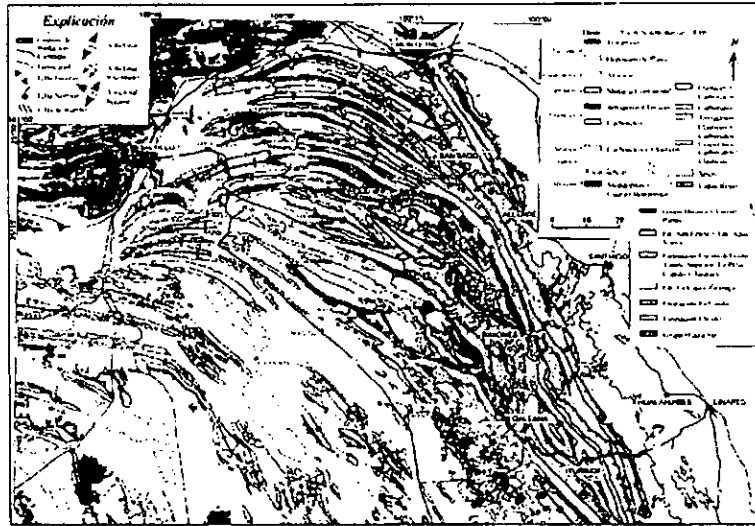


Figura 4.7.3 Carta geológico-estructural del centro y sur del estado de Nuevo León en la que se muestran las principales fallas y estructuras plegadas regionales desarrolladas durante la Orogenia Laramide en la región (Modificada de Padilla y Sánchez, 1982).

Afectaciones asociadas al fracturamiento

Autores como Muller (1959) y Terzaghi (1962) han enfatizado el hecho de que los macizos rocosos no son medios continuos y que su comportamiento está controlado por la presencia de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación, planos de flujo etc.

La secuencia marina carbonatada y clástica depositada en el NE de México cubre prácticamente a todo el estado de Nuevo León. El fracturamiento presente en esta secuencia es amplio y tiene dos orígenes principales: a) fracturamiento generado por sepultamiento de los sedimentos durante el relleno de la cuenca y fracturamiento generado por acortamiento tectónico regional durante la Orogenia Laramide (Figura 4.7.4).

La evolución del fracturamiento mostrado en la Figura 4.7.4 ilustra en etapas la generación de las fracturas principales presentes a lo largo y ancho del estado de Nuevo León en la secuencia mesozoica marina. El peligro por movimiento o reactivación a lo largo de este tipo de fracturas de

Handwritten signatures and stamps, including the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL.



tensión y cizalla presentes, depende en gran medida de la inclinación de las capas. El análisis de la estabilidad de taludes permite estimar la posibilidad de deslizamiento de paquetes con volúmenes variables en regiones cercanas a poblaciones o especialmente sobre trazos de carretera dentro de la montaña.

La gran mayoría de las fracturas que representan un riesgo para la población del estado de Nuevo León, son activadas durante periodos de lluvia, lo que genera una cantidad importante de deslizamientos sobre laderas o taludes artificiales, construidos principalmente durante el desarrollo de vías de comunicación.

AE


NE

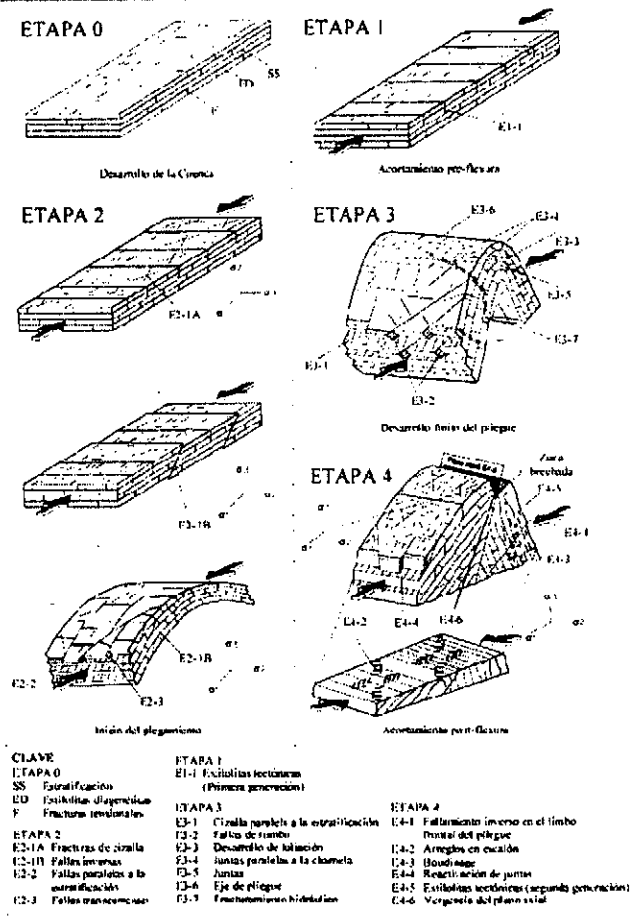


Figura 4.7.4 Diagrama que ilustra la evolución del fracturamiento en secuencias de multicapas, desde el sepultamiento hasta su exhumación durante un evento orogénico con desarrollo de pliegues y fallas (Tomado de Chávez-Cabello et al., 2004).

Handwritten signatures and stamps:
 - A circular stamp with a building icon and the text "Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL".
 - Handwritten initials "Cav" and "sdh".
 - A handwritten mark resembling "N".

Las fracturas funcionan como planos de debilidad, lo que provoca que ocurran movimientos traslacionales, ya sea planos o en cuña, volteos y desprendimientos, sobre todo a lo largo del frente de montaña de la Sierra Madre Oriental, en la región del interland y sobre las laderas de estructuras anticlinales aisladas, éste último caso especialmente en el norte del estado.

El frente de montaña de la Sierra Madre Oriental entre Villa de Santiago y Linares, presenta en diferentes sectores problemas de inestabilidad debido a paredes densamente fracturadas, las cuales pueden ser inestabilizadas en períodos de lluvia y fluir ladera abajo. Es importante el reconocimiento de este tipo de zonas, caracterizadas por escasa vegetación y por tener una inclinación superior a los 60°.

Por otro lado, el municipio de Galeana, en la parte centro sur del estado, presenta también diferentes casos donde existen construcciones habitacionales urbanas y rurales sobre laderas con desniveles importantes, coronadas a su vez por macizos rocosos densamente fracturados, los cuales también pueden ser inestabilizados durante períodos de lluvia. Es importante destacar que no solo en las áreas urbanas existe el riesgo, sino que también en los municipios menos poblados del estado ubicados en el transpaís de la Sierra Madre Oriental como es el caso de: Rayones, Iturbide, Galeana, Aramberri, Dr. Arroyo, Zaragoza y Mier y Noriega.

4.7.3 Metodología para generar el mapa de peligro por fallas y fracturas

Para generar el mapa de peligros por fallas y fracturas, se digitalizaron los rasgos estructurales contenidos en la carta geológico-minera del estado de Nuevo León, escala 1: 500 000, editada por el Servicio Geológico Mexicano, mismos que se complementaron con los lineamientos obtenidos a partir del análisis de modelos de relieve sombreado, ortofotos y recopilación bibliográfica sobre el contexto estructural del estado. Entre los trabajos publicados que contienen información respecto a la cartografía y análisis de fallas y fracturas de la zona norte de México, podemos mencionar los siguientes: Mitre-Salazar (1981), Padilla y Sánchez (1982), Eguiluz de Antuñano et al (2000).

Se utilizaron modelos de relieve sombreado con diferentes orientaciones del haz de luz, a fin de identificar los lineamientos de origen tectónico, utilizando para ello el criterio de perpendicularidad entre los rasgos y la dirección de la iluminación. No todos los rasgos necesariamente coinciden con algún rasgo estructural, ya sea falla, fractura o eje de pliegue. Ocurre que existen zonas escarpadas o de fuerte pendiente que se originan por procesos de erosión diferencial entre estratos de distinta competencia mecánica o bien que reflejan antiguos colapsos gravitacionales. Sin embargo, para ello se empleó la cartografía realizada en trabajos previos, la contenida en la carta del Servicio Geológico Mexicano y complementada con criterios morfológicos que sirvieron para validar los rasgos digitalizados que componen el mapa final.

El trabajo realizado para analizar este peligro, representa así una integración completa de las fallas y fracturas cartografiadas para todo el estado, complementada con otros rasgos evidenciados por su expresión en el relieve.









4.7.4 Resultados

En la Figura 4.7.5, se muestra un ejemplo de las fracturas más comunes que controlan la topografía y la geomorfología en la zona montañosa de la Sierra Madre Oriental, este tipo de fracturas combinadas con planos de estratificación, determinan deslizamientos importantes en las laderas de las montañas que han ocasionado daños y pérdidas humanas en zonas con diferente tipo de actividad antropogénica (minera, obras viales, urbanísticas, entre otras) a las que se asocian la mayor parte de los desastres ocurridos en el estado.

Para la confección del mapa final se han marcado los siguientes rasgos estructurales:

- 1.- Fallas inversas, que representan rasgos de deformación importante, asociados a esfuerzos compresivos, ocasionando fracturamiento y brechamiento en las rocas. Para este rasgo se consideró un búfer o zona de influencia de 200 metros a ambos lados del lineamiento.
- 2.- Fallas normales y laterales, asociadas a esfuerzos de tensión y de cizalla, causando deformación y fracturamiento en las rocas. Para este rasgo se consideró un búfer de 100 metros a ambos lados del lineamiento.
- 3.- Fracturas y ejes de pliegues, asociados a los eventos de plegamiento y fallamiento que han conformado las estructuras sinclinales y anticlinales característicos de la zona montañosa de Nuevo León. Para estos lineamientos se consideró un búfer de afectación de 50 m a ambos lados del lineamiento.

Las zonas de influencia se definieron tomando en cuenta los rasgos y el tipo de deformación considerado de una forma general. Es difícil precisar el ancho preciso de afectación de una falla a menos que se haga la evaluación geológico-estructural de la misma, para lo cual se requiere trabajo detallado sobre afloramientos, caracterización de indicadores cinemáticos y cartografía a detalle de la falla.

El mapa elaborado de peligros por fallas y fracturas presenta estos rasgos, tomando como base cartografías previas, complementado con el análisis mediante modelos de relieve sombreado, imágenes de satélite Landsat, mapas topográficos, de pendiente y de energía del relieve (ver figura 4.7.6).





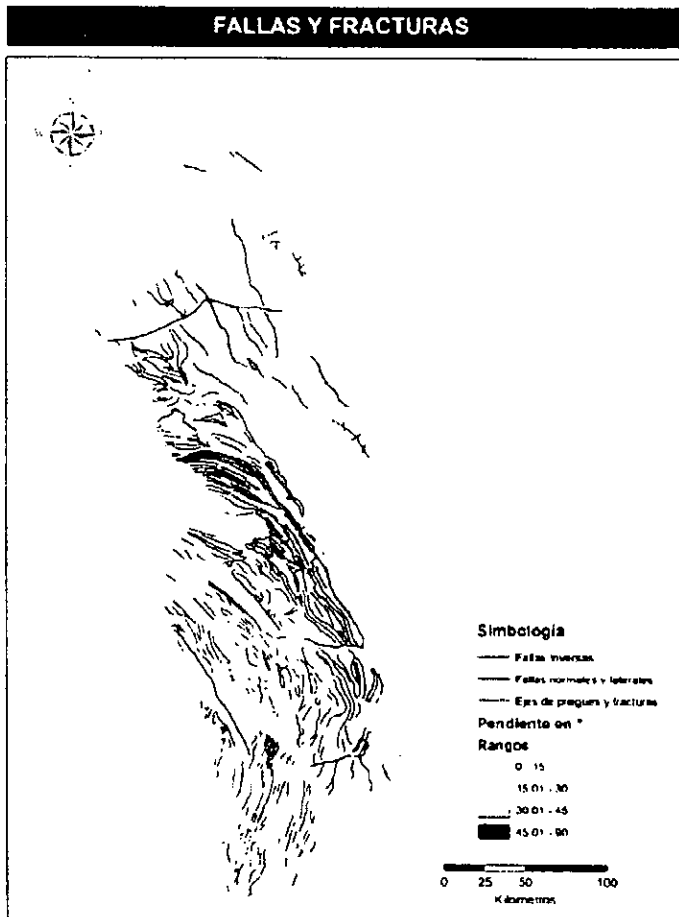


Figura 4.7.5 Mapa de fallas y fracturas.



 Secretario de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL




La nomenclatura para el mapa de fallas y fracturas en su edición final para el Atlas Estatal, representado sobre una imagen landsat es: Estatal / peligro por fallas y fracturas (4): E-4, el cual se muestra en la figura 4.7.8.



Figura 4.7.6 Mapa de fallas y fracturas sobre imagen Landsat.

Es importante destacar que no solo en las áreas urbanas existe el riesgo por fallas y fracturas, sino que también en los municipios menos poblados del estado, ubicados en el transpaís de la Sierra Madre Oriental como es el caso de: Rayones, Iturbide, Galeana, Aramberri, Dr. Arroyo, Zaragoza y Mier y Noriega.

Handwritten signature

Handwritten signature

4.8 Hundimientos

Estos procesos se caracterizan por ser movimientos de componente vertical, diferenciándose generalmente entre hundimientos o movimientos repentinos y subsidencias o movimientos lentos. Se pueden distinguir los siguientes tipos (González De Vallejo, 2004):

- a) Hundimientos de cavidades subterráneas, con o sin reflejo en superficie.
- b) Subsidencia o descenso lento y paulatino de la superficie del terreno.

Los hundimientos de cavidades subterráneas en roca, suelen ocurrir por colapso de los techos de cavidades subterráneas, más o menos profundas, al alcanzarse una situación límite de la resistencia de las rocas suprayacentes, sometidas a tensiones que no pueden soportar. El que repercutan o no en superficie depende de la profundidad, de la potencia y características geomecánicas de los materiales suprayacentes.

Las cavidades subterráneas pueden tener un origen natural o antrópico. La ocurrencia de hundimientos depende de los siguientes factores:

- 1) El volumen y forma de las cavidades.
- 2) El espesor de recubrimiento sobre las cavidades.
- 3) La resistencia y comportamiento mecánico de los materiales suprayacentes.

En el caso de los hundimientos de origen natural, en la mayoría de los casos las cavidades o cuevas naturales están asociadas a materiales kársticos o solubles, disparándose la disolución cuando existe exceso de CO₂ en la atmósfera y que se enriquece en el suelo por la actividad vegetal, mezclándose con el agua para desarrollar el ácido carbónico que es el que disuelve a los carbonatos y en general a los materiales evaporíticos. La disolución crea huecos en rocas carbonatadas y evaporíticas, al alcanzar éstos huecos determinadas dimensiones, generan estados de desequilibrio e inestabilidad, dando lugar a la rotura de la bóveda o techo de la cavidad; si este es poco potente o poco resistente, se hundirá la superficie del terreno. Las variaciones importantes del nivel freático en terrenos cársticos pueden dar lugar a reajustes tensionales que provocan hundimientos.

El resultado en superficie de los hundimientos kársticos son las dolinas (sinkholes), aunque pueden también generarse por disolución de las rocas en superficie de forma paulatina o por subsidencia de los suelos blandos que recubren morfologías kársticas.

Los materiales evaporíticos (sales y yesos), mucho más blandos que los carbonatados, presentan mayor capacidad de disolución, en las rocas carbonatadas la solubilidad de la calcita es del orden de 100 a 500 mg/l y un poco menor en las dolomías; sin embargo, en las rocas evaporíticas la solubilidad del yeso es del orden de los 2,400 mg/l mientras que para la halita es de 360,000 mg/l. En materiales evaporíticos los movimientos de reajuste a los huecos son continuos y paulatinos, frente al carácter generalmente brusco de los hundimientos carbonatados. Las cavidades en yeso y sal no alcanzan profundidades superiores a los 200 m (Durán, 1988).

Los hundimientos producto de actividad antrópica son favorecidos por las explotaciones mineras de interior (excavación de minerales estratificados como el carbón, o minería de disolución en



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



materiales salinos), excavaciones para túneles de carretera, ferrocarril o metro, almacenamientos, etc.

Las subsidencias son generalmente procesos muy lentos, aunque con frecuencia se aceleran por actuaciones antrópicas. Puede afectar a todo tipo de terrenos, generalmente a suelos, y son debidos a cambios tensionales inducidos por el terreno, por las siguientes causas:

- a) Descenso del nivel freático
- b) Minería subterránea y túneles
- c) Extracción o expulsión de petróleo o gas
- d) Explotación intensiva de acuíferos
- e) Procesos lentos de disolución y lavado de materiales
- f) Procesos morfotectónicos y de sedimentación
- g) Procesos de consolidación en suelos blandos y orgánicos.

El descenso del nivel freático, por períodos de sequía o por extracción de agua de los acuíferos, afecta a materiales no consolidados, que, como consecuencia de la pérdida del agua, sufren cambios en el estado tensional (se incrementan las tensiones efectivas al disminuir la presión intersticial), reduciendo su volumen con descenso de la cota de superficie; estos procesos son lentos pero pueden afectar grandes extensiones.

Es frecuente la subsidencia en suelos arcillosos por sobreexplotación de acuíferos arenosos intercalados. La importancia de la subsidencia depende del tipo de sedimentos, su espesor y de la magnitud del descenso del nivel freático. La velocidad del proceso puede ser de varios centímetros al año. La subsidencia supone un riesgo cuando ocurre en zonas urbanas, al dañar y agrietar las edificaciones y afectar a sus cimientos. Ejemplos importantes de subsidencia por descenso del nivel freático en zonas urbanas lo son las ciudades de Venecia, en Italia; Murcia, en España y la Ciudad de México.

Hay materiales especialmente susceptibles a los procesos de subsidencia, como los suelos orgánicos o turberas y los rellenos no compactados. Un caso especial son los suelos tipo permafrost de las regiones frías, que permanecen siempre congelados por debajo de la superficie, pueden sufrir subsidencia si por algún motivo se aumenta la temperatura del subsuelo y se descongela el agua.

La subsidencia minera se produce como consecuencia de las deformaciones inducidas en el terreno por las explotaciones. Su magnitud y extensión está relacionada con el tipo de materiales y con el volumen y método de explotación. Las subsidencias más frecuentes aparecen asociadas a la explotación de yacimientos estratificados subhorizontales y masivos (carbón, evaporitas) y depósitos metálicos con disposición vertical o inclinada (diques, venas).

La subsidencia puede también estar asociada a procesos tectónicos y de consolidación de sedimentos arcillosos como el caso de los deltas, donde las tasas de material depositado suponen una carga creciente sobre el sustrato, produciéndose movimientos verticales de reajuste. Las turbas (depósitos no consolidados de restos vegetales descompuestos) sufren frecuentemente subsidencia por disminución del contenido en agua o por cargas externas, dada su baja compresibilidad.

CM

sd *RL*

En el Estado de Nuevo León, el proceso de hundimiento característico está asociado a la presencia del fenómeno de karsticidad, el cual crea cavidades ya sea subterráneas o con exposición en la superficie, mismas que conforman el peligro más representativo en la región. Por lo anterior, el tema de hundimientos se centra en los procesos y morfologías propias de la karsticidad, la cual está presente en gran parte del estado, condicionada por sus características geológicas.

4.8.1 Karsticidad

La palabra "karst" proviene de Kars, región eslovena en la extinta Yugoslavia, donde el paisaje kárstico tiene un especial desarrollo y donde se inició la ciencia que se podría definir como Karstología (Pozo-Rodríguez, et.al., 2004). El concepto de karst fue introducido en 1893 por el geógrafo serbio, especializado en geomorfología, Jovan Cvijić en su libro *Das Karstphänomen*. La karstificación es un proceso de erosión de las rocas mediante la simple disolución del material sólido por acción de las aguas subterráneas y de infiltración. Un karst se produce por disolución indirecta del carbonato cálcico de las rocas calizas debido a la acción de aguas ligeramente ácidas. El agua se acidifica cuando se enriquece en dióxido de carbono, por ejemplo cuando atraviesa un suelo, y reacciona con el carbonato, formando bicarbonato, que es soluble. Se produce en las rocas compuestas de sal, yeso (sulfato de calcio hidratado), carbonatos de calcio y de magnesio (calizas y dolomías), en donde el agua reacciona con estos minerales, disolviéndolos. En las rocas calizas donde predomina el carbonato cálcico (CaCO_3), la disolución es mucho más lenta que en sales o yesos. Generalmente los procesos de disolución se generan en las discontinuidades naturales de las rocas, por infiltración de agua en presencia de dióxido de carbono (CO_2). La reacción entre el ácido carbónico y el carbonato cálcico provoca la disolución de éste. La circulación del agua rica en ácido carbónico provoca la erosión de los materiales dando lugar a oquedades, cavidades y huecos.

Dolina

La forma más importante de las hoquedades kársticas son las dolinas que son depresiones circulares o elípticas que se forman por disolución (y consiguiente pérdida de volumen) en su fase inicial, a partir de la intersección de diaclasas, generalmente a favor de los planos de estratificación, produciéndose un proceso en cadena de infiltración, disolución y eventualmente se puede presentar el colapso (Figuras 4.8.1 y 4.8.2). En cualquier caso no se disponen aleatoriamente, sino que generalmente están alineadas según fracturas o direcciones de estratificación determinadas. En sección tienen forma de cubeta o embudo. Sus dimensiones varían desde unos pocos metros de diámetro hasta incluso 500 m, siendo las más frecuentes de 20 a 25 m y normalmente están rellenas en su centro por arcillas de descalcificación.

an

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

201

ad

K

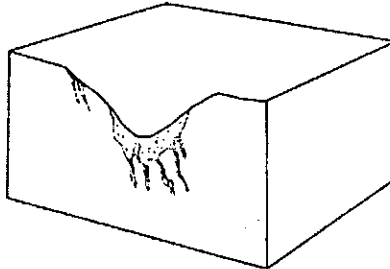


Figura 4.8.1 Dolina por disolución.

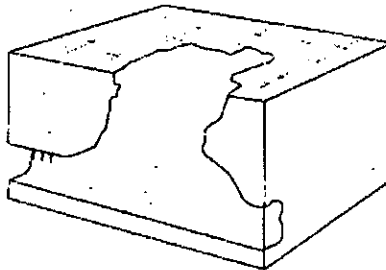


Figura 4.8.2 Dolina por colapso.

Morfologías endokársticas

Las formas endokársticas aparecen en el interior del macizo calcáreo como consecuencia de la acción del agua infiltrada desde la superficie.

Formas destructivas

Cuevas, grutas o cavernas

Conductos subterráneos originados por aguas de percolación mediante el ensanchamiento de discontinuidades: diaclasas, planos de estratificación, cambios de porosidad, fallas y fracturas. En su evolución se mezclan procesos de colapso o hundimiento, con disolución. Su profundidad, longitud, trazado en planta y sección es muy variable. Pueden alcanzar hasta decenas de kilómetros y es frecuente en ellas los conductos secundarios ramificados a modo de laberinto.

Formas constructivas

Espeleotemas (Figura 4.8.3): Constituyen todo un conjunto de depósitos debidos a la precipitación de material carbonático, sulfatado o clorurado. Los más importantes son:

Estalactita: es un depósito de carbonato cálcico que cuelga del techo de galerías y cavernas. Se forma a lo largo de miles de años por precipitación de los minerales

Handwritten signatures and logos, including the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL.

contenidos en las aguas subterráneas que se filtran, muy despacio, a través del techo de la cueva. El agua en circulación por el suelo, sobre la caverna, adquiere bicarbonato de calcio al pasar por la caliza. Cuando el agua se filtra gota a gota hasta el techo de la cueva, tiende a adherirse a éste y a formar gotitas; cuando éstas pierden parte del agua y del dióxido de carbono, el carbonato de calcio precipita y forma los depósitos de geometría típicamente cónica. Al escurrir más agua por el techo, la precipitación de carbonato de calcio continúa y los depósitos crecen en longitud y anchura constituyendo estalactitas. A menudo son enormes y adoptan formas curiosas.

Estalagmita: es un depósito de carbonato cálcico que se forma en el suelo como consecuencia de la caída de gotas desde el techo.

Columna: se forma al unirse una estalactita y una estalagmita

Cortina: resultado del movimiento del agua por un techo

Factores que intervienen en la generación del karst

Algunos factores que intervienen en el desarrollo, en mayor o menor magnitud, de los fenómenos de karsticidad son:

- a) La abundancia de agua (lluvias, aguas freáticas).
- b) La concentración de CO₂ en el agua (que aumenta con la presión).
- c) La baja temperatura del agua (cuanto más fría se encuentra el agua, más está cargada de CO₂).
- d) Los seres vivos (que emiten CO₂ en el suelo por la respiración, lo que aumenta considerablemente su contenido).
- e) La naturaleza de la roca (fracturamiento, composición de los carbonatos, textura, porosidad, etc.).
- f) El tiempo de contacto agua-roca.
- g) La temperatura.
- h) El tipo de relieve y la inclinación del terreno.

cont
ad



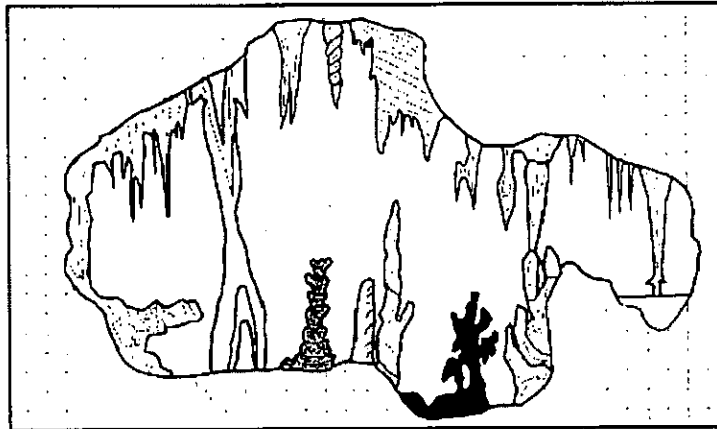


Figura 4.8.3 Tipos morfológicos de espeleotemas.

4.8.2 Afectaciones y daños potenciales

Los hundimientos y subsidencias son fenómenos comunes en el norte y sur del estado de Nuevo León, especialmente en la montaña, aunque también se presentan en zonas planas. Los hundimientos por disolución y colapsos abruptos de cavidades son más abundantes que las subsidencias debido a que la litología carbonatada y evaporítica es predominante, si la comparamos con los materiales arcillosos y poco consolidados, que generalmente están presentes en las regiones donde ocurre el fenómeno de asentamiento lento del terreno.

En el estado de Nuevo León, la litología, el clima y la actividad antropogénica, son los principales factores que se conjuntan para que se presenten movimientos súbitos del terreno. En el estado, la exposición en superficie de los materiales evaporíticos es mayor en el sur que en el norte (Figura 4.8.4) y, ampliamente, se observa en la superficie el reflejo de los fenómenos kársticos acelerados por la disolución de materiales evaporíticos que existen en regiones como Galeana, donde el desarrollo de dolinas es abundante (Figura 4.8.5).

En cuanto a los carbonatos, estos predominan en la región sur y oeste del estado, condicionados por la exposición de estructuras plegadas que componen a la Sierra Madre Oriental. Al norte del estado los carbonatos están expuestos de manera aislada especialmente en las crestas de anticlinales que están separados por amplios valles sinclinales. En general, en todo el estado, los yesos afloran principalmente en los núcleos de estructuras anticlinales brechadas y en zonas donde el basamento fue levantado por inversión de fallas profundas; en estos casos el área de exposición de este tipo de materiales es extraordinariamente grande, como en el caso del municipio de Galeana.

Los materiales no consolidados del Cuaternario, compuestos principalmente por limos, arenas, gravas y arcillas en menor medida, están expuestos hacia la Planicie Costera del Golfo de México. En esta zona, y en los valles intermontanos, fue donde principalmente se desarrollaron los centros poblacionales de mayor importancia. En estas áreas los fenómenos de hundimientos y subsidencias son de menor importancia.

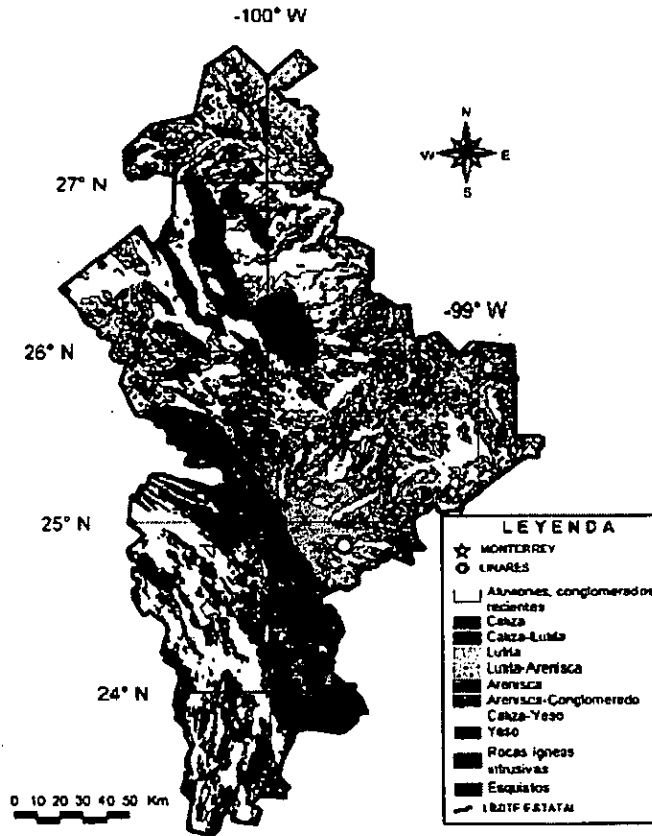


Figura 4.8.4 Mapa geológico del estado de Nuevo León (Tomado de Ramos-Zuñiga, 2007).



 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

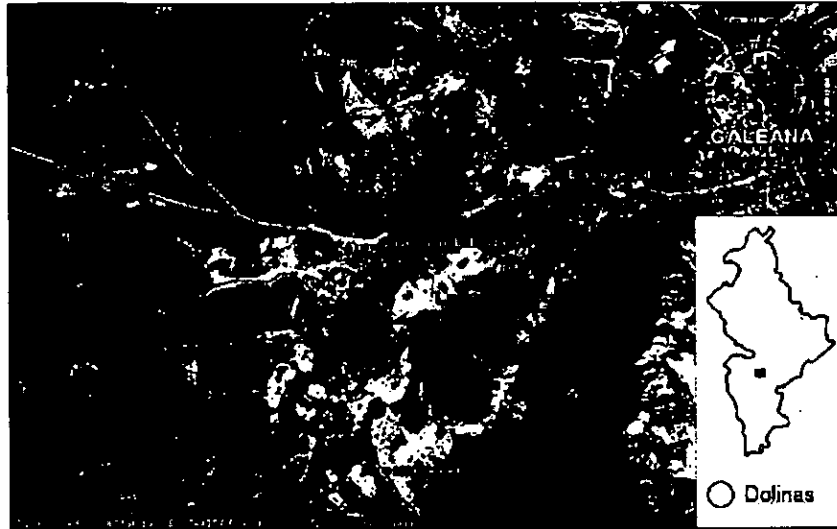



Figura 4.8.5 Distribución de estructuras producto de hundimiento por disolución subterránea (dolinas) al oeste del municipio de Galeana, N. L. El material de color blanco en el valle corresponde a yeso. (Imagen tomada de Google Earth).

Los reconocimientos para evaluar la posibilidad de movimientos en una zona deben ir encaminados a identificar:

- a) Litologías susceptibles de sufrir hundimientos o colapsos por procesos naturales: rocas carbonatadas, yesos, sales, etc.
- b) Litologías blandas y deformables.
- c) Zonas con procesos naturales o antrópicos que puedan desencadenar procesos de subsidencia.

En el primer caso, el relieve y la morfología del terreno suelen ser indicadores de los procesos de disolución que están actuando sobre los materiales, y del grado de evolución de los procesos; el reconocimiento de las litologías es inmediato a partir de cartografías geológicas de detalle que deben realizarse en zonas con desarrollo urbano. Este caso es evidente en la zona de Galeana, donde los procesos kársticos muestran un nivel de desarrollo importante.

En el segundo caso, las litologías susceptibles pueden ser variadas, pero generalmente corresponden a materiales finos y blandos, deformables con baja resistencia (zonas de llanuras de inundación, rellenos de lagos, fangos, turberas, etc.). Este caso ya ha sido documentado en la carretera Monterrey-Reynosa en Julio de 2007 (Tabla 3.8.1). Así como este, existen áreas dentro de la Planicie Costera del Golfo de México que deben ser evaluadas, especialmente en zonas

circundantes a presas, donde la infiltración de agua a través de los diques ha reblandecido dramáticamente los suelos y ha generado también la precipitación de sales en la superficie.

El tercer punto incluye, generalmente, las áreas con minería subterránea y las áreas sometidas a variaciones importantes del nivel freático, ya sea por cambios estacionales o por explotación de acuíferos. Este caso se presenta en el municipio de García, en la parte centro-norte del estado, donde empresas como Alkali extraen sal natural inyectando agua caliente en el subsuelo a profundidades mayores a 800 m. Este tipo de acciones propician que se creen oquedades mayores, que al colapsar pueden generar vibraciones importantes del suelo que pueden generar daños estructurales en las construcciones.

En el área de Galeana, la actividad minera también es importante y se conoce de la explotación amplia de Barita, Yeso y Fosforita, tanto en explotación subterránea como a cielo abierto desde mediados del siglo pasado. Este tipo de obras mineras deben ser revisadas para estimar el riesgo a colapsos.

Eventos históricos relevantes en el Estado de Nuevo León

Las estructuras de disolución en Nuevo León, desde la década de los ochentas del siglo pasado, despertaron un gran interés desde el punto de vista científico. Huizar-Álvarez y Oropeza-Orozco (1989) estudiaron la naturaleza de los diferentes tipos de karst de la región de Galeana, siendo este trabajo la única investigación formal hasta la fecha. Estos autores destacaron la ocurrencia de dolinas en la parte occidental del municipio de Galeana. La Figura 4.8.5 muestra una vista aérea actual del relieve kárstico de la zona, donde yeso y caliza de la Formación Minas Viejas / Olvido están expuestos y mostrando un amplio desarrollo de dolinas.

Las zonas kársticas en el sur del estado de Nuevo León son frecuentemente utilizadas por agricultores y ganaderos por ofrecer suelo y vegetación propicios para su aprovechamiento. Esta actividad económica generalmente acelera los procesos de disolución que conduce a la generación o reactivación de estructuras kársticas. Un caso documentado (23/05/2005) por la prensa escrita corresponde al caso del Rancho La Mentira, Ejido La Purísima, municipio de Iturbide, N. L. (Tabla 3.8.1). Este caso es un ejemplo en el cual debido al uso agrícola el proceso de disolución fue acelerado en la estructura, disparando el colapso súbito en la zona y generándose un hoyo de 50 x 50 m. Este tipo de estructuras representan un riesgo alto para las comunidades si siguen siendo utilizadas para el pastoreo y la agricultura; en el colapso de agosto de 2005 afortunadamente no hubo víctimas que lamentar, más que los daños en el área de cultivo.





Tabla 4.8.1 Descripción de hundimientos y colapsos. Fuentes: El Norte; La Jornada; Hulzar-Álvarez y Oropeza-Orozco (1989).

Evento	Año	Mes	Localidades	Hundimientos / Colapsos Comentarios
Estructuras de disolución (Fuente: Hulzar-Álvarez y Oropeza-Orozco)	1989	-	Galeana	Estudian y describen formas kársticas en la región de Galeana, N. L. Las principales fueron: karsts, dolinas, lapiaz, úvalas, poljes y ponors. Entre las más importantes se encuentran La laguna de Labradores, definida como una dolina-lago con un diámetro de 500 m y una profundidad aproximada de 80 m. Otro caso importante es, el pozo El Gavilán, otra dolina con aproximadamente 90 m de diámetro y 100 m de profundidad.
Colapso (Fuente: El Norte)	2005	Agosto	Iturbide	La aparición de un hundimiento de alrededor de 50 metros de diámetro y 50 de profundidad, que se trago los sembradíos de maíz y frijol en el rancho La Mentira, del Ejido La Purísima, a unos 30 kilómetros de la cabecera municipal de Iturbide, N. L., causo la alarma de las autoridades y vecinos desde el martes pasado (23/05/2005).
Hundimiento (Fuente: La Jornada)	2007	Julio	Carretera Monterrey, N.L. - Reynosa, Tamps.	Las lluvias ocasionaron hundimientos en la carretera Monterrey-Reynosa, y provocaron el desplome de un tráiler a la altura del municipio de China, Nuevo León. Las intensas lluvias que azotaron la madrugada de este jueves los municipios de China y Sabinas Hidalgo, en el norte de Nuevo León, dejaron más de 500 familias damnificadas por inundaciones que en algunas zonas superaron el metro de altura. Informó el director estatal de Protección Civil, Jorge Camacho Rincón.

Descripción de los daños potenciales

Los daños potenciales en la infraestructura se producen por la existencia de huecos, simas (depresiones profundas del terreno con paredes verticales), cavidades o grutas, que pueden ser de gran diámetro y estar cerca de la superficie y en la zona de influencia de la cimentación de las estructuras (viviendas, puentes, etc.) provocando el colapso o hundimiento de la infraestructura.

Generalmente, en las áreas urbanizadas donde existen estos materiales, aparentemente con buena resistencia, se suele recurrir a cimentaciones superficiales mediante zapatas, con lo cual se producen apoyos puntuales sobre zonas en donde pueden existir oquedades que pueden llevar a colapsos o fallos de la cimentación, provocando fracturas y grietas en la edificación, pudiendo llegar incluso al hundimiento de la misma.




En relieves donde existen taludes, se pueden presentar afectaciones por estos procesos, originando daños en las proximidades producidos por desprendimientos o caída de bloques.

En el caso de los terrenos yesíferos, las simas y cavidades se producen por una rápida disolución y pueden encontrarse bajo capas de gravas compactas o material cementado, estos huecos se pueden rellenar de limos y yesíferos muy blandos y húmedos, lo que provoca el hundimiento de las construcciones afectadas. En los terrenos calcáreos, la circulación del agua puede dar lugar a la constitución de estas formas de manera lenta, también de gran tamaño pero estables durante mucho tiempo debido a la resistencia de la roca.

La ventaja de este tipo de peligro es su manifestación progresiva, pudiendo detectarse a tiempo mediante estudios de exploración del subsuelo, lo cual ayuda a mitigar sus efectos o bien a tomar acciones preventivas. Incluso estas zonas, con una gestión adecuada y medidas de seguridad, se convierten en lugares turísticos donde la población puede practicar deportes y actividades recreativas. En este sentido resalta la zona del pozo el Gavilán en Galeana, o bien los sitios turísticos de las grutas de García o de Bustamante, donde el desarrollo de espeleotemas es un espectáculo que atrae a muchos visitantes.

4.8.3 Metodología para generar el mapa de peligro por karsticidad.

A partir de recopilación bibliográfica, del análisis de imágenes de satélite, ortofotos, de mapas geológicos del área, se identificaron las zonas afectadas por procesos kársticos.

Una vez identificadas estas zonas, se procedió a digitalizar las áreas. En los documentos técnicos de CENAPRED, no se menciona algún criterio definido respecto al grado de peligrosidad de las zonas kársticas, sin embargo se consideró el siguiente criterio de nivel de peligro (Tabla 3.8.2):

Tabla 4.8.2 Nivel cualitativo de peligro asignado para las zonas kársticas.

Distancia a partir del límite de la zona kárstica	Nivel de peligro
Interior de la zona kárstica	Muy alto
0-50 m	Muy alto
50-100 m	Alto
100-150 m	Medio

4.8.4 Resultados

Los mapas finales muestran la distribución de las zonas afectadas por procesos kársticos. Se generaron mapas para la zona norte y sur del estado, en las cuales se concentra esta problemática (Figuras 3.8.6 y 3.8.7).

La nomenclatura de los mapas es la siguiente:
 Zona Norte / Peligro por karkicidad (5): ZN-5
 Zona Sur / Peligro por karkicidad (5): ZS-5

OK

ad *bc*



Figura 4.8.6 Mapa de peligro por karsticidad, zona norte.

Handwritten signatures and initials:
OS
ad
R



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Figura 4.8.7 Mapa de peligro por karsticidad, Zona Sur.

Handwritten signatures and initials.



La caracterización a detalle de estos sitios y la evaluación tanto de su potencial para generar riesgos como para cuestiones hidricas o de gestión ambiental y turística, requiere estudios complementarios y a mayor escala, de los cuales algunos se mencionan en el Capítulo 7.- Propuestas de Mitigación.

4.9 Erosión

4.9.1 Procesos y formas de erosión

La erosión se refiere al proceso de desgaste del relieve, por acción de procesos geológicos exógenos como las corrientes superficiales de agua o hielo glaciar, el viento o la acción de los seres vivos. La erosión implica el transporte de granos, mientras que la alteración de las rocas in-situ se conoce como intemperización, aunque dichos procesos están interrelacionados. El material erosionado puede estar conformado por fragmentos de rocas creados por abrasión mecánica por la acción del viento, aguas superficiales, glaciares y expansión-contracción térmica por variaciones estacionales, diurnas o climáticas; o bien por suelo, el cual es creado por la descomposición química de las rocas mediante la acción combinada de ácidos débiles disueltos en agua superficial y meteórica, hidrólisis, ácidos orgánicos, bacterias, acción de plantas, etc.

La erosión puede ser clasificada por su origen en natural y antrópica, y por su agente natural puede ser clasificada en hidrica y eólica. En el análisis desarrollado para obtener el mapa de susceptibilidad a la erosión del estado de Nuevo León, se tuvo en cuenta la erosión hídrica (tanto laminar como por arroyamiento) así como la erosión antrópica (por urbanización así como por uso intensivo del suelo).

Los procesos se refieren a las diferentes modalidades con que actúan los agentes erosivos; existe una gran variedad de los mismos, como por ejemplo, el agua de lluvia puede seleccionar materiales acarreados, incisionar una vertiente, producir disolución en rocas calcáreas, etc. Sin embargo, existen procesos más generales que tienen que ver con el transporte y deposición de materiales, los cuales dan origen a formas de erosión. Ambos aspectos, son importantes en el presente estudio, por lo que a continuación se describen los procesos y las formas de erosión dominantes.

Erosión hídrica

Se produce por las aguas que fluyen directamente sobre la superficie terrestre y se presenta bajo dos formas:

- a) no concentrado (arroyamiento difuso y laminar), cuando las aguas no incisionan significativamente la superficie.
- b) concentrado (surcos y cárcavas), cuando las aguas que fluyen por la vertiente confluyen en pequeños cursos que producen incisiones en la superficie.

Factores tales como la presencia de suelos impermeables, topografía accidentada, cultivos en el sentido de la pendiente, entre otros, contribuyen a incrementar de manera significativa la erosión en estas formas. A continuación se describen sus formas de erosión dominantes:

Erosión laminar

Es una forma de arrastre de películas superficiales de suelo que ocurre imperceptiblemente, por lo que se le conoce también como "erosión pelicular". Este tipo de erosión constituye una forma de arroyamiento difuso, siendo propio de zonas planas y onduladas con vegetación natural

Handwritten signatures and stamps:

 212

generalmente densa, o donde ésta ha sido reemplazada por cultivos. La erosión laminar es una modalidad de erosión peligrosa en terrenos de cultivo, donde es difícilmente detectable y afecta a las partículas finas y fértiles del suelo.

Erosión por arroyamiento

Tiene lugar cuando el poder erosivo del agua se concentra a través de un canal o cauce, transportando sedimentos y ensanchando las paredes laterales así como el fondo del cauce. Estas zonas eventualmente pueden presentar desbordamientos y erosionar en un margen más amplio. Los escurrimientos laterales que alimentan el flujo canalizado pueden formar surcos o cárcavas, las cuales progresivamente incrementan su tamaño y están expuestas a procesos de desmoronamiento y a derrumbes.

Erosión antrópica

Esta forma de erosión está asociada a la actividad del hombre, misma que aunque puede evitarse, en la práctica responde a una serie de exigencias (y en ocasiones deficiencias) socioeconómicas y culturales que impulsan la urbanización de nuevas áreas, la tala inmoderada de árboles, el deterioro de zonas fértiles por la nula rotación de cultivos así como deficiencias en prácticas de conservación de suelos, la creación de minas a cielo abierto o de tiraderos de escombros.

Resaltan las siguientes dos formas de erosión:

Erosión por cambio de uso de suelo y urbanización

Esta forma de erosión es radical en el sentido de que áreas verdes, con valor agrícola o ambiental, son sustituidas y selladas por materiales propios de la urbanización (asfalto, concreto, etc). La cimentación de viviendas y edificios, la introducción de instalaciones hidrosanitarias y de transporte de sustancias, telefonía, gas etc., y en general cualquier actividad relacionada a la creación de zonas urbanas e industriales, implica el retiro de la cubierta superficial de suelo, determinando con ello un proceso erosivo tajante e irreversible, al cambiar el uso de suelo de manera directa.

Erosión por uso intensivo de suelo, uso pecuario y sobrepastoreo

Aspectos como el uso intensivo de maquinaria en las labores de labranza y cultivo, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, la pérdida de nutrientes del suelo por malas prácticas de conservación, el sobrepastoreo, todo ello redundan en un desgaste y disminución del potencial agrícola de los suelos y finalmente en un aumento de la erosión.

4.9.2 Afectaciones y daños potenciales

La erosión es uno de los procesos más importantes de degradación de los suelos, los otros procesos son la salinización, la pérdida de nutrientes y la compactación. La erosión se considera como un proceso natural, que ha existido prácticamente desde que se formó el relieve y ha actuado como un agente modelador a través del tiempo geológico. El problema consiste en que el ritmo al cual se erosiona el suelo es mayor a la tasa de formación del mismo; aunado a esto, la influencia antrópica que se manifiesta con cambios de uso de suelo, urbanización desmedida en zonas aptas para el cultivo o en áreas con valor ecológico-ambiental, la mala o nula aplicación de técnicas de preservación del suelo, el desgaste de las áreas de cultivo, entre otras causas, todo ello acelera los procesos de erosión, mismos que eventualmente pueden ser irreversibles.







Todo lo anterior se traduce en un grave problema a nivel mundial que es la desertificación, misma que la FAO define como la expresión general de los procesos económicos y sociales, así como de los naturales e incluidos por el hombre, que rompen el equilibrio del suelo, la vegetación, el aire y el agua; esta ruptura ocasiona la disminución del potencial biológico de la tierra, la degradación de las condiciones de vida y la expansión de los desiertos. Esos procesos destructivos incluyen: la erosión hídrica, la erosión eólica y la sedimentación, mismas que reducen la cantidad y diversidad de la vegetación natural y aumentan la salinización o sodificación de los suelos.

El factor antrópico que incide en la erosión se manifiesta de diversas formas: uso intensivo del suelo para la agricultura y la nula rotación de cultivos, actividades pecuarias y sobrepastoreo, deforestación, cambios en el uso de suelo de áreas de conservación o de cultivo para la urbanización, entre los más importantes. Todo ello trae como consecuencia que los procesos erosivos se aceleren provocando afectaciones en vías de comunicación por el arrastre de partículas, el azolvamiento de presas, canales y cuerpos de agua como lagos y cauces, además del deterioro de las propiedades del suelo, lo cual disminuye las áreas fértiles y aptas para uso agrícola.

4.9.3 Metodología para estimar la susceptibilidad del terreno a la erosión

La erosión es un fenómeno que está influenciado por factores físicos, biológicos, sociales y económicos, por lo que es conveniente tener un conocimiento claro de sus características en cada zona, para definir las modalidades de controlarla, mediante la ejecución de investigaciones, experimentos y ensayos. En tal sentido, existen dos clases de métodos para evaluar la erosión, los cuantitativos y los cualitativos.

Métodos cuantitativos

Mediante estos métodos se determina la cantidad de suelo perdido. Existen métodos directos e indirectos; entre los primeros se encuentran la parcela de escorrentía y entre los segundos, la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo.

Parcelas de Escorrentía

Una parcela de escorrentía es una área muestra de tamaño variable, delimitada por paredes, que la aíslan completamente del resto del terreno, y terminan en una canaleta colectora del escurrimiento.

Después de cada lluvia se toman muestras del escurrimiento que ocurre en estas parcelas, en las que se determina la cantidad de sedimentos transportados, la que se expresa en T/ha. La utilidad de estos métodos ha sido cuestionada por los expertos debido a lo disperso de los resultados, además de que su extrapolación a laderas más grandes no es precisa.

Ecuación Universal de Pérdida del Suelo, USLE.

Es un modelo diseñado para estimar y controlar las alteraciones en las condiciones del suelo debido a la erosión superficial. Tiene aplicación en planificación física, sirve para calcular la pérdida del suelo producida en una determinada zona y para predecir niveles de erosión excesivos o aportes excesivos a los cursos de agua.

La pérdida de suelo se define como la cantidad de suelo perdido en un lapso de tiempo determinado, en una superficie de la tierra, con determinadas prácticas de conservación y asociadas a un determinado agente erosivo (lluvia, aire). Se expresa en Ton/ha/año.

AW

ad



AL

Métodos Cualitativos

Estos métodos se fundamentan en la representación cartográfica de zonas homogéneas de erosión, donde se identifica y caracteriza las superficies afectadas. A continuación se presenta algunas clasificaciones cualitativas:

Clasificación de Erosión Laminar de la U.S. National Cooperative Soil Survey

Esta considera las siguientes clases de manera cualitativa:

- Erosión ligera
- Erosión moderada
- Erosión severa
- Erosión muy severa

Clasificación de la Erosión del Manual de Evaluación de Suelos (Storie, 1933, 1970)

Considera conjuntamente dos factores, hídrico y eólico.

- E.1: Erosión ligera
- E.2: Erosión hídrica moderada
- E.3: Erosión hídrica grave
- E.5: Erosión hídrica muy grave
- E.6: Deslizamientos de tierra
- 2W: Erosión eólica moderada
- 3W: Erosión eólica intensa

Factores considerados para estimar la susceptibilidad a la erosión laminar

Los factores de erosión que actúan en el medio, ocasionando desprendimiento, transporte y deposición de materiales son: el clima, el suelo, el relieve y la cobertura vegetal. Todos actúan en forma conjunta y dependiendo del lugar en que se encuentren, unos serán más importantes que otros.

Clima

Es un factor que actúa en el modelado de la superficie a través de la interrelación de la precipitación, la temperatura, vientos, humedad y radiación solar, principalmente. Cada tipo de clima deja sus huellas particulares reconocibles en cualquier terreno.

Precipitación

La lluvia es la forma de precipitación más importante en la erosión hídrica y actúa disgregando las partículas del suelo por el impacto que causan los golpes de las gotas de agua sobre el terreno; este efecto será más intenso cuanto menos protegido se encuentre el suelo. A esta disgregación le sucede el arrastre de las partículas del suelo y de nutrientes por escurrimiento superficial y/o la remoción en masa debido a la infiltración y saturación del terreno. Para analizar el papel erosivo de la precipitación pluvial es necesario tener en cuenta el volumen de precipitación anual así como sus fluctuaciones durante el año. Este último aspecto adquiere particular importancia, especialmente en zonas áridas y semiáridas con lluvias ocasionales intensas, las que causan fenómenos erosivos intensos. La pérdida de suelo por erosión guarda correlación con la intensidad de la precipitación, cantidad de lluvia y la frecuencia con que ocurren.

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

215

Suelos

Es un factor de erosión pasivo y se refiere a la naturaleza de los materiales superficiales y a sus propiedades físicas y químicas, en base a las cuales oponen variada resistencia a los elementos erosivos del clima. Algunos materiales son altamente susceptibles y pueden sufrir profundas modificaciones en su estructura y composición; otros, por el contrario, son bastante resistentes a la erosión. Están constituidos por depósitos de materiales heterogéneos y heterométricos provenientes de otras formaciones superficiales no compactas, o también de formaciones líticas cuyo agente de transporte es el agua, la gravedad, el hielo y/o el viento. La susceptibilidad a la erosión de estos materiales está en relación con sus propiedades físicas y químicas. Entre las físicas se puede mencionar a la textura, la estructura y la porosidad; entre las químicas al tipo de cationes, al contenido de materia orgánica, etc.

Por ejemplo, un suelo de textura arenosa fina en clima seco, es más susceptible a la erosión eólica, mientras que en un clima tropical húmedo, es más susceptible a los deslizamientos debido a la mayor infiltración. Un suelo de textura arcillosa impermeable, en un clima húmedo, es más susceptible a la erosión por escorrentía superficial; por el contrario, la presencia de un suelo con abundante materia orgánica favorece la retención de la humedad, restringiendo la escorrentía. Por último, la presencia de sustancias cementantes entre las partículas, atenúan los efectos erosivos, como ocurre con la erosión eólica en zonas con presencia abundante de sales que compactan las arenas.

Relieve

Este factor de erosión está conformado por todos aquellos caracteres morfométricos de la superficie terrestre como son el grado de inclinación o pendiente, la longitud de la vertiente o ladera y la forma del terreno. Estos caracteres en conjunto, constituyen los rasgos fisiográficos del relieve, resultado del proceso de erosión producido por los diferentes agentes, en materiales preexistentes.

En términos generales se puede afirmar que, a mayor pendiente, mayor es el riesgo de erosión. Igualmente, dentro de una misma pendiente, la longitud de la ladera tiene implicancias en la erosión, ya que influye en la velocidad, energía y volumen del agua de escorrentía.

Cobertura Vegetal

Se refiere a la vegetación que cubre el terreno, su naturaleza, su conformación y sobre todo, su densidad, esta última, de gran incidencia en la disminución de la intensidad de la erosión. La acción atenuante de la vegetación se realiza bajo las siguientes formas:

Interceptando las gotas de lluvia y disminuyendo la fuerza de impacto.

Disminuyendo la velocidad de escurrimiento y la acción incisiva del agua.

Mejorando la estructura y porosidad del suelo por efecto de las raíces y la actividad microbiana.

Mapas temáticos

La metodología utilizada se fundamenta en una combinación, tanto del análisis cuantitativo como cualitativo, donde los indicadores físicos que intervienen han sido cuantificados y ponderados según su intensidad e importancia. Estos han sido agrupados en cuatro mapas temáticos:

- 1) Factor lluvia (precipitación media anual)
- 2) Factor erodabilidad del suelo (textura)
- 3) Factor relieve (pendientes)
- 4) Factor cubierta vegetal (vegetación).

CW

[Handwritten signature]



SECRETARÍA DE
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

[Handwritten initials]

A continuación se presentan las características de los mapas temáticos empleados:

Precipitación

Este mapa se generó a partir de datos de 60 estaciones pluviométricas base, distribuidas en el estado de Nuevo León y entidades vecinas. El período de observación abarca 63 años, de 1938 al 2000. Para cada estación se obtuvo su precipitación media anual acumulada y se calculó el promedio para el periodo observado. Posteriormente, mediante una interpolación geoestadística con el método de Kriging, se obtuvo el mapa de isoyetas (Figura 4.9.1). Del análisis de este mapa se desprende que la zona de mayor precipitación en el estado corresponde con la región citrícola, aquellas zonas con menor precipitación corresponden a la zona noroeste y suroeste. La presencia del gran rasgo topográfico de la Curvatura de Monterrey, limita el paso de humedad hacia la porción oeste del estado lo cual motiva mayores precipitaciones en la porción oriente.

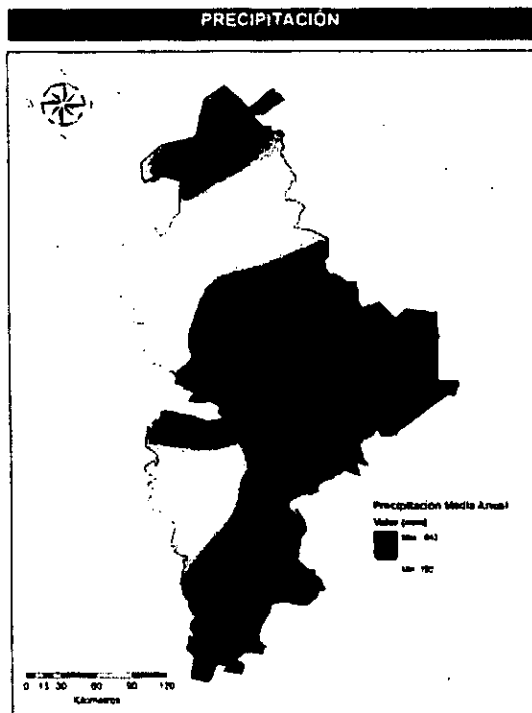


Figura 4.9.1 Distribución de la precipitación media anual en el estado de Nuevo León.

Handwritten signatures and initials.



Textura del suelo

Para este mapa se empleó la información digital de la CONABIO referente a la edafología, escala 1:250,000 donde se consideró la textura del suelo y su distribución en el estado. Los tres grandes grupos de textura fueron ponderados de acuerdo a su potencial erosivo. Se considera que los materiales finos (limos y arcillas), por tener cohesión son menos susceptibles a la erosión, en comparación con los materiales de textura media y gruesa (arenas y gravas), de comportamiento friccionante y sin cohesión.

Con estas consideraciones se generó el mapa de textura del suelo, tomando como base del factor K los siguientes valores:

Tabla 4.9.1 Tipo de textura del suelo.

Suelo (Textura)
Gruesa
Mediana
Fina

El mapa temático de este factor se presenta en la figura 4.9.2.

Inclinación

La inclinación se considera uno de los factores principales para estimar la erosión, debido a que el material disgregado producto del golpeteo de las gotas de lluvia en el suelo es arrastrado a través de la pendiente, siendo así un condicionante de la erosión laminar. Se asume que a mayor pendiente mayor propensión a la erosión.

En la figura 4.9.3 se muestra el mapa de pendientes del estado, donde se aprecia que las mayores inclinaciones se tienen en la zona conocida como la curvatura de Monterrey. En las zonas planas, los procesos de arrastre no son importantes pues el factor pendiente influye poco, sin embargo son áreas surcadas por grandes corrientes que forman arreglos dendríticos y paralelos, que conforman un sistema de drenaje fluvial denso y complejo, favoreciendo la erosión hídrica.





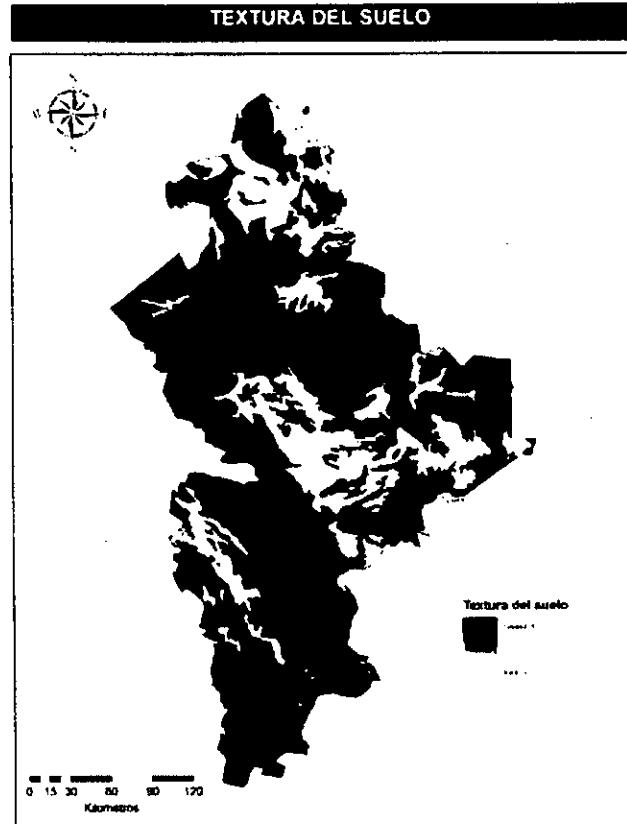


Figura 4.9.2 Distribución de los suelos en función de su textura, con predominio de la textura media.

[Handwritten signature]

Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**
[Handwritten signature] *[Handwritten signature]*

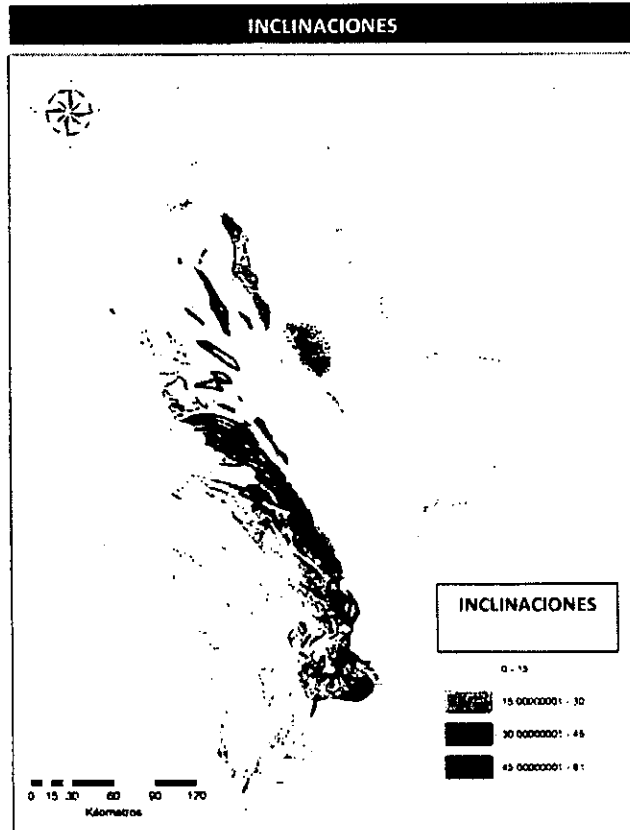


Figura 4.9.3 Distribución de inclinaciones en el Estado de Nuevo León.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Vegetación

A partir de la información digital de la cobertura vegetal y uso de suelo de la CONABIO, escala 1:250,000 se realizó un análisis del tipo de vegetación existente, la cual está agrupada de la siguiente forma:

- a) Bosque de coníferas distintas a Pinus
- b) Bosque de encino
- c) Bosque de pino
- d) Chaparral
- e) Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones)
- f) Matorral desértico micrófilo
- g) Matorral espinoso tamaulipeco, submontano y subtropical
- h) Matorral rosetófilo
- i) Matorral sarcocrasicaule
- j) Mezquital-huizachal
- k) Pastizal natural
- l) Vegetación de galería
- m) Vegetación de suelos arenosos
- n) Vegetación halófila y gipsófila
- o) Áreas sin vegetación aparente

Se realizó una reclasificación de los diferentes tipos de vegetación para reducir el número de grupos, en función de sus características y efecto sobre la erosión. De esta manera, la vegetación asociada a los bosques se unió en un solo grupo, ya que sus efectos son benéficos en lo que se refiere a la retención del suelo.

Los diferentes tipos de matorral se agruparon en uno solo, debido a su similitud biológica y a que este grupo reúne las comunidades arbustivas de las zonas áridas y semiáridas, con clima seco estepario, desértico y templado con lluvias escasas. Esta flora se caracteriza porque presenta un número variable de adaptaciones a la aridez, como son la microfilia, la presencia de espinas y la pérdida de hojas en temporadas desfavorables.

En otro grupo se consideró el Mezquital y el Chaparral, que son especies arbustivas y arbóreas que difícilmente sobrepasan los 12 m de altura. En general los dos grupos anteriores, que están incluidos dentro de los matorrales xerófilos, por las condiciones climáticas en que se desarrollan, no son propicios para la agricultura ni la ganadería intensiva, por lo que no han sido tan perturbados por las actividades antropogénicas.

El grupo del pastizal, abarca aquella vegetación dominada por las gramíneas o pastos, donde los arbustos y árboles son escasos, están dispersos y sólo se concentran en las márgenes de ríos y arroyos. La precipitación media anual para este tipo de vegetación, varía entre 300 a 600 mm, con 6 a 9 meses secos, con un clima seco estepario o desértico.

El grupo de vegetación halófila abarca una comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies herbáceas y arbustivas de escasa cobertura. Se desarrolla sobre suelos con alto contenido de sales. La extensión de la vegetación de galería es mínima y está asociada a zonas de cauces y arroyos, donde existe el potencial para la erosión por desbordamiento. La figura 4.9.4 muestra el mapa de vegetación reclasificado.






221



La cobertura vegetal y uso de suelo que se asignaron se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.9.2 Tipos de cobertura vegetal y usos de suelo.

Vegetación
Cuerpo de agua
Zona urbana
Bosque
Agricultura
Pastizal
Mezquit al-chaparral
Matorral
Halófila

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

Handwritten initials

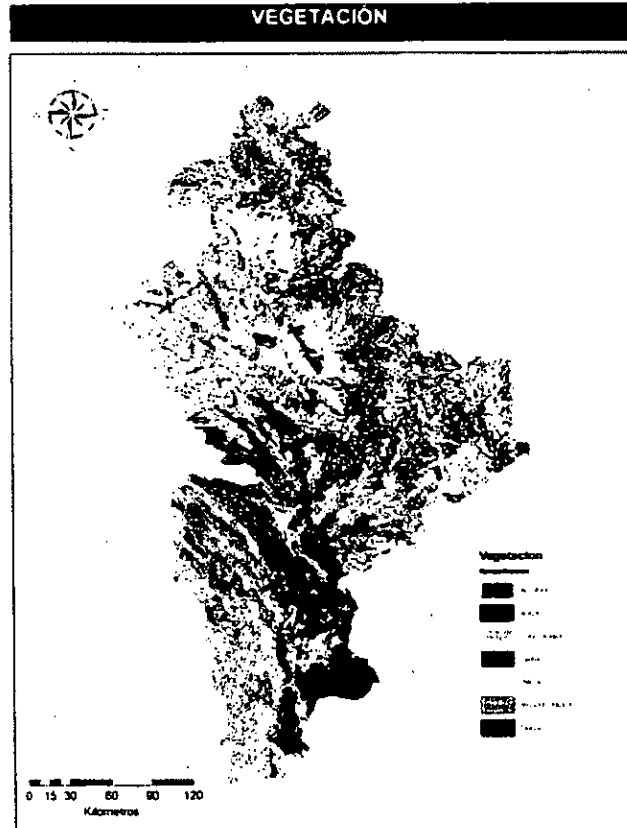


Figura 4.9.4 Distribución de grupos reclasificados de cobertura vegetal

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

4.9.4 Resultados

Se presenta el mapa de susceptibilidad a la erosión a nivel estatal, a fin de contar con una herramienta que permita tomar acciones para prevenir este fenómeno y para revertirlo donde ya se presente.

El mapa final muestra la integración de los dos tipos de erosión considerados:

1. erosión hídrica, tanto laminar como concentrada.
2. erosión antrópica, por urbanización así como por uso intensivo de suelo.

Dé esta forma, se combinaron en un solo mapa los resultados obtenidos de aplicar la metodología adoptada para este estudio, la cual estima el nivel de erosión laminar asociada a la lluvia; las corrientes a una escala 1: 250,000 que indican zonas de erosión hídrica concentrada; las zonas urbanas de todo el estado así como las zonas de agricultura, uso pecuario y pastoreo a escala 1:250,000. Las escalas empleadas en la confección del mapa final permiten un adecuado nivel de representación (Figura 4.9.5).

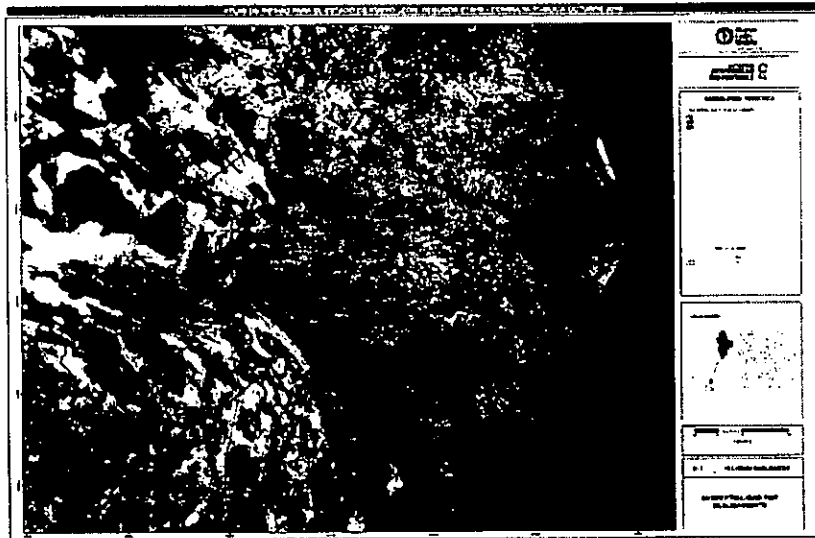


Figura 4.9.5 Mapa de erosión para el estado de Nuevo León.

car

 Secretario de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**
sd *nl*

4.9.5 Conclusiones

Como se mencionó en este apartado, existen diversos métodos para estimar la erosión del suelo, los cuales varían en complejidad así como en sus requerimientos de información y en el grado de dificultad para predecir otros procesos.

Una de las dificultades encontradas es la falta de información para poder aplicar algún método de estimación cuantitativa de la erosión, como por ejemplo la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo usando los valores precisos tanto para cada variable como para sus clases. Aunado a esto, las limitaciones que plantea la escala de trabajo son importantes, pues los métodos desarrollados para estimar cuantitativamente la erosión han sido desarrollados para aplicarse en situaciones controladas y en pequeñas áreas o parcelas. Sin embargo, su adaptación a grandes extensiones aplicando técnicas de Percepción Remota y el uso de Sistemas de Información Geográfica ha sido notable en los últimos años. Por ello, se utilizó un método que combina apreciaciones subjetivas y cualitativas, con la conversión de los factores en parámetros cuantitativos normalizados de 0 a 1 para poder estimar la susceptibilidad a la erosión.

Este modelo que toma como referencia la expresión USLE, considera parámetros del clima, suelo, relieve y de vegetación, los cuales son evaluados de acuerdo a su influencia en la erosión potencial. Aunado a lo anterior, se integró la información de áreas de cultivo y pastoreo, las zonas urbanas y los ríos, que en sí mismos son rasgos que implican procesos erosivos asociados. La aplicación de estos resultados permite determinar las zonas críticas para poder realizar evaluaciones detalladas y principalmente, tomar medidas de conservación del suelo adecuadas para cada sitio.

4.10 Conclusiones

Los diversos peligros geológicos que afectan al estado de Nuevo León, están condicionados por el tipo y estructura del relieve, el cual consiste en grandes estructuras sinclinales y anticlinales, características de la Sierra Madre Oriental (SMO), grandes valles aluviales conformados por material granular y detrítico, expuestos a la erosión, así como materiales blandos y solubles, susceptibles a presentar fenómenos de karsticidad.

Procesos de remoción en masa

Las remociones en masa representan uno de los principales peligros, con una amplia distribución en la zona montañosa que conforma el cinturón plegado de la SMO. Alrededor de este gran rasgo morfológico, se ha presentado un crecimiento urbano importante, por lo que algunos municipios presentan una afectación particular por estos procesos. Prácticamente todos los municipios cuyas zonas urbanas y rurales se asientan sobre laderas o en el piedemonte, están expuestos a esta problemática, con distintos niveles de susceptibilidad y de extensión de áreas potencialmente inestables. Los procesos de remoción por volteo y deslizamiento son los mecanismos característicos, asociados a la presencia de estructuras plegadas y deformadas, afectadas por discontinuidades tales como planos de sedimentación, fracturas y fallas.

El volteo en muchos casos se presenta en las partes altas y escarpadas de las montañas, donde los estratos presentan una disposición vertical, conformando largos y espigados filones que coronan las estructuras plegadas. En el caso donde la disposición de estratos hace



cinemáticamente admisible el deslizamiento, éste generalmente es favorecido por la intercalación de capas de rocas más débiles con otras más competentes.
Un programa de monitoreo y manejo de laderas, así como realizar un inventario estatal de remociones en masa, serán aspectos importantes para avanzar en el nivel de análisis de estos procesos, en su impacto y en los factores que inciden en su ocurrencia.

Fallas y fracturas

El peligro por fallas y fracturas también incide de manera importante en la zona montañosa. En el caso de las fallas, las más abundantes dentro de la SMO corresponden con fallas inversas, fallas laterales, retrofallas, fallas normales neoformadas y fallas inversas reactivadas con componente normal. Está actividad tectónica incide en la generación de brechas, rellenos y fracturamiento en las rocas. Las zonas afectadas por fallas, son favorables para la ocurrencia de remociones en masa, debido a la presencia de material triturado, al fracturamiento asociado que delimita bloques de variada forma y tamaño, así como a la presencia de rellenos y brechas de baja resistencia. Aunado a lo anterior, se tiene también la presencia de rasgos estructurales como ejes de pliegues y fracturas regionales, que igualmente afectan a los macizos rocosos y se combinan para generar remociones en masa.

Un peligro que eventualmente puede cobrar importancia, se debe a la posible presencia de fallas activas en la región. El NE de México se ha caracterizado por una baja sismicidad con respecto a otras zonas del país y una ausencia de redes sísmicas, aunque existe evidencia de ésta. En este sentido será importante la instrumentación sísmica en la zona del cinturón plegado que atraviesa al estado de Nuevo León y en los valles aluviales donde un sismo pudiera presentarse o generar afectaciones.

Kersticidad

Este peligro, si bien es de desarrollo lento, tiene impacto en el relieve y es característico de la zona norte y sur del estado. Las estructuras kársticas formadas en estas zonas, como las dolinas, y cavernas tienen implicaciones en el aspecto geohidrológico y en el desarrollo del relieve en términos de su aptitud para la urbanización. Los problemas de disolución en las rocas calizas, los yesos y materiales carbonatados, pueden generar afectaciones por lo que se recomienda considerar que este peligro debe investigarse, estudiarse y ser descartado en sitios donde se planea el desarrollo y construcción de infraestructura.

Erosión

La erosión es un peligro difícil de evaluar en términos cuantitativos, pero en determinados sitios y con la combinación de factores tales como la pendiente, precipitación, vegetación y tipo de suelo, aunado a la actividad antrópica, resulta evidente su presencia, permitiendo con ello implementar prácticas adecuadas de conservación de los suelos. El impacto de la erosión se manifiesta de manera preponderante en la actividad agrícola, reduciendo la capacidad productiva del terreno. En el caso de la erosión hídrica, ésta tiene gran preponderancia en el estado debido al desarrollo de una amplia red de drenaje, ya sea dendrítico, radial o paralelo, que surca extensas zonas conformadas por material granular y detrítico. Prácticamente todos los núcleos urbanos de municipios del estado, son surcados por corrientes naturales que eventualmente pueden presentar problemas de socavación lateral y un arrastre importante de material. Asimismo, en casos donde el factor antrópico incida en la erosión, se deberán tomar medidas para reducir sus efectos

Como conclusión general, se debe resaltar que los mapas finales y los resultados del estudio de los peligros geológicos, conllevan la necesidad de adoptar medidas puntuales en materia de

Handwritten signatures and initials.

prevención y a consolidar una política estatal de gestión de riesgos, encaminada a disminuir los efectos que tienen los peligros analizados en la población e infraestructura civil. La capacitación y actualización en materia de riesgos geológicos, tanto de las personas encargadas de las unidades municipales y estatales de protección civil como de la población en general, deberán formar parte de un programa a largo plazo que incida en una mejor respuesta en casos de situaciones de emergencia. Asimismo y dado que el estado de Nuevo León se caracteriza por un desarrollo urbano y social importante, los resultados de este estudio deben ser tomados en cuenta para futuros desarrollos urbanos, donde se cumplan estrictos criterios de seguridad no sólo en el aspecto constructivo sino del ámbito geológico donde se pretenda realizar algún tipo de obra civil.

5. PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS

5.1 Inundación

5.1.1 Introducción

A últimas fechas, los daños ocasionados por inundaciones en el país se han incrementado por diversos factores, entre ellos el crecimiento de las áreas urbanas que disminuyen el área de captación de las cuencas, así como el desarrollo de asentamientos humanos en las llanuras de inundación de los cauces. Estas inundaciones son ocasionadas por fuertes precipitaciones que acompañan a huracanes, tormentas tropicales y otros fenómenos atmosféricos.

En las planicies de los grandes ríos de México, prácticamente todos los años se producen inundaciones fluviales derivadas de sus desbordamientos, la causa principal es la pérdida de la capacidad hidráulica de las corrientes, una vez que pasan de la zona montañosa a las zonas bajas. En contraste, en las zonas semidesérticas las inundaciones son menos frecuentes, por lo que suelen olvidarse; sin embargo, cuando se presentan causan serios problemas. El estado de Nuevo León presenta estos dos tipos de condiciones.

5.1.1 Objetivos

Estimar las planicies de inundación de los cauces de las cabeceras municipales que corresponden al área de estudio de este proyecto. Las planicies de inundación se estiman para distintos períodos de retorno, obteniendo diferentes zonas de peligro que serán de utilidad para la toma de decisiones en planes de desarrollo urbano, así como en planes y programas de mitigación, entre otros.

5.1.3 Área de estudio

El área de estudio de este proyecto abarca la totalidad de las cabeceras municipales del estado de Nuevo León, exceptuando la zona urbana del área metropolitana de Monterrey ocupada por los nueve (9) municipios de: Apodaca, General Escobedo, Juárez, García, Guadalupe, Monterrey, San Nicolás, San Pedro y Santa Catarina; y la región periférica que comprende los municipios de: Mina, Hidalgo, Abasolo, Carmen, Salinas Victoria, Higuera, Ciénega de Flores, General Zuazua, Marín, Doctor González, Pesquería, Cadereyta de Jiménez y Santiago.

En la siguiente figura se muestran las distintas cuencas modeladas para este estudio.



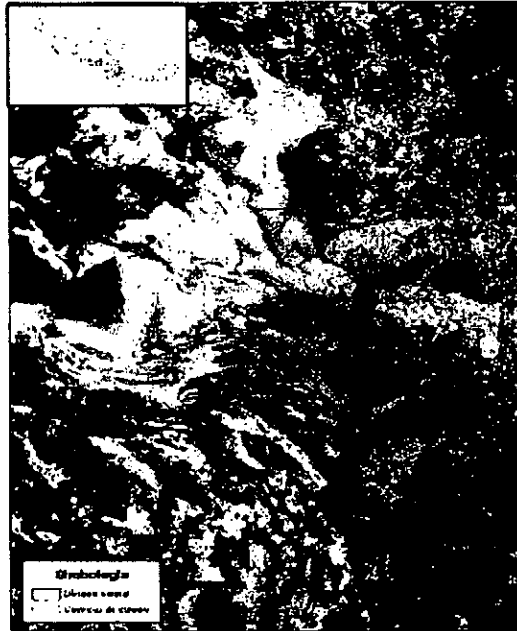


Figura 5.1.1 Localización de la zona de estudio

Información disponible

Para la estimación de las zonas de inundación en este estudio, se toma como base la "Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos", en su apartado de Fenómenos Hidrometeorológicos, editado en 2006 por el CENAPRED.

Dicha guía sugiere como información base para el análisis las cartas topográficas del INEGI 1:50,000; la información disponible para el desarrollo de este estudio permitió mejorar la resolución de los análisis y resultados, al contar con información LIDAR y Ortofotos para la mayor parte de las cabeceras municipales analizadas; estos modelos digitales de elevación obtenidos con tecnología LIDAR cuentan con una resolución de 5 m por pixel, lo cual permite modelar de manera adecuada el complejo fenómeno de inundación. La representación de las planicies de inundación en Ortofotos permite identificar puntualmente las zonas de mayor peligro en cada cabecera municipal analizada.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

La totalidad de la información utilizada en este estudio es digital, lo cual permite llevar a cabo el desarrollo de los análisis empleando la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG); para la modelación de las corrientes de ríos se utiliza el software Hec-Ras y Hec-GeoRas.

Los resultados de la modelación de las corrientes y el uso de SIG nos permiten presentar las planicies de inundación a partir de los niveles de tirantes alcanzados en el terreno a cada pixel.

5.1.4 Análisis climático

5.1.4.1 Información disponible

En las cuencas que comprende el área de estudio de este Atlas se localizaron un total de 341 estaciones climatológicas; de las cuales 185 se localizaron en el estado de Nuevo León, 89 en el estado de Coahuila y 67 en el estado de Tamaulipas. Del total de estaciones mencionadas se eligieron 60, las cuales fueron completadas para un periodo de 63 años (1938-2000) con el objetivo de contar con periodo de observación homogéneo en las distintas zonas de estudio (Figura 5.1.1. y Tabla 5.1.1).

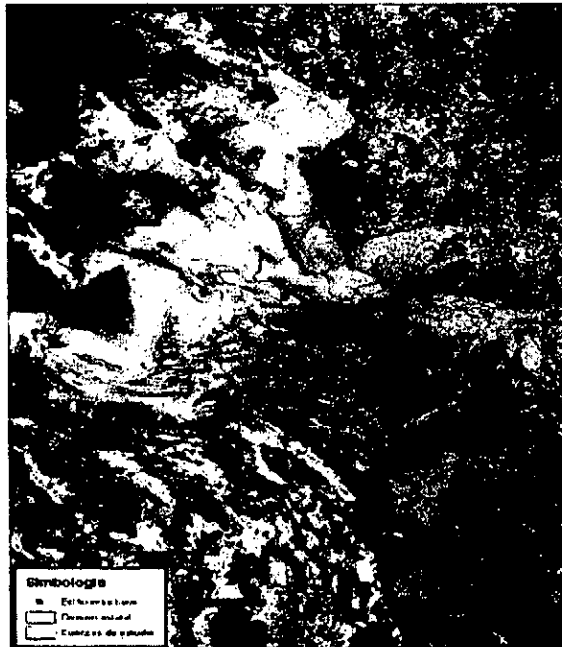


Figura 5.1.2 Localización de estaciones base

Handwritten signatures and initials.





5.1.4.2 Cálculo y ampliación de datos

Se integró una base de datos hidroclimatológicos debidamente actualizada, para lo cual se utilizó la información obtenida en la base de datos ERIC III editado por el IMTA en el año 2007.

Fue requerida la ampliación de datos climatológicos, las estaciones climatológicas con las que se cuenta en el área de estudio son 341 repartidas dentro de las cuencas de estudio o cercanas a las entidades hidrológicas; 60 de estas estaciones fueron complementadas para trazar polígonos de Thiessen mediante la estimación de registros máximos diarios anuales, necesarios para la obtención de curvas I-D-Tr. faltantes.

Las estaciones climatológicas se agruparon por su elevación con respecto al nivel medio del mar en zona alta, zona media y zona baja, para estar en posibilidades de correlacionar los grupos de estaciones y complementar la información faltante.

Los datos faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas, en nuestro caso empleamos el criterio del U. S. National Weather Service, o bien con base en el propio registro.

Tabla 5.1.1 Estaciones climatológicas utilizadas para la correlación

Edo.	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Altitud
Coah.	5002	ALLENDE, ALLENDE (SMN)	-100.83	28.33	374.00
Coah.	5003	ARTEAGA, ARTEAGA (SMN)	-100.85	25.43	1720.00
Coah.	5004	BAJIO AHUICHILA, VIESCA	-102.63	25.12	1300.00
Coah.	5005	CANDELA, CANDELA (DGE)	-100.67	26.83	620.00
Coah.	5008	CONCHOS, SABINAS	-101.32	28.00	380.00
Coah.	5009	CUATRO CIENEGAS (DGE)	-102.07	26.97	750.00
Coah.	5011	EJIDO REATA, RAMOS ARIZPE	-101.08	26.13	936.00
Coah.	5016	GRAL.CEPEDA, GRAL.CEPEDA	-101.47	25.37	1405.00
Coah.	5018	LAS NIEVES, PARRAS	-102.01	25.73	1140.00
Coah.	5020	MUZQUIZ, MUZQUIZ (DGE)	-101.52	27.88	402.00
Coah.	5021	NUEVA ROSITA, SABINAS	-101.25	27.92	369.00
Coah.	5024	PARRAS, PARRAS	-102.17	25.44	1500.00
Coah.	5030	PRESA V. CARRANZA	-100.60	27.53	240.00
Coah.	5031	PROGRESO, PROGRESO	-101.00	27.08	370.00
Coah.	5032	RAMOS ARIZPE (SMN)	-100.98	25.53	1494.00
Coah.	5033	SABINAS, SABINAS (DGE)	-101.28	27.87	340.00
Coah.	5035	SAN A. LAS ALAZANAS(DGE)	-100.62	25.27	2170.00
Coah.	5038	SANTA TERESA, CASTAÑOS	-101.40	26.45	1010.00
Coah.	5042	ZARAGOZA, ZARAGOZA (SMN)	-100.92	28.50	400.00
Coah.	5044	CUATRO CIENEGAS (SMN)	-102.07	26.98	N.D.
Coah.	5045	VILLA JUAREZ, JUAREZ	-100.72	27.62	305.00
Coah.	5047	MONCLOVA, MONCLOVA	-101.42	26.90	586.00



 SECRETARÍA DE
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

Coah.	5048	SALTILLO, SALTILLO (DGE)	-101.00	25.42	1589.00
Coah.	5049	SAN A. LAS ALAZANAS(SMN)	-100.62	25.28	2300.00
Coah.	5050	SAN BUENAVENTURA	-101.55	27.07	496.00
Coah.	5052	CASTAÑOS, CASTAÑOS (SMN)	-101.43	28.78	743.00
Coah.	5063	ALLENDE E.T.A. 186	-100.85	28.35	375.00
N.L.	19001	ADJUNTAS, V. DE SANTIAGO	-100.20	25.35	385.00
N.L.	19002	AGUA BLANCA, STA. CATARINA	-100.43	25.50	2690.00
N.L.	19003	ALLENDE, ALLENDE	-100.03	25.28	474.00
N.L.	19005	ARAMBERRI, ARAMBERRI	-99.82	24.10	1076.00
N.L.	19006	BUSTAMANTE, BUSTAMANTE	-100.52	26.55	480.00
N.L.	19007	CABEZONES, MONTEMORELOS	-99.75	24.98	480.00
N.L.	19008	CADEREYTA JIMENEZ,	-100.00	25.60	349.00
N.L.	19009	CASILLAS, RAYONES	-100.22	25.22	183.00
N.L.	19010	CERRALVO, CERRALVO	-99.62	26.10	282.00
N.L.	19011	CERRO PRIETO, LINARES	-99.40	24.93	270.00
N.L.	19012	CIENEGA DE FLORES	-100.17	25.95	382.00
N.L.	19013	CIENEGA DEL TORO, GALEANA	-100.33	25.08	700.00
N.L.	19015	EL CERRITO, V. DE SANTIAGO	-100.18	25.52	90.00
N.L.	19016	EL CUCHILLO, CHINA	-99.25	25.73	131.00
N.L.	19018	EL PAJONAL, STA. CATARINA	-100.37	25.50	1531.00
N.L.	19019	EL REALITO, GRAL. TERAN	-99.35	25.32	1908.00
N.L.	19020	EL POTOSI, GALEANA	-100.32	24.85	1725.00
N.L.	19021	GARZA AYALA, SABINAS H.	-100.07	26.48	1555.00
N.L.	19022	GENERAL BRAVO, (DGE)	-99.18	25.80	123.00
N.L.	19024	GRANJA EXPERIMENTAL,	-100.15	27.23	187.00
N.L.	19025	HIGUERAS, HIGUERAS (SMN)	-100.02	25.97	412.00
N.L.	19026	ICAMOLE, GARCIA	-100.73	25.92	580.00
N.L.	19027	ITURBIDE, ITURBIDE	-99.92	24.73	1780.00
N.L.	19028	LAMPAZOS, L. DE NARANJO	-100.52	27.03	340.00
N.L.	19029	LA ARENA, PESQUERIA	-99.93	25.73	223.00
N.L.	19031	LA CRUZ, STA. CATARINA	-100.45	25.47	445.00
N.L.	19032	LA CARBONERA, GALEANA	-99.97	24.80	1850.00
N.L.	19033	LAGUNA DE SANCHEZ, STGO.	-100.28	25.35	1925.00
N.L.	19034	LINARES, LINARES (SMN)	-99.57	24.87	684.00
N.L.	19035	LINARES, LINARES (DGE)	-99.57	24.87	350.00
N.L.	19036	LA POPA, MINA	-100.83	26.18	825.00
N.L.	19037	LAS PRESAS, ARAMBERRI	-100.03	24.32	223.00
N.L.	19038	LAS COMITAS, STA. CATARINA	-100.33	25.53	223.00
N.L.	19039	LAS ENRAMADAS,	-99.52	25.52	223.00

Or
sd



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Nuevo León Unido

Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León - Segunda Etapa

N.L.	19040	LOS ALDAMAS, LOS ALDAMAS	-99.20	26.07	288.00
N.L.	19041	LOS HERRERAS, L.HERRERAS	-99.42	25.90	143.00
N.L.	19042	LOS RAMONES, LOS RAMONES	-99.63	25.70	208.00
N.L.	19045	MINA, MINA	-100.55	26.03	500.00
N.L.	19046	MIER Y NORIEGA (SMN)	-100.12	23.42	1681.00
N.L.	19047	MIMBRES, GALEANA	-100.25	24.97	1750.00
N.L.	19048	MONTEMORELOS	-99.83	25.20	309.00
N.L.	19049	MONTERREY, MONTERREY (DGE)	-100.32	25.68	537.00
N.L.	19050	RAICES, GALEANA	-100.20	24.57	1800.00
N.L.	19053	RAYONES, RAYONES	-100.08	25.02	432.00
N.L.	19054	RINCONADA, GARCIA	-100.72	25.70	989.00
N.L.	19055	SALINILLAS, ANAHUAC	-100.12	27.45	226.00
N.L.	19056	SAN JUAN, CADEREYTA	-99.85	25.55	267.00
N.L.	19057	SAN RAFAEL, GALEANA	-100.55	25.03	1714.00
N.L.	19058	SANTA CATARINA	-100.47	25.68	113.00
N.L.	19059	SANTA ROSA, DR. ARROYO	-100.28	24.18	1640.00
N.L.	19060	SOMBRETILLO, SABINAS H.	-100.00	26.30	339.00
N.L.	19061	TOPO CHICO, MONTERREY	-100.42	25.80	523.00
N.L.	19063	VALLECILLO (DGE)	-99.97	26.67	274.00
N.L.	19065	SANTIAGO, SANTIAGO	-100.17	25.93	484.00
N.L.	19066	GENERAL ZARAGOZA	-99.60	23.98	1377.00
N.L.	19067	EL RUSIO, GALEANA	-100.45	24.72	1750.00
N.L.	19069	LA BOCA, SANTIAGO	-100.15	25.42	445.00
N.L.	19071	PARAS, PARAS	-99.53	26.50	195.00
N.L.	19073	GALEANA, GALEANA (SMN)	-100.07	24.82	1654.00
N.L.	19074	GENERAL BRAVO (SMN)	-99.18	25.78	150.00
N.L.	19075	DOCTOR ARROYO (DGE)	-100.18	23.67	1766.00
N.L.	19077	VALLECILLO (SMN)	-100.00	26.67	272.00
N.L.	19079	EL REFUGIO, GALEANA	-100.53	24.50	1908.00
N.L.	19085	GALEANA, GALEANA (DGE)	-100.08	24.83	1670.00
N.L.	19091	PABLILLO, GALEANA	-100.40	24.92	512.00
N.L.	19141	VILLALDAMA, VILLALDAMA	-100.45	26.50	272.00
N.L.	19144	CIENEGUILLAS Y CRUCITAS	-100.00	24.58	382.00
Tamps.	28007	BARRANCO AZUL, SAN CARLOS	-99.13	24.42	210.00
Tamps.	28009	BURGOS, BURGOS (DGE)	-98.80	24.95	200.00
Tamps.	28010	BUSTAMANTE, BUSTAMANTE	-99.78	23.42	1718.00
Tamps.	28014	S.J.2-11CAMARGO, CAMARGO	-98.83	26.30	56.00
Tamps.	28020	CORONA, GUEMEZ (DGE)	-99.10	23.97	200.00
Tamps.	28021	CORRALEJO, SAN CARLOS	-98.95	24.42	200.00

CDW
AL



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Tamps.	28028	EL BARRETAL, PADILLA	-99.13	24.10	196.00
Tamps.	28034	FCO. ZORRILLA, JAUMAVE	-99.32	23.47	620.00
Tamps.	28036	GUEMEZ, GUEMEZ (DGE)	-99.02	23.93	200.00
Tamps.	28037	HIDALGO, HIDALGO (SMN)	-99.43	24.25	349.00
Tamps.	28038	HIDALGO, HIDALGO (DGE)	-99.43	24.25	385.00
Tamps.	28039	JAUMAVE, JAUMAVE (SMN)	-99.37	23.40	735.00
Tamps.	28040	JAUMAVE, JAUMAVE (DGE)	-99.38	23.42	750.00
Tamps.	28060	VILLA MAINERO, MAINERO	-99.60	24.57	450.00
Tamps.	28062	MENDEZ, MENDEZ (DGE)	-98.58	25.12	128.00
Tamps.	28063	MIQUIHUANA, MIQUIHUANA	-99.78	23.58	1892.00
Tamps.	28067	NVA.CD.GRO. A. P. FALCON	-99.22	26.53	106.00
Tamps.	28071	PALMILLAS, PALMILLAS	-99.57	23.30	260.00
Tamps.	28073	PASO REAL DE GRO., (DGE)	-99.48	23.17	1280.00
Tamps.	28075	PLAN DE AYALA, JAUMAVE	-99.40	23.55	240.00
Tamps.	28077	PTO. DE VALLES, HIDALGO	-99.60	24.18	555.00
Tamps.	28080	RIO FRIO, MANTE (DGE)	-99.02	23.83	60.00
Tamps.	28084	SAN CARLOS, SAN CARLOS	-98.95	24.58	30.00
Tamps.	28094	SAN NICOLAS, SAN NICOLAS	-98.83	24.67	600.00
Tamps.	28096	SAN VICENTE, JAUMAVE DGE	-99.32	23.43	500.00
Tamps.	28115	UVALLES, MIQUIHUANA	-99.72	23.68	1565.00
Tamps.	28116	CD.VICTORIA,VICTORIA DGE	-99.13	23.75	321.00
Tamps.	28118	VILLAGRAN,VILLAGRAN(SMN)	-99.48	24.48	363.00

pas
ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

233

Zona de influencia de cada estación base

Para la determinación de la zona de influencia de cada estación climatológica tomada como base para el estudio, se trazaron polígonos de Thiessen, a partir de los cuales se determinaron las características hidrológicas que se describirán a lo largo de este reporte. Los polígonos de Thiessen formados en base a las estaciones de análisis se presentan en la siguiente figura.

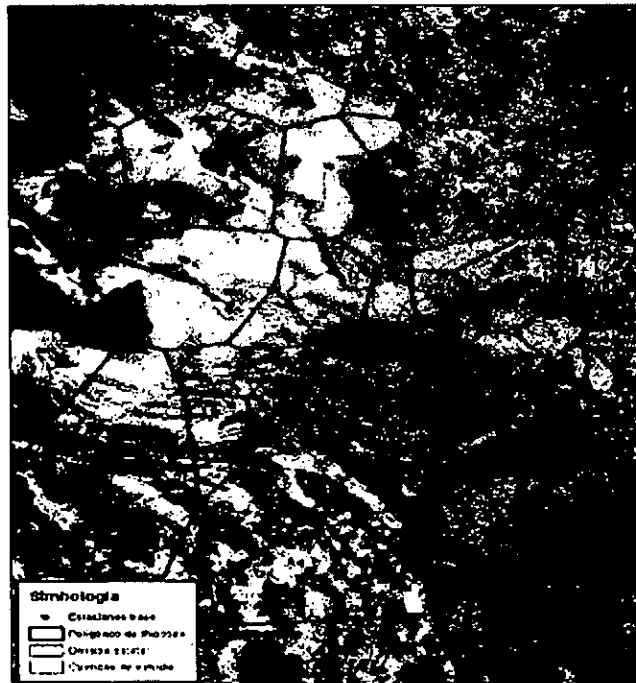


Figura 5.1.3 Polígonos de Thiessen generados para el área de estudio

CS

sdh *nl*

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

5.1.5 Construcción de curvas I-D-Tr

5.1.5.1 Introducción

Las curvas I-D-Tr representan una forma conjunta de las tres variables con las cuales se define la lluvia: la relación de la magnitud (intensidad), duración y periodo de retorno. Estas curvas son un elemento básico en el cálculo de las avenidas de diseño, las cuales a su vez se utilizan en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas tales como: puentes, alcantarillas, bordos, presas, drenajes pluviales urbanos, canales y determinación de los niveles de inundación en las márgenes de ríos, razón de nuestro estudio.

Los registros de lluvias de corta duración son escasos en México; sin embargo, los de lluvias máximas diarias cuentan con una gran densidad de periodos de registro aceptables, por lo cual, la lluvia con una duración de una hora y un periodo de retorno de dos años, se podrá estimar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno.

5.1.5.2 Cálculo de alturas de precipitación

Para el cálculo de las alturas de precipitación en cada una de las estaciones base se utilizaron dos métodos: para alturas de precipitación correspondientes a periodos de retorno menores o iguales a 10 años se utilizó el método de Bell (1969) y para los periodos de retorno mayores de 10 años el método de Cheng-Lung Chen (1983).

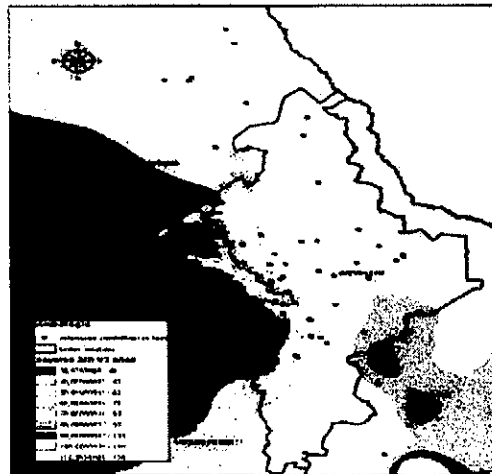


Figura 5.1.4 Alturas de precipitación con un periodo de retorno de dos años y duración de 24 horas




 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

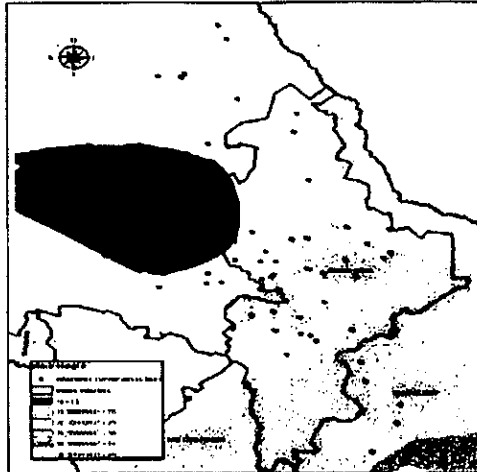


Figura 5.1.5 Alturas de precipitación con un periodo de retorno de dos años y duración de una hora.

A continuación se muestran las alturas de precipitación estimadas para la estación 5002:

Tabla 5.1.2 Alturas de precipitación. Estación 5002, Allende (smn)

Altura	T _r (Años/10 (Mín))	5	10	20	40	60	100	120	240	300	600	800	1200	1500	1800	1440
BTL	5	8.037	9.261	11.212	12.255	20.144	24.298	21.901	12.408	21.119	23.715	28.452	33.488	37.722	42.712	48.822
	10	8.206	12.218	17.645	22.757	26.835	25.872	34.282	41.867	48.406	57.697	66.728	71.128	76.940	83.153	91.066
	20	8.963	14.101	22.123	28.943	31.216	27.731	42.254	51.991	58.415	68.778	77.237	82.188	88.998	96.221	104.878
CHM de LINDO CHFM	30	12.211	18.508	27.023	35.117	40.881	34.135	54.340	64.915	71.048	85.284	118.787	113.325	142.247	150.028	169.458
	40	14.804	21.761	34.903	43.518	50.070	41.787	65.813	78.111	85.658	101.885	136.315	127.540	164.213	174.344	195.731
	100	19.263	28.478	47.629	58.777	65.804	54.641	84.764	104.531	118.028	140.578	184.778	171.997	220.179	234.188	272.117
	200	22.918	35.144	56.411	68.384	75.837	62.721	104.721	134.449	153.474	185.254	241.121	218.799	278.216	298.545	354.562
	300	26.061	41.308	65.127	80.433	89.726	74.272	122.272	158.136	181.104	217.408	286.202	258.794	328.793	354.048	424.888
	400	28.018	45.705	70.862	88.048	98.668	81.931	132.132	174.674	198.463	242.602	318.819	288.113	364.618	394.207	474.221
	500	30.041	48.712	75.540	93.643	104.193	85.772	137.293	184.874	209.892	254.911	332.222	298.412	380.412	411.241	494.887
	600	31.263	50.828	78.231	97.211	107.882	88.472	140.540	189.661	214.911	259.911	338.411	303.411	388.411	419.241	504.887
	800	33.016	53.814	82.212	101.212	112.012	91.412	143.812	194.412	219.812	264.812	344.812	309.812	396.812	427.241	514.887

Las tablas con el cálculo de las alturas de precipitación para todas las estaciones empleadas en este estudio, se presentan en el Anexo 1.

Handwritten signatures and stamps:
 - Seal of the Government of Nuevo León
 - SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL
 - Initials: *CH*, *ad*, *ah*

5.1.5.2.1 Cálculo de la intensidad de lluvia

La lluvia se presenta en función del tiempo, por lo que la intensidad de la lluvia es directamente proporcional a la altura de precipitación e inversamente proporcional al tiempo. Por cual podemos definir la intensidad de la lluvia "I" en mm/hr. Mediante la relación siguiente:

$$i_{t}^{Tr} = \frac{P_{t}^{Tr}}{t}$$

Donde:

i_{t}^{Tr} = Intensidad de la lluvia en mm/hr, para un periodo de retorno Tr en años y una duración t en horas.

P_{t}^{Tr} = Altura de precipitación en mm, para un periodo de retorno Tr en años y una duración de la tormenta t en minutos.

t = Duración de la tormenta en horas.

A continuación se presenta la tabla de Intensidades por Tr y Duración, así como las curvas I-D- Tr para la estación 5002:

Tabla 5.1.3 Intensidades por Tr y Duración de la estación 5002

Estación	Tr (Años/ID (años))	5	10	20	40	60	100	125	240	500	600	900	1200	1500	3000	10000	
SOLA	5	21.245	25.948	30.751	35.554	40.357	45.160	49.963	54.766	59.569	64.372	69.175	73.978	78.781	83.584	88.387	93.190
	10	47.944	57.883	67.822	77.761	87.700	97.639	107.578	117.517	127.456	137.395	147.334	157.273	167.212	177.151	187.090	197.029
	30	115.930	139.158	162.386	185.614	208.842	232.070	255.298	278.526	301.754	324.982	348.210	371.438	394.666	417.894	441.122	464.350
CHOMB-UUNO CHIN	5	751.292	817.526	883.760	950.000	1016.234	1082.468	1148.702	1214.936	1281.170	1347.404	1413.638	1479.872	1546.106	1612.340	1678.574	1744.808
	10	1693.708	1840.721	1987.734	2134.747	2281.760	2428.773	2575.786	2722.799	2869.812	3016.825	3163.838	3310.851	3457.864	3604.877	3751.890	3898.903
	30	3703.340	4018.880	4334.420	4649.960	4965.500	5281.040	5596.580	5912.120	6227.660	6543.200	6858.740	7174.280	7489.820	7805.360	8120.900	8436.440
	60	5712.972	6152.926	6592.880	7032.834	7472.788	7912.742	8352.696	8792.650	9232.604	9672.558	10112.512	10552.466	10992.420	11432.374	11872.328	12312.282
	100	7722.604	8297.526	8872.448	9447.370	10022.292	10597.214	11172.136	11747.058	12321.980	12896.902	13471.824	14046.746	14621.668	15196.590	15771.512	16346.434
	125	8272.604	8872.526	9472.448	10072.370	10672.292	11272.214	11872.136	12472.058	13071.980	13671.902	14271.824	14871.746	15471.668	16071.590	16671.512	17271.434
	240	11722.604	12472.526	13222.448	13972.370	14722.292	15472.214	16222.136	16972.058	17721.980	18471.902	19221.824	19971.746	20721.668	21471.590	22221.512	22971.434
	500	16722.604	17722.526	18722.448	19722.370	20722.292	21722.214	22722.136	23722.058	24721.980	25721.902	26721.824	27721.746	28721.668	29721.590	30721.512	31721.434
	600	17722.604	18822.526	19922.448	21022.370	22122.292	23222.214	24322.136	25422.058	26521.980	27621.902	28721.824	29821.746	30921.668	32021.590	33121.512	34221.434
	900	21722.604	23022.526	24322.448	25622.370	26922.292	28222.214	29522.136	30822.058	32121.980	33421.902	34721.824	36021.746	37321.668	38621.590	39921.512	41221.434
10000	31722.604	33322.526	34922.448	36522.370	38122.292	39722.214	41322.136	42922.058	44521.980	46121.902	47721.824	49321.746	50921.668	52521.590	54121.512	55721.434	

Las tablas y curvas con el cálculo de las Intensidades por Tr y Duración para todas las estaciones empleadas en este estudio, se presentan en el Anexo 2.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

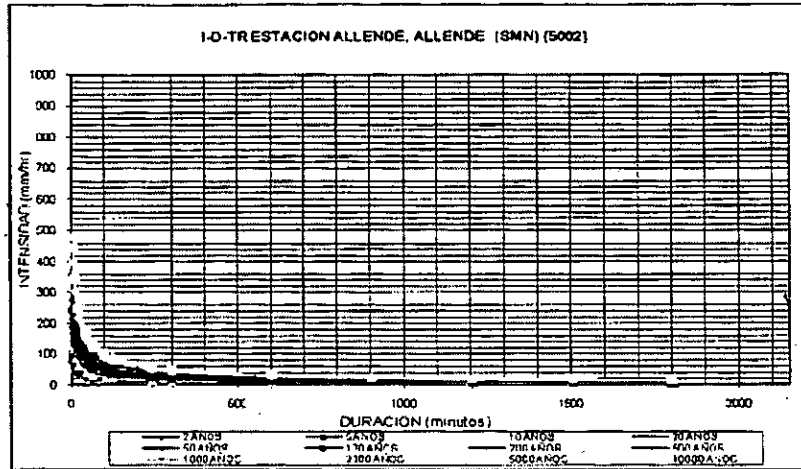


Figura 5.1.6 Curvas I-D-Tr estación 5002.

5.1.5.2.2 Coeficiente de Escorrimento

Se entiende por coeficiente de escorrimento a la relación entre la lámina de agua que escurre superficialmente y la lámina de agua precipitada sobre una superficie, (ambas expresadas en mm).

$$k = \frac{E_s}{P_r}$$

Donde:
 Pr=Precipitación (en mm)
 Es=Lámina escurrida (en mm)

En las zonas de proyecto y los sitios a partir de los cuales se trazaron las cuencas de estudio (cabeceras municipales) no existen afloros, por lo que el trasladar valores aforados en sitios diferentes a los de análisis, representa grandes incertidumbres al utilizar el método directo que se presenta en la ecuación anterior.

El U.S. Soil Conservation Service (SCS) propone el siguiente método llamado "de los números de escorrimento", el cual estima la precipitación efectiva a partir de la total y las características de la cuenca.

La altura de lluvia total P se relaciona con la altura de lluvia efectiva Pe, mediante la ecuación y las curvas mostradas en la figura siguiente:

pat

[Handwritten signatures]

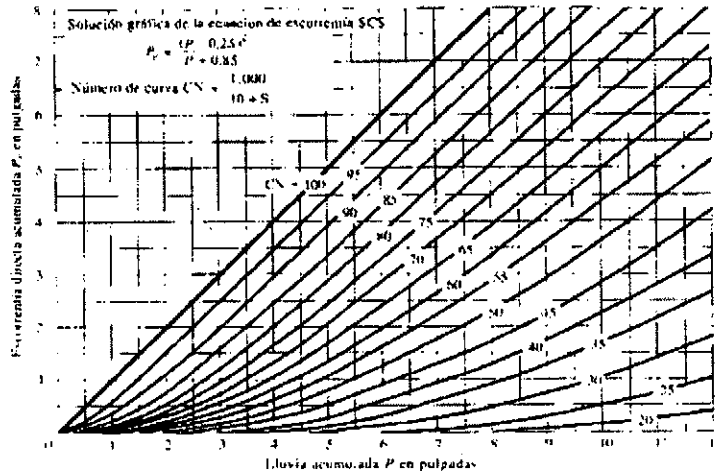


Figura 5.1.7: Solución de las ecuaciones de escorrentía del SCS.

N es el "número de escurrimiento" cuyo valor depende del tipo de suelo, la cobertura vegetal, la pendiente del terreno y la precipitación antecedente, entre otros factores.

En las siguientes tablas se muestran los valores para la selección del número de escurrimiento (N) en función del uso y tipo de suelo.

Handwritten signatures and stamps:

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Tabla 5.1.4 Selección del número de escurrimiento (N)

Uso del suelo	Condiciones de superficie	Pendiente del terreno (%)	Tipo del suelo			
			A	B	C	D
bosques sembrados	esparcidos	----	45	66	77	83
	normal	----	36	60	73	79
	denso	----	25	55	70	77
caminos	de tierra	----	72	82	87	97
	superficie Dura	----	74	84	90	92
bosques naturales	muy esparcidos	----	56	75	86	91
	esparcidos	----	45	68	73	84
	normal	----	56	60	70	76
	denso	----	25	52	62	67
	muy denso	----	15	44	56	61
sin cultivo	con surcos rectos	----	77	86	91	94
con cultivo	surcos rectos	>1	72	81	88	91
	surcos rectos	<1	67	78	85	89
	contorneo	>1	70	79	84	88
	contorneo	<1	65	75	82	86
	terracea	>1	66	74	80	82
	terracea	<1	62	71	78	81
cereales sembrados en surcos lo suficientemente cercanos de tal manera que la superficie del suelo no esté expuesta directamente a la Intemperie.	surcos rectos	>1	65	76	84	88
	surcos rectos	<1	63	75	83	87
	contorneo	<1	63	74	82	85
	contorneo	>1	61	73	81	84
	terracea	>1	61	72	79	82
	terracea	<1	59	70	78	81
pastizales y matorrales	pobre	----	68	79	86	89
	normal	----	49	69	79	84
	bueno	----	39	61	74	80
	curvas de nivel, pobre.	----	47	67	81	88
	curvas de nivel, normal.	----	25	59	75	83
	curvas de	----	6	35	70	79

Handwritten signatures and initials



	nivel, bueno.					
Pradera permanente	----	<1	30	58	71	78
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes		----	59	74	82	86
superficie impermeable		-----	100	100	100	100

Tabla 5.1.5 Tipo de suelo

Tipo de suelo	Textura de suelo
Tipo A	Suelos muy permeables y bien drenados, mantos profundos de arena, gravas, arenas con poco limo y arcillas
Tipo B	Suelos permeables, regularmente drenados, suelos arenosos (arenas finas y limos).
Tipo C	Suelos pocos permeables, mantos pocos profundos con alto porcentaje de arcilla, arenas muy finas, limos y bastante arcilla.
Tipo D	Suelos prácticamente impermeables, arcillas en grandes cantidades, y suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables.

Dados los parámetros de las tablas anteriores, se realizó mediante un SIG (Arcgis Desktop 9.2) el cruce de las capas de Edafología y Uso de suelo, con lo cual se pretende realizar una evaluación detallada, asignando valores N a cada polígono resultante.

En la siguiente figura se muestran los polígonos resultantes del cruce de la información de edafología y uso de suelo, con las cuencas de estudio y polígonos de Thiessen.



SECRETARÍA DE
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

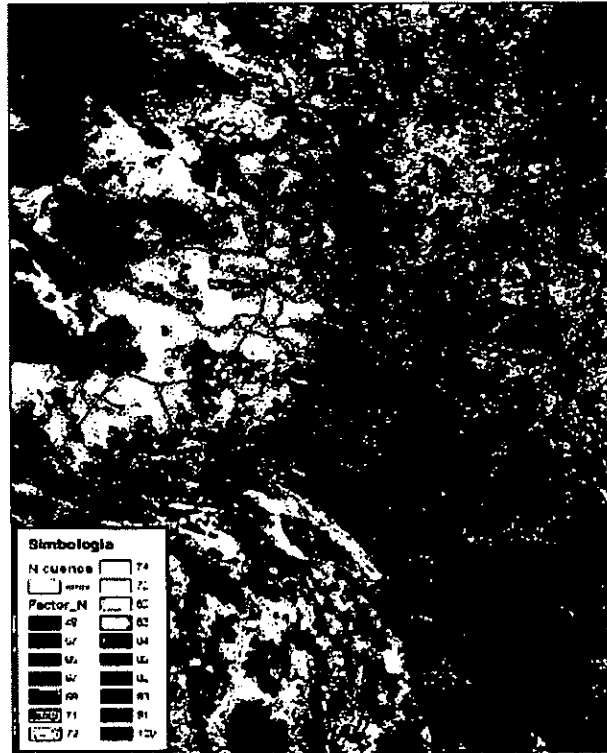


Figura 5.1.8 Intersección de Uso de suelo, Edafología, Polígonos de Thiessen y Cuencas

Handwritten signatures and stamps:
- A signature in the top left.
- A stamp of the Government of Nuevo León.
- The text "Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL" with a circular logo.
- Another signature in the bottom left.

5.1.6 Cálculo de avenidas de diseño

Para el cálculo de los gastos máximos para diferentes periodos de retorno, en las cuencas a que corresponde el área de estudio, se desarrolló la aplicación "ERN-Hidrogramas" (ERN, 2009). Esta aplicación tiene como objetivo calcular los hidrogramas de una o varias cuencas para diferentes periodos de retorno. Para ello utiliza información de:

- a) Delimitación de las cuencas a analizar y sus cauces principales.
- b) Curvas I-D-Tr de las estaciones en la región de estudio.
- c) Polígonos de números de escurrimiento (N).
- d) Topografía del sitio.

El procedimiento empleado se basa en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, en su apartado de Fenómenos Hidrometeorológicos (CENAPRED, 2006), en la que se emplea el método del hidrograma unitario triangular.

La herramienta empleada requiere archivos digitales con información georeferenciada en coordenadas geográficas, por lo que el apoyo en SIG es indispensable para crear los archivos que se describen a continuación:

Números N: Archivo tipo Shape de polígonos.

Este archivo contiene los polígonos agrupados de los números N, asignados de acuerdo al tipo de suelo y su textura, con este criterio se selecciona un número de 1 a 100 de acuerdo a la permeabilidad del suelo (Chow, 1987). Los polígonos están subdivididos en las Cuencas y los Polígonos de Thiessen.

En la siguiente figura se ilustran las características del Shape, con el listado de la información que debe contener su tabla de atributos.

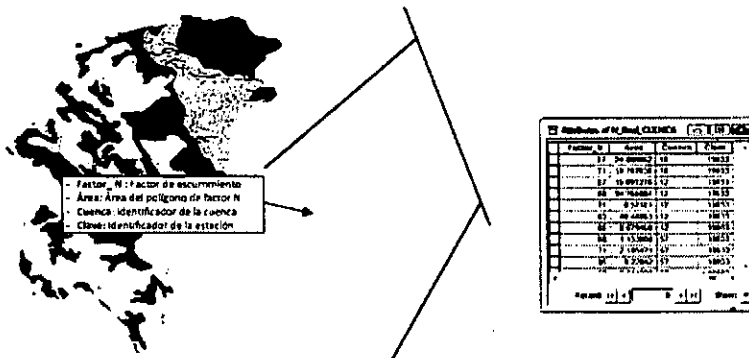


Figura 5.1.9 Shape de números N

pal

R



Topografía: Se emplea la topografía en un modelo digital de elevación, con esta información se obtendrá la pendiente media del cauce, por lo que no es indispensable el uso de topografía a detalle para este cálculo.

Cuencas: Archivo tipo Shape de polígonos.

Adicional al polígono de cada cuenca, este shape contiene la división de los Polígonos de Thiessen y los parámetros para construir las curvas I-D-Tr en las estaciones. En la figura 5.1.10 se ilustran las características y atributos necesarios de este Shape.

Cauces: Archivo tipo Shape de líneas.

Este Shape contiene las coordenadas del cauce principal de la cuenca analizada, el único atributo necesario de este archivo es el identificador de la cuenca. En la figura 5.1.11 se ilustran las características y atributos necesarios de este Shape.

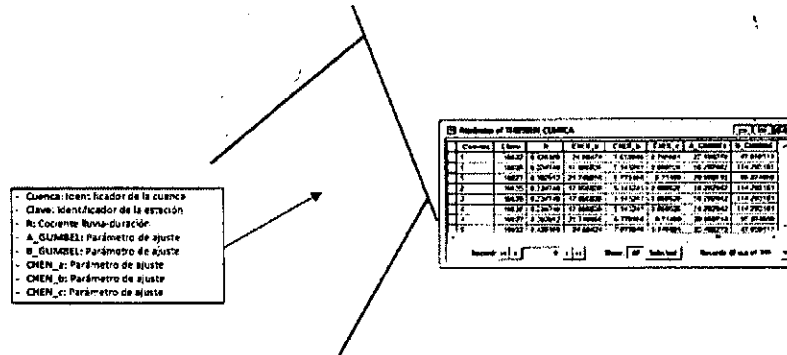


Figura 5.1.10 Shape de Cuencas, polígonos de Thiessen y parámetros de curvas I-D-Tr

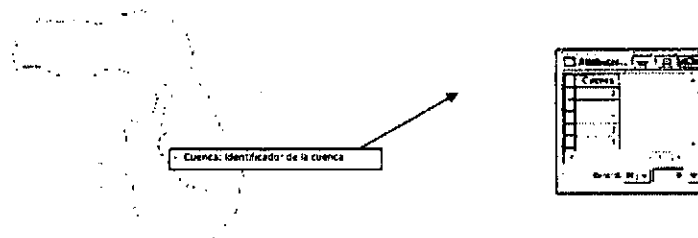


Figura 5.1.11 Shape de cauces

Handwritten signatures and stamps:
 - A signature 'CWS' at the top left.
 - A signature 'ad' at the bottom left.
 - A stamp of the 'Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL' in the center.
 - A handwritten mark 'R' below the stamp.

La metodología a seguir para cada una de las cuencas analizadas es la siguiente:

1. Con el Shape del cauce principal y la topografía se obtienen la pendiente media (Taylor-Schwarz) y el tiempo de concentración (Kirpich):

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_n}{\sqrt{S_n}}} \right]^2 \quad y \quad t_c = 0.0003245 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77}$$

2. Para cada Polígono de Thiessen se obtiene la precipitación para un periodo de retorno de 2 años y una duración de 60 minutos:

$$P_{60}^2 = R \cdot 1.13 \cdot (A_Gumbel + B_Gumbel \cdot \text{Log}_{10}(2))$$

Donde: 1.13 corresponde a un factor de corrección por intervalos de operación.

3. Para los periodos de retorno requeridos se obtienen las precipitaciones e intensidades considerando una duración t iguala al tiempo de concentración:

Para $Tr < 10$ años (Bell, 1969)

$$P_t^{Tr} = (0.35 \ln(Tr) + 0.76) (0.54(t)^{0.25} - 0.5) P_{60}^2$$

Para $Tr \geq 10$ años (Chen-Lung Chen, 1983)

$$P_t^{Tr} = \frac{a \cdot P_{60}^{10} \cdot \log(10^{2-Tr} \cdot Tr^{Tr-1}) \cdot t}{60 \cdot (t + b)^c} \quad J_t^{Tr} = \frac{P_t^{Tr}}{t}$$

4. Con la información de la precipitación media obtenida para cada periodo de retorno, se calcula el Coeficiente de Escurrimiento, C, empleando la expresión de la precipitación efectiva (Chow):

$$P_e = \frac{\left[P_m - \frac{508}{N} + 5.08 \right]^2}{P_m + \frac{2032}{N} - 20.32} \quad \text{aplicable para } P_m > \frac{508}{N} + 5.08$$

Donde $P_m = P_t^{Tr}$ y N es el promedio ponderado de los polígonos de Factores N dentro del polígono de Thiessen. Así:

$$C = P_e / P_m$$

5. Con la expresión del método racional se obtiene el gasto para cada polígono de Thiessen de la cuenca.

$$Q = 2.778 C I A$$

Handwritten signatures and initials:

 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Donde A es el área del polígono de Thiessen para el cual se ha calculado el coeficiente de escurrimiento y la intensidad I=

$$I_r$$

6. Se calcula el hidrograma triangular empleando las siguientes expresiones:

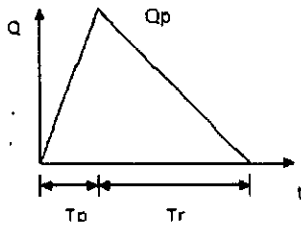


Figura 5.1.12 Hidrograma Triangular

Dónde: Qp es la suma de los gastos de cada polígono de Thiessen en la cuenca analizada.

$$T_p = \frac{T_c}{2} + 0.6T_c \quad ; \text{ Para cuencas pequeñas, } A \leq 250 \text{ km}^2$$

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c \quad ; \text{ Para cuencas grandes, } A > 250 \text{ km}^2$$

$$T_r = 1.67 \cdot T_p \quad T_h = T_p + T_r$$

pas




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

[Handwritten signature] *[Handwritten initials]*

Gastos máximos extraordinarios para diferentes periodos de retorno de las principales cuencas comprendidas en el área de estudio

Tabla: Gastos máximos extraordinarios

Municipio	Cuenca o Estación Hidrométrica	Tr (Años). Q(m ³ /s)		
		10	25	100
Agualeguas	27	109.88	252.54	398.53
	28	184.46	403.31	657.27
Allende	56	433.85	1179.82	2048.4
	58	284.47	836.11	1520.81
	98	47.58	310.33	631.05
	101	21.01	280.56	613.22
	93	173.62	413.13	713.21
	59	147.79	414.07	712.81
Anáhuac	Estación Hidrométrica 24038	1055.99	1926.24	3054.91
Aramberri	2	321.48	675.16	1198.99
	3	645.49	1433.01	2497.81
Bustamante	4	144.13	189.19	777.62
Cadereyta Jiménez	Estación Hidrométrica 24327	732.68	918.45	1162.04
China	Estación Hidrométrica 24351 (datos desde 1994)	697.4	746.96	845.95
Doctor Coss	46	2183.33	3282.35	4708.51
Galeana	25	74.18	101.45	249.22
	26	19.95	37.57	67.04
General Bravo	Estación Hidrométrica 24351 + Cuenca 6	995.87	1377.09	1659.88
General Terán	5	195.86	339	551.11
General Treviño	47	446.89	1021.29	1722.21
General Zaragoza	23	185.58	289.73	606.83
	24	22.84	44.53	105.96
	48	243.44	380.38	716.97
Hualahuisés	7	48.66	223.05	460.98
Iturbide	8	17.96	29.93	63.02
Lampazos de Naranjo	49	2057.45	3738.18	6046.25
Linares	9	494.33	1081	1971.41
	10	164.92	410.54	704.32



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL




	11	171.54	359.76	655.47
	12	152.02	313.08	507.13
Los Aldama	Estación Hidrométrica 24351	2208.49	3320.17	4762.76
Los Herreras	Estación Hidrométrica 24383	1219.11	1624.6	2157.44
Los Ramones	Estación Hidrométrica 24383	1096.4	1461.07	1940.28
Melchor Ocampo	55	39.61	80.82	133.41
Montemorelos	13	154.57	263.68	439.77
	14	101.83	195.31	320.79
Páras	15	423.87	1410.64	2302
Rayones	16	791.64	1410.64	2302.33
Sabinas Hidalgo	Estación Hidrométrica 24333	144.13	419.86	777.62
Santiago	111	85.67	133.06	231.65
	112	102.38	166.34	362.82
	113	64.68	74.21	128.34
	Estación Hidrométrica 24271	677.38	1015.8	1455.35
Villaldama	Estación Hidrométrica 24333	187.46	546.07	1011.37

5.1.7 Desarrollo del análisis

5.1.7.1 Geometría del modelo

Para el desarrollo de los modelos de inundación se requiere contar con información digital, así como herramientas de análisis especializadas, en este proyecto haremos uso de programas SIG, así como los programas Hec-Ras y Hec-GeoRas.

5.1.7.1.1 Trazo del cauce

Los cauces se trazaron a partir de los MDE (modelos digitales de elevación) y apoyándonos en la topografía a detalle de la zona de estudio, buscando los puntos más bajos dentro de la sección, ya que este será el centro del cauce, necesario en la correcta modelación de la inundación.

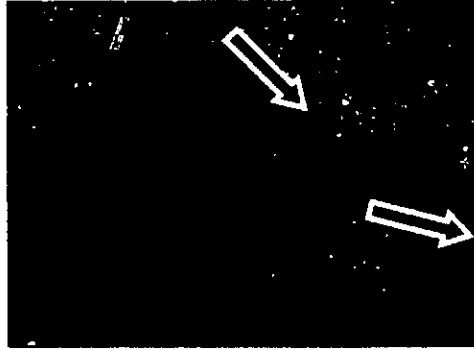


Figura 5.1.13 Trazo del cauce

5.1.7.1.2 Trazo de las orillas del río

Las orillas del río se trazan a partir de la topografía de la zona de estudio y apoyándonos en imágenes de Ortofotos se genera un modelo Hec-GeoRas que permite delimitar el cauce principal con las llanuras de inundación.

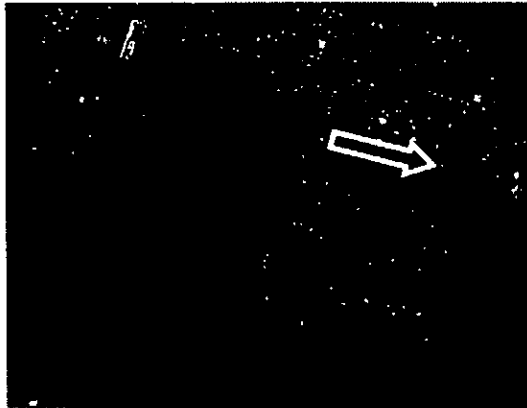


Figura 5.1.14 Trazo de las orillas del río

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten signature

5.1.7.1.3 Trazo de los patrones de flujo

Lo siguiente es la creación de los "patrones de flujo", los cuales corresponden al cauce principal y sus dos llanuras de inundación. Los patrones de flujo serán utilizados por Hec-GeoRas para determinar las dimensiones de las secciones transversales que incluyen el cauce y las llanuras de inundación.

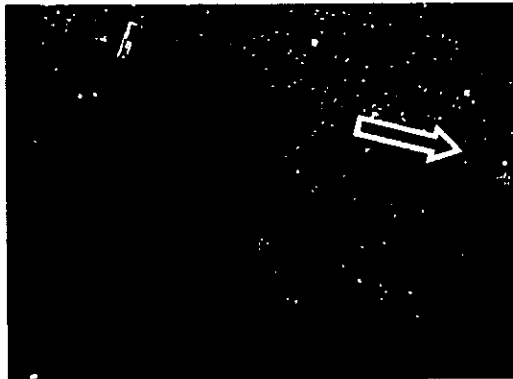


Figura 5.1.15 Trazo de los patrones de flujo.

5.1.7.1.4 Trazo de secciones transversales

La elección de los puntos donde ubicaremos las secciones transversales debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Puntos singulares como por ejemplo estrechamientos.
- La separación entre secciones estará en función de la uniformidad de la geometría: a mayor uniformidad mayor distancia entre secciones.
- En los sitios donde se prevea una inestabilidad en el flujo (p.e. cambio brusco en el fondo del lecho) interesará obtener secciones con poca separación, ya que eso influirá positivamente en la estabilidad del modelo.

dal



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

sd

rk

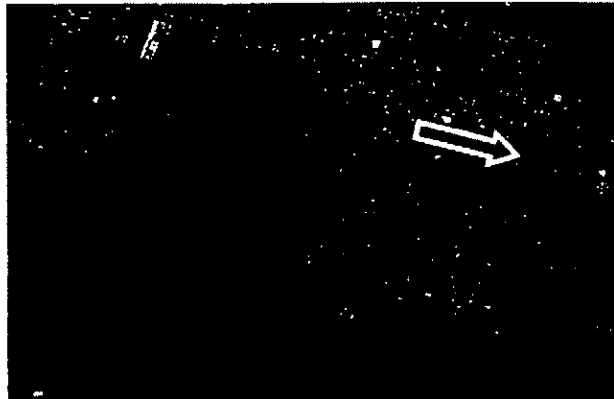


Figura 5.1.16 Trazo de de secciones transversales.

5.1.7.1.5 Cálculo hidráulico

Con ayuda del programa Hec-Ras se importa la geometría de las secciones transversales para la modelación de la inundación, empleando condiciones de flujo estable para calcular los gastos de diseño.

Para cada uno de los casos realizados para los municipios en estudio, se traza un número de secciones suficiente que permita la correcta modelación de las llanuras de inundación; en caso de requerirse, desde Hec-Ras se interpolan secciones a cada 10 metros.

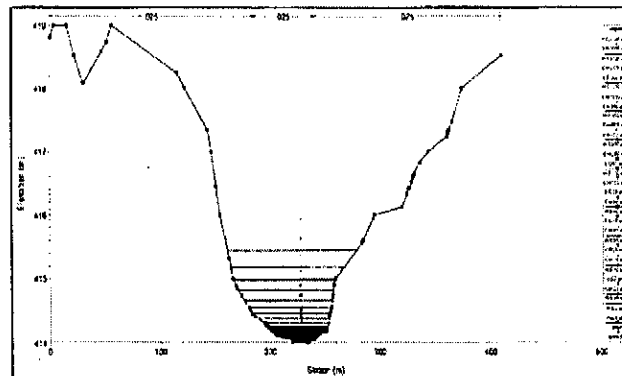


Figura 5.1.17 Secciones transversales para el modelado de la inundación.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



5.1.7.1.6 Zonas de inundación

Una vez evaluado el modelo en Hec-Ras e importado en ArcGis y después de algunos post-procesos, se presentan los resultados finales mediante un archivo raster; un ejemplo se muestra en la siguiente figura.



Figura 5.1.18 Modelo de inundación para un $T_r=2$ años en Hualahuises, N.L.

Finalmente, contando con las planicies de inundación para cada periodo de retomo de interés (10, 25 y 100 años) así como las áreas de amortiguamiento, se obtuvieron los mapas con las planicies de inundación por municipio que se presentan en el siguiente apartado.

Las imágenes de alta resolución en tamaño de 90 x 60 cm se encuentran en el CD con la información digital entregada para este proyecto. Las siguientes imágenes con menor resolución se presentan a manera de ejemplo.

Mapas con planicies de inundación por municipio

Handwritten signature

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature



Figura 5.1.19 Mapa de planicies de inundación para Agualeguas, N.L.

Handwritten signatures and initials.

SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL

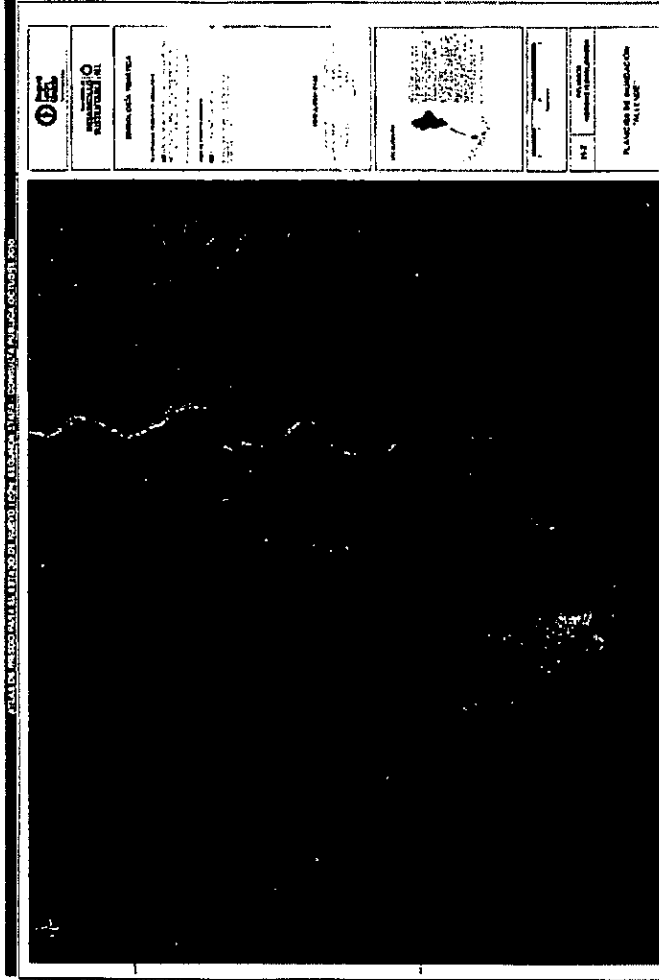


Figura 5.1.20 Mapa de planicies de inundación para Altende, N.L.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**



Figura 5.1.21 Mapa de planicies de inundación para Anáhuac, N.L.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

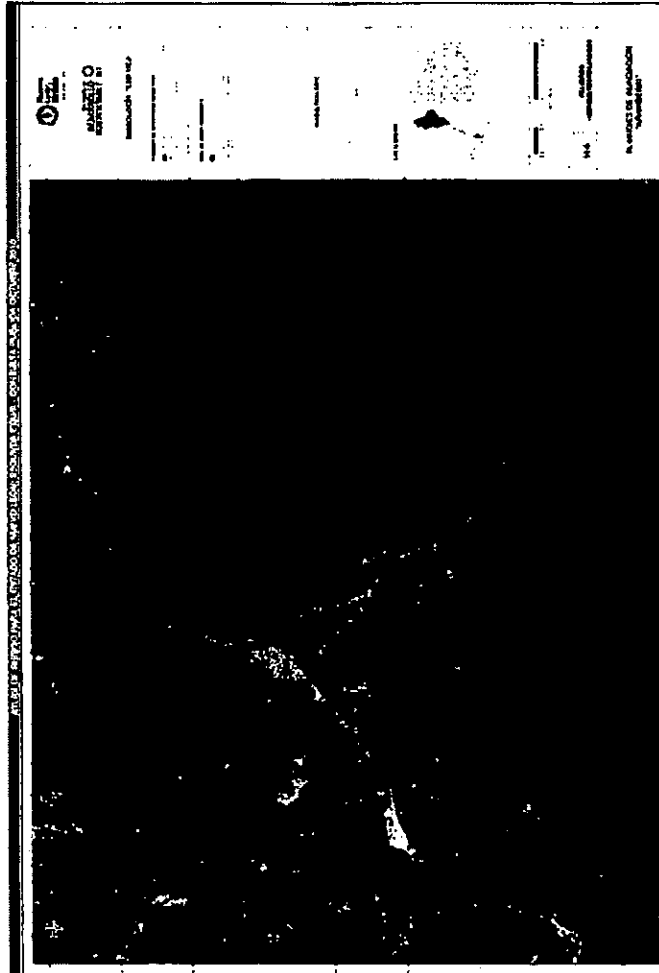


Figura 5.1.22 Mapa de planicies de inundación para Aramberri, N.L.

aw
[Signature]



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

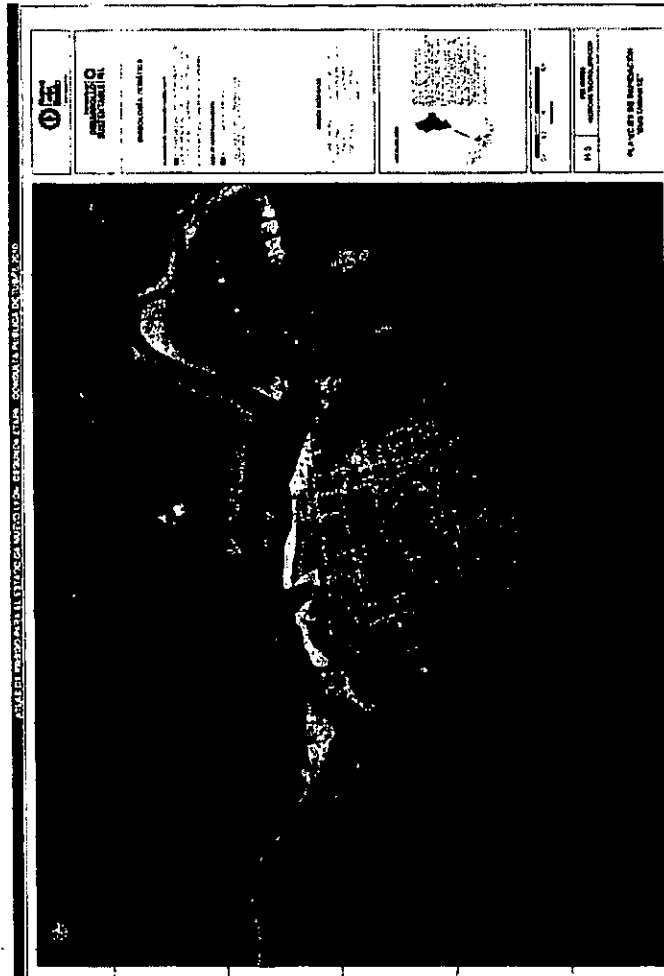


Figura 5.1.23 Mapa de planicies de inundación para Bustamante, N.L.

aw
ed



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

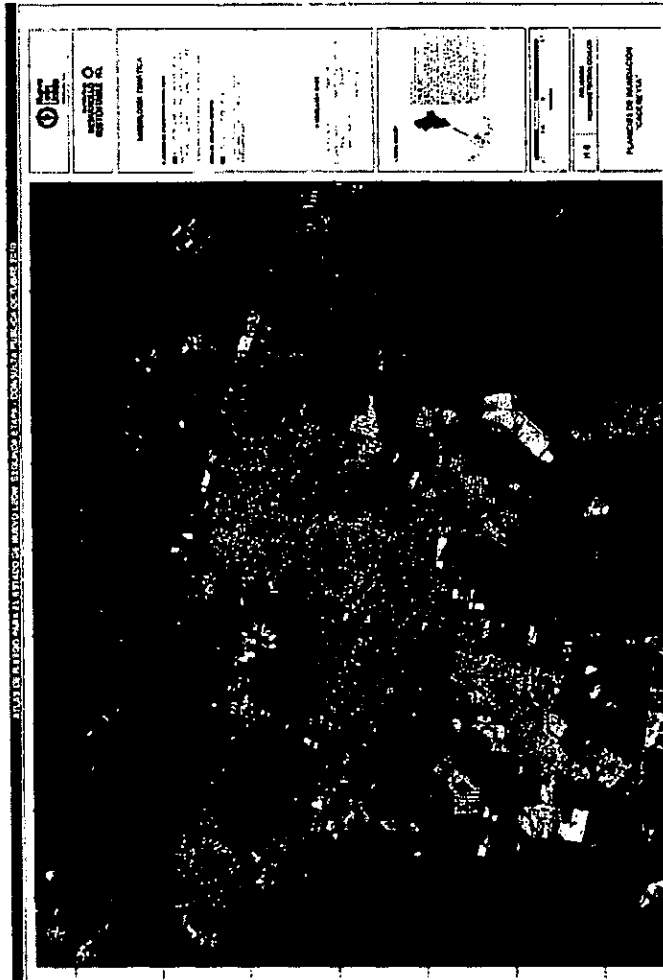


Figura 5.1.24 Mapa de planicies de inundación para Cadereyta Jiménez, N.L.

CAW

SA



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

RS

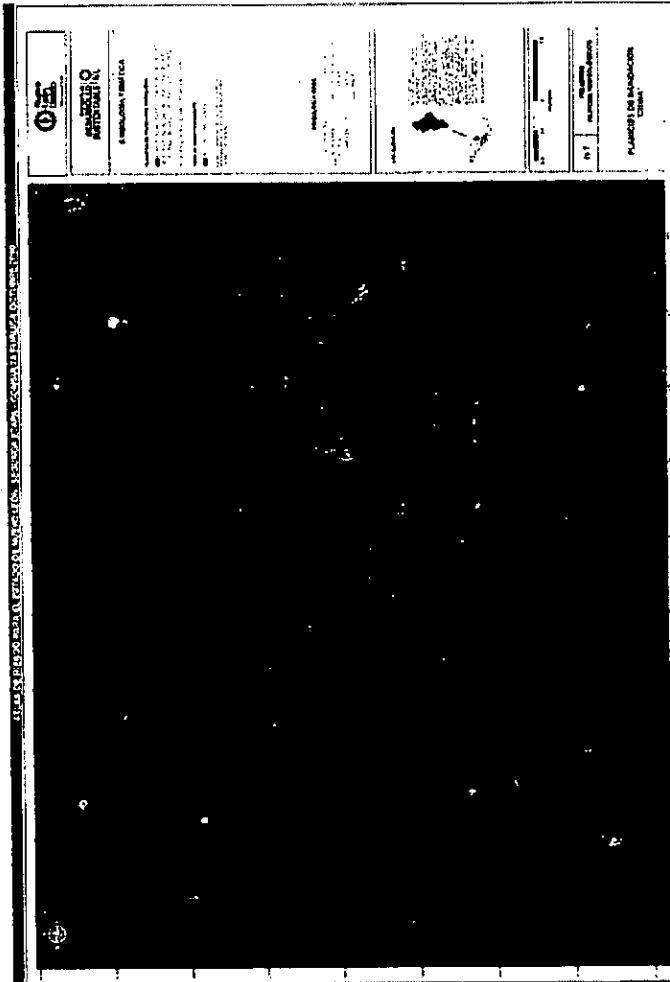


Figura 5.1.25 Mapa de planicies de inundación para China, N.L.

[Handwritten signatures]

Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

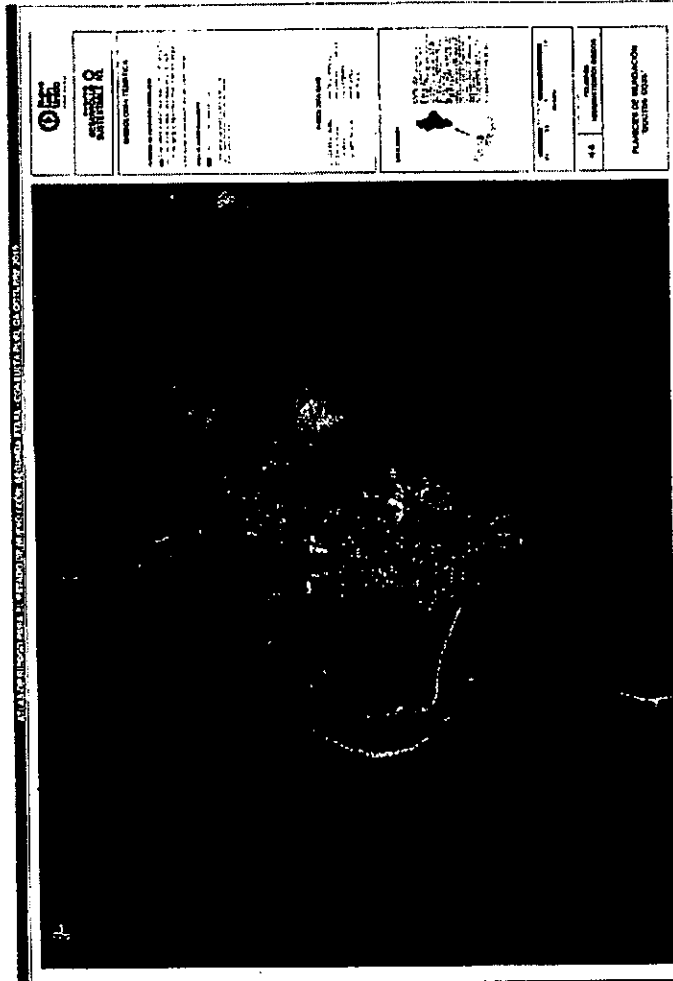


Figura 5.1.26 Mapa de planicies de inundación para Doctor Coss, N.L.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



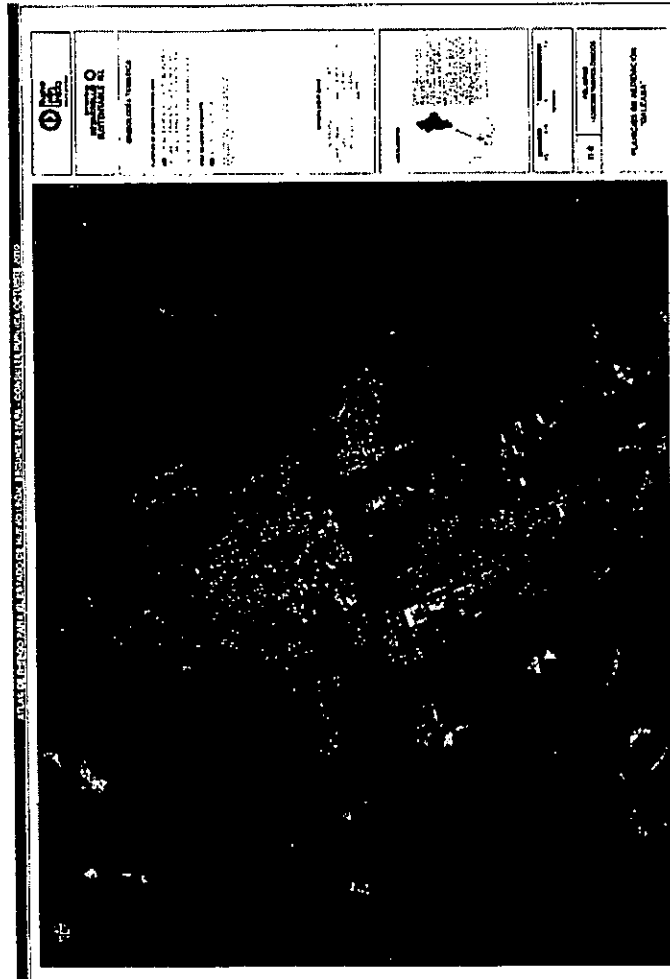


Figura 5.1.27 Mapa de planicies de inundación para Galeana, N.L.

AW



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

ed

ck

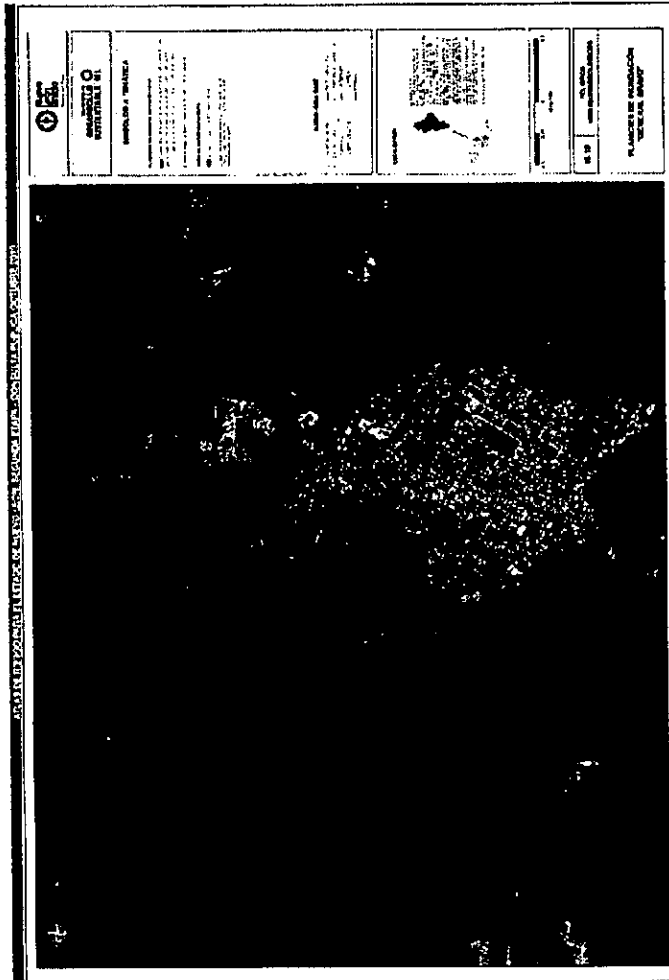


Figura 5.1.28 Mapa de planicies de inundación para General Bravo, N.L.

Handwritten signature

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten initials

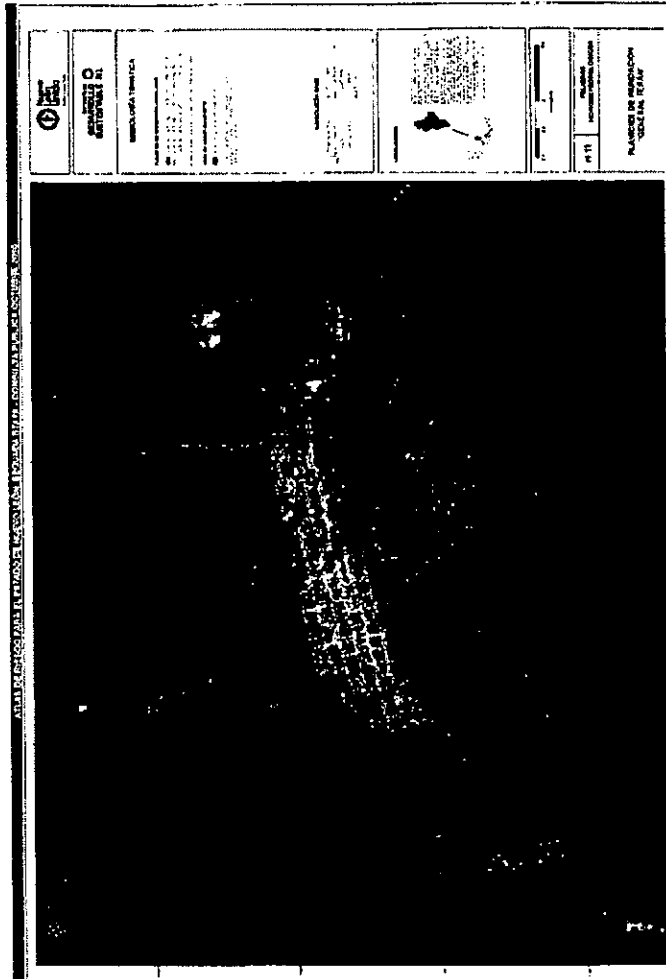



Figura 5.1.29 Mapa de planicies de inundación para General Terán, N.L.

DW
sd

Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**
RC

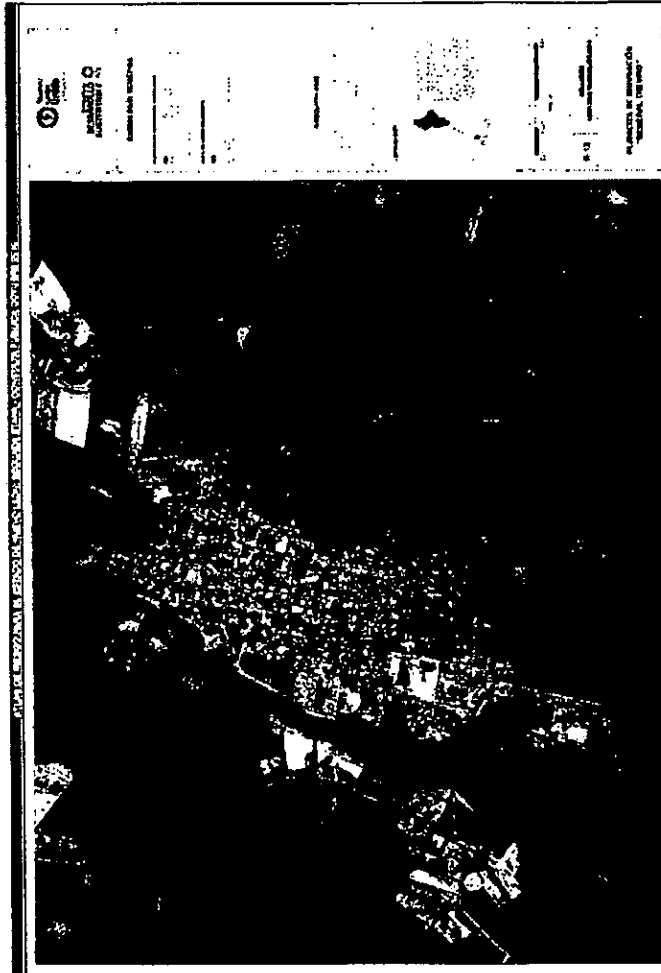


Figura 5.1.30 Mapa de planicies de inundación para General Treviño, N.L.

Handwritten signatures and initials.

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

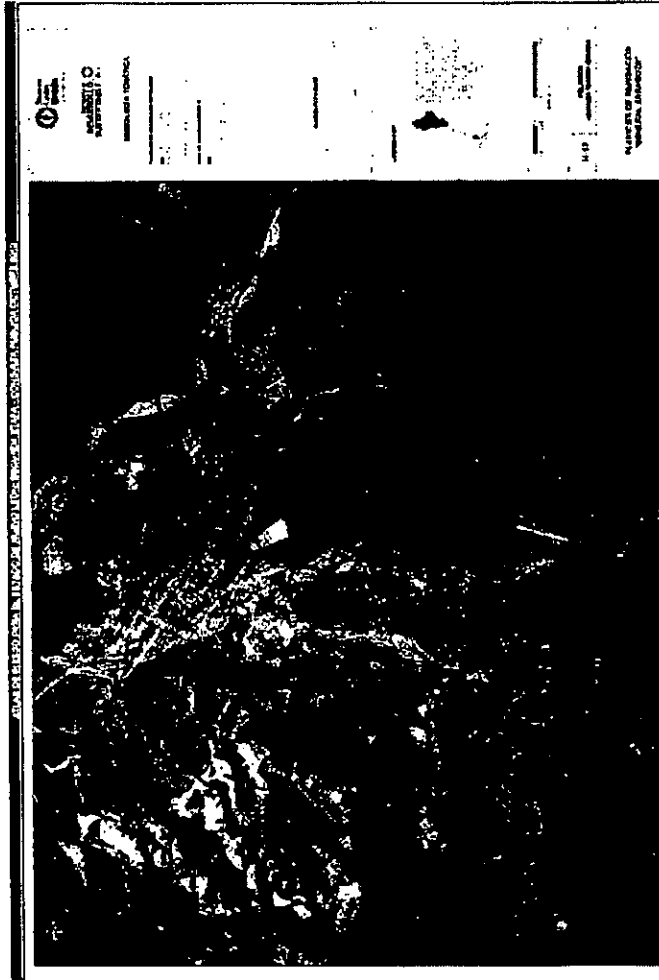


Figura 5.1.31 Mapa de planicies de inundación para General Zaragoza, N.L.

Handwritten signatures and initials.

Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

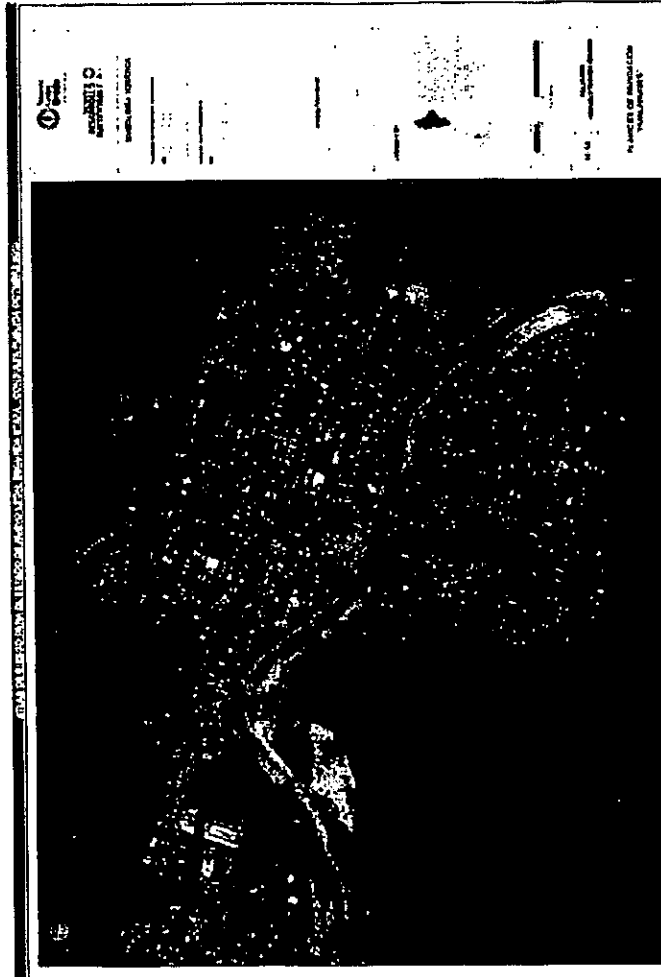


Figura 5.1.32 Mapa de planicies de inundación para Hualahuises, N.L.

Del



Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

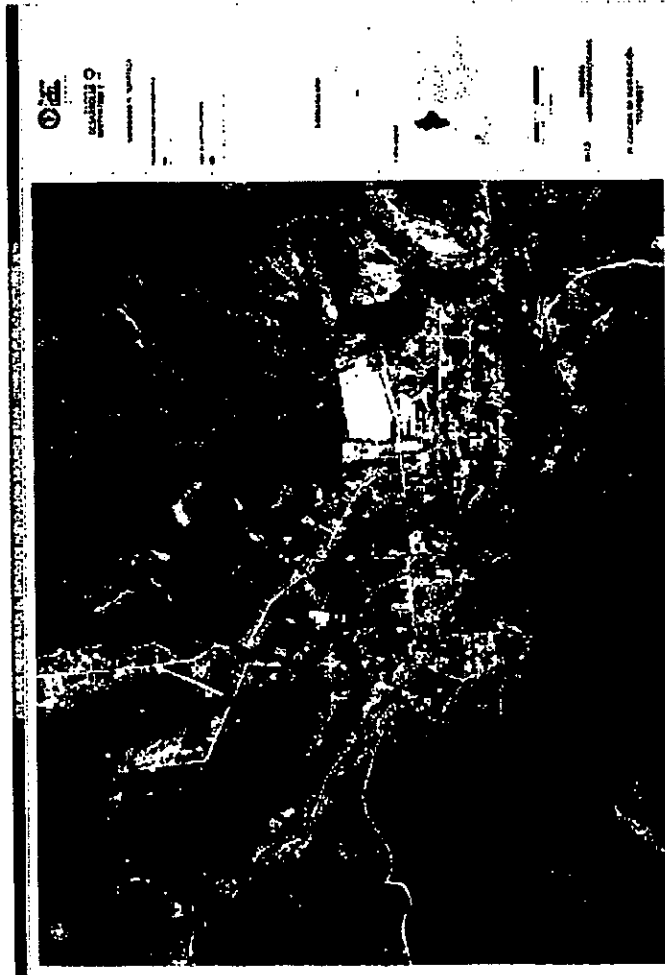


Figura 5.1.33 Mapa de planicies de inundación para Iturbide, N.L.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



Figura 5.1.34 Mapa de planicies de inundación para Lampazos de Naranjo, N.L.

aw
ed



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

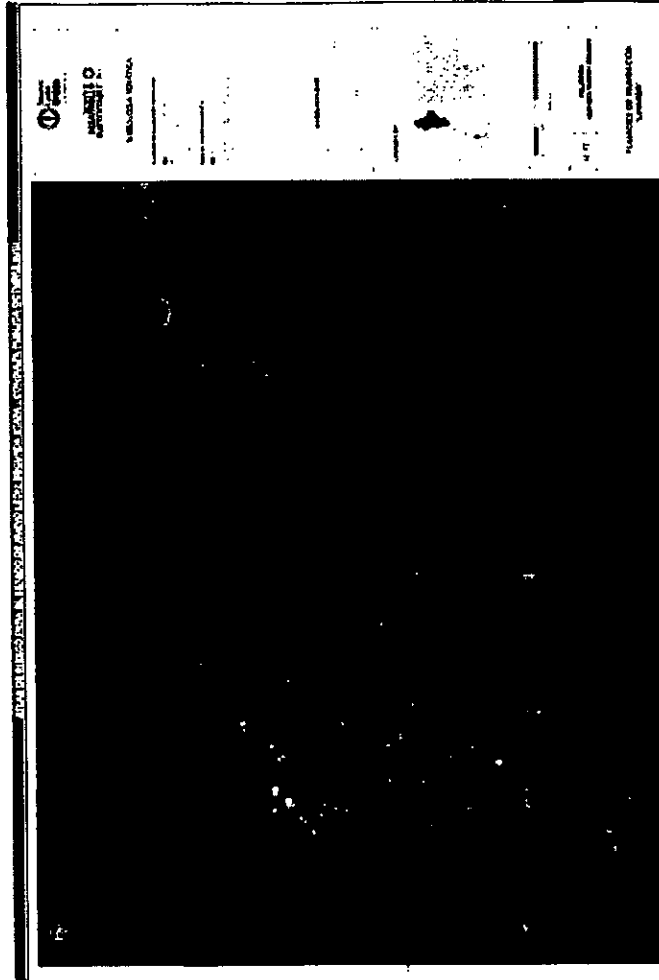


Figura 5.1.35 Mapa de planicies de inundación para Linares, N.L.

Handwritten initials and signature.

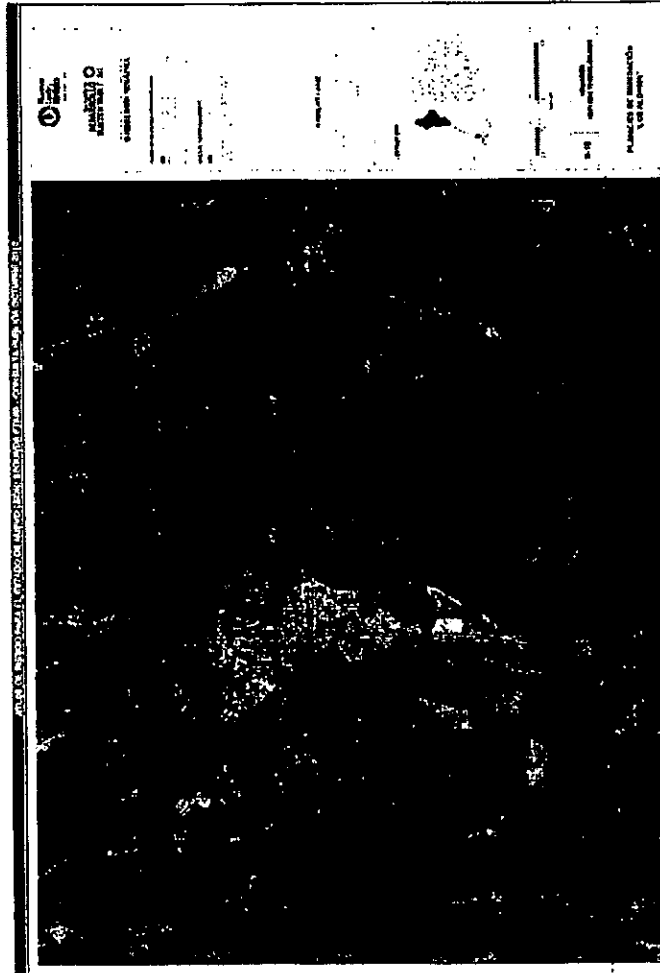


Figura 5.1.36 Mapa de planicies de inundación para Los Aldama, N.L.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Figura 5.1.37 Mapa de planicies de inundación para Los Herreras, N.L.

ad



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

ad

ad



Figura 5.1.38 Mapa de planicies de inundación para Los Ramones, N.L.

ow
sch



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

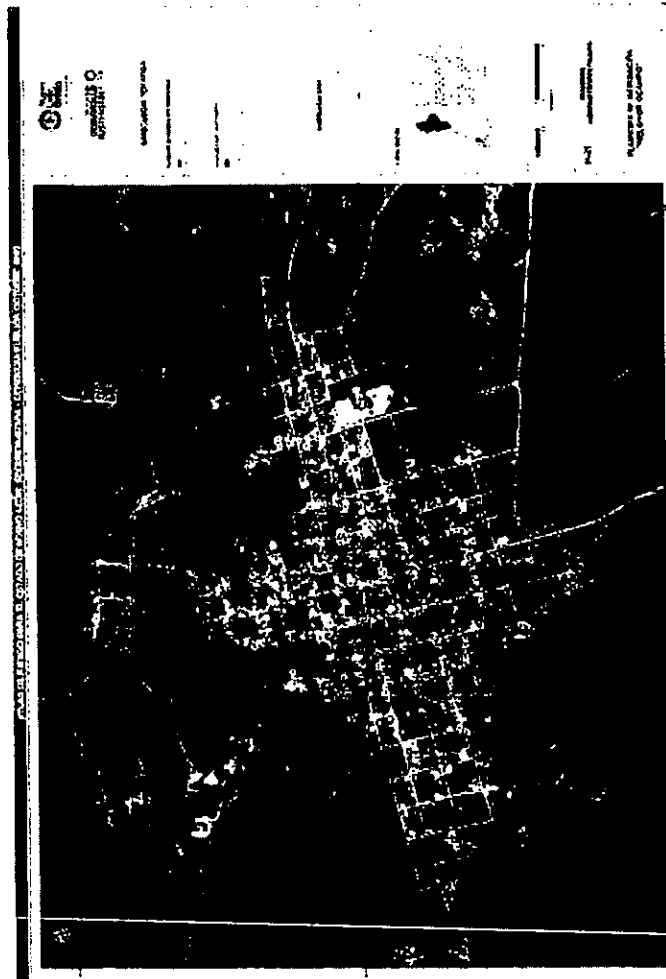


Figura 5.1.39 Mapa de planicies de inundación para Melchor Ocampo, N.L.


ow

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
ad *lu*



Figura 5.1.40 Mapa de planicies de inundación para Montemorelos, N.L.

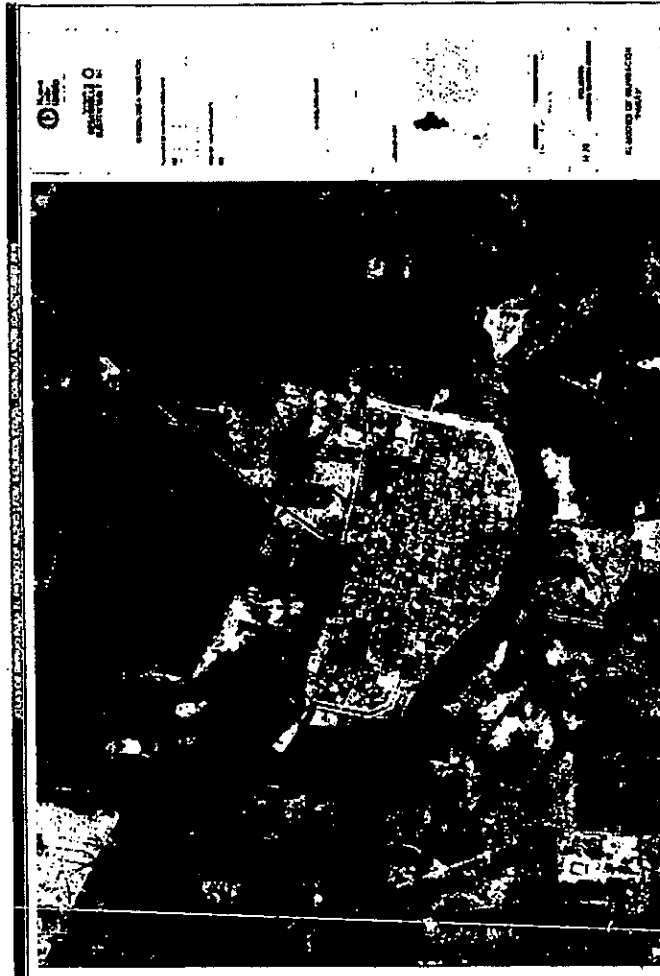
CPW

ad



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

RK



5.1.41 Mapa de planicies de inundación para Parás, N.L.

aw
adn



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



Figura 5.1.42 Mapa de planicies de inundación para Rayones, N.L.





Figura 5.1.43 Mapa de planicies de inundación para Sabinas Hidalgo, N.L.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

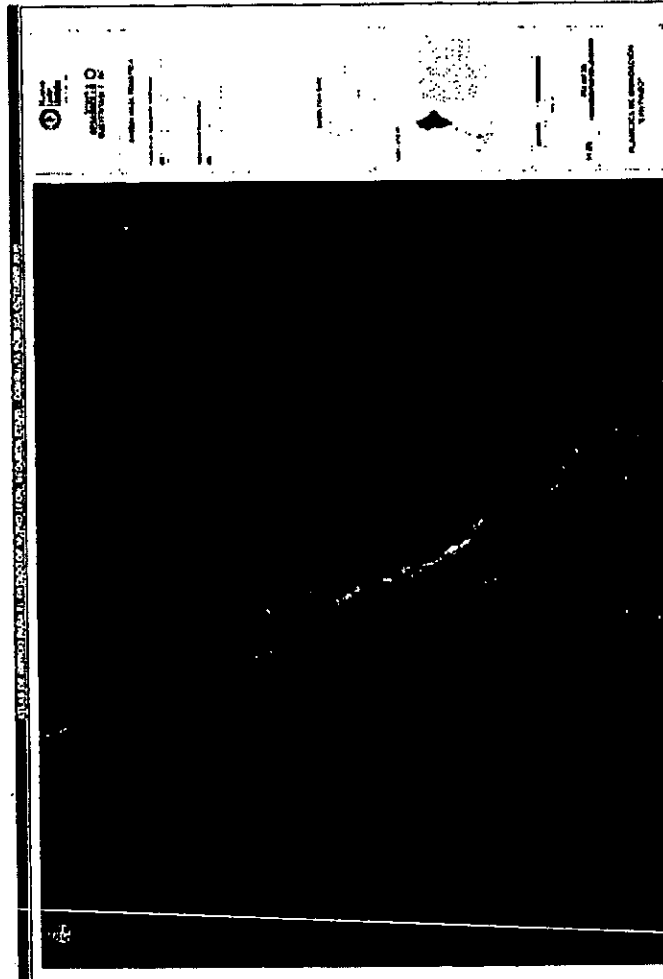


Figura 5.1.44 Mapa de planicies de inundación para Santiago, N.L.

Handwritten signatures and initials.


Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

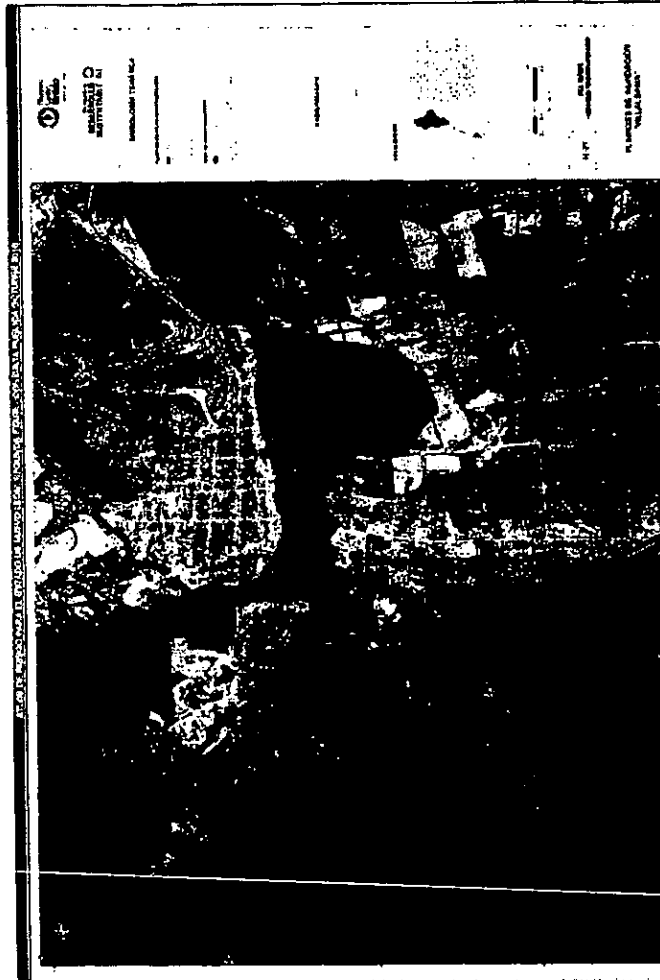


Figura 5.1.45 Mapa de planicies de inundación para Villaldama, N.L.

aw
[Signature]

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



5.1.8 Diagnóstico de las presas: El Cuchillo, Cerro Prieto y La Boca

Presa Rodrigo Gómez, "La Boca"

Localizada en el Estado de Nuevo León, construida en 1958 por la Secretaría de Recursos Hidráulicos; esta presa capta las aguas de la corriente San Juan con el fin de aprovecharlas para el abastecimiento y el control de avenidas, su capacidad de almacenamiento es de 40'000,000 m3. Sus coordenadas de localización son -100.1293o longitud oeste y 25.4274o latitud norte.

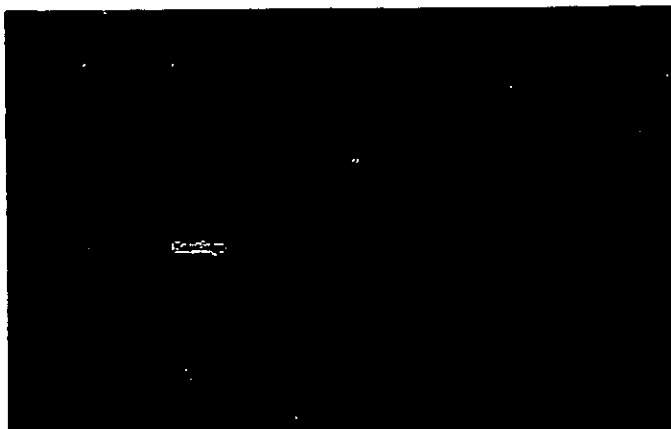


Figura 5.1.46 Localización de la Presa "La Boca" en Santiago, N.L.

La presa se encuentra sobre la corriente del río San Juan, como dato en materia de construcción se trata de una presa de gravedad con las siguientes características:

RA

ad
Secretaría de 
DESARROLLO SUSTENTABLE NL
R

Tabla 5.1.6 Gastos máximos extraordinarios de la Presa "La Boca"

CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA	
Altura	35 m
Longitud de corona	290 m
Volumen estimado	81000 m ³
CARACTERÍSTICAS DEL VERTEDEDOR DE TIPO CRESTA LIBRE	
Carga máxima	7.1 m
Longitud de la cresta	710 m
Capacidad	2250 m ³ /s
CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA DE TOMA	
Tipo	tubería de presión
Carga máxima	22.5 m

En los regímenes de almacenamiento de la presa "La Boca" se observan volúmenes que oscilan al fin de la temporada de lluvias del 70 al 90 por ciento, actualmente en la presa se practican diversos deportes acuáticos, pesca y demás actividades de recreación principalmente. A principios del mes de julio del 2010 la presa alcanzó al 95 por ciento de su capacidad debido al huracán Alex, el cual causó importantes daños en el estado de Nuevo León.

Presas "El Cuchillo"

La presa se destina a abastecer de agua a la ciudad de Monterrey y su área metropolitana, así como a los municipios de China, General Bravo, Dr. Coss y los Aldama, en Nuevo León y para asegurar el riego de 3640 ha de terrenos del distrito de riego Las Lajas.

DN



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

AS

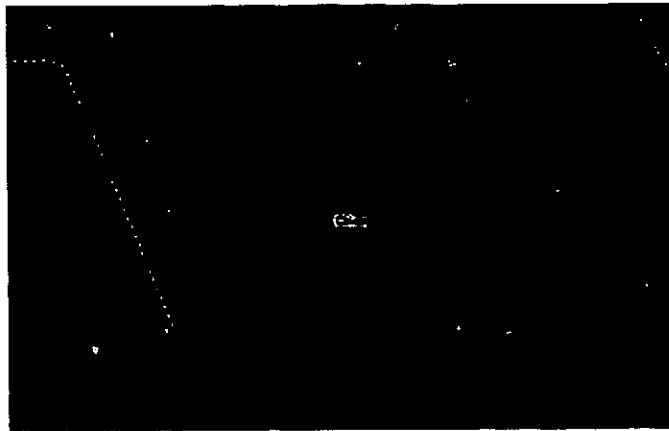


Figura 5.1.47 Localización de la presa "El Cuchillo" en China, N.L.

La presa consiste de una cortina de materiales graduados de 4480 m de longitud y 44 m de altura máxima, con un tramo central de 320 m de longitud con sección de gravedad de concreto, donde está alojada la estructura vertedora; la cortina se prolonga por el lado izquierdo mediante un dique de los mismos materiales, que tiene 6000 m de longitud y 35.00 m de altura máxima. Cuenta la presa con tres obras de toma destinadas a los tres fines específicos antes señalados. El vaso cuenta con una capacidad total de 1784 millones de m³.

Localización geográfica

La presa El Cuchillo construida sobre el Río San Juan, está ubicada 3 km al noreste de la población de China, Nuevo León, en el punto de coordenadas 25° 43' de latitud norte y 99° 17' de longitud oeste.

Vías de comunicación

Partiendo de la ciudad de Monterrey hacia la ciudad de Reynosa por la carretera libre, se desvía hacia la derecha en el km 108 para tomar un camino de terracería de 1.5 km de longitud que conduce a la presa. A un lado del vertedor hay una explanada que se utiliza como helipuerto.

Geología regional

Está representada por lutitas y areniscas de origen marino, pertenecientes a las formaciones Midway y Mount-Selman del terciario, cubiertas discordantemente en sus partes altas por conglomerados de la formación Reynosa del pleistoceno y en las bajas por materiales aluvial del reciente.

Geología del vaso

En el vaso afloran las formaciones Mount-Selman representadas por lutitas y areniscas de estratificación delgada a mediana de color gris verdoso coronada en sus partes altas por gravas de caliza de la formación Reynosa y por material aluvial y suelo en sus partes bajas, se considera que el vaso es impermeable.

RS

 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
RS

En ambas laderas del vaso existen puertos constituidos por rocas de la formación Mount-Selman cubiertas parcialmente por suelo. Los del lado izquierdo se cerraron mediante un dique, mientras los del lado derecho se cerraron con la prolongación de la cortina empotrándola en esta ladera. El área de la cuenca del río San Juan hasta el sitio de la presa es de 8924 km².

Tabla 5.1.7 Características Hidrológicas de la presa "El Cuchillo"

Mínimo:	30.7
Medio:	660
Máximo:	2776.5
Máximo observado:	7500
Avenida de diseño:	15000
Período de retorno (años):	10000

Handwritten signatures and initials



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

Tabla 5.1.8 Características del vaso de la presa "El Cuchillo"

Azolves	100
Útil	1123
Superalmacenamiento	661
Total:	1884
Bordo libre	
Bordo libre	3
NAME	166.66
NAMO	162.35
Bordo de aguas	
NAME	18092
NAMO	12795



Cortina

La cortina es del tipo de materiales graduados; tiene 4480 m de longitud, 10 m de ancho en la corona, que se encuentra a la elevación 169.66 m y 44 m de altura máxima. Por el lado izquierdo del cauce está comprendido en la cortina un tramo de sección de gravedad de concreto de 320 m de longitud donde se aloja la estructura de excedencias, los dispositivos para el cierre final y las tomas para agua de uso urbano y de riego.

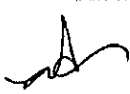

La cortina está constituida por un corazón de material impermeable compactado de 6 m de ancho en la parte superior, con taludes de 0.4:1 en los dos lados que están cubiertos con filtros de grava-arena de 2.50 m de espesor, confinados mediante respaldos de material Reynosa con taludes de 2:1 que están protegidos con chapas de roca selecta de 1.50 m de espesor. Al pie de los taludes se dejaron banquetas de 10 m de ancho con taludes de 2.1 hacia el exterior, cubriendo la zona del cauce.

Dique

El dique de la ladera izquierda del sitio es una prolongación de la cortina hasta el empotramiento de dicha ladera. Es del tipo de materiales graduados; tiene 6000 m de longitud, 8 m de ancho en la corona, que esta a la elevación 169.66 m y 35 m de altura máxima.

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

El dique está constituido por un corazón de material impermeable compactado de 6 m de ancho en la parte superior, con taludes de 0.9:1 en ambos lados que están cubiertos con filtros de material Raynosa procesado de 1.35 m de espesor, confinados mediante respaldos de material Raynosa con taludes de 2:1 en los dos lados y el de aguas arriba protegido con una chapa de roca selecta de 1.50 m de espesor.

Presa José López Portillo "Cerro Prieto"

La finalidad de esta obra es almacenar los escurrimientos del río Pablillo para abastecer de agua potable a la ciudad de Monterrey y su área metropolitana. También recibe escurrimientos del río Potosí (Cabezones), por medio de una derivación de dicho río en el lugar conocido como "Rancho Sotolar" mediante un canal revestido que tiene una longitud de 10.3 km, con capacidad de gasto de 20.00 m³/s, desembocando en el río Camacho afluente por la margen izquierda del río Pablillo.

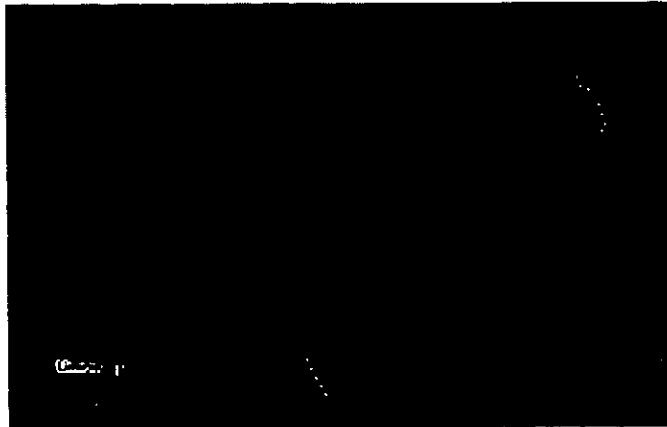


Figura 5.1.48 Localización de la presa "Cerro Prieto" en Linares, N.L.

La presa José López Portillo (Cerro Prieto) consta de una cortina y siete diques, todos ellos del tipo de materiales graduados; dispone de una obra de toma para riego en el lado derecho y en el extremo izquierdo otra toma para conducir al agua a la ciudad de Monterrey; un vertedor de demasías que controla las avenidas mediante cinco compuertas radiales. Esta obra tiene una capacidad de almacenamiento de 300 millones de m³.

Localización geográfica

La presa se encuentra situada sobre el Río Pablillo en el sitio de coordenadas 24° 55' latitud norte y 99° 55' longitud oeste, su altitud es de 289 m.s.n.m.

Vías de comunicación

Partiendo de la ciudad de Monterrey, N.L., hacia el sur por la carretera federal Núm. 85 (México - Laredo), se recorren 130 km. para llegar a la ciudad de Linares; saliendo de esta última y con

Qat
[Handwritten signature]



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

285



rumbo nor-noreste, se recorren 20 km. para llegar al sitio de la presa que llevo el nombre de Cerro Prieto; el camino hasta la obra está totalmente pavimentado.

Geología Regional

La geología de la región está representada por calizas compactas delgadas y arcillosas en parte, con buena estratificación de color gris claro, verde o pardo, que intemperizan en anaranjado, pertenecientes a la Formación Méndez del Campaniano-Mestrichtiano, ambas formaciones se presentan suavemente plegadas formando pequeños anticlinales y sinclinales. Coronando discordantemente a estas formaciones, en las partes más altas se encuentran remanentes por erosiones: gravas y conglomerados de la formación Reynosa, de edad Pleistocénica, así como algunos remanentes de calizas continentales algo gredosas.

Geología del Vaso

El vaso geológicamente está constituido por calizas arcillosas, con intercalaciones de lutitas y lutitas bentónicas, pertenecientes a la Formación San Felipe, de edad Conaciano-Santoniano; sobreyaciendo concordantemente a ésta, se encuentra la Formación Méndez de edad Campaniano-Maestrichtiano, compuesta por lutitas. En las partes topográficamente altas, se encuentran remanentes por erosión de la Formación Reynosa, de edad Pleistocénica, constituidas por conglomerados de caliza la cual sobreyace discordantemente a la Formación Méndez. Se presentan además zonas muy localizadas de calizas evaporíticas de origen continental, de edad tentativa del Terciario Superior ; en la parte que forma el cauce del río se encuentran gravas y limos.

Tabla 5.1.9 Características Hidrológicas de la presa "Cerro Prieto"

Mínimo:	26
Medio:	213
Máximo:	1021
Máximo observado:	500
Avenida de diseño:	5500
Periodo de retorno (años):	10000

Secretario de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

Tabla 5.1.10 Características del vaso de la presa "Cerro Prieto"

Azóviles	25
Útil	275
Superalmacenamiento	93
Total:	300
Bordo libre	2.5
NAME	285.5
NAMO	268.5
NAME	3380
NAMO	870

Obra de desvío

Con el propósito de desplantar y construir la cortina principal se excavó un tajo de desvío en la margen derecha con capacidad de 500 m³/s correspondiente a la avenida máxima registrada en un período de diez años. El canal tenía una plantilla de 20.00 m de ancho a la elevación 251.00 m y pendiente de 0.004. Cerrando el cauce se construyeron dos ataguías con corona a la elevación 256.50 m quedando éstas incorporadas en la sección de la cortina.

Cortina y Diques

La presa consta de una cortina y siete diques del tipo de materiales graduados.

La sección se inicia al centro con un corazón impermeable de arcilla de 8.00 m de ancho, 0.50 m abajo del nivel de la corona, la que se encuentra a la elevación 288.00 y taludes hacia ambos lados de 0.2 :1, continuando con filtros de grava - arena seleccionada con un espesor de 1.50 m, con respaldos de grava - arena, finalizando con un enrocamiento de 1.50 m de espesor aguas arriba y 1.00 m aguas abajo, cubriendo los respaldos de grava - arena con talud exterior de 2 :1 en ambos lados.

La sección de la cortina tiene una corona de 10.00 m de ancho, una altura máxima sobre el lecho del río de 50.00 m y una longitud por la corona de 1 492 m. Cierran el vaso siete diques, de los cuales seis están por la margen derecha y uno por la margen izquierda en los que la sección es semejante a la de la cortina con un ancho de corona de 8.00 m y una longitud total de 7 424 m.

Handwritten signature





Obras de toma

Toma de agua potable

Está constituida por una torre de concreto reforzado de 3.60 m de diámetro, en donde están instaladas tres compuertas rodantes de emergencia a diferentes niveles para orificios de 1.83 x 1.83 m, la capacidad de los mecanismos de levante son de 15 toneladas para una y de 23 toneladas en las otras dos, los cuales están colocados en la plataforma superior de la torre a la elevación 288.00 m.s.n.sm.

La elevación del umbral de la compuerta baja es la 264-55 m.s.n.m., la de la compuerta intermedia es la 271.60 m.s.n.m.

Por el cuerpo de la cortina en la estación 0+388.27 cruza un ducto de concreto reforzado de 4.00 m de diámetro exterior, que cubre una tubería de acero de 2.00 m de diámetro y 88.75 m de longitud conectándose a la torre mediante una transición de concreto y protegida la compuerta baja por una estructura de rejillas a la salida del ducto, en la tubería de acero se colocó una válvula de mariposa de 2.00 m de diámetro operada eléctricamente. La capacidad máxima de la toma es de 8.00 m³ /s para un gasto normal.

Obra de excedencias

Se encuentra en la margen izquierda en la estación 0+090 de la cortina. La estructura del vertedor es de concreto y tiene una capacidad de descarga de 2 500 m³/s ; consta de cinco compuertas radiales de 8.00 m de ancho por 10.60 m de altura con un peso aproximado de 33 toneladas cada una ; la elevación del umbral del vertedor es la 274.00 m.s.n.m.

Cuenta con un canal de descarga de 433.00 m de largo desde la sección de control hasta del tanque amortiguador, formada por un canal de 46.00 m de ancho y taludes de 1:1 en las paredes del canal; pendiente de 0.05 y 0.110 y una trayectoria para descargar en el tanque amortiguador desde la elevación 255.08 m a la 240.00 m que corresponde al tanque amortiguador.

Filtraciones

La zona del cauce resultó altamente permeable lo cual originó que al empezar a embalsar (con una carga de 0.5 m) se presentaron las primeras filtraciones al pie del talud de aguas abajo. Al aumentar el embalse en el vaso aumentaron el número de sitios y el gasto de las filtraciones. Para cuantificar estas filtraciones se instalaron vertedores de tipo triangular y se observaron las de los puntos cercanos a la cortina para checar si contenían acarreos, hecho que fue negativo, siendo el agua completamente clara. Actualmente se controla el 80% del total de las filtraciones.

Asentamientos

Los asentamientos más significativos se presentaron en la sección máxima de la cortina variando con la altura, máximos en la corona y mínimos al pie del talud. Hasta el mes de octubre de 1987 los asentamientos máximos registrados fueron de 10.8 cm correspondiendo a una velocidad de deformación de 2.1 cm por año.

No obstante el flujo infiltrado y de los asentamientos ocurridos en la corona, el comportamiento de la obra es satisfactorio y muy segura estructuralmente.

En la obra de excedencias, recientemente se realizaron reparaciones en los mecanismos de operación para seguridad de los mismos.

Hasta los primeros días de julio del 2010 el mayor gasto vertido (1086 m³/s) y el mayor almacenamiento registrado (362.7 millones de metros cúbicos) habían sido en octubre y

70

 SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL

septiembre respectivamente del año 1988, pero a los 7 días del mes de julio la presa "Cerro Prieto" se encuentra al 118 por ciento de su capacidad (342 millones de metros cúbicos) y el gasto de salida es de 700 m³/s.

5.2 Granizadas

5.2.1 Introducción

El granizo está formado por partículas irregulares de hielo, dispuestas en láminas circulares, con un diámetro promedio de entre 5 y 50 mm. Se produce en tormentas intensas en las que se originan previamente gotas de agua sobreenfriadas (gotas de agua que se encuentran en estado líquido a temperaturas por debajo del punto normal de congelación del agua, 0°C).

Las tormentas de granizo son más comunes durante la canícula, días del año en los que se presenta mayor temperatura, asociados con fenómenos eléctricos.

El granizo es un fenómeno atmosférico poco usual y muy localizado (la extensión de las tormentas abarcan unos cuantos kilómetros), el cual se forma en las nubes llamadas cumulonimbus (Figura), grandes nubes de tormenta cuya cima presenta una forma plana.



Figura 5.2.1 Imagen de nube cumulonimbus. (www.top-wetter.de)

AW
SA



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

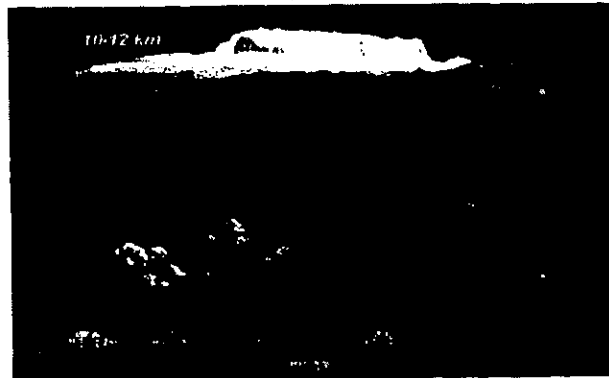


Figura 5.2.2 Diagrama de la formación del granizo. (www2.udec.cl)

5.2.2 Formación del granizo

Los factores importantes para la formación del granizo son:

- Humedad alta.
- Fuerte corriente ascendente.
- Nube de gran espesor que puede mantenerlos "flotando" hasta precipitar.
- Punto de congelación, por debajo de los 0°C, en las capas superiores de la nube.

El granizo es mucho más común a lo largo de las zonas montañosas, ya que las montañas fuerzan a los vientos horizontales hacia arriba (elevación orográfica); de tal modo, se intensifican las corrientes ascendentes dentro de tempestades de truenos, más probable por la formación de granizo.

Este fenómeno es menos común en las zonas tropicales, ya que por lo general todas las zonas de la nube permanecen calientes.

5.2.3 Daños ocasionados por el impacto del granizo

El tamaño del granizo máximo es el parámetro más importante en relación a los daños que ocasiona en infraestructura y cultivos. A continuación se presenta una escala de clasificación de daños ocasionados por el impacto del granizo, de acuerdo a sus dimensiones.

car

ad *bu*

Tabla 5.2.1 Escala de Intensidad de Granizo (www.torro.org.uk)

Categoría de intensidad	Diámetro típico del granizo (mm)*	Energía Cinética Probable J-m2	Daños típicos por impacto
H0	Granizo duro 5	0-20	Sin daños
H1	Daño Potencial 5-15	>20	Daños insignificantes a plantas y cultivos.
H2	Significativo 10-20	>100	Daño significativo a frutos, cultivos y vegetación
H3	Severo 20-30	>300	Daño severo a cultivos y plantas, daño a cristales, estructuras plásticas y marcas en pinturas y madera
H4	Severo 25-40	>500	Daños severo a cristales y a carrocería de vehículos
H5	Destruyivo 30-50	>800	Destrucción de cristales, daño a tejados, riesgo significativo de heridas
H6	Destruyivo 40-60		Abolladura a la estructura de aeronaves, agujeros a las paredes de ladrillo
H7	Destruyivo 50-75		Daño severo a tejados y riesgo de heridas severas
H8	Destruyivo 60-90		Daño severo a estructura de aeronaves
H9	Super Granizada 75-100		Cuantiosos daños a las estructuras. También heridas fatales a personas que se encuentran a la intemperie
H10	Super Granizada >100		Cuantiosos daños estructurales, riesgo severo, heridas fatales a personas que se encuentran a la intemperie

Handwritten signatures and initials





5.2.4 Peligro por granizadas en el Estado de Nuevo León

Con el propósito de conocer con mayor detalle la distribución del peligro de granizadas en el estado de Nuevo León, se analizó la información climatológica existente, la cual consiste en la información contenida en base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la cual es posible consultar a través del programa ERIC (IMTA, 2006) desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

La información climatológica disponible en la base de datos CLICOM para la variable analizada, consiste en el porcentaje de días con granizo por cada mes, para los años en que la estación registró información.

Se seleccionaron un total de 63 estaciones climatológicas para el análisis de esta variable, la mayor parte de las estaciones se localizan en el estado de Nuevo León. Con el propósito de contar con mayor precisión en el resultado de la interpolación de las curvas de igual peligro por granizada, se seleccionaron algunas estaciones climatológicas en los estados vecinos de Coahuila, Tamaulipas y San Luis Potosí.

El análisis de la variable en cuestión, consistió en obtener para cada una de las estaciones climatológicas estudiadas, y con base en la información histórica disponible, el número promedio de días al año en que se han presentado granizadas.

En la Tabla se presentan las estaciones climatológicas analizadas, así como el resultado del número promedio de días con granizo al año para el estado de Nuevo León y su frontera con los estados vecinos. En la figura 5.2.3 se presenta el mapa de peligro por granizadas para el estado de Nuevo León, el cual se desarrolló con base en los resultados del análisis climatológico.

Tabla 5.2.2 Análisis climatológico de número promedio de días con granizo al año para el estado de Nuevo León.

#	Estado	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	# Días promedio de granizo al año
1	N.L.	19008	CADEREYTA JIMENEZ,	-100	25.6	0.2368
2	N.L.	19009	CASILLAS, RAYONES	-100.22	25.22	0
3	N.L.	19010	CERRALVO, CERRALVO	-99.62	26.1	0.38
4	N.L.	19012	CIENEGA DE FLORES	-100.17	25.95	0.0862
5	N.L.	19013	CIENEGA DEL TORO, GALEANA	-100.33	25.08	0.0213


 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

#	Estado	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	# Dias promedio de granizo al año
6	N.L.	19016	EL CUCHILLO, CHINA	-99.25	25.73	0.6102
7	N.L.	19018	EL PAJONAL, STA.CATARINA	-100.37	25.5	0
8	N.L.	19020	EL POTOSI, GALEANA	-100.32	24.85	0.7174
9	N.L.	19022	GENERAL BRAVO, (DGE)	-99.18	25.8	0.1778
10	N.L.	19024	GRANJA EXPERIMENTAL,	-100.15	27.23	1.1667
11	N.L.	19025	HIGUERAS, HIGUERAS (SMN)	-100.02	25.97	0.1739
12	N.L.	19026	ICAMOLE, GARCIA	-100.73	25.92	0.1739
13	N.L.	19027	ITURBIDE, ITURBIDE	-99.92	24.73	0.3273
14	N.L.	19028	LAMPAZOS, L. DE NARANJO	-100.52	27.03	0.4151
15	N.L.	19031	LA CRUZ, STA. CATARINA	-100.45	25.47	0.0278
16	N.L.	19032	LA CARBONERA, GALEANA	-99.97	24.8	0.3778
17	N.L.	19033	LAGUNA DE SANCHEZ, STGO.	-100.28	25.35	0.5882
18	N.L.	19035	LINARES, LINARES (DGE)	-99.57	24.87	0.4103
19	N.L.	19038	LAS COMITAS, STA. CATARINA	-100.33	25.53	0.3415
20	N.L.	19039	LAS ENRAMADAS,	-99.52	25.52	0.3171
21	N.L.	19040	LOS ALDAMAS, LOS ALDAMAS	-99.2	26.07	0.2444
22	N.L.	19041	LOS HERRERAS, L.HERRERAS	-99.42	25.9	0.4545
23	N.L.	19042	LOS RAMONES, LOS RAMONES	-99.63	25.7	0.5556
24	N.L.	19045	MINA, MINA	-100.55	26.03	0.0227
25	N.L.	19046	MIER Y NORIEGA (SMN)	-100.12	23.42	1.2982

aw



sdh *sk*



#	Estado	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	# Dias promedio de granizo al año
26	N.L.	19048	MONTEMORELOS	-99.83	25.2	0.5
27	N.L.	19049	MONTERREY, MONTERREY(DGE)	-100.32	25.68	0.3559
28	N.L.	19050	RAICES, GALEANA	-100.2	24.57	2.1587
29	N.L.	19053	RAYONES, RAYONES	-100.08	25.02	0.5349
30	N.L.	19054	RINCONADA, GARCIA	-100.72	25.7	0.0556
31	N.L.	19055	SALINILLAS, ANAHUAC	-100.12	27.45	0.3966
32	N.L.	19056	SAN JUAN, CADEREYTA	-99.85	25.55	0.25
33	N.L.	19057	SAN RAFAEL, GALEANA	-100.55	25.03	0.225
34	N.L.	19058	SANTA CATARINA	-100.47	25.68	0.1111
35	N.L.	19061	TOPO CHICO, MONTERREY	-100.42	25.8	0.1569
36	N.L.	19073	GALEANA, GALEANA (SMN)	-100.07	24.82	0.5122
37	N.L.	19074	GENERAL BRAVO (SMN)	-99.18	25.78	0.3864
38	N.L.	19077	VALLECILLO (SMN)	-100	26.67	0.0208
39	Coah.	5002	ALLENDE, ALLENDE (SMN)	-100.83	28.33	0.3269
40	Coah.	5003	ARTEAGA, ARTEAGA (SMN)	-100.85	25.43	1.3529
41	Coah.	5009	CUATRO CIENEGAS (DGE)	-102.07	26.97	0.5094
42	Coah.	5011	EJIDO REATA, RAMOS ARIZPE	-101.08	26.13	0.06
43	Coah.	5016	GRAL.CEPEDA, GRAL.CEPEDA	-101.47	25.37	0.5385
44	Coah.	5018	LAS NIEVES, PARRAS	-102.01	25.73	0.0278
45	Coah.	5020	MUZQUIZ, MUZQUIZ (DGE)	-101.52	27.88	0.2093




 Secretario de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

#	Estado	Clave	Nombre	Longitud	Latitud	# Días promedio de granizo al año
46	Coah.	5021	NUEVA ROSITA, SABINAS	-101.25	27.92	1.0816
47	Coah.	5031	PROGRESO, PROGRESO	-101	27.08	0.4231
48	Coah.	5032	RAMOS ARIZPE (SMN)	-100.98	25.53	0.7662
49	Coah.	5033	SABINAS, SABINAS (DGE)	-101.28	27.87	0.3103
50	Coah.	5035	SAN A. LAS ALAZANAS(DGE)	-100.62	25.27	0.1778
51	Coah.	5042	ZARAGOZA, ZARAGOZA (SMN)	-100.92	28.5	0.6098
52	Coah.	5044	CUATRO CIENEGAS (SMN)	-102.07	26.98	0.6182
53	Coah.	5045	VILLA JUAREZ, JUAREZ	-100.72	27.62	0.2321
54	Coah.	5048	SALTILLO, SALTILLO (DGE)	-101	25.42	1.5455
55	Tamps	28020	CORONA, GUEMEZ (DGE)	-99.1	23.97	0.375
56	Tamps	28028	EL BARRETAL, PADILLA	-99.13	24.1	0.2281
57	Tamps.	28033	FRANCISCO CASTELLANOS	-98.55	23.18	0
58	Tamps	28037	HIDALGO, HIDALGO (SMN)	-99.43	24.25	0.36
59	Tamps	28039	JAUMAVE, JAUMAVE (SMN)	-99.37	23.4	1.102
60	Tamps.	28108	TAPON RIO BRAVO	-98.1	25.67	0
61	Tamps	28116	CD.VICTORIA,VICTORIA DGE	-99.13	23.75	0.3443
62	Tamps	28118	VILLAGRAN,VILLAGRAN(SMN)	-99.48	24.48	0.2131
63	S.L.P.	24196	EL TORO VILLA DE RAMOS	-101.48	22.83	0

De la figura 5.2.3 se observa que, prácticamente todo el territorio del estado de Nuevo León presenta intensidad de peligro "Muy Bajo" (promedio menor a 2 días al año) por granizadas. De acuerdo al análisis realizado con la información climatológica disponible, el municipio de Galeana

PK

 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL
sd *h*



presenta la mayor intensidad de peligro por granizadas, con un promedio anual de 2.2 días, el cual se clasifica como intensidad de peligro "Bajo" de acuerdo al CENAPRED (2001).

Las tormentas de granizo son un fenómeno muy localizado en cuanto a su extensión (unos cuantos kilómetros) e intensidad, por lo que es difícil contar con registro instrumental de todas las granizadas que ocurren en una extensión territorial extensa. El mapa de la siguiente figura es representativo del peligro de granizadas para el estado de Nuevo León.

5.2.5 Zonificación de peligro por granizadas en el Estado de Nuevo León

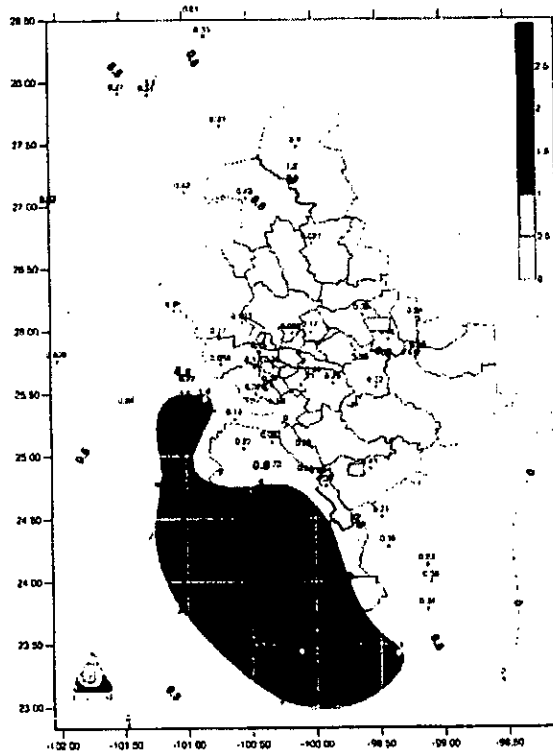



Figura 5.2.3 Peligro por granizadas para el estado de Nuevo León (número promedio de días al año con granizo).

Handwritten initials: *AW*, *sd*, *R*

Logos:  **Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

5.3 Peligro por Heladas en el Estado de Nuevo León

5.3.1 Introducción


En el estado de Nuevo León predominan climas semisecos extremos, los climas secos y semisecos se distribuyen principalmente en la región nororiental, la cual forma parte de la Gran Llanura de Norteamérica; y en la región suroccidental, separada de la primera por las alturas de la Sierra Madre Oriental. En áreas menores de la región de la sierra, en la zona del centro y sur de la entidad, así como en gran parte de la cuenca del Río San Juan se registran los climas semicálidos, templados y semifrío.



De acuerdo con información del INEGI, en los climas semicálidos de la Llanura Costera del Golfo, las heladas presentan una frecuencia de 0 a 20 días al año, así como en las zonas de climas secos de la Gran Llanura de Norteamérica y de la Sierra Madre Oriental, con excepción de las áreas con clima semiseco templado. En las sierras y llanuras occidentales se registran frecuencias de 20 a 40 días con heladas al año. En las partes altas de la Sierra Madre Oriental, donde los climas son templados, se presentan heladas con frecuencias que van de 20 a 60 días al año.

En la siguiente figura se presentan tres mapas del estado de Nuevo León, con la caracterización climática en los meses de diciembre, enero y febrero, épocas del año en la que se presentan las temperaturas más bajas y en consecuencia se da el fenómeno de las heladas.

De la figura 5.2.4 se observa que en los municipios de la región sur del estado se presentan temperaturas mínimas inferiores a los 0°C. Entre estos municipios se encuentran: Galeana, Dr. Arroyo, Mier y Noéga, Aramberri y General Zaragoza.

De acuerdo a información histórica, la región céntrica del Estado también se ha visto afectada por heladas en algunos años.



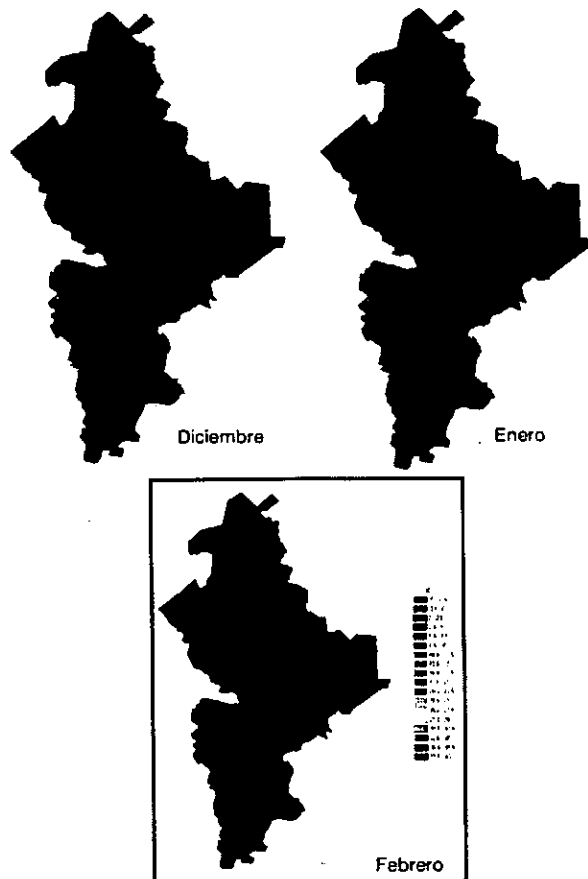



Figura 5.3.1 Temperaturas mínimas en el Estado de Nuevo León en los meses de: diciembre, enero y febrero, respectivamente. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, SAGARPA).

[Handwritten signatures]

Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

Agricultura predominante en Nuevo León

Ya que el fenómeno meteorológico de las heladas afecta principalmente el sector agrícola en el rendimiento, la supervivencia o la calidad de los cultivos, a continuación se presentan algunos datos del tipo de cultivo presente en el estado.

Aunque en el estado predomina la agricultura de temporal sobre la de riego, la cual se practica en los tomeríos, los cuales son sistemas identificados como llanura de piso rocoso y bajada. La agricultura de temporal es casi en su totalidad de subsistencia, aunque algunos cultivos son para consumo regional.

Los productos agrícolas más importantes en el estado incluyen: naranja, toronja, mandarina; papa; maíz, sorgo, trigo para grano; alfalfa verde, avena, sorgo, maíz para forraje; frijol, chile verde, zanahoria, aguacate, durazno, manzana y nuez.

Las principales áreas agrícolas de la entidad se localizan en las regiones de: Galeana, Centro (Linares, Montemorelos y Terán) y Norte (Anáhuac). La primera se caracteriza por la producción de papa, trigo y maíz, entre otros. La región centro produce cítricos y hortalizas. En el norte del estado, al igual que gran parte del centro, se cuenta con praderas establecidas, produciéndose además sorgo, maíz y trigo, para grano y forraje. En la Tabla y Tabla se presenta información de la producción agrícola para el estado de Nuevo León.

Tabla 5.3.1 Producción agrícola en el Estado de Nuevo León. Ciclo: Otoño-Invierno + Primavera-Verano 2008

ESTADO DE NUEVO LEÓN				
Ciclo: Año Agrícola Otoño-Invierno + Primavera-Verano 2008				
Modalidad: Riego + Temporal				
Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Sinlestrada (Ha)	Producción (Ton)
ACELGA	2.5	2.5	0	8
AJO	105.71	105.71	0	889
AVENA FORRAJERA	1,301.00	1,301.00	0	26,195.60
BETABEL	1	1	0	1.5
BROCOLI	9	9	0	202
CACAHUATE	15	15	0	22.5
CALABACITA	107.5	105.5	2	1,819.40
CALABAZA	16.5	15	1.5	207
CARTAMO	76	78	0	31.92
CEBADA FORRAJERA EN VERDE	345	345	0	8,570.00
CEBADA GRANO	50	0	50	0
CEBOLLA	22	22	0	366





ESTADO DE NUEVO LEÓN				
Ciclo: Año Agrícola Otoño-Invierno + Primavera-Verano 2008				
Modalidad: Riego + Temporal				
Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Sinletrada (Ha)	Producción (Ton)
CHILE VERDE	820.5	820.5	0	20,477.00
CILANTRO	102	100	2	165
COL (REPOLLO)	311.5	311.5	0	14,453.00
COLIFLOR	13	13	0	243
CRISANTEMO	0.5	0.5	0	1
FRIJOL	2,727.00	2,557.00	170	1,220.30
GARBANZO GRANO	3	0	3	0
LECHUGA	15	15	0	300
MAIZ FORRAJERO	60,245.00	51,668.00	8,577.00	541,520.00
MAIZ GRANO	13,015.80	12,811.80	404	30,372.90
MANO DE LEÓN	2	2	0	6
MELON	84.2	84.2	0	1,768.40
OKRA (ANGLU O GOMBO)	10	0	10	0
PAPA	3,609.00	3,489.00	120	121,003.60
PEPINO	1	0	1	0
RYE GRASS EN VERDE	23	23	0	442
SANDIA	149.2	138.2	11	3,966.00
SORGO ESCOBERO	1,048.00	693	355	385.35
SORGO FORRAJERO VERDE	13,927.20	13,650.20	277	250,239.50
SORGO GRANO	37,703.20	34,578.70	3,124.50	100,527.82
TOMATE ROJO (JITOMATE)	401.03	401.03	0	15,152.00
TOMATE VERDE	308	308	0	7,048.00
TRIGO GRAND	18,384.50	13,644.50	4,740.00	43,461.60
ZANAHORIA	250	250	0	3,750.00




 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL


Tabla 5.3.2 Producción agrícola en el estado de Nuevo León. Cultivos Cíclicos y Perennes 2008

ESTADO DE NUEVO LEÓN				
Ciclo Cíclicos y Perennes 2008				
Modalidad: Riego + Temporal				
Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
ACELGA	2.5	2.5	6	15
AGUACATE	751.75	751.75	2,610.85	17,405.78
AJO	105.71	105.71	889	13,280.00
ALFALFA VERDE	2,155.50	2,105.50	214,284.90	60,536.18
AVENA FORRAJERA	1,301.00	1,301.00	26,195.60	8,234.87
BETABEL	1	1	1.5	6
BROCOLI	9	9	202	309
CACAHUATE	15	15	22.5	225
CALABACITA	107.5	105.5	1,819.40	3,141.84
CALABAZA	18.5	15	207	375.68
CANA DE AZÚCAR OTRO USO	4	4	16	26.4
CARTAMO	76	76	31.92	73.42
CEBADA FORRAJERA EN VERDE	345	345	8,570.00	3,037.29
CEBADA GRANO	50	0	0	0
CEBOLLA	22	22	366	849
CHABACANO	11.7	0	0	0
CHILE VERDE	820.5	820.5	20,477.00	167,178.60
CILANTRO	102	100	165	231
CIRUELA	118	27.5	33.25	198.9
COL (REPOLLO)	311.5	311.5	14,453.00	25,028.00
COLIFLOR	13	13	243	372
CRISANTEMO	0.5	0.5	1	5
DURAZNO	1,189.50	142.55	231.99	2,158.14
FRIJOL	2,727.00	2,557.00	1,220.30	11,769.45
GARBANZO GRANO	3	0	0	0
LECHUGA	15	15	300	450
MAIZ FORRAJERO	60,245.00	51,668.00	541,520.00	117,284.55







ESTADO DE NUEVO LEÓN				
Ciclo: Ciclicos y Perennes 2008				
Modalidad: Riego + Temporal				
Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
MAIZ GRANO	13,015.80	12,611.80	30,372.90	84,761.38
MANDARINA	3,546.00	3,546.00	46,123.50	53,320.00
MANO DE LEÓN	2	2	6	46.8
MANZANA	1,992.00	1,926.00	5,824.35	36,416.96
MELON	84.2	84.2	1,766.40	4,325.60
NARANJA	25,445.98	25,445.98	352,068.01	368,297.46
NUEZ	3,989.00	3,989.00	1,435.38	34,866.68
OKRA (ANGU O GOMBO)	10	0	0	0
PAPA	3,609.00	3,489.00	121,003.60	689,989.50
PASTOS	160,741.70	160,741.70	1,878,645.88	650,979.66
PEPINO	1	0	0	0
PERA	54	54	260	390
RYE GRASS EN VERDE	23	23	442	265.2
SANDIA	149.2	138.2	3,966.00	11,772.80
SORGO ESCOBERO	1,048.00	693	365.35	4,283.66
SORGO FORRAJERO VERDE	13,927.20	13,650.20	250,239.50	87,348.63
SORGO GRANO	37,703.20	34,578.70	100,527.82	219,731.85
TOMATE ROJO (JITOMATE)	401.03	401.03	15,152.00	84,946.60
TOMATE VERDE	308	308	7,048.00	51,086.00
TORONJA (POMELO)	1,762.50	1,762.50	20,633.75	22,023.50
TRIGO GRANO	18,384.50	13,644.50	43,461.60	172,962.98
ZANAHORIA	250	250	3,750.00	18,750.00



 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

5.3.2 Zonificación de peligro por heladas en el estado de Nuevo León

Con base en la información publicada por el CENAPRED (2001 y 2007) del número de días con heladas para el periodo de 1941 a 1980 en la República Mexicana, se elaboró el mapa de la siguiente figura.

En este mapa se observa que las zonas que presentan la mayor intensidad ("Alta") de heladas en el Estado de Nuevo León para el periodo analizado, corresponde a regiones de los municipios de: Galeana, Rayones y Santiago.

Aquellas zonas que presentan una intensidad "Media", la cual corresponde a una frecuencia de 25 a 50 días para el periodo de 1941 a 1980, son regiones de los municipios de: General Zaragoza, Aramberri, Galeana, Iturbide, Dr Arroyo, Rayones, Montemorelos, Santiago y Santa Catarina. El resto de los municipios del estado presentan intensidad "Baja", la cual corresponde a una frecuencia menor a 25 días con heladas para el periodo estudiado.

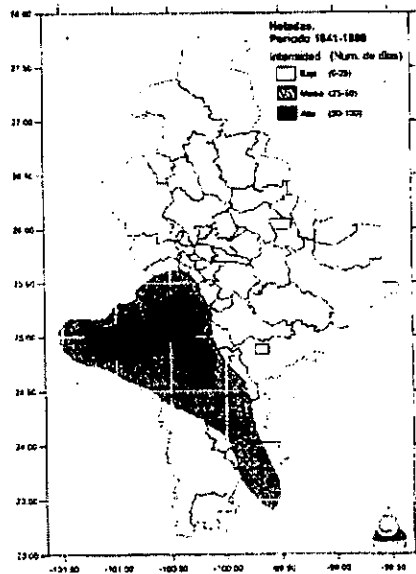



Figura 5.3.2 Mapa de peligro por heladas para el estado de Nuevo León, en base a la información de CENAPRED (2001 y 2007).


 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

6. PELIGROS Y RIESGOS ANTROPOGÉNICOS

6.1 Introducción

Se entiende por peligro a un fenómeno que es potencialmente dañino, por su parte al Riesgo se le define como la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos).

El riesgo está en función de la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino (peligro), de la vulnerabilidad y del valor de los bienes expuestos.

La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador, que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema afectable (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) a tal grado que constituye un desastre.

En particular para esta sección del Atlas de Peligros y Riesgos del Estado de Nuevo León se definirá a los riesgos antropogénicos como aquellos que son producto de las actividades humanas. Los cuales varían de acuerdo al agente perturbador que los origina, como pueden ser los riesgos químico-tecnológicos, los sanitario-ambientales o los socio-organizativos. (Figura 6.1.1).

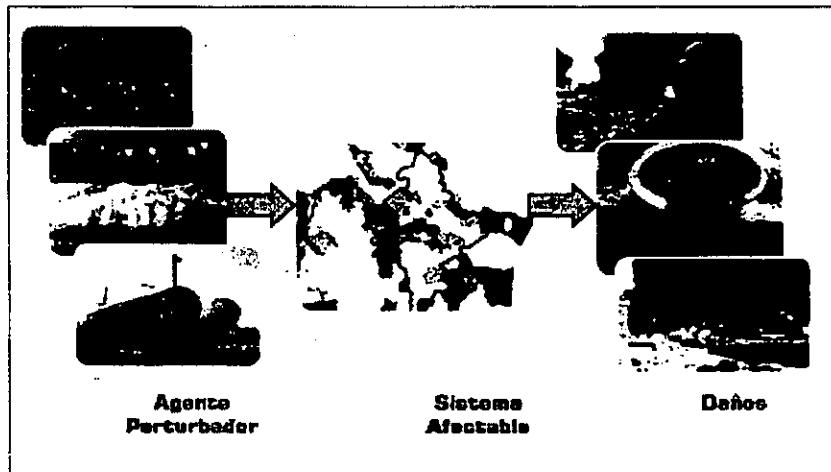


Figura. 6.1.1 Esquema de los Riesgos Antropogénicos (Químico-Tecnológico, Sanitario-Ambiental, Socio-Organizativo).

Handwritten signatures and stamps:
 - A signature in the top left.
 - The official seal of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL (Secretaría de Desarrollo Sustentable NL) in the center.
 - Another signature in the bottom left.

6.1.1 Riesgos Químico - Tecnológicos

Los riesgos químico-tecnológicos, también conocidos como riesgos mayores se relacionan con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad ya que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía podría afectar áreas considerables. Los eventos originados por el manejo de insumos químicos son:

Incendio de charco (pool fire). Combustión estacionaria con llama de difusión del líquido de un charco, que se produce en un recinto descubierto.

Dardo de fuego (jet fire). Llama estacionaria y alargada provocada por la ignición de un chorro turbulento de gases o vapores combustibles.

Llamarada (flash fire). Llama progresiva de difusión, de baja velocidad. No produce ondas de presión significativas. Suele estar asociada a la dispersión de vapores inflamables a ras del suelo. Cuando éstos encuentran un punto de ignición, el frente de la llama generado se propagará hasta el punto de emisión, barriendo y quemando toda la zona ocupada por los vapores en condiciones de inflamabilidad.

BLEVE (Explosión de Vapor por Expansión de un Líquido en Ebullición). Acrónimo de la expresión inglesa Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion. Este escenario se refiere a la bola de fuego que se produce del estallido súbito y total, por calentamiento externo de un recipiente que contiene un gas inflamable licuado a presión, cuando el material de la pared pierde resistencia mecánica y no puede resistir la presión interior. El calentamiento extremo es generalmente producido por un incendio de charco o un dardo de fuego, y la probabilidad de que estalle es especialmente elevada en los casos donde hay un contacto directo de la llama con la superficie del recipiente.

Explosión. Equilibrio en un breve período de tiempo de una masa de gases en expansión contra la atmósfera que la envuelve. Si la energía necesaria para la expansión de los gases procede de una reacción química, se dice que la explosión es química; es el caso de las explosiones derivadas de fenómenos de combustión donde están involucrados gases inflamables, de explosiones derivadas de reacciones incontroladas y de explosiones asociadas a la ignición o descomposición de sustancias explosivas.

Dispersión atmosférica. Este caso se presenta cuando se involucra una sustancia que no es inflamable ni combustible, pero si es tóxica, lo que llevará a la formación de una nube y que en función de las condiciones meteorológicas, se extiende y se desplaza mientras se va diluyendo. Las áreas de terreno que quedan bajo el efecto de esta nube sufrirán las consecuencias del producto contaminante.

En el análisis de riesgo que se elaborará para las gasolineras y gaseras del Estado de Nuevo León, se simularán los eventos de Pool Fire y BLEVE respectivamente.




Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



6.1.2 Riesgos Sanitario - Ambientales

El fenómeno sanitario-ambiental es definido como una calamidad que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que atacan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Los peligros y riesgos sanitarios se presentan principalmente por el acelerado crecimiento de la población y el desarrollo industrial. Estas se ubican con más frecuencia en lugares con mayor concentración humana.

6.1.3 Riesgos Socio-Organizativos

En el esquema del Sistema Nacional de Protección Civil se define a los riesgos de origen socio-organizativo como: una calamidad generada por motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población.

Se agrupan en esta categoría ciertos accidentes y actos que son resultado de actividades humanas. Se tienen por una parte los accidentes relacionados con el transporte aéreo, terrestre, marítimo o fluvial; que arrojen como resultado grandes pérdidas humanas o materiales; la interrupción o desperfecto en el suministro u operación de servicios vitales que provoquen desorganización en las estructuras sociales; los accidentes industriales o tecnológicos no asociados a productos químicos; los derivados del comportamiento desordenado en grandes concentraciones de población y los que son producto de comportamiento antisocial, como los actos de sabotaje o terrorismo. También aquí se encuentran las marchas, mítines, manifestaciones, eventos deportivos y musicales.

6.2 Metodología

La metodología aplicada para el estudio de los Peligros Antropogénicos está basada en las Guías Metodológicas Básicas vigentes para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, publicados por el CENAPRED y adecuadas para este Atlas, así como en algunos Informes Técnicos emitidos por esta misma Institución.

6.2.1 Riesgos Químico - Tecnológicos

Para análisis de los peligros y riesgos químico-tecnológicos se propone la siguiente metodología:

1. Identificar las fuentes fijas que almacenan y manejan sustancias químicas y/o materiales peligrosos en el área de estudio (municipios por ejemplo), obteniendo la dirección y su ubicación geográfica (latitud y longitud) –datos que son indispensables para georeferenciar los sitios en un Sistema de Información Geográfica (SIG.), estos datos se obtendrán con ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global).
2. Identificar las sustancias que se tienen almacenadas en los sitios, se obtendrán los nombres de las sustancias, cantidad almacenada, el número CAS u ONU (número de identificación a nivel mundial de cada sustancia), índices de peligrosidad para la salud, de inflamabilidad y de reactividad y de ser posible la hoja de datos de seguridad HDS.

DL



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

DL

3. Dividir las sustancias en importancia de acuerdo al valor que tengan en sus índices de peligrosidad (Salud, Inflamabilidad y Reactividad -Figura. -), los sitios que contienen las sustancias con valores de peligrosidad 3 y 4 serán de mayor prioridad y a los que se les analizará a profundidad en cuanto a los riesgos que se generan por el manejo y almacenamiento.

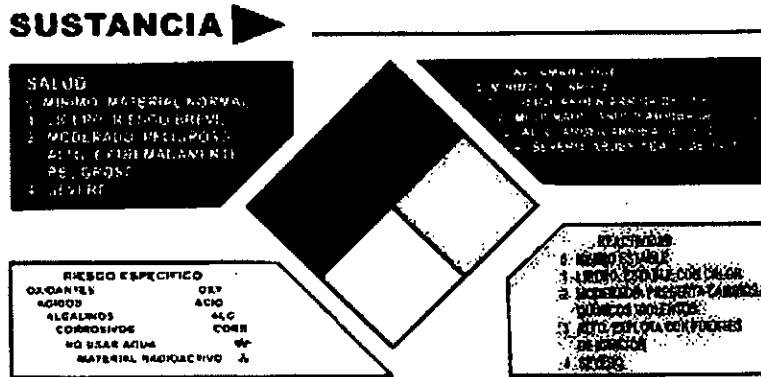


Figura. 6.2.1 Rombo de seguridad.

4. Para determinar qué sustancias serán evaluadas, se compara la cantidad de almacenamiento con la cantidad de reporte que se encuentra en el primer y segundo listado de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y en la página electrónica de la SEMARNAT.
5. Una vez identificados todos los sitios de interés debido a la peligrosidad de las sustancias químicas se proseguirá a aplicar el tren metodológico para analizar los riesgos (La descripción completa del tren metodológico se encuentra en el Anexo 3 "Análisis de Peligros y Riesgos Antropogénicos").
6. Se ubicará en un mapa del municipio en estudio los sitios que presentan riesgo químico-tecnológico, colocándose las zonas de radiación máxima, de amortiguamiento y de salvaguarda (se identifican por el radio mínimo, medio y máximo).

6.2.2 Riesgos Sanitario – Ambientales

La metodología para la identificación de los riesgos causados por agentes sanitario-ambientales es la siguiente:

1. Identificar todos aquellos sitios donde se generan peligros sanitario-ambientales en cada uno de los municipios del Estado de Nuevo León que contempla este estudio.



CW

Secretario de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



2. Obtener su dirección y ubicación geográfica (latitud y longitud), datos indispensables para geo-referenciar los sitios en un Sistema de Información Geográfica (SIG.), estos datos se obtendrán con ayuda de un GPS.
3. Documentar una breve descripción del peligro identificado en el sitio inspeccionado y después realizar una comparación con la Tabla , para así contar con una estimación del nivel de riesgo del sitio.
4. Ubicar los sitios identificados en un SIG, empleando cartografía a escala 1:50,000.

OW

 **Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL** 

AS

Tabla 6.2.1 Nivel de riesgo por agentes Sanitario-Ambientales (Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, CENAPRED).

Criterios Nivel de riesgo	
Existe una o más sustancias peligrosas en pequeñas cantidades y no existe evidencia de liberación al ambiente de éstas.	Sin riesgo
Las sustancias peligrosas no pueden ser transportadas por ninguno de los medios (agua, aire, etc.).	
La población difícilmente puede tener contacto con las sustancias.	
Existe una o más sustancias peligrosas.	Riesgo mínimo
No existe liberación de sustancias o esta es menor.	
La posibilidad de que una o más sustancias peligrosas puedan ser transportada en uno o más medios es menor.	
Las sustancias liberadas no presentan un nivel de peligro significativo.	
No existe población cercana y la exposición es poco posible.	Riesgo mediano
Existe una o más sustancias peligrosas.	
Las sustancias se han identificado como mediana o altamente peligrosas.	
Una o más de las sustancias peligrosas pueden ser transportadas en uno o más medios.	
Peligro moderado para las personas cercanas al sitio, de acuerdo con la cantidad de sustancia, extensión contaminada y peligrosidad de la sustancia.	
El peligro se encuentra localizado dentro del sitio.	
Área de afectación pequeña a mediana.	
Existe población cercana al sitio.	
La exposición es posible.	
Existen evidencias de exposición y afectación a la población.	
Existen evidencias de afectación al ambiente.	
Existe una o más sustancias peligrosas.	
Las sustancias se han identificado como mediana o altamente peligrosas.	
Existen evidencias de liberación.	
Existe evidencia de que una o más sustancias peligrosas fueron transportada por uno o más medios.	
Existe población cercana al sitio.	
La exposición es posible en corto tiempo.	
Existen evidencias de exposición y afectación a la población.	
Existen evidencias de afectación al ambiente.	
Población altamente vulnerable.	

OSW


 Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

[Handwritten signature]



6.2.3 Riesgos Socio-Organizativos

La metodología propuesta para la identificación de los riesgos causados por agentes socio-organizativos es la siguiente:

1. Identificar todos aquellos sitios que son susceptibles a que se generen peligros socio-organizativos en cada uno de los municipios del estado.
2. Obtener su dirección y ubicación geográfica (latitud y longitud) empleando un GPS (sistema de posicionamiento global).
3. Documentar una breve descripción del peligro identificado en el sitio inspeccionado.
4. Ubicar los sitios identificados en un SIG, empleando cartografía a escala 1:50,000.


Clasificación de Sitios Prioritarios para el Atlas de Peligros y Riesgos del Estado de Nuevo León

El CENAPRED (2006) recomienda tomar en cuenta los siguientes sitios para el análisis de los peligros y riesgos antropogénicos:

- Refinerías.
- Instalaciones industriales.
- Almacenamiento de gas LP.
- Terminales de autotransporte de carga.
- Plantas potabilizadoras de agua.
- Plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Plantas de refrigeración.
- Terminales de ferrocarriles: patios de maniobras, áreas de almacenamiento.
- Plantas para tratamiento y/o disposición de residuos.
- Terminales marítimas.
- Aeropuertos.
- Comercios.
- Gasolineras.
- Tintorerías.
- Restaurantes.
- Tlapalerías.
- Tortillerías.
- Mercados.
- Estaciones de carburación.
- Almacén de materiales pirotécnicos.
- Hospitales que manejan materiales radioactivos.

Otras instalaciones o sitios que pueden considerarse son:

- Sitios contaminados por sustancias químicas
- Sitios de disposición de residuos químicos industriales
- Rellenos sanitarios, basureros municipales, tiraderos clandestinos

Car




Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

Para el desarrollo de este proyecto, ERN asignó prioridades de importancia a los sitios incluidos en el estudio, tomando en cuenta el criterio empleado en el Atlas de Peligros Naturales y Riesgos del área Metropolitana de Monterrey y la región Sub-periférica, adaptada a este estudio; ya que estos proyectos serán complementarios.


Tabla 6.2.2 Clasificación de sitios prioritarios de acuerdo a la peligrosidad de las sustancias
Sitios con Prioridad 1 para Realizar la Evaluación de Riesgo

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	SANITARIO-AMBIENTALES	SOCIO-ORGANIZATIVOS
Refinerías	Rellenos Sanitarios	Guarderías
Gasolineras	Rastros	Preescolar
Gaseras	Hospitales	Primarias
Instalaciones Industriales	Plantas de tratamiento de aguas residuales	Secundarias
Almacenamiento de gas LP	Plantas potabilizadoras de agua	Bachillerato
Ductos	Pedreras	Universidad
	Instalaciones industriales generadoras de residuos	Museos
	Basureros municipales	Bibliotecas
	Escombreras	Albergues
		Centros deportivos
		Centros comunitarios
		Hoteles
		Teatros
Sitios con Prioridad 2, para Realizar Evaluación de Riesgo (a verificar si y solo si se encuentran cerca de un sitio con prioridad 1)		
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	SANITARIO-AMBIENTALES	SOCIO-ORGANIZATIVOS
Manejo de sustancias químicas, pinturas y lubricantes	Tiraderos clandestinos	Cines
Tlapalerías	Lagunas de oxidación	Mercados
Subestaciones eléctricas	Estaciones de bombeo de agua	Antros
Sitios contaminados con sustancias químicas		Iglesias
Sitios de disposición de residuos químicos		Terminales de transportes
Fertilizantes y plaguicidas		









6.3 Inventario de Sitios con Peligros Antropogénicos (Fuentes oficiales)

En las siguientes tablas se presenta para los municipios que comprende el área de estudio de este Atlas, el número de sitios con peligro antropogénico obtenidos de fuentes oficiales.

Tabla 6.3.1 Inventario de sitios que representan peligros Químico-Tecnológicos por municipio. (Fuentes oficiales)

MUNICIPIO/CLAVE	TIPO DE SITIO		Total de sitios por municipio
	Gasolinera	Gasera	
	GSL	GAS	
AGUALEGUAS	1	2	3
LOS ALDAMA	2	2	4
ALLENDE	9	6	15
ANAHUAC	3	4	7
ARAMBERRI	0	4	4
BUSTAMANTE	1	1	2
CERRALVO	4	1	5
CHINA	4	5	9
DR. ARROYO	5	4	9
GALEANA	9	9	18
GRAL. BRAVO	4	3	9
GRAL. TERÁN	2	3	5
GRAL ZARAGOZA	0	1	1
HUALAHUISES	1	2	3
ITURBIDE	0	1	1
LAMPAZOS DE NARANJO	1	1	2
LINARES	7	12	19
LOS HERRERA	1	1	2
LOS RAMONES	3	2	5
MIER Y NORIEGA	1	1	2
MONTEMORELOS	8	13	21
PARAS	2	2	4
RAYONES	1	1	2
SABINAS HIDALGO	11	12	23
VALLECILLO	2	2	4
VILLALDAMA	1	1	2
TOTAL	83	96	179

FUENTES:
www.pemex.com
www.sener.gob.mx

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León - Segunda Etapa

Handwritten signatures and initials: CW, RA, R

Tabla 6.3.3 Inventario de sitios que representan peligros Socio-Organizativos por municipio (Fuentes Oficiales).

MUNICIPIO/ CLAVE	TIPO DE SITIO																Total de sitios por municipio.
	Pre escolar	Primari a	Secundari a	Bachiller ato	Univers idad	Guarda -fía	Hotel	Teatr o	Muse o	Bibliote ca	Iglesi a	Albergu e	Centro depor tivo	Auditorio	Centro comunitario	CCOMU	
AGUALEGUAS	4	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	8	28
LOS ALDAMA	2	3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	2	1	1	13
ALLENDE	5	46	5	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	65	
ANAHUAC	7	15	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	33	
ARAMBERRI	27	58	13	2	1	0	3	0	0	2	1	3	1	1	1	113	
BUSTAMANTE	2	1	1	1	1	0	3	0	0	1	0	2	2	0	3	18	
CERRALVO	5	9	2	0	0	0	3	0	0	1	0	5	0	1	2	28	
CHINA	7	14	4	0	0	0	6	0	0	1	0	0	1	0	1	34	
DR. ARROYO	80	127	35	1	1	0	5	0	0	1	0	2	1	0	2	255	
DR. COSS	3	8	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	17	
GALEANA	81	117	25	4	0	0	3	0	0	2	0	1	1	1	1	236	
GRAL. BRAVO	6	8	2	0	0	0	2	0	0	1	0	1	1	0	1	22	
GRAL. TERÁN	13	41	6	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	2	67	
GRAL. TREVÍÑO	1	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	9	
GRAL. ZARAGOZA	3	20	5	1	0	0	7	0	1	1	0	2	1	0	1	42	
HUALAHUISES	6	8	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	19	
ITURBIDE	2	13	2	1	0	0	4	0	0	1	1	1	1	1	1	28	
LAMPAZOS DE NARANJO	3	6	1	1	1	0	3	1	1	1	0	1	1	0	2	22	
LINARES	69	90	21	2	3	2	5	0	1	6	0	2	1	0	1	203	
LOS HERRERA	3	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	1	13	





Handwritten signatures and initials:
 Pw
 DG
 TG

MUNICIPIO/ CLAVE	TIPO DE SITIO														Total de sitios por municipio.	
	Pre escolar	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Universidad	Guardería	Hotel	Teatro	Museo	Biblioteca	Iglesia	Albergue	Centro deportivo	Auditorio		Centro comunitario
	EPRE	EPRI	ESEC	EBAC	EUNI	GUAR	HTL	TEAT	MUS	BIBL	IGL	ALBG	CDEP	AUDI	CCOMU	
LOS RAMONES	5	16	3	1	0	0	0	0	0	1	5	1	1	1	1	35
MELCHOR OCAMPO	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	7
MIER Y NORIEGA	16	17	8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	46
MONTEMOREL OS	35	81	10	1	3	2	4	0	1	7	0	7	1	1	1	154
PARAS	1	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	8
RAYONES	1	13	2	1	0	0	2	0	0	2	0	0	1	1	1	24
SABINAS HIDALGO	21	27	7	2	2	0	5	0	1	7	0	2	1	0	3	78
VALLECILLO	4	8	2	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	5	24
VILLALDAMA	4	6	2	0	0	0	2	0	1	3	0	0	1	0	3	22
TOTAL	417	771	170	21	13	5	59	2	7	53	10	39	31	15	50	1663

FUENTES:

- http://www.nl.gob.mx/?P=ddl_red_alterquias
- http://www.nl.gob.mx/?P=t_turismo_guia_auxilio_recintos
- http://www.nl.gob.mx/?P=ddl_directorio_municipal
- http://www.nl.gob.mx/?P=educacion_bibliotecas_directorio
- http://www.nl.gob.mx/?P=educacion_directorio_escuelas
- http://www.nl.gob.mx/?P=deportes_instalaciones_municipio
- http://www.nl.gob.mx/?P=t_turismo_guia_alojamiento_hoteles



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



El total de sitios recopilados de fuentes oficiales para los tres diferentes peligros antropogénicos en el área de estudio de este Atlas de Peligros y Riesgos, se presentan en la Tabla 6.3.4.

Tabla 6.3.4 Cantidad Total de Sitios (Fuentes Oficiales).

TIPO	CANTIDAD DE SITIOS
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	179
SANITARIO-AMBIENTALES	185
SOCIO-ORGANIZATIVOS	1663

6.4 Inventario de Sitios con Peligros Antropogénicos (Inspeccionados en Campo y Geo-Referenciados con Imágenes Satelitales).

Tabla 6.4.1 Inventario de sitios que representan peligros Químico-Tecnológicos por municipio*


MPIO./CLAVE	TIPO DE SITIO					Total de sitios por municipio
	Manejo y Almacenamiento de sustancias químicas	Gasolinera	Gasera	Ducto	Industria	
	CMSQ	GSL	GAS	DUC	IND	
AGUALEGUAS	0	0	1	0	0	1
LOS ALDAMA	0	1	0	0	0	1
ALLENDE	3	9	6	0	0	18
ANAHUAC	0	1	3	0	0	4
ARAMBERRI	2	0	2	0	0	4
BUSTAMANTE	0	1	0	0	0	1
CERRALVO	0	2	0	0	0	2
CHINA	0	4	0	0	0	4
DR. ARROYO	0	1	1	0	0	2
GALEANA	0	5	3	0	0	8
GRAL. BRAVO	0	3	3	0	2	8
GRAL. TERÁN	0	2	3	0	0	5
HUALAHUISES	1	1	2	0	0	4
ITURBIDE	0	0	1	0	0	1

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

MPIO./CLAVE	TIPO DE SITIO					Total de sitios por municipio
	Manejo y Almacén de sustancias químicas	Gasolinera	Gasera	Ducto	Industria	
	CMSQ	GSL	GAS	DUC	IND	
LAMPAZOS DE NARANJO	0	1	0	0	0	1
LINARES	0	6	3	0	0	9
LOS HERRERA	0	0	1	0	0	1
LOS RAMONES	0	2	0	0	0	2
MONTEMORELOS	0	7	5	0	0	12
PARAS	0	1	1	0	0	2
RAYONES	0	1	1	0	0	2
SABINAS HIDALGO	0	7	5	0	0	12
VALLECILLO	0	1	1	0	0	2
VILLALDAMA	0	1	1	0	0	2
CADEREYTA	0	0	0	0	1	1
TOTAL	6	57	43	0	3	109

[*NOTA: La información contenida en la tabla anterior, ha sido recopilada a través de trabajo de inspección en campo y empleando imágenes de satélite y nombres de calles en Google-Earth y Google-Maps, para referenciar geográficamente el mayor número de direcciones físicas obtenidas de fuentes oficiales].

PN



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

[Signature]

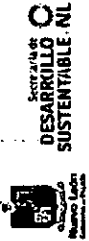


Atlas de Riesgo para el Estado de Nuevo León - Segunda Etapa

Handwritten initials and marks:
 DW
 RA
 SF

Tabla 6.4.2 Inventario de sitios que representan peligros Sanitario-Ambientales, por municipio*

MUNICIPIO/CLAVE	TIPO DE SITIO											Total de Sitios por Municipio
	Relleno sanitario	Tiradero Municipal	Basurero clandestino	Hospital	Pedra	Sitio de confinamiento de residuos peligrosos	Planta de Bombeo de Agua	Planta de tratamiento de aguas residuales	Industria generadora de residuos	INDGR		
	RLS	BCA	TCL	HOSP	PED	SCRIP	PBA	PTRTAR	INDGR			
AGUALEGUAS	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
LOS ALDAMA	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
ALLENDE	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
ANAHUAC	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3
ARAMBERRI	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
BUSTAMANTE	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
CERRALVO	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
CHINA	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3
DR. COSS	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DR. ARROYO	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	3
GALEANA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
GRAL. BRAVO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
GRAL. TERÁN	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	4
GRAL. TREVIÑO	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
HUALAHUISES	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	2
LAMPAZOS DE NARANJO	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	4
LINARES	1	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	9
LOS HERRERA	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
LOS RAMONES	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
MONTEMORELOS	0	0	0	4	0	0	0	1	1	0	0	6





Handwritten signatures and initials

MUNICIPIO/CLAVE	TIPO DE SITIO												Total de Sitios por Municipio
	Reileno sanitario	Tiradero Municipal	Basurero clandestino	Hospital	Pedreira	Sitio de confinamiento de residuos peligrosos	Planta de Bombeo de Agua	Planta de tratamiento de aguas residuales	Industria generadora de residuos	Total de Sitios por Municipio			
	RLS	BCA	TCL	HOSP	PED	SCRIP	PBA	PTRTAR	INDGR				
PARAS	1	0	0	1	0	0	0	0	0			2	
RAYONES	1	0	0	2	0	0	0	0	0			3	
SABINAS HIDALGO	0	2	0	3	3	0	0	0	3			11	
VILLALDAMA	0	1	0	2	2	0	0	0	0			5	
MINA	0	0	0	0	0	1	0	0	0			1	
TOTAL	10	4	1	41	8	1	1	2	12			80	

[*NOTA: La información contenida en la tabla anterior, ha sido recopilada a través de inspección en campo y empleando imágenes de satélite y nombres de calles en Google-Earth y Google-Maps, para referenciar geográficamente el mayor número de direcciones físicas obtenidas de fuentes oficiales].





Tabla 6.4.3 Inventario de sitios que representan peligros Socio-Organizativos por municipio*
TIPO DE SITIO

MUNICIPIO/CLAVE	Pre-escuelas	Primarias	Secundaria	Bachillerato	Universidad	Guarderías	Hotel	Teatro	Museo	Biblioteca	Iglesia	Albergue	Centro deportivo	Auditorio	Terminal de Transporte	Centro comunitario	Total de sitios por municipio
	EPRE	EPRI	ESEC	EBAC	EUNI	GUAR	HTL	TEAT	MUS	BIBL	IGL	ALBG	CDERP	AUDI	TERMT	CCOMU	
AGUALEGUAS	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	9
LOS ALDAMA	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	11
ALLENDE	3	5	1	3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	15
ANAHUAC	2	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8
ARAMBERRI	2	4	5	1	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	17
BUSTAMANTE	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	12
CERRALVO	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7
CHINA	5	4	0	1	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	15
DR. ARROYO	0	4	1	0	0	0	3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	11
DR. COSS	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6
GALEANA	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6
GRAL. BRAVO	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	6
GRAL. TERÁN	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	10
GRAL. TREVIÑO	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	6
GRAL. ZARAGOZA	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	6
HUALAHUISES	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	4	0	4	0	1	0	5

Handwritten signatures and initials.





Atlas de Riesgo para el Estado de
Nuevo León - Segunda Etapa

MUNICIPIO/CLAVE	TIPO DE SITIO											Total de sitios por municipio					
	Pre-escolar	Primaria	Secundaria	Bachillerato	Universidad	Guardería	Hotel	Teatro	Museo	Biblioteca	Iglesia		Abergue	Centro deportivo	Auditorio	Terminal de Transporte	Centro comunitario
	EPRE	EPRI	ESEC	EBAC	EUNI	GUAR	HTL	TEAT	MUS	BIBL	IDL	ALBG	CDEPR	AUDI	TERMT	CCOMU	
ITURBIDE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LAMPAZOS DE NARANJO	0	2	1	1	1	0	2	1	2	1	0	0	0	0	0	2	13
LINARES	14	10	5	1	3	0	5	1	1	0	1	1	1	0	0	1	44
LOS HERRERA	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	1	12
LOS RAMONES	1	4	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	1	12
MELCHOR OCAMPO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MIER Y NORIEGA	2	5	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	11
MONTEMORELOS	4	7	0	0	4	1	4	0	0	3	0	0	0	1	1	1	26
PARAS	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
RAYONES	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	7
SABINAS HIDALGO	8	13	0	0	1	0	3	0	0	3	0	0	1	0	0	1	30
VALLECILLO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VILLALDAMA	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	9
TOTAL	59	88	29	12	9	1	31	3	4	16	17	4	18	6	3	18	318

Handwritten signatures and initials:
 DW
 [Signature]
 RS

[NOTA: La información contenida en la tabla anterior, ha sido recopilada a través de trabajo de inspección en campo y empleando imágenes de satélite y nombres de calles en Google-Earth y Google-Maps, para referenciar geográficamente el mayor número de direcciones físicas obtenidas de fuentes oficiales].





El total de sitios inspeccionados en campo y geo-referenciados a través de Google Earth y Google Maps para los tres diferentes peligros antropogénicos en el área de estudio de este Atlas, se presentan en la Tabla 6.4.4

Tabla 6.4.4 Total de Sitios geo-referenciados e inspeccionados en campo que representan Peligros Antropogénicos.

TIPO	CANTIDAD DE SITIOS
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	109
SANITARIO-AMBIENTALES	80
SOCIO-ORGANIZATIVOS	318

Los municipios inspeccionados y evaluados para la elaboración del Atlas Estatal de Peligros Naturales y Riesgos del Estado de Nuevo León, se agrupan en tres regiones: Norte, Cítrica y Sur (FIGURA 6.4.1), quedan fuera del área de estudio de este proyecto las regiones Metropolitana y Periférica, las cuales fueron estudiadas en el proyecto del Atlas Metropolitano de Monterrey.

La región Norte incluye a los municipios de: Agualeguas, Los Aldamas, Anáhuac, Bustamante, Cerralvo, China, Doctor Coss, General Bravo, General Traviño, Los Herrera, Lampazos de Naranjo, Melchor Ocampo, Parás, Los Ramones, Sabinas Hidalgo, Vallecillo y Villaldama.

La región Cítrica está compuesta por los municipios de Allende, General Terán, Hualahuises, Linares, Montemorelos y Rayones.

La región Altiplano y Sierra ó Sur incluye los municipios de: Aramberri, Doctor Arroyo, Galeana, General Zaragoza, Iturbide y Mier y Noriega.

El total de municipios evaluados en este Atlas Estatal de Peligros Naturales y Riesgos para Nuevo León, serán 29. Además de los casos especiales de la Refinería "Héctor R. Lara Sosa" ubicada en el municipio de Cadereyta, la cuenca de Burgos (municipios de Dr Coss, General Bravo y Los Aldamas) y el Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos "RIMSA" ubicado en el municipio de MINA.

Handwritten signature

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature



Figura. 6.4.1 Regiones en el estado de Nuevo León.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

323

6.5 Desglose de Sitios con Peligros Antropogénicos por Municipio

6.5.1 Desglose de Sitios con Peligros Antropogénicos por Municipio

1. AGUALEGUAS

El municipio de Agualeguas se localiza en las coordenadas: 993221 de longitud, 261839 de latitud y 180m de altitud, pertenece a la Región Norte del Estado de Nuevo León, se encuentra limitado al norte por los municipios de Parás, Vallecillo y Sabinas Hidalgo; al sur por General Treviño y Cerralvo, al este con el Estado de Tamaulipas. Cuenta con una extensión de 917.6 km²; de acuerdo con el censo de población y vivienda del INEGI en el año 2005, se contaba con una población total de 3,537 habitantes, de los cuales 1,746 eran mujeres y 1,791 eran hombres. En la Figura. 6.5.1 se muestra su ubicación y los municipios que lo limitan.

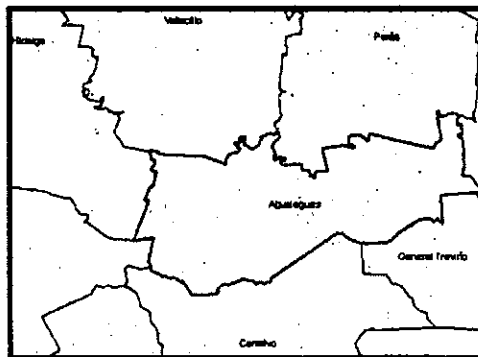


Figura. 6.5.1 Agualeguas, Nuevo León

La Tabla 6.5.1 presenta un resumen de los sitios oficiales con peligros Antropogénicos (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio.

CDR

[Handwritten signature]

Tabla 6.5.1 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Agualeguas.

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		2
Gasolineras		1
Instalaciones industriales		
SUBTOTAL		3
	SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales		1
Industria generadora de residuos		1
Pedreras		2
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
Rastros		1
Relenos sanitarios		1
SUBTOTAL		7
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		4
Primaria		9
Secundaria		2
Albergues		3
Bibliotecas		1
Centro comunitario		8
Centros deportivos		1
SUBTOTAL		28
TOTAL		38

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Agualeguas fue de 13, de los cuales (1) es químico-tecnológico, (3) son sanitario-ambientales y (9) son socio-organizativos.

2. LOS ALDAMAS

El municipio de Los Aldamas, localizado en las coordenadas 991148 de longitud, 260352 de latitud y 130m de altitud, pertenece a la Región Norte del Estado de Nuevo León, se encuentra limitado al norte por el Estado Tamaulipas; al sur por el municipio de China, al poniente por General Treviño y los Herreras y al oriente por Doctor Coss. Cuenta con una extensión de 778.70 km².

De acuerdo con el censo del INEGI, en el año 2005 contaba con una población total de 1675 habitantes, de los cuales 827 eran mujeres y 848 eran hombres, se considera como el municipio con menor porcentaje de población económicamente activa. En la Figura. se muestra su ubicación y los municipios que lo limitan.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

325

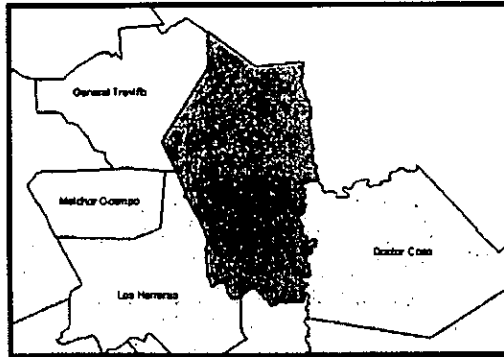


Figura. 6.5.2 Los Aldamas, Nuevo León.

A continuación, en la Tabla 6.5.2, se presenta el resumen de los sitios que presentan peligros antropogénicos en el municipio de Los Aldamas.

Tabla 6.5.2 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Los Aldamas

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS		TOTAL
Gaseras		2
Gasolineras		2
SUBTOTAL		4
SOCIO-ORGANIZATIVOS		
Preescolar		2
Primaria		3
Secundaria		1
Auditorios		2
Albergues		1
Bibliotecas		2
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
SUBTOTAL		13
TOTAL		17

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Los Aldamas fue de 15, de los cuales (1) es químico-tecnológico, (3) son sanitario-ambientales y (11) son socio-organizativos.






3. ALLENDE

El municipio de Allende se localiza en las coordenadas 1000113 de longitud, 251701 de latitud y 460m de altitud, está situado en la Región Citrícola del Estado de Nuevo León, colinda al norte con el municipio de Cadereyta Jiménez; al sur y sureste con el municipio de Montemorelos y al oeste con el municipio de Santiago. Cuenta con una superficie territorial de 148.5 km² representando el 0.22% de la extensión del estado.

De acuerdo con el censo del INEGI del año 2005, el municipio contaba con un total de 29,568 habitantes y de las estimaciones del INEGI para 2010 se espera una población de 31,018 habitantes. En la figura 5.5.3 se muestra su ubicación y los municipios que lo limitan.

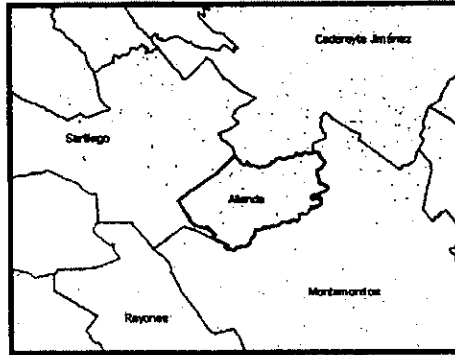


Figura 6.5.3 Allende, Nuevo León.

La Tabla 6.5.3 presenta un resumen de los sitios localizados que representan peligro antropogénico en el municipio de Allende.

AW

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
red *AL*



Tabla 6.5.3 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Allende

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras	6
Gasolinas	9
SUBTOTAL	15
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	2
Industria generadora de residuos	18
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Planta potabilizadoras	1
SUBTOTAL	22
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Guardería	1
Preescolar	5
Primaria	46
Secundaria	5
Bachillerato	1
Auditorios	1
Albergues	1
Bibliotecas	1
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
Museos	1
Teatros	1
SUBTOTAL	65
TOTAL	102

El total de sitios inspeccionados y geo-referenciados en el municipio de Allende fue de 36, de los cuales (18) son químico-tecnológicos, (3) son sanitario-ambientales y (15) son socio-organizativos.

4. ANÁHUAC

El municipio de Anáhuac pertenece a la Región Norte del Estado de Nuevo León y se localiza en las coordenadas 1000756 de longitud, 271426 de latitud y 155 m de altitud, está limitado al noreste por el Estado de Tamaulipas, al noroeste por Coahuila y al sur por los municipios de Lampazos de Naranjo y Vallecillo. Cuenta con una superficie territorial de 4,569 km². En el último Censo de Población del INEGI del 2005 se contaba con un total de 17,983 habitantes. En la figura 6.5.4 muestra su ubicación y los municipios que lo limitan.

Handwritten signature

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

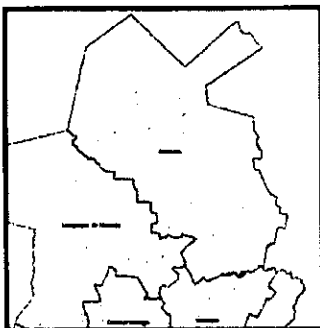


Figura 6.5.4 Anáhuac, Nuevo León.

En la tabla 6.5.4 se presenta un resumen de los sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio Anáhuac.

Tabla 6.5.4 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Anáhuac

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		4
Gasolineras		3
SUBTOTAL		7
	SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales		2
Industria generadora de residuos		4
Plantas de tratamiento de aguas residuales		3
Planta potabilizadoras		2
Rastros		1
Rellenos sanitarios		1
SUBTOTAL		13
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		7
Primaria		15
Secundaria		4
Bachillerato		1
Centro comunitario		1
Centros deportivos		3
Hotel		2
SUBTOTAL		33
TOTAL		53

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Anáhuac fue de 16, de los cuales (4) son químico-tecnológicos, (3) son sanitario-ambientales y (9) son socio-organizativos.



 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**


5. ARAMBERRI

El municipio de Aramberry se localiza en las coordenadas 994902 de longitud, 240559 de latitud y 1100m de altitud, está rodeado por los municipios de Iturbide y Galeana al norte, al sur por General Zaragoza, al suroeste por Doctor Arroyo y al este por el Estado de Tamaulipas. Perteneció a la región Sur del Estado de Nuevo León. De acuerdo al Censo del INEGI del 2005 tenía una población total de 14,692 habitantes, de los cuales 7,214 eran mujeres y 7,478 eran hombres. En la figura 6.5.5 se muestra la ubicación del municipio y sus colindancias.

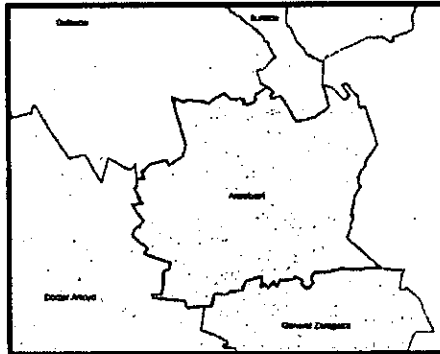


Figura 6.5.5 Aramberry, Nuevo León.

En la tabla 6.5.5 se presenta un resumen de los sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Aramberry.

Tabla 6.5.5 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Aramberri
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS TOTAL

	TOTAL
Gaseras	4
SUBTOTAL	4
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	2
Plantas de tratamiento de aguas residuales	2
SUBTOTAL	4
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	27
Primaria	58
Secundaria	13
Bachillerato	2
Universidad	1
Auditorios	1
Albergues	3
Bibliotecas	2
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
Hotel	3
Iglesias	1
SUBTOTAL	113
TOTAL	121

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Aramberri fue de 23, de los cuales (4) son químico-tecnológicos, (2) son sanitario-ambientales y (17) son socio-organizativos.

6. BUSTAMANTE

El municipio de Bustamante pertenece a la región Norte del Estado de Nuevo León, localizado con las coordenadas geográficas 1003010 de longitud, 263204 de latitud y 376m de altitud, colinda al norte con el municipio de Lampazos de Naranjo, al este con Villaldama, al sur con Mina y al oeste con el Estado de Coahuila. En el censo del INEGI del 2005 se obtuvo que el municipio contaba con una población total de 3,326 habitantes de los cuales 1,677 eran mujeres y 1649 eran hombres. En la siguiente figura se muestra su ubicación y los municipios colindantes.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

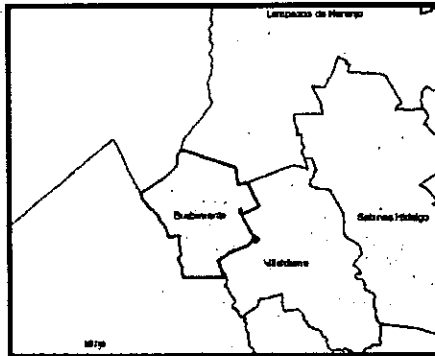


Figura 6.5.6 Bustamante, Nuevo León.

A continuación se presenta un resumen de los sitios con peligro Antropogénico (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio de Bustamante.

Tabla 6.5.6 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Bustamante

	TOTAL
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	
Gaseras	1
Gasolineras	1
SUBTOTAL	2
SANITARIO AMBIENTALES	
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rastros	1
SUBTOTAL	2
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	2
Primaria	2
Secundaria	1
Bachillerato	1
Universidad	1
Albergues	2
Bibliotecas	1
Centro comunitario	3
Centros deportivos	2
Hotel	3
SUBTOTAL	18
TOTAL	22

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Bustamante fue de 14, de los cuales (1) es químico-tecnológico, (1) es sanitario-ambiental y (12) son socio-organizativos.

7. CERRALVO

Cerralvo se encuentra dentro de la región Norte del Estado de Nuevo León, se localiza en las coordenadas geográficas: 993655 de longitud, 260524 de latitud y 290m de altitud, colinda al norte con Agualeguas, al sur con Doctor González, al este con Melchor Ocampo y con General Treviño y al oeste con el municipio de Higuera. En el último conteo de población del INEGI realizado en el año 2005 había un total de 8,009 habitantes, de los cuales 3,922 eran mujeres y 4087 eran hombres. La figura 6.5.7 muestra la ubicación de Cerralvo y sus colindancias.

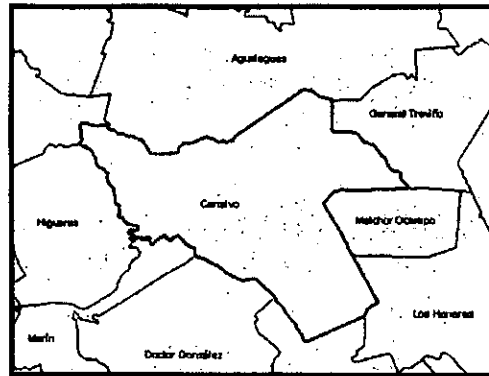


Figura 6.5.7 Cerralvo, Nuevo León

A continuación se muestra la cantidad de sitios que presentan peligros antropogénicos en el municipio de Cerralvo.

DN

sd

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



Tabla 6.5.7 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Cerralvo

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras	1
Gasolineras	4
SUBTOTAL	5
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	4
Industria generadora de residuos	1
Pedreras	4
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rástros	1
Rellenos sanitarios	1
SUBTOTAL	12
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	5
Primaria	9
Secundaria	2
Auditorios	1
Albergues	5
Bibliotecas	1
Centro comunitario	2
Hotel	3
SUBTOTAL	28
TOTAL	45

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Cerralvo fue de 10, de los cuales (2) son químico-tecnológicos, (2) es sanitario-ambiental y (7) son socio-organizativos.

8. CHINA

El municipio de China localizado en las coordenadas 991424 de longitud, 254221 de latitud y 129m de altitud, colinda al norte con el municipio de General Bravo, al este con el Estado de Tamaulipas, al suroeste con el municipio de General Terán y al noroeste con los municipios de Los Ramones y Los Herreras. Pertenecer a la región Norte de Nuevo León. Cuenta con una superficie territorial de 3,940.6 km². De acuerdo al Censo del INEGI del 2005, en el municipio de China había una población total de 10,697 habitantes. La siguiente figura presenta la localización del municipio de China.

aw

ad

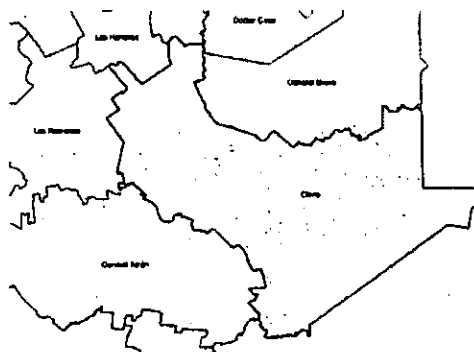


Figura 6.5.8 China, Nuevo León.

La Tabla 6.5.8 presenta el resumen de los sitios con peligro Antropogénico (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio de China.

Tabla 6.5.8 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de China.

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		5
Gasolineras		4
SUBTOTAL		9
	SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales		2
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
Planta potabilizadoras		1
Rastros		1
SUBTOTAL		5
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		7
Primaria		14
Secundaria		4
Bibliotecas		1
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
Hotel		6
SUBTOTAL		34
TOTAL		48

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de China fue de 21, de los cuales (4) son químico-tecnológicos, (3) son sanitario-ambientales y (15) son socio-organizativos.

[Handwritten signature]

Nuevo León
Gobierno del Estado

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

9. DOCTOR ARROYO

El municipio de Doctor Arroyo pertenece a la región Sur del Estado de Nuevo León, está localizado en las coordenadas geográficas: 1001048 de longitud, 234023 de latitud y 1720m de altitud, colinda al norte con el municipio de Galeana, al noreste con Aramberri al este con el municipio de General Zaragoza y el Estado de Tamaulipas, al sur con Mier y Noriega y al oeste con el Estado de Coahuila. De acuerdo a las cifras obtenidas en el último censo de población del INEGI, realizado en el 2005 se tenía una población total de 33,269 habitantes de los cuales 16,658 eran mujeres y 16,611 eran hombres. Doctor Arroyo es el municipio con la tasa de crecimiento poblacional más baja. La siguiente figura muestra la localización del municipio dentro del estado.

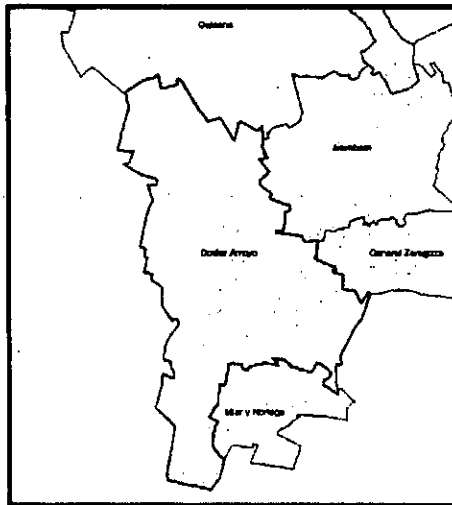


Figura 6.5.9 Doctor Arroyo, Nuevo León.

La Tabla 6.5.9 presenta la relación de los sitios con peligros antropogénicos localizados en el municipio de Doctor Arroyo.

AW

ad *AG*
Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Tabla 6.5.9 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Doctor Arroyo
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS TOTAL

	TOTAL
Gaseras	4
Gasolineras	5
SUBTOTAL	9
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	2
Industria generadora de residuos	1
Pedreras	2
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Raños	1
Rellenos sanitarios	1
SUBTOTAL	8
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	80
Primaria	127
Secundaria	35
Bachillerato	1
Universidad	1
Albergues	2
Bibliotecas	1
Centro comunitario	2
Centros deportivos	1
Hotel	5
SUBTOTAL	255
TOTAL	272

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Dr. Arroyo fue de 16, de los cuales (2) son químico-tecnológicos, (3) son sanitario-ambientales y (11) son socio-organizativos.

10. DOCTOR COSS

Doctor Coss pertenece a la región Norte de Nuevo León, está localizado en las coordenadas geográficas son 991105 de longitud, 255535 de latitud y 301m de altitud, colinda al norte con el Estado de Tamaulipas, al sur con el municipio de General Bravo y al oeste con el municipio Los Aldamas. En el 2005 el INEGI registró que en el municipio de Doctor Coss se contaba con una población de 1,639 habitantes. La Figura. muestra la ubicación y las colindancias del municipio de Doctor Coss.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



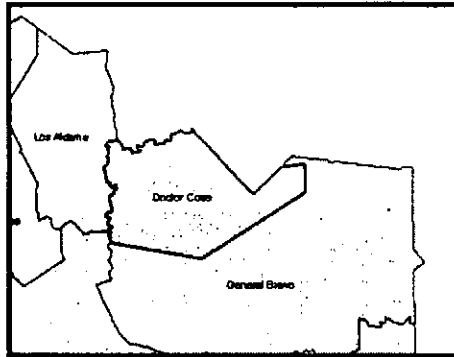



Figura.5.5.10 Doctor Coss, Nuevo León.

La Tabla 6.5.10 presenta un resumen de los sitios con peligro Antropogénico (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio de Doctor Coss. De acuerdo con la información de fuentes oficiales este municipio no cuenta con sitios que representen peligros por agentes químico-tecnológicos, ni sanitario-ambientales.

Tabla 6.5.10 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Doctor Coss.
SOCIO-ORGANIZATIVOS

Preescolar	3
Primaria	8
Secundaria	1
Albergues	1
Bibliotecas	1
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
Iglesias	1
SUBTOTAL	17
TOTAL	17

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Doctor Coss fue de 7, de los cuales (1) es sanitario-ambiental y (6) son socio-organizativos.

11. GALEANA

El municipio de Galeana, localizado en las coordenadas geográficas 1000437 de longitud, 244927 de latitud y 1640m de altitud, pertenece a la región Sur del Estado de Nuevo León; colinda con el Estado de Coahuila al oeste, al sur con Doctor Arroyo, al este con Aramberri e Iturbide y al noreste con el municipio de Rayones; es el municipio con mayor extensión territorial del estado con 7,154.6 km², el cual representa el 11.085% de la superficie total de Nuevo León. De acuerdo al Censo del 2005 del INEGI se contaba con una población de 38,930 habitantes, conformada por 19,212



mujeres y 19,718 hombres. La siguiente figura muestra la localización del municipio de Galeana dentro del Estado de Nuevo León.

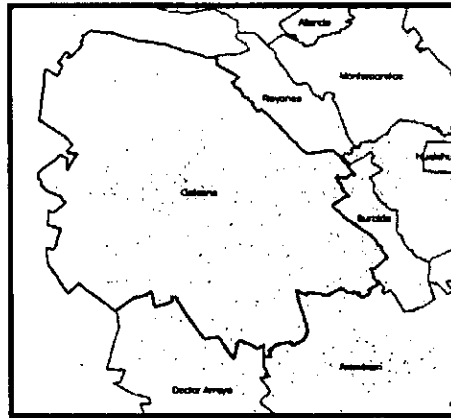


Figura 6.5.11 Galeana, Nuevo León.

La Tabla 6.5.11 presenta un resumen de los sitios localizados con peligros antropogénicos en el municipio de Galeana.

Handwritten signature

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
Handwritten signature



Tabla 6.5.11 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Galeana

	TOTAL
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	
Gaseras	9
Gasolineras	9
SUBTOTAL	18
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	4
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rastros	1
SUBTOTAL	6
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	81
Primaria	117
Secundaria	25
Bachillerato	4
Auditorios	1
Albergues	1
Bibliotecas	2
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
Hotel	3
SUBTOTAL	236
TOTAL	260

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Galeana fue de 15, de los cuales (8) son químico-tecnológicos, (1) son sanitario-ambientales y (6) son socio-organizativos.

12. GENERAL BRAVO

Dentro de la región Norte del Estado de Nuevo León se encuentra el municipio General Bravo, el cual se localiza en las coordenadas geográficas 991052 de longitud, 254735 de latitud y 170m de altitud; colinda al sur con el municipio de China, al norte con Doctor Coss y al este con el Estado de Tamaulipas. De acuerdo al Censo del INEGI del 2005 el municipio contaba con una población total de 5,385 habitantes, de los cuales 2,586 eran mujeres y 2,799 eran hombres. En la Figura 6.5.12 se muestra la localización y colindancias del municipio General Bravo.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

Handwritten signature

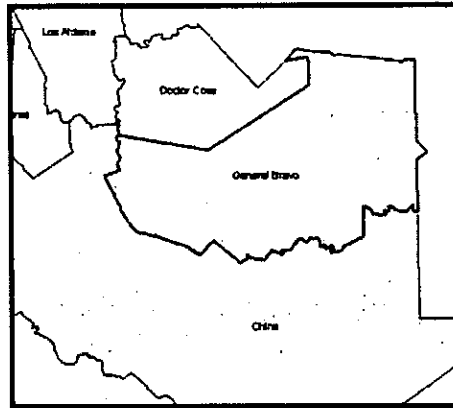


Figura 6.5.12 General Bravo, Nuevo León.

En la Tabla 6.5.12 se presenta un resumen de los sitios con peligros antropogénicos (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio General Bravo.

Tabla 6.5.12 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Bravo.

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		3
Gasolineras		4
SUBTOTAL		9
	SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales		1
Industria generadora de residuos		2
Rastros		1
SUBTOTAL		4
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		6
Primaria		8
Secundaria		2
Albergues		1
Bibliotecas		1
Centros deportivos		1
Hotel		2
Centro comunitario		1
SUBTOTAL		22
TOTAL		35

Secretario de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de General Bravo fue de 15, de los cuales (8) son químico-tecnológicos entre los que se encuentran 2 estaciones de compresión de gas pertenecientes a lo que se conoce como la cuenca de Burgos, (1) son sanitario-ambientales y (6) son socio-organizacionales.

13. GENERAL TERÁN

El municipio de General Terán forma parte de la Región Citricola del Estado de Nuevo León, sus límites son los municipios de Los Ramones y China al norte, al oeste Montemorelos y al sur Linares y parte del Estado de Tamaulipas; se localiza con las coordenadas geográficas: 994055 de longitud, 251535 de latitud y 310m de altitud. En el 2005 contaba con 14,022 habitantes de acuerdo a las cifras obtenidas en el Censo realizado por el INEGI. La siguiente figura presenta la ubicación del municipio dentro del Estado de Nuevo León.

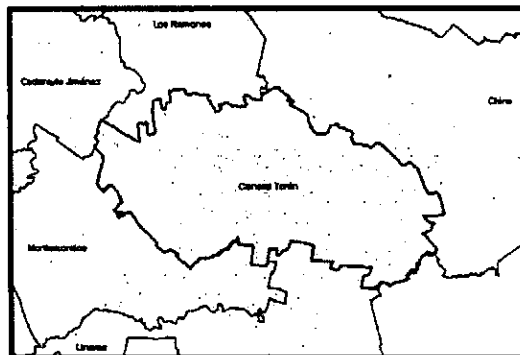


Figura 6.5.13 General Terán, Nuevo León.

La Tabla 6.5.13 presenta un resumen de los sitios con peligros antropogénicos localizados en el municipio de General Terán.

Tabla 6.5.13 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Terán

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		3
Gasolineras		2
SUBTOTAL		5
	SANITARIO AMBIENTALES	
Basurero a cielo abierto		1
Hospitales		2
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
Rastros		1
SUBTOTAL		5
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		13
Primaria		41
Secundaria		6
Albergues		1
Bibliotecas		3
Centro comunitario		2
Centros deportivos		1
SUBTOTAL		67
TOTAL		77

El total de sitios inspeccionados y geo-referenciados en el municipio de General Terán fue de 19, de los cuales (5) son químico-tecnológicos, (1) son sanitario-ambientales y (6) son socio-organizativos.

14. GENERAL TREVIÑO

En la región Norte del Estado de Nuevo León, se localiza el municipio de General Treviño, el cual tiene por coordenadas: 992904 de longitud, 261339 de latitud y 168 de altitud; está limitado al norte por Agualeguas y el Estado de Tamaulipas, al sur por Melchor Ocampo, al este por Los Aldama y al oeste por Cerralvo. En el último censo realizado por el INEGI se tenían 1,476 habitantes. La siguiente figura presenta la ubicación y los límites de General Treviño.

Handwritten signatures and initials



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

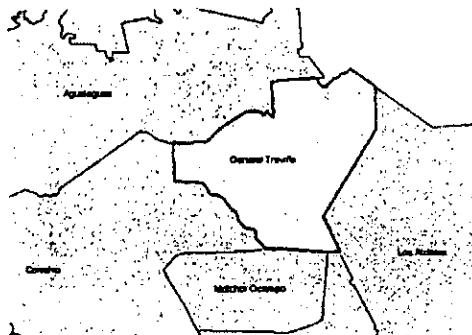


Figura 6.5.14 General Treviño, Nuevo León.

En la Tabla 6.5.14 se presenta la cantidad de sitios con peligros antropogénicos (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en General Treviño. Este es otro de los municipios de Nuevo León donde de acuerdo a la información de fuentes oficiales, no se cuentan con sitios que representen peligros químico-tecnológicos.

Tabla 6.5.14 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Treviño
SANITARIO AMBIENTALES

Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rastros	1
Rellenos sanitarios	1
SUBTOTAL	3
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	1
Primaria	2
Secundaria	1
Universidad	1
Albergues	1
Bibliotecas	1
Centros deportivos	1
Centro comunitario	1
SUBTOTAL	9
TOTAL	12

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de General Treviño fue de 9, de los cuales (3) son sanitario-ambientales y (6) son socio-organizativos.

15. GENERAL ZARAGOZA

Dentro de la región Sur del Estado de Nuevo León se ubica el municipio de General Zaragoza, el cual se localiza en las coordenadas: 994615 de longitud, 235821 de latitud y 1380m de altitud;

DN

[Handwritten signature]

colinda al sur y sureste con el Estado de Tamaulipas, al oeste con el municipio Doctor Arroyo y al norte con el municipio de Aramberri. En las cifras del último censo del INEGI se tenía una población total de 5.733 habitantes de los cuales 47.89% eran mujeres y 52.10% eran hombres. La siguiente figura muestra la ubicación del municipio de General Zaragoza y sus colindancias.

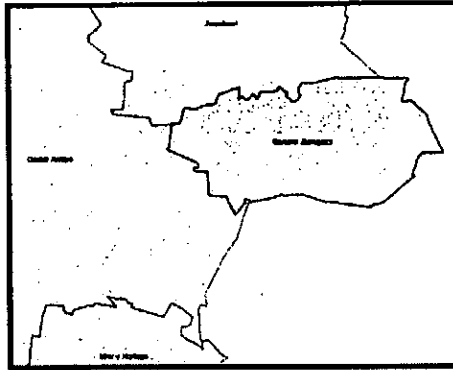


Figura 6.5.15 General Zaragoza, Nuevo León.

La tabla 5.5.15 es un sumario de los sitios que presentan peligros antropogénicos localizados dentro del municipio de General Zaragoza.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten signature

Handwritten signature



Tabla 6.5.15 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de General Zaragoza
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS TOTAL


	TOTAL
Gaseras	1
SUBTOTAL	1
SANITARIO AMBIENTALES	
Pedreras	1
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
SUBTOTAL	2
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	3
Primaria	20
Secundaria	5
Bachillerato	1
Albergues	2
Bibliotecas	1
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
Hotel	7
Museos	1
SUBTOTAL	42
TOTAL	45

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de General Zaragoza fue de 6 socio-organizativos.

16. LOS HERRERAS

El municipio Los Herreras pertenece a la región Norte de Nuevo León, localizándose con las coordenadas geográficas 992409 de longitud, 255418 de latitud y 133m de altitud; colinda con Los Aldamas y Melchor Ocampo al norte y con Los Ramones y China al Sur. En el 2005 contaba con una población total de 1,877 habitantes de acuerdo al censo poblacional del INEGI. La siguiente figura muestra la ubicación y colindancias del municipio de Los Herreras.

Handwritten initials: JW

 **Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

Handwritten initials: RS

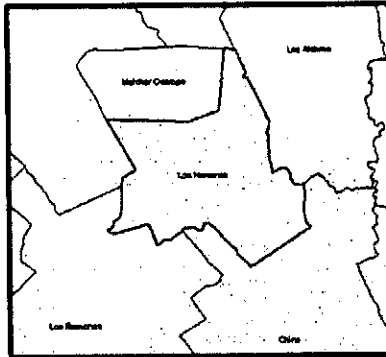


Figura 6.5.16 Los Herreras, Nuevo León.

La Tabla 6.5.16 es un sumario de los sitios que presentan peligros antropogénicos (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio Los Herreras.

Tabla 6.5.16 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Los Herreras

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras	1
Gasolneras	1
SUBTOTAL	2
SANITARIO AMBIENTALES	
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rellenos sanitarios	1
SUBTOTAL	2
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	3
Primaria	3
Secundaria	1
Auditorios	3
Bibliotecas	1
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
SUBTOTAL	13
TOTAL	17

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Los Herreras fue de 16, de los cuales (1) es químico-tecnológico, (3) son sanitario-ambientales y (12) son socio-organizativos.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

17. HUALAHUISES

El municipio de Hualahuisés está situado en la Región Citrícola del Estado de Nuevo León, sus coordenadas geográficas son 994022 de longitud, 245309 de latitud y 400m de altitud; la totalidad de su territorio colinda con el municipio de Linares. En el último censo poblacional realizado por el INEGI, se contabilizaron 6,631 habitantes.

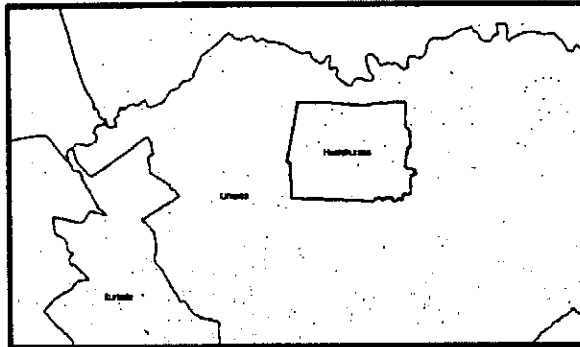


Figura 6.5.17 Hualahuisés, Nuevo León.

La Tabla 6.5.17 presenta el número de sitios con peligros antropogénicos localizados en el municipio de Hualahuisés.

Tabla 6.5.17 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Hualahuisés

	TOTAL
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	
Gaseras	2
Gasolineras	1
SUBTOTAL	3
SANITARIO AMBIENTALES	
Basurero a cielo abierto	1
Hospitales	1
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rastros	1
SUBTOTAL	4
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	6
Primaria	8
Secundaria	2
Bibliotecas	1
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
SUBTOTAL	19
TOTAL	26

El total de sitios inspeccionados y geo-referenciados en el municipio de Hualahuis fue de 11, de los cuales (4) son químico-tecnológicos, (2) son sanitario-ambientales y (5) son socio-organizativos.

18. ITURBIDE

El municipio de Iturbide forma parte de la región Sur del Estado de Nuevo León, se localiza en las coordenadas geográficas 995400 de longitud, 244331 de latitud y 1440m de altitud; al norte y oriente colinda con el municipio de Linares, al oeste se ubica el municipio de Galeana, al sur Aramberri y en una sección del oriente de su territorio con el Estado de Tamaulipas. Hasta el año 2005 se tenían 3,533 habitantes, de acuerdo al censo poblacional realizado por el INEGI.

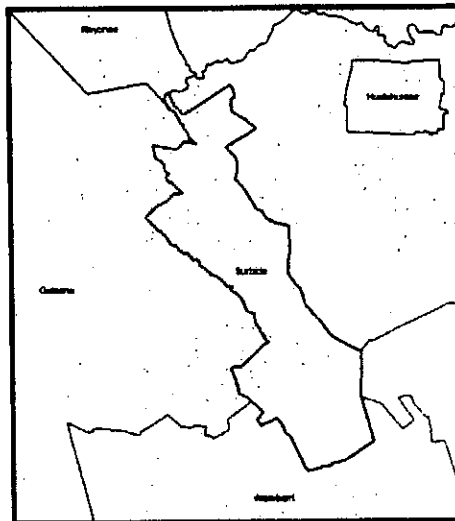


Figura 6.5.18 Iturbide, Nuevo León.

OPW

**Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**
[Handwritten signature]



La Tabla 6.5.18 presenta un sumario de los sitios con peligros antropogénicos en el municipio de Iturbide.

Tabla 6.5.18 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Iturbide

	TOTAL
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	
Gaseras	1
SUBTOTAL	1
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	1
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
SUBTOTAL	2
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	2
Primaria	13
Secundaria	2
Bachillerato	1
Auditorios	1
Albergues	1
Bibliotecas	1
Centro comunitario	1
Centros deportivos	1
Hotel	4
Iglesias	1
SUBTOTAL	28
TOTAL	31

El sitio que fue geo-referenciado en el municipio de Iturbide fue una gasera, la cual pertenece a la categoría con agentes químico-tecnológicos.

Handwritten signature

Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

19. LAMPAZOS DE NARANJO

Lampazos de Naranjo se encuentra en la región Norte del estado, está localizado en las coordenadas 1003025 de longitud, 270125 de latitud y 362m de altitud. Al noreste colinda con Anáhuac, al oeste con el Estado de Coahuila y al sur con los municipios de Bustamante, Villaldama, Sabinas Hidalgo y Vallecillo, tiene una superficie territorial de 4,020 km². En el 2005 el INEGI contabilizó una población total de 4,428 habitantes, de los cuales 2,182 eran mujeres y 2,246 eran hombres.

En la Tabla 6.5.19 se presenta un resumen de los sitios que donde existen peligros antropogénicos (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) en el municipio de Lampazos de Naranjo.

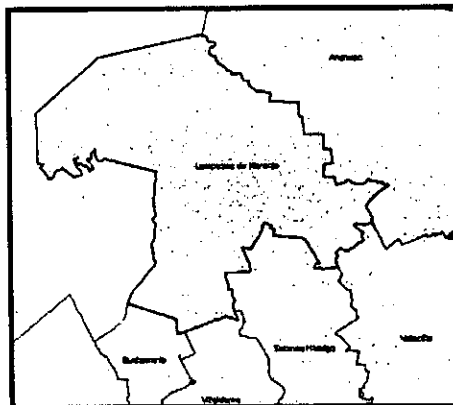


Figura 6.5.19 Lampazos de Naranjo, Nuevo León.

Handwritten initials "OW" and a signature are present above the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL.



Tabla 6.5.19 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Lampazos de Naranjo

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras	1
Gasolineras	1
SUBTOTAL	2
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	2
Industria generadora de residuos	3
Pedreras	3
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Rástros	1
Reellenos sanitarios	1
SUBTOTAL	11
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	3
Primaria	6
Secundaria	1
Bachillerato	1
Universidad	1
Albergues	1
Bibliotecas	1
Centro comunitario	2
Centros deportivos	1
Hotel	3
Museos	1
Teatros	1
SUBTOTAL	22
TOTAL	35

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Lampazos de Naranjo fue de 18, de los cuales (1) es químico-tecnológico, (4) son sanitario-ambientales y (13) son socio-organizativos.

20. LINARES

El municipio de Linares está localizado dentro de la Región Citrícola del Estado de Nuevo León, se localiza con las coordenadas 993400 de longitud, 245136 de latitud y 350m de altitud; está limitado por los municipios de General Terán y Montemorelos al norte, al este por el Estado de Tamaulipas y al oeste por Iturbide. En el 2005 contaba con una población de 71,061 habitantes de acuerdo al censo realizado por el INEGI.

DW

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

[Handwritten signature]

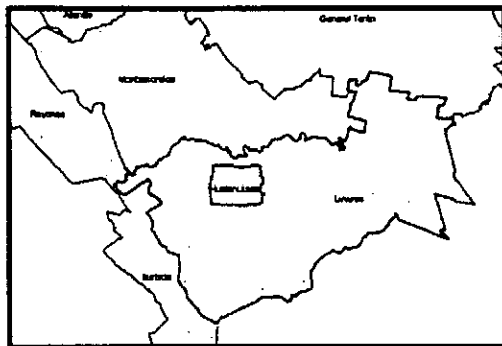


Figura 6.5.20 Linares, Nuevo León.

La Tabla 6.5.20 presenta los sitios con peligros antropogénicos ubicados en el municipio de Linares.

Tabla 6.5.20 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Linares

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS		TOTAL
Gaseras		12
Gasolineras		7
SUBTOTAL		19
SANITARIO AMBIENTALES		
Hospitales		3
Industria generadora de residuos		14
Plantas de tratamiento de aguas residuales		2
Planta potabilizadoras		1
Rastros		1
SUBTOTAL		21
SOCIO-ORGANIZATIVOS		
Guardería		2
Preescolar		69
Primaria		90
Secundaria		21
Bachillerato		2
Universidad		3
Albergues		2
Bibliotecas		6
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
Hotel		5
Museos		1
SUBTOTAL		203
TOTAL		243

Gobierno del Estado de Nuevo León

 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

El total de sitios inspeccionados y geo-referenciados en el municipio de Linares fue de 61, de los cuales (9) son químico-tecnológicos, (9) son sanitario-ambientales y (44) son socio-organizativos.

21. MELCHOR OCAMPO

En la región Norte de Nuevo León se encuentra el municipio de Melchor Ocampo, localizado en las coordenadas geográficas 993232 de longitud, 260331 de latitud y 350m de altitud. Colinda al norte con General Treviño, al sur con Los Herreras, al este con Cerralvo y al oeste con el municipio Los Aldama, tiene una superficie territorial de 223.2 km². En el último Censo poblacional del INEGI se contabilizaron 1,052 habitantes, es el municipio que menor cantidad de habitantes tiene en todo el estado. La siguiente figura presenta la ubicación y colindancias del municipio Melchor Ocampo.

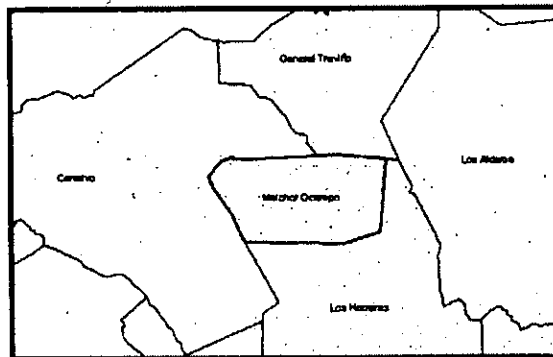


Figura 6.5.21 Melchor Ocampo, Nuevo León.

A continuación se presentan los sitios del municipio de Melchor Ocampo donde se ubicaron peligros antropogénicos, tanto químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos. Melchor Ocampo es otro de los municipios de Nuevo León que no cuenta con sitios con peligros químico-tecnológicos, de acuerdo a la información publicada en fuentes oficiales.

con



ah

Tabla 6.5.21 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Melchor Ocampo.

SANITARIO AMBIENTALES		TOTAL
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
SUBTOTAL		1
SOCIO-ORGANIZATIVOS		TOTAL
Preescolar		1
Primaria		1
Secundaria		1
Auditorios		1
Bibliotecas		1
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
SUBTOTAL		7
TOTAL		8

22. MIER Y NORIEGA

El municipio de Mier y Noriega pertenece a la región Sur del Estado de Nuevo León, sus coordenadas geográficas son 1000700 de longitud, 232520 de latitud y 1670 de altitud; tiene una extensión territorial de 1,168 km², colinda al norte y oeste con Doctor Arroyo, al sur con el Estado de San Luis Potosí y al este con el Estado de Tamaulipas. En el último censo poblacional realizado por el INEGI se tenían 7,047 habitantes, es el municipio que mayor porcentaje de analfabetismo presenta.

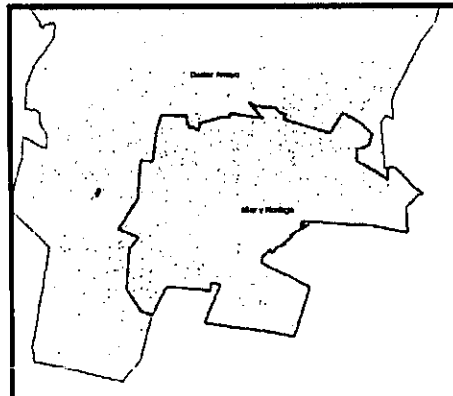


Figura 6.5.22 Mier y Noriega, Nuevo León.

La Tabla 6.5.22 presenta un resumen con los sitios del municipio Mier y Noriega, que presentan peligros antropogénicos.

Handwritten signatures and initials.



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

Tabla 6.5.22 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Mier y Noriega

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		1
Gasolineras		1
SUBTOTAL		2
	SANITARIO AMBIENTALES	
Pedreras		1
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
SUBTOTAL		2
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		16
Primaria		17
Secundaria		8
Bachillerato		1
Auditorios		1
Bibliotecas		1
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
SUBTOTAL		46
TOTAL		50

En el municipio de Mier y Noriega se geo-referenciaron un total de 11 sitios los cuales presentan peligros socio-organizativos

23. MONTEMORELOS

El municipio de Montemorelos está situado en la Región Cítrica de Nuevo León, sus coordenadas geográficas son 994936 de longitud, 251114 de latitud y 430m de altitud. Colinda con Linares al sur, Allende y Cadereyta Jiménez al norte, General Terán al este, y al oeste con Rayones. Su extensión territorial es de 1,706.2 km². En el 2005 se contaba con 53,854 habitantes de acuerdo con el censo del INEGI.




Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



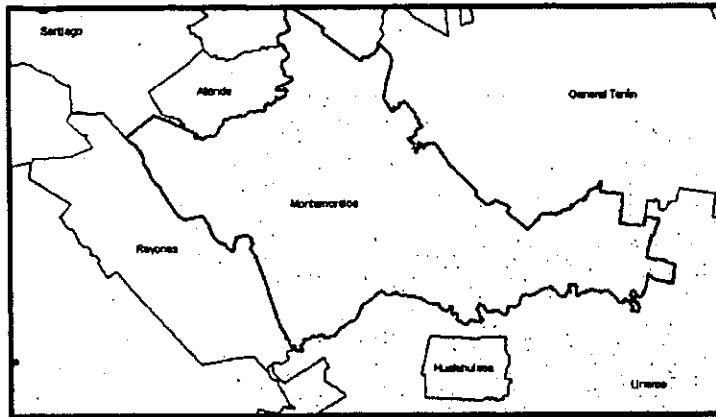


Figura.5.5.23 Montemorelos, Nuevo León

La tabla 6.5.23 es un sumario de los sitios localizados en los cuales existen peligros antropogénicos dentro del municipio de Montemorelos.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Tabla 6.5.23 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Montemorelos

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		13
Gasolineras		8
SUBTOTAL		21
	SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales		5
Industria generadora de residuos		9
Pedreras		1
Plantas de tratamiento de aguas residuales		3
Rástros		1
SUBTOTAL		19
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Guardería		2
Preescolar		35
Primaria		81
Secundaria		10
Bachillerato		1
Universidad		3
Auditorios		1
Albergues		7
Bibliotecas		7
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
Hotel		4
Museos		1
SUBTOTAL		154
TOTAL		194

El total de sitios inspeccionados y geo-referenciados en el municipio de Montemorelos fue de 44, de los cuales (12) son químico-tecnológicos, (6) son sanitario-ambientales y (26) son socio-organizativos.

24. PARÁS

En la región Norte de Nuevo León se encuentra el municipio de Parás, el cual está localizado por las coordenadas geográficas 993121 de longitud, 262956 de latitud y 140m de altitud. Es limitado por Agualeguas al sur, Vallecillo al oeste y por el Estado de Tamaulipas al norte y al este. En el censo del INEGI del 2005 se contabilizó una población total de 950 habitantes, de los cuales 48.3 % eran mujeres y 51.6% eran hombres.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



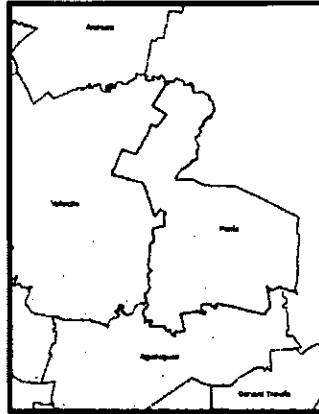


Figura 6.5.24 Parás, Nuevo León.

En la Tabla 6.5.24 se presenta un resumen de los sitios con peligros antropogénicos que se encuentran en municipio de Parás.

Tabla 6.5.24 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Parás

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		2
Gasolineras		2
SUBTOTAL		4
	SANITARIO AMBIENTALES	
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
Reellenos sanitarios		1
SUBTOTAL		2
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		1
Primaria		3
Secundaria		1
Bibliotecas		1
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
SUBTOTAL		8
TOTAL		14

En el municipio de Parás se geo-referenciaron 2 sitios con peligros químico-tecnológicos, 2 sitio con peligro sanitario-ambiental y 3 sitios con presencia de peligros socio-organizativos.







25. LOS RAMONES

El municipio de Los Ramones pertenece a la región Norte de Nuevo León, está localizado en las coordenadas geográficas 993732 de longitud, 254141 de latitud y 210m de altitud. Los municipios con los que colinda son Cadereyta Jiménez, Pesquería y Doctor González al oeste, Los Herreras al norte, China al este y General Terán al sur, tiene una superficie territorial de 1,378.8 km². En el 2005 contaba con una población de 6,227 habitantes. En la siguiente figura se presenta la ubicación y municipios colindantes de Los Ramones.

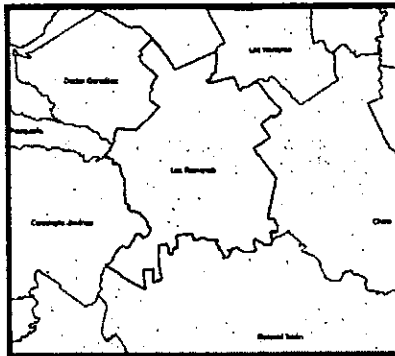


Figura 6.5.25 Los Ramones, Nuevo León.

A continuación en la Tabla 6.5.25 se hace un sumario de la cantidad de sitios con peligros antropogénicos localizados en el municipio Los Ramones.

OW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**


[Handwritten signatures]

Tabla 6.5.25 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Los Ramones

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		2
Gasolineras		3
SUBTOTAL		5
	SANITARIO AMBIENTALES	
Pedreras		1
Plantas de tratamiento de aguas residuales		1
Rastros		1
SUBTOTAL		3
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		5
Primaria		16
Secundaria		3
Bachillerato		1
Auditorios		1
Albergues		1
Bibliotecas		1
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
Iglesias		5
SUBTOTAL		35
TOTAL		43

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Los Ramones fue de 14, de los cuales (2) son químico-tecnológicos, (1) es sanitario-ambiental y (12) son socio-organizativos.

OW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

AG

361

26. RAYONES

El municipio de Rayones se sitúa dentro de la Región Citrícola del Estado de Nuevo León, localizado en las coordenadas geográficas 1000420 de longitud, 250105 de latitud y 900m de altitud; limita al norte y al este con Montemorelos, al sur y al oeste con Galeana. En el censo del INEGI del 2005 en Rayones se contabilizaron 2,576 habitantes de los cuales 1,239 eran mujeres y 1,337 eran hombres.

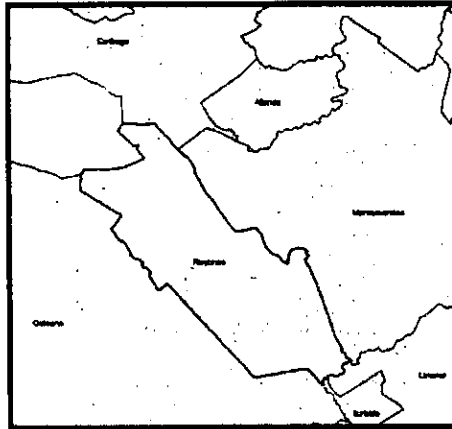


Figura.5.5.26 Rayones, Nuevo León.

La Tabla 6.5.26 presenta un resumen de los sitios en los cuales existen peligros antropogénicos (químico-tecnológico, sanitario-ambiental y socio-organizativo), en el municipio de Rayones.







Tabla 6.5.26 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Rayónés

	QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras		1
Gasolineras		1
SUBTOTAL		2
	SANITARIO AMBIENTALES	
Rastros		1
Reellenos sanitarios		1
SUBTOTAL		2
	SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar		1
Primaria		13
Secundaria		2
Bachillerato		1
Auditorios		1
Bibliotecas		2
Centro comunitario		1
Centros deportivos		1
Hotel		2
SUBTOTAL		24
TOTAL		28

Durante el trabajo de campo en el municipio de Rayones se ubicaron 2 sitios con presencia de peligros químico-tecnológicos, 3 sitios con peligros sanitario-ambientales y 7 sitios con peligros socio-organizativos.

27. SABINAS HIDALGO

En la región Norte de Nuevo León se encuentra el municipio de Sabinas Hidalgo el cual está localizado en las coordenadas 1001104 de longitud, 263011 de latitud y 300m de altitud; está limitado por el municipio de Lampazos de Naranjo al norte, Vallecillo al este, Agualeguas y Salinas Victoria al sur y Villaldama al oeste, cuenta con una superficie territorial de 1,661 km². En el Censo del INEGI realizado en el 2005 se contabilizó una población total de 32,040 habitantes.

cas



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

ad *16*

363

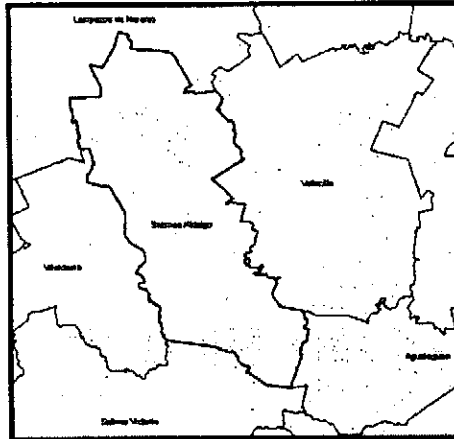


Figura 6.5.27 Sabinas Hidalgo, Nuevo León.

A continuación en la Tabla 6.5.27 se hace un resumen de la cantidad de sitios en el municipio de Sabinas Hidalgo, que presentan peligros antropogénicos.


CS

[Signature] *AG*
Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Tabla 6.5.27 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Sabinas Hidalgo

QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	TOTAL
Gaseras	12
Gasolineras	11
SUBTOTAL	23
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	3
Industria generadora de residuos	4
Pedreras	6
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
Raístros	1
SUBTOTAL	15
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	21
Primaria	27
Secundaria	7
Bachillerato	2
Universidad	2
Albergues	2
Bibliotecas	7
Centro comunitario	3
Centros deportivos	1
Hotel	5
Museos	1
SUBTOTAL	78
TOTAL	116

El total de sitios geo-referenciados en el municipio de Sabinas Hidalgo fue de 51, de los cuales (12) son químico-tecnológicos, (9) son sanitario-ambientales y (30) son socio-organizativos.

28. VALLECILLO

El municipio de Vallecillo pertenece a la región Norte del Estado de Nuevo León, localizado en las coordenadas geográficas 995914 de longitud, 263936 de latitud y 250m de altitud. Los municipios colindantes son: Anáhuac al norte, al este con Parás, Agualeguas al sur y al oeste Sabinas Hidalgo. En el 2005 había una población total de 1,859 habitantes de acuerdo a datos del censo del INEGI.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



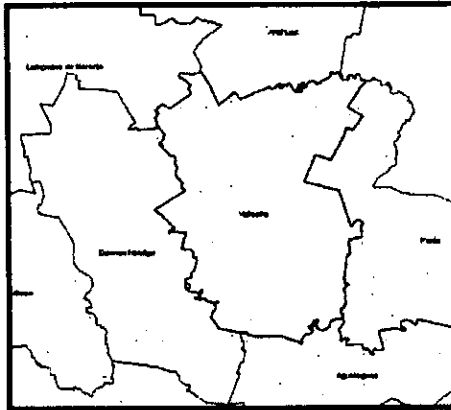



Figura.5.5.28 Vallecillo, Nuevo León.

La Tabla 6.5.28 contiene la cantidad de sitios con peligros antropogénicos presentes en el municipio de Vallecillo.

Tabla 6.5.28 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Vallecillo

	TOTAL
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS	
Gaseras	2
Gasolneras	2
SUBTOTAL	4
SANITARIO AMBIENTALES	
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
SUBTOTAL	1
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	4
Primaria	8
Secundaria	2
Albergues	1
Bibliotecas	1
Centro comunitario	5
Centros deportivos	1
Iglesias	2
Museos	0
SUBTOTAL	24
TOTAL	29

En el municipio de Vallecillo se geo-referenciaron dos sitios con peligros químico-tecnológicos.

29. VILLALDAMA

El municipio de Villaldama se encuentra en la región Norte de Nuevo León, localizado en las coordenadas 995914 de longitud, 263936 de latitud y 250m de altitud; está limitado por Lampazos de Naranjo al norte, Sabinas Hidalgo al este, Salinas Victoria al sur y por Bustamante y Mina al oeste. En el último censo del INEGI se reportó una población total de 4,105 habitantes de los cuales 2,029 eran mujeres y 2,076 eran hombres.

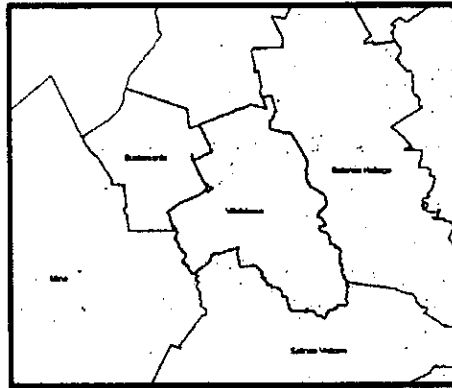


Figura 6.5.29 Villaldama, Nuevo León.

A continuación en la Tabla 6.5.29 se presenta el resumen de los sitios que presentan peligros antropogénicos (químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos) localizados en el municipio de Villaldama.


ADW

ad *de*
Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

Tabla 6.5.29 Sitios con peligro Antropogénico localizados en el municipio de Villaldama
QUÍMICO-TECNOLÓGICOS TOTAL

	TOTAL
Gaseras	1
Gasolineras	1
SUBTOTAL	2
SANITARIO AMBIENTALES	
Hospitales	1
Pedreras	5
Plantas de tratamiento de aguas residuales	1
SUBTOTAL	7
SOCIO-ORGANIZATIVOS	
Preescolar	4
Primaria	6
Secundaria	2
Bibliotecas	3
Centro comunitario	3
Centros deportivos	1
Hotel	2
Museos	1
SUBTOTAL	22
TOTAL	31

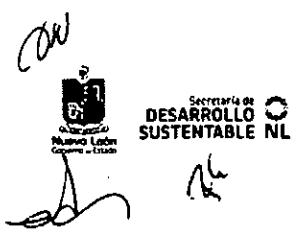
En el municipio de Villaldama se geo-referenciaron 2 sitios con peligros químico-tecnológicos y 5 sitios con presencia de peligros sanitario-ambientales y 9 sitios con peligros socio-organizativos.

Medidas tomadas por PEMEX en las Instalaciones de la Cuenca de Burgos y en la Refinería de Cadereyta por el paso del Huracán Alex. Julio 2010

A fin de proteger la integridad del personal y evitar daños a las instalaciones de PEMEX en el estado Nuevo León, ante la llegada del huracán "Alex", la paraestatal incrementó las medidas preventivas y de seguridad, entre las que destacaron:

Instalaciones de la Refinería "Héctor R. Lara Sosa" en municipio de Cadereyta, la activación del Procedimiento contra Lluvias Torrencales, que contempló:

- Limpieza de drenajes y mantenimiento en niveles bajos de los cárcamos aceitosos y de agua de lluvia.
- Cierre de los diques de los tanques de almacenamiento.
- Verificación de las conexiones a tierra de los tanques de almacenamiento.
- Revisión de la integridad de los tanques y las cúpulas de los mismos.
- Abastecimiento suficiente de materiales que se pudieran necesitar para atender una contingencia, tales como materiales absorbentes, barreras contenedoras, musgo absorbente, etc.
- Garantizar la disponibilidad de grúas, trascabos y bombas de achique.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

- Colocación de costales llenos de arena para cerrar los lugares identificados por donde entra agua a la refinería y que pudieran causar anegamiento.

Instalaciones del Activo Integral Burgos de Pemex Exploración y Producción:

Medidas preventivas para talleres, oficinas e instalaciones.

- Aseguramiento con cables en las casetas, cobertizos, talles y oficinas.
- Protección a cristales de edificios y oficinas con cinta adhesiva.
- Aseguramiento de antenas de radio-comunicación.
- Poda de árboles cercanos a líneas de conducción eléctrica, inmuebles e instalaciones de producción.
- Aseguramiento de objetos sueltos que pudieran convertirse en proyectiles debido a la fuerza del viento

Medidas preventivas para instalaciones



- Mantenimiento de niveles altos en los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.
- Anclaje de tuberías y equipos.
- Aseguramiento de objetos sueltos: tambores, maderas y láminas, etc.
- Dotación de lámparas de emergencia en cuartos de control y áreas operativas.

Medidas preventivas en equipos de perforación


- Abatimiento de mástiles de equipos.
- Anclaje de líneas superficiales y equipos que pudieran ser removidos por la fuerza del viento.
- Aseguramiento de objetos sueltos: tambores, maderas y láminas.
- Protección con cables en casetas y cobertizos.
- Aseguramiento de puertas y ventanas en casetas, equipos y tanques de almacenamiento.

Asimismo, en todas las instalaciones de Pemex Refinación y de Pemex Gas y Petroquímica Básica se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Aseguramiento de tanques de almacenamiento.
- Desalojo de vehículos particulares.
- Limpieza de drenajes.
- Suspensión de carga y descarga, durante la contingencia.
- Aseguramiento de compresores móviles.
- Instalación de costales de arena en las principales subestaciones eléctricas, cuarto de control y cuarto de baterías.
- Disminución de los inventarios de Gas L.P., Nafta Pesada y Ligera
- Aseguramiento de casetas.
- Limpieza de drenaje pluvial y reforzamiento de las guardias de operación, contra incendios y mantenimiento.
- Aseguramiento de plantas de proceso y talleres de materiales que pudieran ser removidos por los vientos.
- Se dispuso de plantas de luz para la atención de la emergencia.
- Se realizó el rol de guardia con personal operativo.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



369



Incidentes registrados por el Paso del Huracán ALEX en la zona de estudio

En la madrugada de viernes 2 de Julio, colapsó un puente sobre el Río Pilón, ubicado en el municipio de Montemorelos, N.L., cayendo sobre la línea número 1 del oleoducto de 24 pulgadas de diámetro Madero-Cadereyta, a la altura del kilómetro 415 (+317 metros), ocasionando la fractura del mismo y el derrame de petróleo crudo.

Al momento del incidente, el ducto se encontraba fuera de operación y con las válvulas de seccionamiento cerradas, de acuerdo al Programa de Prevención por Lluvias Torrenciales y las acciones preventivas que adoptó PEMEX ante la llegada del huracán "Alex", lo que permitió que el impacto fuera reducido.

PEMEX contrató los servicios de compañías especializadas que para que se encargaran de realizar la limpieza de ambos márgenes del Río Pilón; simultáneamente se realizan los trabajos de reparación del ducto, para reanudar el suministro de producto a la refinería Cadereyta.

6.6 Análisis de Riesgo del Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos "RIMSA". Mina, N.L.

En el Estado de Nuevo León solo existe un sitio de confinamiento autorizado para la disposición final de los residuos peligrosos, el cual está ubicado en el Municipio de Mina, Nuevo León, opera desde 1993, año en que fue autorizado por la SEMARNAT, es manejado por la empresa Residuos Industriales Multiquim (RIMSA). Fue creado como una respuesta a la necesidad de controlar adecuadamente los residuos generados por Industrias Multiquim S.A. dedicadas a la manufactura de productos químicos y de reciclaje de metales, este sitio en la actualidad tiene la capacidad brindar a otras Industrias los servicios de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos industriales peligrosos y no peligrosos.

En el año de 1987 recibió su licencia de funcionamiento y en 1988 se le otorgó el permiso para aceptar residuos peligrosos. Para el año de 1994 comenzó a recibir asistencia técnica y material de Waste Management Inc. la compañía más grande del mundo en el tratamiento de residuos. En RIMSA se dispone de instalaciones para el tratamiento, reciclaje, disposición y mezcla de combustibles. Las instalaciones son capaces de tratar entre 600,000 y 800,000 toneladas de residuos peligrosos al año.

El Centro de Tratamientos y Disposición Final de Residuos Industriales, está ubicado en la carretera 53 Monterrey-Monclova, km. 86+10.5, San Bernabé, C.P. 65100, en el municipio de Mina, Nuevo León.

El lugar de su instalación se determinó con base en los resultados obtenidos en múltiples estudios de geohidrología, estudios de permeabilidad de suelos, análisis climatológicos, proyección de uso del suelo, entre otros, los cuales mostraron que el sitio cuenta con las características ideales para instalar un centro de este tipo.

Tiene una zona de trabajo autorizada por la federación de 1,300 hectáreas y tiene una zona de transición y de amortiguamiento de casi 12 mil hectáreas adicionales, los asentamientos humanos cercanos al sitio son casi nulos, y no existen polos de desarrollo en la zona.





El sitio se ubica en una zona semidesértica de clima seco y con una precipitación pluvial de 200 milímetros en promedio anual y con un 97.17% de evapotranspiración, presenta vegetación y fauna muy escasa.

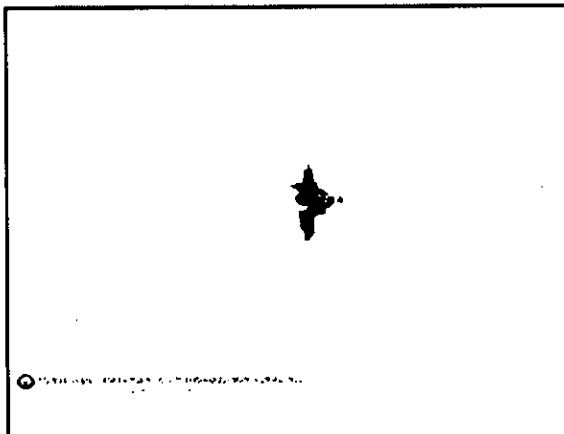


Figura 6.6.1 Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos, Mina Nuevo León.

Fuente: <http://www.rimsa.com.mx>

De acuerdo al volumen de recepción que tienen y las tendencias tecnológicas para el manejo y tratamiento de los residuos industriales, han estimado que el Centro de Tratamientos y Disposición Final tiene una vida útil mayor a 25 años.

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente es la encargada de verificar de que el sitio cumpla con toda la normatividad aplicable así como que las instalaciones y procedimientos de operación sean los adecuados para evitar algún daño ambiental y sanitario.

El sitio de confinamiento RIMSA ha recibido las siguientes autorizaciones de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), las cuales son necesarias para su operación:

- Manejo de Residuos In Situ
- Tratamiento de residuos peligrosos
- Atención de Emergencias Ambientales
- Centros de Transferencia
- Biotratamientos y Landfarming (proceso de bio-remediación de suelos contaminados)
- Número de Registro Ambiental
- Reutilización de Tambores
- La licencia de Funcionamiento de la Planta Mina, Nuevo León es: 132-IV-000179.

También cuenta con el Certificado de Industria Limpia desde 1997, otorgado por la SEMARNAT a través de la PROFEPA; el Certificado ISO 14001:2004 por la empresa certificadora BVQI desde el año 2000. Además, el Laboratorio del Centro de Tratamientos y Disposición Final en Mina cuenta






371

con la Acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación. Estos reconocimientos se han venido renovando acorde con sus vigencias; los cuales garantizan la protección al medio ambiente. Actividades de Disposición:

Los residuos industriales peligrosos son sometidos a diversos procesos de estabilización para asegurar que su resguardo cumpla con todas las normas de seguridad establecidas, con lo cual se busca tener garantizada la disposición final controlada dentro del sitio.

Entre los procesos a los que someten los residuos peligrosos son:

- Tratamientos físicos: Solidificación, Encapsulado y Microencapsulado.
- Tratamientos químicos: Oxidación / Reducción, Hidrólisis, Neutralización.
- Recuperación y tratamiento de residuos líquidos heterogéneos.
- Biorremediación en sitio o fuera de sitio de suelo, subsuelo y lodos contaminados con hidrocarburos.

En cuanto a las celdas de alta seguridad, éstas cumplen con las normas ambientales nacionales y con estándares internacionales para el confinamiento de los residuos industriales previamente estabilizados, puesto que tienen la obligación de garantizar que los residuos, previamente tratados, sean depositados en celdas que en un futuro no provocarán un impacto negativo al medio ambiente.

Algunas de las características de las celdas especiales son: que su capacidad excede los 500,000 m³. Son construidas utilizando sistemas de protección que incluyen la instalación de membranas que constan de una capa de Bentonita, una malla ciclónica para proteger la Bentonita, una capa de Polietileno de alta densidad, una capa de algodón de Bentofix, un sistema recolector de lixiviados y un sistema de monitoreo de los mantos freáticos, que garantizan la seguridad en el manejo de los residuos.



Figura 6.6.2 Celdas de Alta Seguridad, RIMSA, Mina, Nuevo León.
Fuente: <http://www.rimsa.com.mx>

Además del confinamiento controlado en las celdas de alta seguridad de los residuos peligrosos que ya no tienen alguna opción de ser aprovechados, también tiene los servicios de reciclaje, minimización, coprocesamiento, tratamientos térmicos, biológicos y físico-químicos.

La gran variedad de residuos industriales, que está en posibilidad la empresa de recibir abarca desde sólidos, semisólidos, lodos y líquidos, con características de peligrosidad corrosivas, reactivas, inflamables y tóxicas, así como residuos de manejo especial. Todos estos residuos son

previamente tratados antes de ser enviados a una celda de alta seguridad. Aunque la planta tiene ciertas restricciones para confinar algunos residuos como es el caso de los *radioactivos*, *biológicos infecciosos* y *bifenilos policlorados (BPC's)*, entre otros.

El Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos debe cumplir con ciertos lineamientos de acuerdo a las NOM-055-ECOL-1993 (requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radioactivos) y la NOM-057-ECOL-1993 (requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos).

En primer lugar el Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos, cumple con:

- A pesar de que dentro de sitio se tienen confinadas gran variedad de residuos peligrosos, éstos pasan por procesos de estabilización, antes de ser llevados a la celda de confinación final.
- Las celdas a su vez están conformadas por un conjunto de mallas, las cuales son de materiales especiales que no permiten que los lixiviados que se forman lleguen a los mantos freáticos.
- El sitio de confinamiento se encuentra a una distancia mayor a 25 kilómetros de la mancha urbana, por lo que cumple con lo solicitado por la SEMARNAT, en la siguiente figura se muestra la distancia a la que se encuentra RIMSA de la mancha urbana más cercana.
- Además el acceso a tal sitio se encuentra restringido solo a personal autorizado por la empresa.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**




373

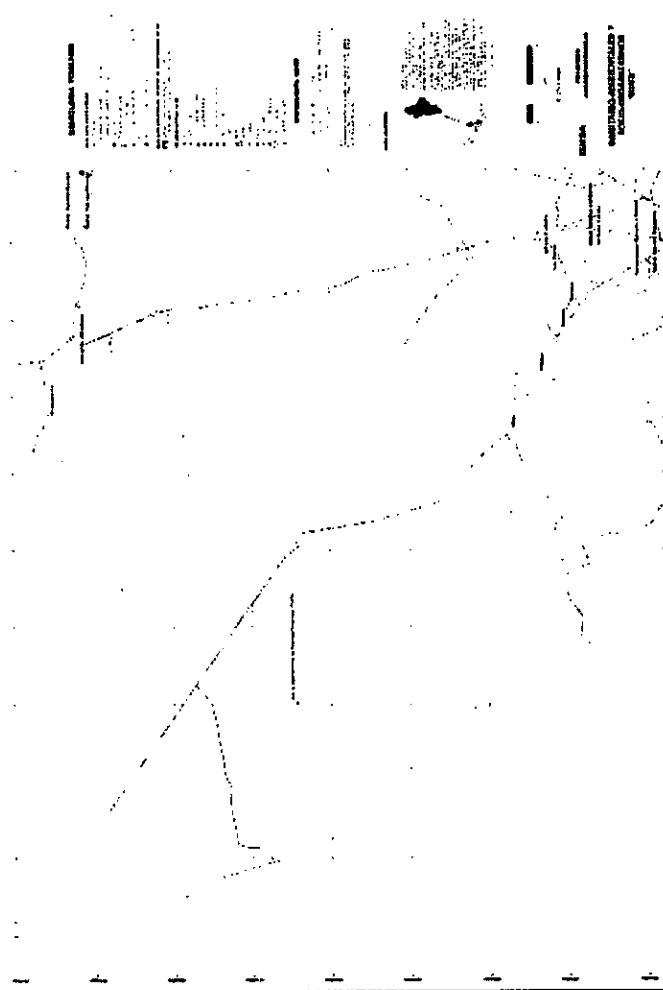


Figura 6.6.3 Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos "RIMSA". Mina, Nuevo León.

DW

ad *AS*
Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

7. PELIGROS Y RIESGOS POR INCENDIOS FORESTALES

7.1 Introducción

De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), los incendios forestales son una propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas y zonas áridas y semiáridas.

El fuego tiene un papel relevante en la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas terrestres, pero cuando se propaga sin control contribuye directamente al incremento de bióxido de carbono en la atmósfera y a la deforestación, con consecuencias como la erosión de los suelos o el cambio de los bosques.

7.1.1 Peligro y riesgo por incendios forestales

Peligro. Cualquier situación, proceso o condición que puede causar fuego o proporcionar una fuente de combustible lista para aumentar la extensión o la intensidad del fuego y que plantea una amenaza a la vida o al ambiente.

Sistema expuesto. Considerado como el área de vegetación, cultivos, infraestructura, el número de personas o especies animales que se encuentren en un sitio específico y que son factibles de sufrir daño.

Vulnerabilidad. Susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un incendio forestal.

Riesgo. Es la pérdida probable debida a un incendio forestal y que puede ser calculada por el valor directo o indirecto de los recursos forestales, agrícolas y ganaderos, entre otros, que se pierden debido a la intensidad del fuego.

En el análisis de peligro y riesgo por incendios forestales, se puede considerar a la vegetación como una variable implícita en la vulnerabilidad y en la determinación del nivel de peligro. Por ejemplo, una mayor densidad de vegetación aumenta la posibilidad de afectación del sistema expuesto (vulnerabilidad) y adicionalmente el nivel de peligro se determina entre otras cosas por la carga de material combustible.

7.1.2 Causas de los incendios forestales

Se estima que las actividades humanas ocasionan el 99% de los incendios forestales y sólo el resto es ocasionado por causa de fenómenos naturales, tales como descargas eléctricas y erupciones volcánicas.

De las actividades humanas, las agropecuarias son la razón principal de provocar incendios forestales en México (Figura 7.1.1), debido a que el uso del fuego ha sido el procedimiento más económico empleado por los campesinos para desechar los residuos agrícolas de las parcelas; provocando con frecuencia, incendios forestales (CENAPRED, 2008).

■ Agropecuarias ■ Litigios o rencillas ■ Fogatas ■ Fumadores ■ Ot

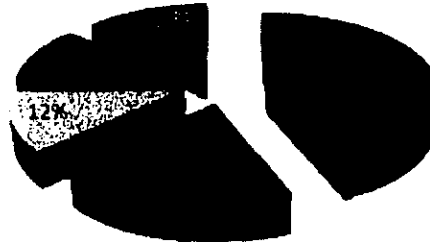


Figura 7.1.1 Promedio anual (1998-2005) de causas de incendios forestales originadas por intervención humana en México (CONAFOR).

En la siguiente tabla se presentan diversas causas en el origen de los incendios forestales.

Tabla 7.1.1 Origen de la causa de incendios forestales

ORIGEN DE LA CAUSA	DESCRIPCION
Accidental	Rupturas de líneas eléctricas, accidentes automovilísticos, ferroviarios y aéreos.
Negligencia	Quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de áreas forestales.
Intencional	Quemas por conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios.
Natural	Caída de rayos o erupciones volcánicas.

7.1.3 Factores que intervienen en el comportamiento del fuego

Para que se genere un incendio es necesario que existan y coincidan tres elementos:

1. Calor
2. Oxígeno
3. Combustibles

Estos elementos constituyen el llamado triángulo del fuego (Figura 7.1.2).

Gobierno de Nuevo León

 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

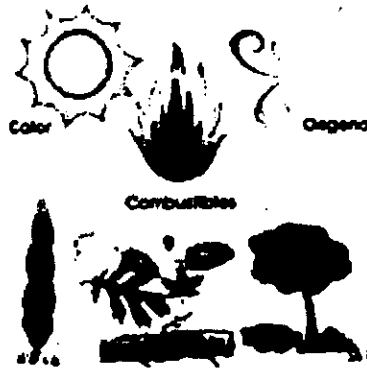


Figura 7.1.2 Triángulo del fuego (CENAPRED, 2008).

En la mayoría de los incendios forestales, el combustible es el factor principal que determina la posibilidad de un incendio, así como la dificultad para controlarlo y la probabilidad de su comportamiento extremo o irregular.

Tabla 7.1.2 Tamaño y Textura de los combustibles.

CATEGORÍA	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
Finos o ligeros	Menor a 5 mm de diámetro	Hojas caídas, pasto (hierbas, flores), capa en descomposición, acículas (agujas) de pino, etc.
Regulares	De 5 a 25 mm de diámetro	Ramitas, tallos pequeños (arbustos y matorrales)
Medianos	De 25 a 75 mm de diámetro	Ramas
Grosos o pesados	Mayor de 75 mm de diámetro	Fustes, tocones, troncos, ramas gruesas, etc.

Los factores topográficos que influyen en el comportamiento de los incendios son:

- Pendiente del terreno.** La forma que adopta el incendio es influida por la pendiente; las pavesas rodantes son más frecuentes entre mayor sea la pendiente lo que permite que puedan originarse incendios secundarios.
- Altitud o elevación.** Un incendio en una montaña u otra prominencia define tres zonas, en cada una de las cuales la evolución del fuego muestra características distintas (CENAPRED, 2008).


 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

En el tercio inferior o parte baja, las temperaturas son más altas, generalmente la cantidad de combustibles es mayor y en consecuencia se espera gran resistencia del fuego al control.

En el tercio intermedio, debido a una menor disponibilidad de combustible de una montaña o elevación, es común una disminución en resistencia al control. Sin embargo, es importante destacar que durante la noche en este sector se genera un cinturón térmico, el cual se caracteriza porque el promedio de temperatura es más alto, el promedio de humedad más bajo y por lo tanto se tiene un índice mayor de peligro.

Condiciones transitorias

Son de tipo meteorológicas y por ende, los factores más variables y de mayor influencia en el desarrollo de un incendio y determinan su alcance y extensión. Sus principales componentes son:


- a) Temperatura. El sol calienta los combustibles y las capas de aire inmediatas al suelo; el viento caliente extrae humedad de los combustibles y eleva la temperatura hasta el punto en que predispone a la ignición.
- b) Humedad relativa. Es la cantidad real de vapor de agua contenida en el aire. Los combustibles tienen la propiedad de absorber o de expeler humedad: a mayor humedad relativa están más húmedos y la propagación de los incendios se dificulta. En México se considera que cuando la humedad relativa en el ecosistema es menor a 30% es propicia para el desarrollo de los incendios forestales.
- c) Velocidad y dirección del viento. Son los factores que cambian de manera más frecuente y violenta, en cualquier dirección; pueden propiciar emisión de pavesas que originen nuevos brotes de fuego. En áreas de combustibles homogéneos el viento rige la dirección del fuego y la configuración del incendio.
- d) Precipitación pluvial. Es un factor importante que influye en la incidencia de los incendios, a menor precipitación y mayor temperatura se incrementa el riesgo de que ocurra un incendio forestal.

Procesos de combustión

Durante un incendio forestal ocurren varios procesos de combustión, los cuales para su estudio se dividen en tres etapas:

- a) Pre calentamiento. Inicia cuando el material combustible se localiza cerca de una fuente de calor; ésta puede ser una llama, ceniza o la propia incidencia del sol. El calor generado consume la humedad del material combustible. En esta etapa pueden producirse temperaturas de entre 100°C y 200°C, además de la formación de gases sin presencia de llamas.
- b) Combustión de gases. Inicia cuando la temperatura oscila entre 200°C y 400°C, se caracteriza por la presencia de llamas sobre el material combustible, desprendiendo gases y humo, conformado por anhídrido carbónico y vapor de agua. La temperatura seguirá elevándose hasta alcanzar un rango entre los 600°C y 1,000°C.



 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**



- c) Combustión de carbón. Caracterizada por la quema de madera a una alta intensidad calorífica con poco desprendimiento de humo, se producen cenizas y minerales que no arden.

7.1.4 Tipos de incendio

Los incendios forestales son sumamente variables, sin embargo, se han distinguido tres tipos principales (Figura 7.1.3), determinados básicamente por el tipo de combustible, lo cual implica diferente grado de daño en los ecosistemas.

- a) Incendio de copa, de corona o aéreo. Afecta gravemente a los ecosistemas, pues destruye toda la vegetación y daña a la fauna silvestre. Este tipo de incendios son poco frecuentes en México. Cabe señalar que son difíciles de controlar; se incrementan bajo condiciones extremas de sequía.
- b) Incendio superficial. Daña principalmente pastizales y hierbas 1.5 metros de altura. Deteriora en gran medida la regeneración natural y la reforestación. En México es el tipo de incendio más frecuente (poco más del 90% de los casos).
- c) Incendio subterráneo. Se propaga bajo la superficie del terreno; afecta las raíces y la materia orgánica acumulada en grandes afloramientos de roca. Se caracteriza por no generar llamas y por poco humo.

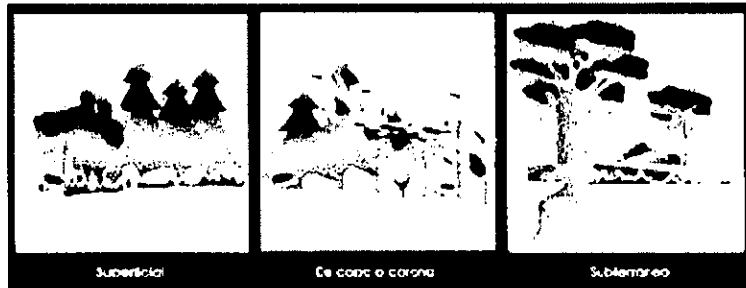


Figura 7.1.3 Tipos de incendio (CENAPRED, 2006).

AW
Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL
Nuevo León
2009-2012



7.2 Historial de las zonas que han sido más afectadas por incendios forestales en el estado de Nuevo León

La temporada de incendios forestales en el estado de Nuevo León, puede considerarse que inicia cíclicamente en el mes de enero y termina en el mes de agosto. La época crítica se presenta durante los meses de febrero a mayo (Figura 7.2.1).

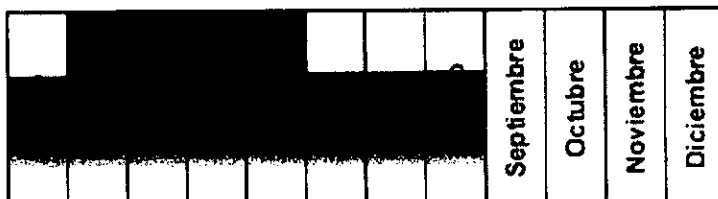


Figura 7.2.1 Temporada de incendios en el estado de Nuevo León.

El año de 1998, fue un año histórico en esta materia no sólo para Nuevo León sino para todo el país, ya que número de incendios llegó a un total de 14,445, con una superficie siniestrada de 850,000 hectáreas y perdieron la vida 71 personas en el combate de los incendios. Los años subsecuentes han mantenido un promedio de poco más de 200 mil hectáreas afectadas por incendios, salvo los años de 2001 y 2004, en los cuales se observa una baja significativa de los mismos (CENAPRED, 2008).

De 1991 a 2009, se reportó un total de 828 incendios forestales que afectaron 57,648.68 hectáreas.





Tabla 7.2.1 Información estadística de incendios forestales en Nuevo León. Periodo 1991-2009.

AÑO	NÚMERO DE INCENDIOS ACUMULADOS	SUPERFICIE AFECTADA (HA)				TOTAL
		PASTIZAL	ARBOLADO ADULTO	RENUEVO	ARBUSTOS Y MATORRALES	
1 enero al 31 diciembre 1991	24	ND	ND	ND	ND	1057
1 enero al 31 diciembre 1992	14	ND	ND	ND	ND	36
1 enero al 31 diciembre 1993	38	ND	ND	ND	ND	1639
1 enero al 31 diciembre 1994	22	ND	ND	ND	ND	233
1 enero al 31 diciembre 1995	48	ND	ND	ND	ND	4815
1 enero al 31 diciembre 1996	67	226	631	3,641.00	476	4,974.00
1 enero al 31 diciembre 1997	11	3	83	345	28	459
1 enero al 31 diciembre 1998	96	517	2,039.00	25,097.00	502	28,155.00
1 enero al 31 diciembre 1999	54	312.5	203	1,753.50	88.5	2,357.50
1 enero al 31 diciembre 2000	67	5	13	259	63.5	340.5
1 enero al 31 diciembre 2001	22	3.5	18	106.5	2	130
1 enero al 31 diciembre 2002	46	3.5	3	65.9	0	72.4
1 enero al 31 diciembre 2003	30	5.51	3.25	3.5	38.68	50.93
1 enero al 31 diciembre	24	27.32	3	4	39.3	73.62

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

381




Handwritten signature



Handwritten signature



AÑO	NÚMERO DE INCENDIOS ACUMULADOS	SUPERFICIE AFECTADA (HA)				TOTAL
		PASTIZAL	ARBOLADO ADULTO	RENUJEVO	ARBUSTOS Y MATORRALES	
2004						
1 enero al 31 diciembre 2005	38	37.5	252	66.4	1,059.77	1,415.67
1 enero al 31 diciembre 2006	71	92.5	168	2	1737.95	2000.45
1 enero al 31 diciembre 2007	23	1.51	774	1	1067.69	1844.2
1 enero al 31 diciembre 2008	57	292.51	672.5	23.5	3916.13	4904.64
1 enero al 31 diciembre 2009	76	88.01	29.75	14	2959.01	3090.77

Fuente: Comisión Nacional Forestal,(CONAFOR) Gerencia Regional VII.

La siguiente tabla contiene los datos de los incendios ocurridos en el año 2005 y 2006 en el estado de Nuevo León, los cuales muestran el municipio y la localidad específica donde ocurrió el evento, además de la fecha hora y el número de hectáreas afectadas.

Tabla 7.2.2 Estadísticas de incendios ocurridos en 2005-2006 de acuerdo a la localidad.

MUNICIPIO	LOCALIDAD	FECHA / HORA	HECTÁREAS AFECTADAS
GALEANA	Galeana	12-Ene-05	15
GALEANA	Galeana	29-Ene-05	3
GALEANA	Galeana	30-Ene-05	0.16
GALEANA	Galeana	13-Feb-05	1
SANTIAGO	Laguna de Sánchez - Rincón de Las Borregas	15-Feb-05	5
GALEANA	Ej. La Cuesta - El Vivero	17-Feb-05	0.5
GALEANA	Ej. La Poza	21-Feb-05	1
SANTIAGO	Santiago	25-Mar-05	16
ITURBIDE	Iturbide	30-Mar-05	0.01
ZARAGOZA	Ej. San Francisco.	30-Mar-05	8
MONTERREY	Topo Chico	29-Mar-05	0.5
ZARAGOZA	P.P. Tinajillas	28-Mar-05	7
SANTIAGO	Laguna De Sánchez	30-Mar-05	3
MONTERREY	El Mirador	30-Mar-05	0.5
RAYONES	Ej. Casillas, El Realito	30-Mar-05	0.002
ZARAGOZA	Ej. Dulces Nombres, Pto. Pizaña	31-Mar-05	3
ZARAGOZA	Zaragoza	04-Abr-05	20
ARAMBERRI	Aramberri	07-Abr-05	4
GALEANA	Galeana	08-Abr-05	0.5
ZARAGOZA	El Toro (Cero el Viejo)	09-Abr-05	72
ZARAGOZA	Margaras	10-Abr-05	48
ARAMBERRI	Cañón de Vacas	12-Abr-05	3
ZARAGOZA	Las Vegas	12-Abr-05	30
GALEANA	Ej. San Francisco. Javier, Paraje: Rincón De Miguel	01-May-05	4
GALEANA	Ej. San Francisco. Javier, Paraje: Rincón de Miguel	03-May-05	1
GALEANA	Ej. San Francisco. Javier, Paraje: Rincón de Miguel	05-May-05	2
GALEANA	Ej. San Francisco. Javier, Paraje: El Cañoncito	08-May-05	3

car



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

383

ad *lu*





MUNICIPIO	LOCALIDAD	FECHA / HORA	HECTAREAS AFECTADAS
SANTIAGO	San Isidro	12-May-05	0.5
LINARES	Linares	02-Jun-05	2.5
RAYONES	Rayones	11-Jun-05	1.5
LINARES	Linares	11-Jun-05	56
GALEANA	Los Bayos	18-Jun-05	8
SANTIAGO	Predio: Los Rodriguez. "Las Nubes"	25-Jun-05	0.5
BUSTAMANTE	Sierra de Gomas	09-Jul-05	5
FTURBIDE	Ej. Sta. Rosa	09-Jul-05	4
VILLALDAMA	Sierra de Gomas- Racho. La Gloria	09-Jul-05	10
SALINAS VICTORIA	Sierra Picachos	02-Jul-05	1070
GALEANA	Ej. El Derramadero Paraje: La Habana	15-Jul-05	7
STA CATARINA	La Huasteca.- La Raya	01-01-06 / 07:00 Hrs.	0.10
GALEANA	Ej. La Laguna.- El Madroño	07-01-06 / 12:00 Hrs.	3.00
STA CATARINA	San Antonio de la Osamente	09-01-06 / 07:00 Hrs.	2.00
ALLENDE	La Chancaca	08-01-06 / 18:00 Hrs.	3.50
STA CATARINA	El Jonuco	09-01-06 / 20:30 Hrs.	1.00
ARAMBERRI	EJ. Los Cuartos	19-01-06 / 17:00Hrs.	0.25
SANTIAGO	Comunidad Laguna de Sánchez	02-02-06 / 11:00 Hrs.	1.50
MONTERREY	Cerro Topo Chico Col. Glora Mendiola	02-02-06 / 16:00 Hrs.	2.50
SAN PEDRO GARZA GARCÍA	Cerro Las Miltras Col El Obispo	04-02-06 / 15:00 Hrs.	2.50
GALEANA	Ej. La Laguna Cbta 58	09-02-06 / 09:00Hrs.	10.00
SANTIAGO	Puerto Genovevo - Los Comales	11-02-06 / 03:30 Hrs.	0.25
GALEANA	Ej. La Laguna; Arroyo El Tecolote. paraje: El Madroño	13-02-06 / 12:00 Hrs.	10.00
GARCÍA	Cerro "El FRAILE"	14-02-06 / 01:00 Hrs.	4.00
GALEANA	P.P. Carlos Arjona	18-02-06 / 09:00 Hrs.	5.00
SANTIAGO	San José de Boquillas-La Jacinta	16-02-06 / 23:00	20.00







MUNICIPIO	LOCALIDAD	FECHA / HORA	HECTAREAS AFECTADAS
		Hrs	
ZARAGOZA	P.P. El Toro; Ej. El Niño y San Antonio	20-02-06 / 12:00Hrs.	27.00
ZARAGOZA	Sierra La Atravesada, Ej. El Refugio, paraje La Guajolota	01-03-06 / 13:00 Hrs.	3.00
ZARAGOZA	El Niño y San Antonio	02-03-06 / 16:00 Hrs.	12.00
GALEANA	Sta. Ma. Del Socorro	07-03-06 / 16:30 Hrs.	40.00
GALEANA	Ej. Mimbres, Pto. Palomo	08-03-06 / 21:00 Hrs.	60.00
GALEANA	Ej. Corona del Rosal, Pto. De Cieneguilla	09-03-06 / 14:00 Hrs.	20.00
GALEANA	San-delfonso, Mimbres; Francisco. Javier	10-03-06 / 11:00 Hrs.	800.00
GARCÍA	Rinconada, Los Fierros	11-03-06 / 21:00 Hrs.	15.00
GALEANA	La Paz; El Cargadero	10-03-06 / 14:00 Hrs.	100.00
SANTIAGO	San José de Boquillas (Límites N.L. - COAH. Potrero de Abrego)	12-03-06 / 18:00 Hrs.	17.00
STA CATARINA	La Huasteca, 2a. Raya.	12-03-06 / 02:30 Hrs.	20.00
SANTIAGO	Cuartones	15-03-06 / 19:00 Hrs.	15.00
MONTEMORELOS	La Cebolla, Terreros.	15-03-06 / 22:00 Hrs.	1.00
SANTIAGO	San Sebastián : Pefitas	17-03-06 / 20:00 Hrs.	3.50
MONTERREY	El Uro	17-03-06 / 20:00 Hrs.	2.00
ZARAGOZA	El Salitre; Canoas.	20-03-06 / 14:00 Hrs.	8.00
STA CATARINA	Monterrey; El Uro- La Chancaca	26-03-06 / 21:00 Hrs.	110.00
EL CARMEN	Cerro EL FRAILE	03-04-06 / 15:00 Hrs.	1.00
ARAMBERRI	El Rodeo	06-04-06 / 11:00 Hrs.	300.00
SANTIAGO	Lagunillas	07-04-06 / 13:00 Hrs.	20.00
SANTIAGO	La Jacinta	08-04-06 / 10:00 Hrs.	0.25
ZARAGOZA	El Niño - Las Margaras	10-04-06 / 19:00 Hrs.	8.00

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

385




MUNICIPIO	LOCALIDAD	FECHA / HORA	HECTAREAS AFECTADAS
ZARAGOZA	Dulces Nombres.- La Pizaña	12-04-06 / 12:00 Hrs.	20.00
MONTERREY	Topo Chico	13-04-06 / 20:00 Hrs.	0.50
GARCÍA	Paso de Guadalupe.-Las Higueras	17-04-06 / 13:00 Hrs.	12.00
DR. ARROYO	Los Allitos	19-04-06 / 12:00 Hrs.	1.50
BUSTAMANTE	Sierra de Gomas	20-04-06 / 10:00 Hrs.	0.10
ZARAGOZA	El Melón	21-04-06 / 12:00 Hrs.	1.00
GALEANA	La Laguna	29-04-06 / 12:00 Hrs.	4.00
ZARAGOZA	Dulces Nombres	03-05-06 / 11:00 Hrs.	15.00
ZARAGOZA	El Niño y San Antonio	03-05-06 / 14:00 Hrs.	40.00
GALEANA	Cienega del Toro	08-05-06 / 18:00 Hrs.	1.00
SAN PEDRO GARZA GARCÍA	El Observatorio	08-05-06 / 17:00 Hrs.	0.01
SANTIAGO	Vitro Parque El Manzano	09-05-06 / 21:00 Hrs.	0.12
GALEANA	Sta. Clara.	13-05-06 / 12:00 Hrs.	2.00
LINARES	Las Crucitas	13-05-06 / 09:00 Hrs.	15.00
MONTERREY	Topo Chico	18-05-06 / 22:00 Hrs.	3.00
ZARAGOZA	Cerro San Antonio Peña Nevada, Las Viborillas	19-05-06 / 23:00 Hrs.	4.00
SANTIAGO	El Tejocote, Laguna de Sánchez	21-05-06 / 12:00 Hrs.	50.00
SAN PEDRO GARZA GARCÍA	Las Moras, Parque Ecológico "Chipinque"	21-05-06 / 16:00 Hrs.	0.09
MONTERREY	Cerro del Topo Chico	09-06-06 / 02:00 Hrs.	0.03
MONTERREY	Cerro del Topo Chico	14-06-06 / 00:00 Hrs.	1.00
SAN PEDRO GARZA GARCÍA	Parque Ecológico Chipinque, Paraje: Las Moras.	15-06-06 / 16:45 Hrs.	18.00
STA CATARINA	Parque Ecológico Chipinque, Paraje: Las Moras.	17-06-06 / 16:00 Hrs.	2.50
GALEANA	El Orto	18-06-06 / 11:30 Hrs.	0.50




 386

MUNICIPIO	LOCALIDAD	FECHA / HORA	HECTAREAS AFECTADAS
GALEANA	Ej. San Lucas, Cerro La Boorega, picacho La Mina.	20-06-06 / 16:00 Hrs.	1.00
VILLALDAMA	El Potrero	20-06-06 / 22:00 Hrs.	8.00
SALINAS VICTORIA	Sierra de Gomas	23-06-06 / 17:30 Hrs.	1.00
SALINAS VICTORIA	Sierra de Gomas.- Ej. Gomas	24-06-06 / 18:00 Hrs.	4.00
CHINA	P.P. Racho. Las Escaleras	20-07-06 / 16:00 Hrs.	135.00
RAYONES	Ej. Pedro Carrizales, Cerro Pico del Águila	23-07-06 / 19:00 Hrs.	0.50

DW

 **Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

[Handwritten signature]

7.3 Estimación de la amenaza por incendios forestales

Para contar con una estimación de las zonas en el estado de Nuevo León que presentan una mayor susceptibilidad a los incendios forestales, se tomó como base la metodología propuesta por el CENAPRED (2006) en sus Guías Básicas para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Esta metodología propuesta por el CENAPRED se adaptó a las características del área de estudio, tales como extensión territorial y características de la información disponible para realizar el análisis.

Factores considerados para estimar la amenaza por incendios forestales

Los factores más importantes que permiten determinar la susceptibilidad a presentarse incendios forestales son:

- Temperatura
- Precipitación
- Vegetación

La temperatura y precipitación permiten determinar el componente meteorológico del índice de peligro de incendios forestales, este componente meteorológico, de acuerdo a la metodología propuesta por el CENAPRED es el más importante, ya que los periodos de sequía están directamente relacionados con la cantidad de lluvia, lo que impacta directamente en la humedad del material combustible, además, las altas temperaturas en combinación con otras condiciones, como la incidencia del sol, pueden llegar a generar incendios.

El tipo de vegetación es una variable muy importante para el análisis del Índice de peligro de incendios forestales, ya que una vegetación más densa aumenta la posibilidad de ocurrencia de incendios, así como su intensidad, al contar con una mayor carga de material combustible.

Mapas temáticos

La metodología utilizada es de tipo espacial (CENAPRED, 2006), la cual permite establecer el nivel de peligro pre-incendio. El resultado que arroja el modelo es un índice de peligro por incendios forestales, determinado por un análisis multicriterio de las variables, con el que se establece una escala que normaliza sus valores. Las variables que intervienen en el modelo adaptado a las características del área de estudio son: material combustible y caracterización meteorológica de la zona.

El material combustible está representado por el tipo de vegetación, por su parte la caracterización meteorológica está representada por la temperatura y precipitación media anual.

Temperatura

El clima del estado es semiseco extremo en su mayor parte, propicio para la generación de incendios forestales. En el cañón del Huajuco y la zona citrícola se halla un microclima subtropical, mientras que en la Sierra Madre el clima es templado, la mitad norte del territorio es de clima estepario con veranos muy cálidos e inviernos considerablemente fríos, presentándose heladas con frecuencia en el invierno o incluso nieve.

Los climas seco y semiseco se distribuyen principalmente en la región nororiental, la cual forma parte de la Gran Llanura de Norteamérica; y en la región suroccidental, separada de la primera por las alturas de la Sierra Madre Oriental. Se caracterizan principalmente porque la evaporación

excede a la precipitación. Asociados a estos climas se encuentran tipos de vegetación xerófila como los matorrales desérticos.

En áreas menores de la región de la sierra, en la zona del centro y sur de la entidad y en gran parte de la cuenca del Río San Juan se registran los climas semicálidos, templados y semifríos, clima extremo que va desde semiseco en la ciudad de Monterrey hasta sub húmedo en Allende, al sur de la Sierra Cerro de la Silla.

El mapa temático de temperatura se generó a partir de información de temperatura máxima promedio de la CONABIO, la cual se normalizó de 1 a 0, de tal forma que el valor de 1 corresponde a la máxima temperatura promedio en el estado, el resto de los datos se normalizaron con respecto a este valor máximo, obteniendo valores entre 1 y 0 (ver figura 7.3.1).

Este mapa nos permite identificar aquellas regiones en el estado de Nuevo León donde se presentan las máximas temperaturas (zonas marcadas en color rojo), a diferencia de aquellas regiones donde las temperaturas no son tan elevadas (zonas marcadas en color azul); ya que de acuerdo a la metodología propuesta por el CENAPRED (2006), las altas temperaturas en combinación con otros factores como la escasa precipitación, son factores condicionantes para la ocurrencia de un incendio forestal.






Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



389

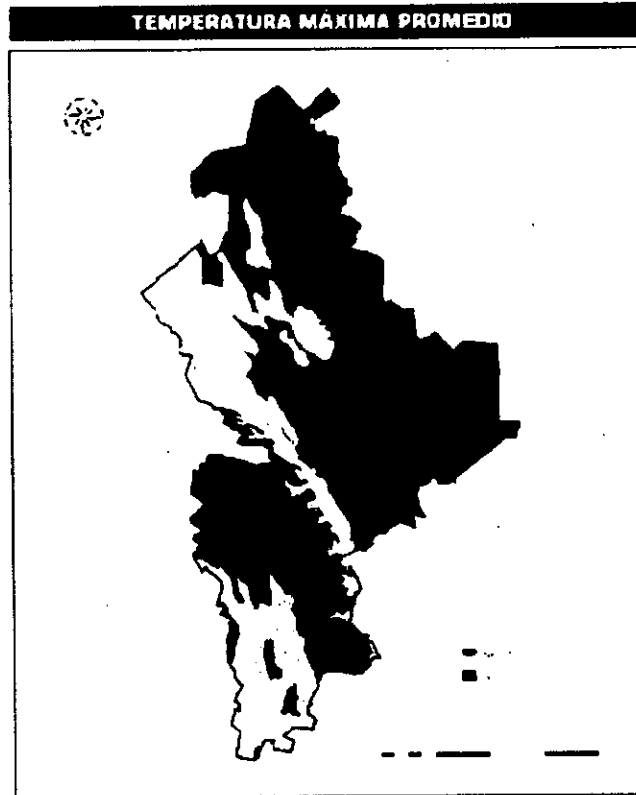


Figura 7.3.1 Distribución de la temperatura máxima promedio ponderada en el estado de Nuevo León.

Precipitación

La precipitación pluvial puede llegar a ser escasa gran parte del año en el estado, aunque se cuenta con regiones que registran lluvias anuales mayores de 800 mm. La media general anual del estado oscila entre 300 y 600 mm. Pero en algunas zonas del estado están sometidas a las frecuentes y prolongadas sequías, que afectan tanto a los sectores agrícola, pecuario y forestal, como al abastecimiento de agua para consumo humano e industrial.

El mapa temático de precipitación se generó a partir de la información de precipitación media anual de la CONABIO, la cual se normalizó de 1 a 0, de tal forma que el valor de 1 corresponde a la

dw



Secretaría de **DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

dw

menor precipitación media anual en el estado, el resto de los datos se normalizaron con respecto a este valor mínimo, obteniendo valores entre 1 y 0 (ver Figura 7.3.2).

Este mapa nos permite identificar aquellas regiones en el estado de Nuevo León donde la precipitación media anual es menor (zonas marcadas en color rojo), y por lo tanto presentan mayor susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales, ya que de acuerdo a la metodología propuesta por el CENAPRED (2006), al presentarse menores precipitaciones el material combustible se encuentra menos húmedo, constituyendo un factor relevante para la ocurrencia de un incendio forestal; al contrario de aquellas regiones del estado donde la precipitación media anual es mayor (zonas marcadas en color azul) y por lo tanto menos susceptibles a la ocurrencia de incendios.

DL



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

sd *RL*

391

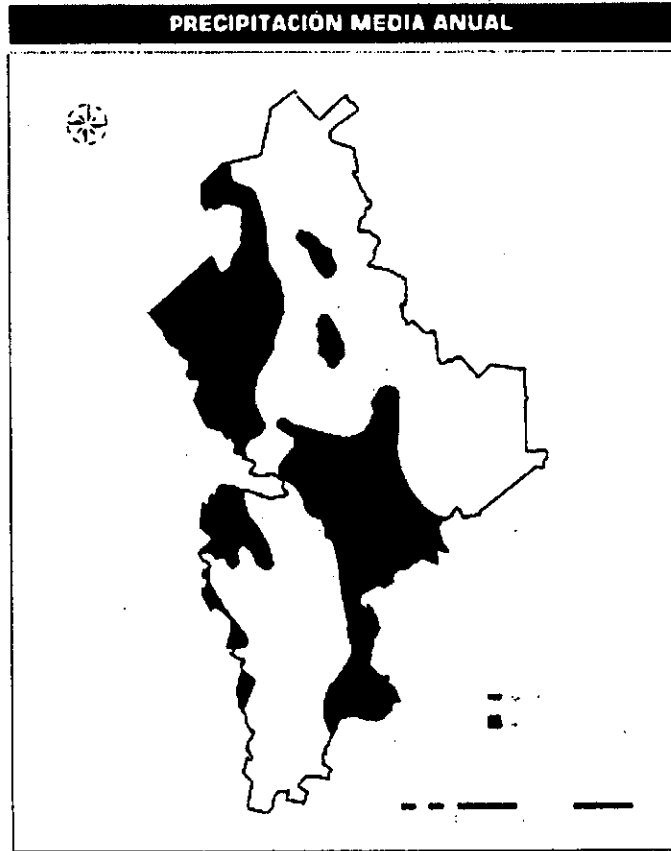




Figura 7.3.2 Distribución de la precipitación media anual ponderada en el Estado de Nuevo León.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Vegetación

La vegetación del estado de Nuevo León está caracterizada por el matorral y los pastizales en las regiones bajas, así como los pinos y encinos en las sierras.

El matorral es el tipo de vegetación predominante en Nuevo León, con el 67.25% del territorio. Dentro de esta clasificación se encuentran especies como fresno, anacahuita, cenizo, huizache y lechuguilla. Le sigue la vegetación de mezquital, con 9.46 % de la superficie, localizándose en esta superficie la gavia, orégano, barreta, granjeno y el mezquite.

En tercer lugar está el bosque, con 9% de la superficie, destacando la existencia de pino chino, pino lacio, encino prieto y blanco, así como cedro. Sólo el 6.72 % del territorio es apto para la agricultura, en donde se cultivan maíz, frijol, sorgo, trigo y cebada. Finalmente, en proporciones menores al 3 %, se localiza el pastizal y el chaparral.

A partir de la información digital de la cobertura vegetal y uso de suelo de la CONABIO, se realizó un análisis del tipo de vegetación existente, la cual está agrupada de la siguiente forma:

- Bosque de coníferas distintas a Pinus
- Bosque de encino
- Bosque de pino
- Chaparral
- Manejo agrícola, pecuario y forestal (plantaciones)
- Matorral desértico micrófilo
- Matorral espinoso tamaulipeco, submontano y subtropical
- Matorral rosetófilo
- Matorral sarcocrasicaule
- Mezquital-huizachal
- Pastizal natural
- Vegetación de galería
- Vegetación de suelos arenosos
- Vegetación halófila y gipsófila
- Áreas sin vegetación aparente

Se realizó una reclasificación de los diferentes tipos de vegetación para reducir el número de grupos, en función de sus características y susceptibilidad a la ocurrencia de incendios forestales. De esta manera, la vegetación asociada a los bosques se unió en un solo grupo, ya que sus características y densidad de vegetación son similares.

Los diferentes tipos de matorral se agruparon en uno solo, debido a su similitud biológica y a que este grupo reúne las comunidades arbustivas de las zonas áridas y semiáridas, con clima seco estepario, desértico y templado con lluvias escasas. Esta flora se caracteriza porque presenta un número variable de adaptaciones a la aridez, como son la microfilla, la presencia de espinas y la pérdida de hojas en temporadas desfavorables. En otro grupo se consideró el Mezquital y el Chaparral, que son especies arbustivas y arbóreas que difícilmente sobrepasan los 12 m de altura. En general los dos grupos anteriores, que están incluidos dentro de los matorrales xerófilos, por las condiciones climáticas en que se desarrollan, no son propicios para la agricultura ni la ganadería intensiva, por lo que no han sido tan perturbados por las actividades antropogénicas.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

393

El grupo del pastizal, abarca aquella vegetación dominada por las gramíneas o pastos, donde los arbustos y árboles son escasos, están dispersos y sólo se concentran en las márgenes de ríos y arroyos.

El grupo de vegetación halófila abarca a una comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies herbáceas y arbustivas de escasa cobertura. Se desarrolla sobre suelos con alto contenido de sales. Las especies más abundantes corresponden estrictamente a halófitas como chamizo (*Atriplex* spp.), romerito (*Suaeda* spp.), vidrillo (*Batis maritima*), hierba reuma (*Frankenia* spp.), alfombrilla (*Abronia maritima*) y lavanda (*Limonium* spp). El uso principal de algunas especies de esta comunidad son alimento para el ganado bovino, tal es el caso del chamizo (*Atriplex* spp.) y algunas especies de pastos como zacate toboso (*Hilaria* sp.) y zacate (*Eragrostis obtusiflora*). En este mismo grupo se incluyó la vegetación gipsófila, propia de ambientes donde existe yeso y la cual generalmente está asociada a la vegetación halófila. La extensión de la vegetación de galería es mínima y está asociada a zonas de cauces y arroyos, donde existe el potencial para la erosión por desbordamiento.

Los grupos de vegetación empleados para este análisis son los siguientes:

Vegetación
Bosque
Matorral
Mezquital-Chaparral
Agricultura
Pastizal
Halófila

La Figura 7.3.3 muestra el mapa temático de vegetación reclasificado.

new



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

de

de

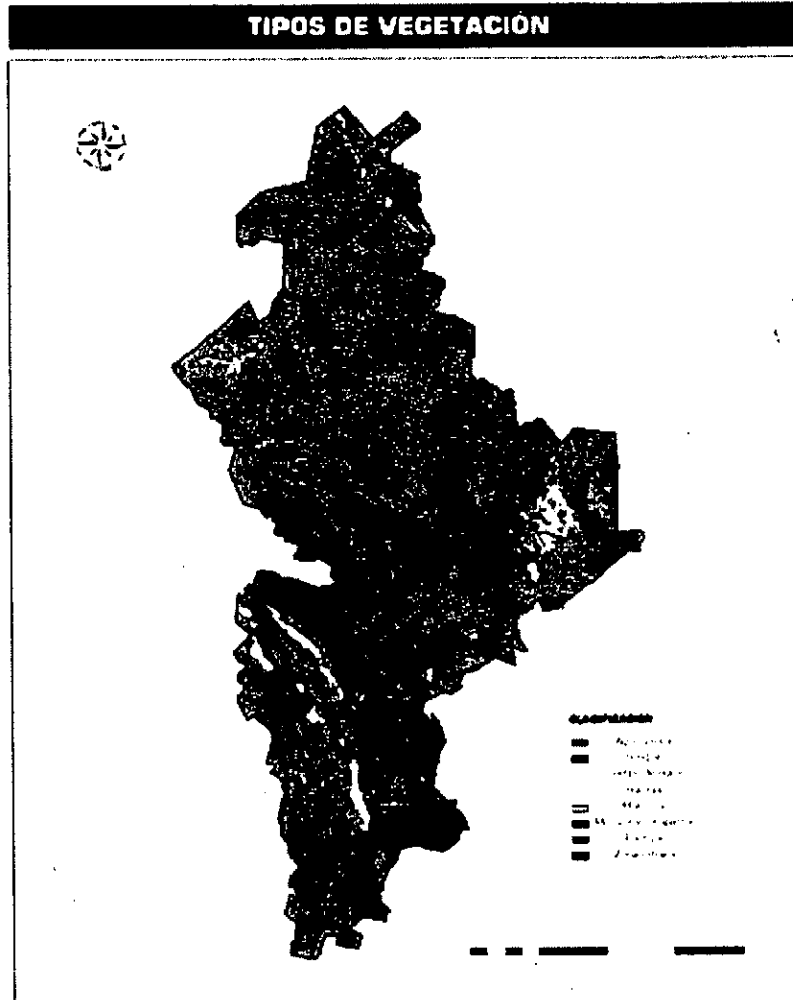



Figura 7.3.3 Distribución de grupos reclasificados por tipo de vegetación.

AW


 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

[Handwritten signature]

7.4 Zonificación de peligro por incendios forestales de Nuevo León

Empleando la metodología propuesta por el CENAPRED (2006) y adaptada a las características del área de estudio, se obtuvo la siguiente zonificación por incendios forestales para el estado de Nuevo León.

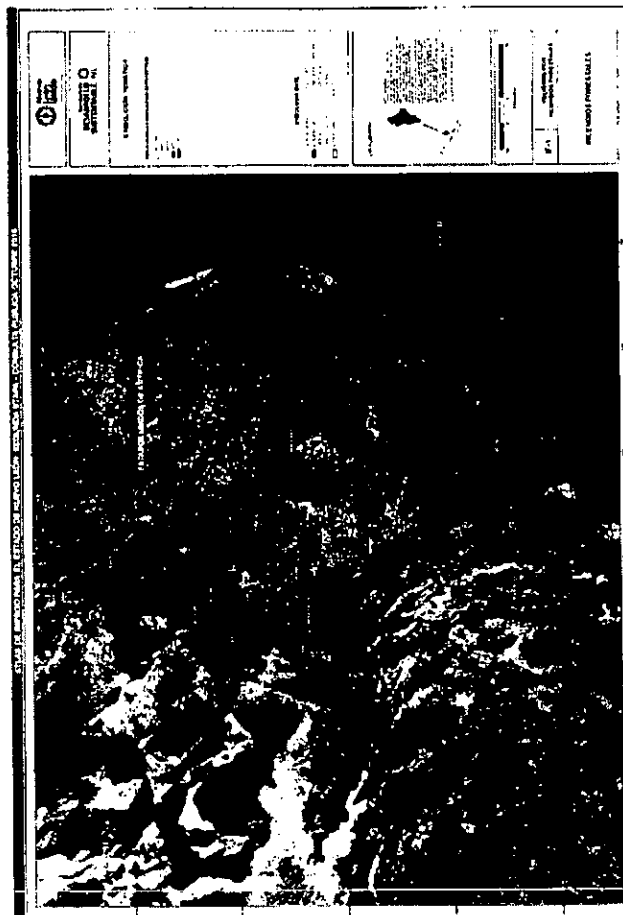


Figura 7.4.1 Zonificación de Incendios forestales para el estado de Nuevo León.

Handwritten initials: CW

Nuevo León
orden y justicia
SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE NL
Handwritten initials: M

La zonificación presentada se obtuvo de acuerdo a la información digital geo-referenciada disponible para ser empleada en Sistemas de Información Geográfica (SIG), así como de acuerdo a las características y extensión del área de estudio. Esta zonificación permite identificar las regiones en el estado que de acuerdo a las principales variables que intervienen en la ocurrencia de los incendios forestales (temperatura máxima promedio, precipitación media anual y tipo de vegetación) presentan una mayor susceptibilidad a la ocurrencia de incendios. La susceptibilidad se representa a través del índice de peligro por incendios forestales (CENAPRED, 2006), el cual se define como la condición latente existente en un lugar para la generación de incendios.

De acuerdo a la metodología propuesta por el CENAPRED (2006), el componente meteorológico es el más importante para la ocurrencia de un incendio forestal, ya que aquellas regiones donde se presentan mayores precipitaciones medias anuales y menores temperaturas, son menos susceptibles a la ocurrencia de un incendio forestal; a diferencia de aquellas regiones donde llueve poco y la temperatura máxima promedio es muy elevada, ya que la vegetación se encontrará muy seca y propicia para incendiarse.

La identificación de las regiones con mayor índice de peligro por incendios forestales en el estado, permitirá plantear estrategias de control y combate de incendios, de tal manera que los recursos humanos destinados para las labores de control y combate sean dirigidos a las zonas donde se espera un mayor grado de peligro.

pw



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

[Signature]

397

8. PROPUESTAS DE MITIGACIÓN

Las medidas de mitigación se identifican como obligaciones de dar, de hacer y de no hacer, atendiendo a lo que se establece en el Art. 164 de la Ley de Desarrollo Urbano del Estado, en su apartado VII.

Esta Segunda Etapa del Atlas de Riesgo del Estado de Nuevo León contiene en este Capítulo 8, PROPUESTAS DE MITIGACIÓN, una amplia descripción de las medidas de hacer y de no hacer, por lo que únicamente se adiciona lo siguiente:

1.- Medidas de mitigación para riesgos geológicos.

Las medidas de mitigación de dar, para los mecanismos de falla por **deslizamiento, volteo y caída de rocas**, consisten en:

Permitir a las autoridades correspondientes el acceso a las áreas para la ejecución de acciones preventivas o correctivas
Dar usos a las zonas afectadas sin desestabilizar el terreno.

2.- Medidas de mitigación recomendadas para los riesgos hidrometeorológicos.

Las medidas de mitigación consistentes en la obligación de dar para los riesgos de **inundación, encharcamiento y arrastre de sedimentos y materia orgánica** son las siguientes:

Permitir a las autoridades correspondientes el acceso para la ejecución de acciones correctivas o preventivas
Dar uso a los predios sin invadir las planicies de inundación

Las medidas de mitigación para los riesgos geológicos e hidrometeorológicos:

- No son limitativas
- No son de aplicación automática
- Requieren de selección y aplicación mediante estudio y dictamen realizado por un experto autorizado

3.- Medidas de mitigación recomendables para riesgos antropogénicos.


Las medidas de mitigación consistentes en la obligación de dar, para los riesgos **antropogénicos**, son las siguientes:

Para todos los tipos de riesgo antropogénico:

- Químico-tecnológicos.
- Sanitario-ambientales.
- Socio-organizativos.
- Alerta permanente
- Vigilancia constante
- Comunicación oportuna

Nota: estas medidas detalladas, pertenecen al ámbito de las Direcciones de Protección Civil y se rigen por las leyes correspondientes.

DF




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

DF

398

Las medidas de mitigación consistentes en la obligación de hacer, son las siguientes (en general):

- Verificar el cumplimiento de las normas de seguridad en las gaseras y gasolineras
- Vigilar que no se invada las zonas de amortiguamiento para gaseras
- Vigilar que se respete las zonas de amortiguamiento de la Refinería Cadereyta
- Vigilar que se respete las zonas de amortiguamiento para plantas de gas licuado
- Vigilar que se respete las zonas de amortiguamiento de las instalaciones industriales
- Vigilar que no se invada la zona de amortiguamiento de las pedreras y caleras
- Vigilar el respeto del derecho de paso de los ductos de PEMEX y/o gasoductos
- Verificar el cumplimiento de las reglas de seguridad en Centros Comerciales, cines y teatros, estadios, centros escolares, casinos y centros de diversión y cualesquier otros lugares de concentración masiva de personas
- Verificar el equipamiento de seguridad y el estado físico del mismo en todos los lugares de concentración masiva de personas: salidas de emergencia, extintores, hidrantes, tierras físicas para instalaciones eléctricas, etc.
- Conocer el cupo de los lugares de concentración masiva de personas y vigilar que no se sobrepase
- Vigilar que se revise periódicamente el estado mecánico y las condiciones de seguridad de los vehículos que transportan combustibles u otros productos peligrosos
- Monitorear la correcta disposición de los residuos sólidos
- Poner especial atención a verificar la correcta disposición de los desechos de hospitales y clínicas, hoteles y rastros
- Asegurar que las entidades que manejan residuos peligrosos los concentren en las instalaciones de RIMSA en el Municipio de Mina

Las medidas de mitigación consistentes en la obligación de no hacer, son las siguientes (en general):

- No respetar los señalamientos de seguridad en gaseras y estaciones de servicio
- No atender los llamados e instrucciones de Protección Civil en cualquier circunstancia
- Tener en malas condiciones las instalaciones eléctricas (hogar y negocios)
- No obedecer las instrucciones de seguridad en los sitios de concentración masiva
- Tirar basura en cualquier parte
- Disponer incorrectamente de plásticos, cartuchos de impresión, baterías de todo tipo, medicamentos y residuos hospitalarios
- No equipar con extintores los sitios de concentración masiva
- Cerrar indebidamente las salidas de emergencia de cualquier edificación que las requiera
- Manejar explosivos sin permiso



399

8.1 Riesgos Hidrometeorológicos

A continuación se presentan algunas medidas y planes de mitigación contra inundaciones, las cuales podrán emplearse en el estado de Nuevo León para reducir los efectos adversos de los fenómenos hidrometeorológicos.

Es importante mencionar que la aplicación de las tecnologías aquí mencionadas, requiere de estudios detallados a cada situación que en específico se presente en las zonas donde se pretenda utilizar.

Entre las medidas más importantes se tienen aquellas orientadas a disminuir la erosión con técnicas de cultivo, las cuales permitirán contar con coeficientes de escurrimiento menores y la consecuente disminución de las avenidas asociadas a un periodo de retorno determinado. Diques artificiales

Los diques artificiales pueden ser utilizados para prevenir las inundaciones de los campos adyacentes a los ríos; también se utilizan para encajonar el flujo de los ríos a fin de darle un flujo más rápido. Son conocidos como diques de contención.

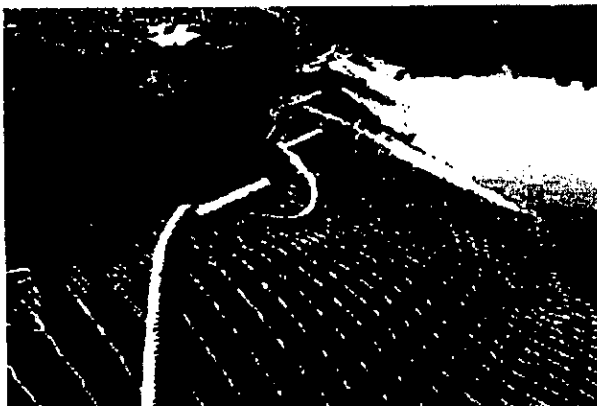


Figura 8.1.1 Dique de contención.

AW

sd *AK*
Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

400

Gaviones

Son utilizados como muros de contención, los cuales están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados, constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos.

Utilizados para conservación de suelos, el gavión evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones. La erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en las partes bajas.



Figura 8.1.2 Gavión.

Filtros en drenajes pluviales

Esta medida consistente en la instalación de sistemas que impidan el paso de materiales no deseados que puedan obstruir el paso del agua y provocar la sobresaturación del drenaje y por consiguiente inundaciones.

Handwritten signature



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

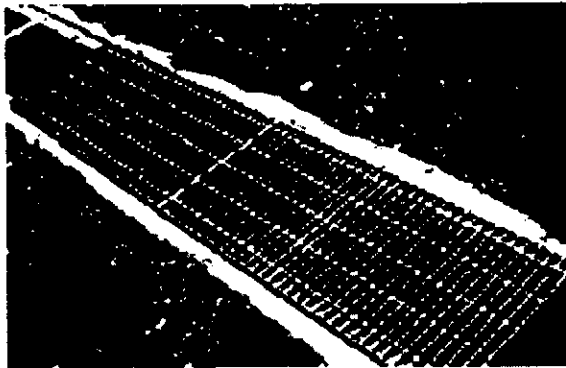


Figura 8.1.3 Rejilla Pluvial.

Barreras en taludes

La protección del talud es un procedimiento que se realiza para proteger los taludes de obras de ingeniería, o taludes naturales, contra los daños causados por el escurrimiento del agua o el avataar de las ondas de un lago o río contra sus márgenes.

La protección de los taludes se realiza de varias formas:

- Mediante la plantación de especies vegetales apropiadas a crecer en el agua, como por ejemplo la totora.
- Recubriendo las márgenes, en la franja donde oscila el agua de un enrocado, (rocas sueltas acomodadas en forma más o menos irregular en el talud a ser protegido, sistema denominado generalmente como enrocado. Este método es muy usado en los taludes aguas arriba de las presas hidráulicas.



Figura 8.1.4 Barreras en Taludes.

Handwritten initials and signatures are present in this area.

Zanjas de infiltración

Son pequeños canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen transversalmente a la máxima pendiente del terreno y siguiendo las curvas de nivel, con el propósito de reducir la longitud de recorrido del agua de escorrentía, de tal modo que el caudal y la velocidad del agua de escorrentía es controlada a lo largo de la ladera; consecuentemente la energía erosiva del agua disminuye y la erosión del suelo que se produzca será menor.

Las zanjas de ladera son efectivas en pendientes hasta de 50%. En terrenos donde el suelo es poco profundo (menor de 50 cm), son las obras físicas más adecuadas.

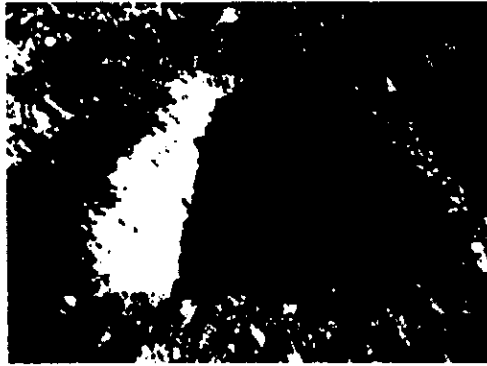


Figura 8.1.5 Zanjas de infiltración.

Terrazas de Absorción

Las terrazas de banco son plataformas o bancos escalonados, construidos transversales a la pendiente y separadas por taludes de tierra o muros de piedra protegidos con vegetación. El ancho del banco varía con la pendiente, el cultivo y la profundidad del suelo. Son la medida más eficaz para controlar la erosión pero su costo es considerable.

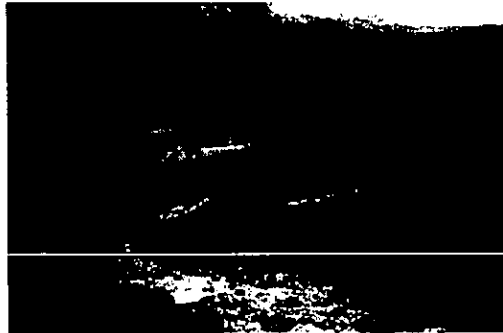


Figura 8.1.6 Terrazas de absorción.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Techo verde

Un techo verde, azotea verde o cubierta ajardinada es el techo de un edificio, casa o cualquier construcción que está parcial o totalmente cubierta de vegetación, ya sea en suelo o en un medio de cultivo apropiado, estos colaboran a la disminución del gasto escurrido al cambiar el coeficiente de escurrimiento en el área que están instaladas, la cual es cercana al 100 % en las zonas urbanas.

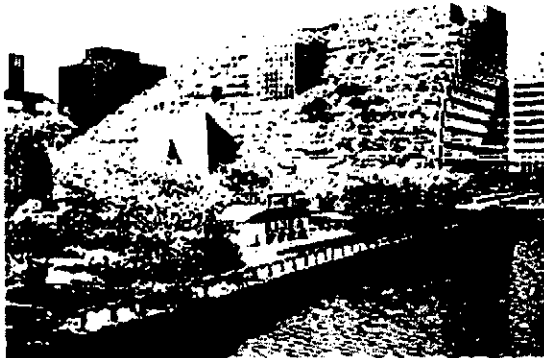


Figura 8.1.7 Techos verdes.

Canales revestidos

Los canales revestidos permiten velocidades altas de la escorrentía, disminuyen las filtraciones y requieren de secciones transversales reducidas. Sin embargo, su costo y duración dependen de la calidad del revestimiento y del manejo adecuado que se de a las aguas subsuperficiales. Los materiales de revestimiento pueden ser arcilla, suelo-cemento, ladrillo, losas de concreto simple o reforzado, piedra pegada, etc.



8.1.8 Canal revestido.





Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Sistema Pneurol

Sistema de estabilización de taludes a base de neumáticos desechados, geotextil y relleno de tierra.



Figura 8.1.9 Sistema Pneurol.

Sistema Loffel

Es un elemento de un sistema para muros de contención prefabricado que llama la atención por su forma arquitectónica, evita la erosión superficial, deslizamientos locales y permiten la siembra de plantas.

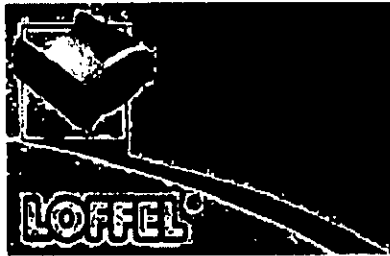


Figura 8.1.10 Sistema Loffel.

Geocell

El cuerpo de Ingenieros del Ejército Estadounidense (USACE) experimentó con diferentes métodos que se podrían utilizar para realizar un confinamiento de la arena durante un asalto anfibio. La solución que planteaban era un producto en el cual se sueldan tiras de plástico de forma que, cuando se produce una dilatación, las tiras soldadas forman un panel rectangular compuesto de celdas individuales similares a un panal de abeja. Hoy en día, ingenieros civiles de todo el mundo emplean este mismo concepto para conseguir confinamiento del material in situ. El nombre genérico de este producto desarrollado en el USACE es la Geocell, el cual tiene las siguientes aplicaciones:

- Protección frente a la erosión producida en taludes
- Revestimiento de canales
- Estabilidad del terreno
- Estructura de contención de tierras

Handwritten signatures and initials.





Figura 8.1.11- Sistema Geocell.

Geomanta

Se denomina Manta Control de Erosión (Geomanta) a una red armada de fibras naturales y/o sintéticas que se colocan sobre la superficie del suelo con el objetivo de crear una protección inmediata contra el efecto erosivo de la gota de lluvia, potenciar el crecimiento de la vegetación y proteger la hidrosiembra (si la hubiera).

La hidrosiembra consiste en la proyección de una mezcla homogénea de agua, semilla, mulch, adherentes y fertilizante mediante un equipo de alto caudal. Es una técnica de siembra a distancia, ultra rápida que permite proyectar vía aspersión, una solución completa sobre el terreno desnudo, sea este plano o inclinado.



Figura 8.1.12 Geomanta.

SW

ed *NL*
Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Sistema Criblock

Es un sistema de contención ecológico formado de piezas prefabricadas de concreto reforzado con varilla de 5/8".



Figura 8.1.13 Criblock.

Canales excavados

El diseño de los canales excavados está limitado por las velocidades de flujo, la carga de sedimentos y las filtraciones hacia terrenos adyacentes a través del fondo y las orillas. En terrenos erosionables los canales excavados terminan siendo similares a las corrientes naturales al cabo del tiempo, ya que pierden su geometría inicial por causa de los procesos de degradación, socavación y ataque contra las márgenes.



Figura 8.1.14 Canales excavados.

Handwritten initials and signatures, including 'ed' and 'NW'.



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Sistema de captación de aguas pluviales

Se basa en utilizar la superficie del techo de viviendas como captador de agua de lluvia. El agua es dirigida por canaletas hacia tanques de almacenamiento, los tanques pueden ser construidos de concreto y utilizar bambú para las canaletas.

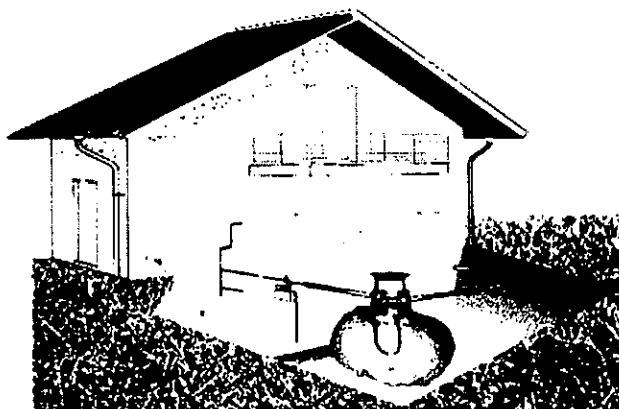


Figura 8.1.15 Sistema de captación.

Tapetes de concreto flexible ecológicos

Los tapetes de concreto flexible ecológico son un sistema de protección contra la erosión, utilizado en diferentes tipos de suelo para contrarrestar los efectos erosivos por corrientes fluviales, pluviales e incluso la erosión eólica.



Figura 8.1.16 Tapete de concreto flexible.

Handwritten initials: "CW" and "ed".



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Mallas orgánicas

Las mallas orgánicas permiten ayudar en la sujeción o refuerzo de suelos ante pendientes considerables o sometidas a niveles de erosiones indeseadas.

Con estas mallas orgánicas se consiguen objetivos como:

- Absorción de la energía cinética producida por la partícula erosiva de la gota de agua y viento.
- Aumento de la capacidad de campo o de retención de agua de suelo, al evitar la pérdida de agua por evaporación.
- Regular la temperatura del suelo al amortiguar su exposición al frío y al calor.
- Constituir como un elemento que se incorpora al suelo formando con éste un horizonte orgánico.

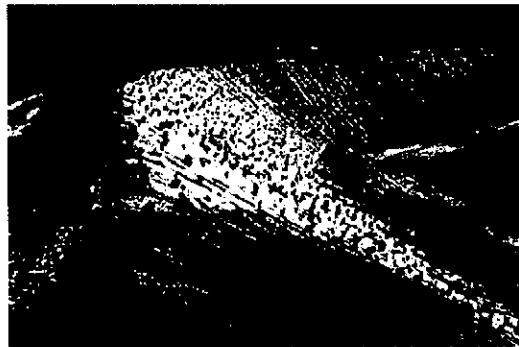



Figura 8.1.17 Malla orgánica.

Medidas de control de la erosión en la agricultura

Surcos y fajas en contorno

El cultivo en contorno o en curvas de nivel es una de las prácticas más simples y de gran eficiencia en el control de la erosión; consiste en realizar todas las labores y operaciones culturales de una parcela agrícola "en contorno", o sea a curvas de nivel. Los cultivos en contorno se siembran transversalmente a la pendiente máxima del terreno. Incluso la labranza se hace transversalmente a la pendiente del terreno.

DW




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

409



Figura 8.1.18 Surcos y fajas de contorno.

Rotación de cultivos

Consiste en la sucesión recurrente o renovación regular de los cultivos en un mismo terreno. Se trata de organizar los diversos cultivos del agricultor, de manera que cada uno de ellos se instale secuencialmente en la misma parcela en las diferentes campañas agrícolas. Es una práctica muy antigua que controla la erosión y mantiene la productividad de los terrenos.

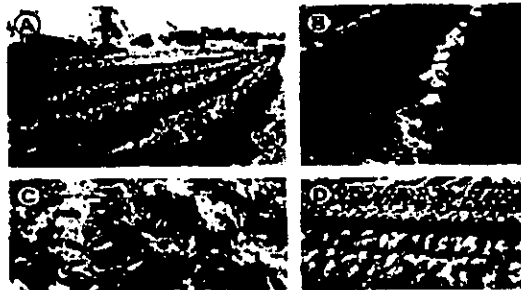


Figura 8.1.19 Rotación de cultivos.

Cobertura muerta

Comprende a todos los residuos o rastrojos vegetales que se dejan sobre el suelo. La cobertura del suelo con rastrojos es bastante eficaz para luchar contra la erosión, ya que protege a nivel del suelo, formando una cobertura contra la erosión por el impacto de las gotas de la lluvia y la constitución de una sobre capa. A estos residuos vegetales o rastrojos por ser tejidos en descomposición y cubrir el suelo se les conoce con el nombre de cobertura vegetal muerta o mulch.

Handwritten initials "DW" and "AG" are present. Below them is the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL, which includes the text "Gobierno del Estado de Nuevo León" and "Comando en Jefe".



Figura 8.1.20 Cobertura muerta.

Reforestación

La reforestación está orientada a:

- Mejorar el desempeño de la cuenca hidrográfica.
- Crear áreas de protección para el ganado, en sistemas de producción extensiva.
- Crear barreras contra el viento para protección de cultivos.
- Disminuir la erosión.
- Proveer madera para uso como combustible doméstico.
- Crear áreas recreativas.
- Proteger contra avenidas súbitas

Para la reforestación es recomendable utilizar especies autóctonas, o bien especies importadas, generalmente de crecimiento rápido. Las plantaciones y la reforestación de las tierras deterioradas y los proyectos sociales de siembra de árboles producen resultados positivos, por los bienes que se producen y por los servicios ambientales que prestan.



Figura 8.1.21 Reforestación.

aw


Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**




Tabla 8.1.1 Medidas de mitigación.

FENOMENO HIDROMETEOROLÓGICO	CAUSA	GRADO DE URBANIZACIÓN	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
ARRASTRE DE SEDIMENTOS Y MATERIA ORGÁNICA	LA DEFORESTACIÓN PRINCIPALMENTE AZOLVE, ENSANCHAMIENTO DE CAUCES, DESEMBOCADURAS A CUERPOS DE AGUA Y TAMBIÉN OBSTRUCCIONES QUE BAJAN LA VELOCIDAD DEL FLUJO	ALTA	GAVIONES, BARRERAS EN TALUD DE CERROS, ZANJAS DE INFILTRACIÓN, TERRAZAS DE ABSORCIÓN, MEDIDAS DE CONTROL DE LA EROSIÓN EN LA AGRICULTURA, CANALES REVESTIDOS, SISTEMA PNEUSOL, SISTEMA LOFFEL, SISTEMA GEOCELL, GEOMANTA, SISTEMA CRIBLOCK, CANALES EXCAVADOS, TAPETES DE CONCRETO FLEXIBLE ECOLÓGICOS, MALLAS ORGÁNICAS Y REFORESTACIÓN.
		MEDIA	GAVIONES, BARRERAS EN TALUD DE CERROS, ZANJAS DE INFILTRACIÓN, TERRAZAS DE ABSORCIÓN, MEDIDAS DE CONTROL DE LA EROSIÓN EN LA AGRICULTURA, CANALES REVESTIDOS, SISTEMA PNEUSOL, SISTEMA LOFFEL, SISTEMA GEOCELL, GEOMANTA, SISTEMA CRIBLOCK, CANALES EXCAVADOS, TAPETES DE CONCRETO FLEXIBLE ECOLÓGICOS, MALLAS ORGÁNICAS Y REFORESTACIÓN.

		BAJA	ROLLOS EN LADERAS DE LOS RÍOS COMO DIQUES ARTIFICIALES, GAVIONES, BARRERAS EN TALUD DE CERROS Y REFORESTACIÓN.
DESBORDAMIENTOS DE CORRIENTES POR PRECIPITACIÓN PLUVIAL	CRECIDAS DEL RIO	ALTA	FILTROS EN DRENAJES PLUVIALES, TECHOS VERDES, TANQUES DE ALMACENAMIENTO, SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y REFORESTACIÓN.
		MEDIA	FILTROS EN DRENAJES PLUVIALES, TECHOS VERDES, TANQUES DE ALMACENAMIENTO, SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y REFORESTACIÓN.
		BAJA	FILTROS EN DRENAJES PLUVIALES Y REFORESTACIÓN.
INUNDACIÓN PLUVIAL	SE PRESENTAN POR LA SOBRESATURACIÓN DEL SUELO ASÍ COMO EL CAMBIO DEL DRENAJE NATURAL POR ALTERACIONES AL USO DE SUELO	ALTA	CANALES REVESTIDOS, CANALES EXCAVADOS, TAPETES DE CONCRETO FLEXIBLE ECOLÓGICOS, DIQUES ARTIFICIALES, GAVIONES, BARRERAS EN TALUD DE CERROS Y REFORESTACIÓN.
		MEDIA	CANALES REVESTIDOS,

413



 Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL



			CANALES EXCAVADOS, TAPETES DE CONCRETO FLEXIBLE ECOLÓGICOS, DIQUES ARTIFICIALES, GAVIONES, BARRERAS EN TALUD DE CERROS Y REFORESTACIÓN.
		BAJA	CANALES REVESTIDOS, CANALES EXCAVADOS, TAPETES DE CONCRETO FLEXIBLE ECOLÓGICOS, DIQUES ARTIFICIALES, GAVIONES, BARRERAS EN TALUD DE CERROS Y REFORESTACIÓN.

adw



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

ad

ad

8.2 Riesgos geológicos

8.2.1 Esquema general de mitigación para procesos de remoción en masa.

En este apartado se describen los métodos de estabilización frecuentemente usados en rocas, con la finalidad de llegar a un esquema general aplicable a la zona de montañas plegadas del Estado de Nuevo León, que permita acotar las posibles obras de mitigación para los diferentes mecanismos potenciales de falla, aunque es importante aclarar que este esquema es una guía general que no sustituye los estudios y análisis detallados que son necesarios para realizar cualquier trabajo de estabilización.

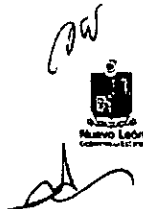
Los principales tipos de falla que se pueden presentar en las zonas de laderas marcadas como potencialmente inestables (media, alta y muy alta susceptibilidad) se pueden sintetizar en los siguientes casos particulares:

- Falla por volteo singular o múltiple de bloques tabulares o columnares en zonas abruptas o escarpes de falla, o bloques previamente afallados que han sido moldeados con el tiempo y que presentan condiciones de apoyo particularmente precarias.
- Falla por volteo con flexión de capas en zonas escarpadas, con estratos sometidos a plegamiento y disposición de capas verticales, con echado en contra del talud.
- Falla por deslizamiento de bloques, ya sea a través de una superficie plana, compuesta o curva, donde las discontinuidades tienen un echado favorable al deslizamiento.
- Falla por deslizamiento de bloques o cuñas, delimitados por dos o más familias de fracturamiento, donde la línea de intersección de las discontinuidades aflora en la cara del talud, siendo cinemáticamente admisible el deslizamiento en cuña.
- Falla por caída asociada al desprendimiento de bloques que están en cantiliver (sin apoyo en la base) o en una situación precaria de estabilidad en zonas de fuerte pendiente.
- Falla por caída asociada al rodamiento de bloques simplemente apoyados sobre las laderas, de geometría irregular o subredondeada, ya sea por erosión o pérdida de apoyo al pie en caso de lluvias, acciones mecánicas o por empujes horizontales en caso de acciones sísmicas.

En el estudio de un talud es necesario el diseño de medidas para estabilizarlo, existiendo una amplia variedad de tratamientos a adoptar en función de las condiciones de cada caso. Los estudios para la corrección de un talud han de partir, necesariamente, de un conocimiento detallado de las propiedades intrínsecas de los materiales, la geometría del talud y los factores externos que influyen en su inestabilidad. La aplicación de uno u otro tratamiento de estabilización y corrección requiere de una importante valoración previa, desde un punto de vista técnico y económico, con objeto de definir las soluciones más adecuadas.

Dentro de las múltiples posibilidades para estabilizar el talud existen varios tratamientos como los que se resumen enseguida. En casos particulares pueden aplicarse otras técnicas, o combinaciones de varias de ellas, para resolver problemas concretos.

Los sistemas de estabilización se pueden clasificar en cinco categorías principales:



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

1. *Conformación del talud o ladera.* Son sistemas que tienden a lograr un equilibrio de masas, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento.
 - a) Remoción de materiales en la cabeza del talud.
 - b) Abatimiento de la pendiente.
 - c) Terraceo de la superficie.
2. *Recubrimiento de la superficie.* Métodos que tratan de impedir la infiltración o la ocurrencia de fenómenos superficiales de erosión, o refuerzan el suelo mas subsuperficial.
 - a) Conformación de la superficie.
 - b) Sellado de grietas superficiales.
 - c) Sellado de juntas y discontinuidades.
 - d) Cobertura vegetal, árboles, arbustos y pasto.
3. *Control del agua superficial y subterránea.* Son sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo las fuerzas que producen movimiento.
 - a) Canales superficiales para control de escorrentía.
 - b) Subdrenes de zanja.
 - c) Subdrenes horizontales de penetración.
4. *Estructuras de contención.* Son métodos en los cuales se van a inducir fuerzas externas al movimiento aumentando las fuerzas resistentes, sin disminuir las actuantes.
 - a) Relleno o berma de roca o suelo en la base del deslizamiento.
 - b) Muros de contención convencionales (mampostería), de tierra armada.
 - c) Anclajes o pernos.
 - d) Pantallas ancladas.
5. *Mejoramiento del suelo.* Estos métodos aumentan la resistencia del suelo e incluyen procesos físicos y químicos que aumentan la cohesión y/o fricción de la mezcla suelo-producto estabilizante. Muchos de estos métodos tienen una aplicación limitada.

A continuación se describen los métodos de estabilización más importantes (RENFE, 1999):

Modificación de la geometría del talud

Las formas de actuar sobre la geometría del talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

A) Modificación del talud

Consiste en la eliminación de una masa inestable o potencialmente inestable obteniendo un nuevo perfil del talud. Es una solución drástica solamente aplicada en casos extremos. Se ha de comprobar que la nueva configuración del talud no sea inestable.

B) Excavaciones en cabecera

Consiste en la eliminación de material de la parte superior de la masa potencialmente inestable. En esta zona es donde el peso del material contribuye en mayor medida al deslizamiento, pues la superficie de rotura suele tener una mayor inclinación. Por ello, la excavación de material en esta zona produce una mejora apreciable de la estabilidad.






C) Construcción de bermas intermedias

Las bermas favorecen la estabilidad global del talud, facilitan el proceso constructivo y el acceso a trabajos de mantenimiento. Pueden retener desprendimientos de rocas y en ellas pueden instalarse elementos de drenaje superficial y profundo. (Figura 8.2.1)

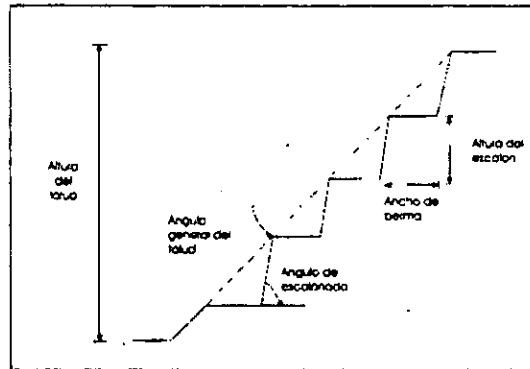


Figura 8.2.1 Talud con bermas.

Medidas de drenaje

La corrección de un talud mediante medidas de drenaje, tiene como objeto la reducción de las presiones intersticiales del agua que favorecen la inestabilidad del mismo. De este modo se disminuyen las fuerzas desestabilizadoras.

La aplicación de estas medidas requiere un conocimiento hidrogeológico detallado, que permita la aplicación de sistemas de drenaje más adecuados en cada caso. Las medidas habituales de drenaje son de dos tipos:

a) Drenaje superficial

El drenaje superficial tiene dos finalidades:

- Evitar que las aguas superficiales se infiltren en la zona de coronación del talud, en grietas, etc, lo que provocaría un aumento importante de la presión de poro con el consecuente decremento de la resistencia al esfuerzo cortante en discontinuidades.
- Evitar en lo posible los efectos erosivos de las aguas de escorrentía sobre la superficie del talud.

Las soluciones más comunes son las siguientes

1.- Excavaciones de cunetas de drenaje

Estas cunetas suelen situarse paralelamente al talud y su objetivo es captar y conducir las aguas de corriente superficial fuera del talud. Según la situación que ocupan en el talud se denominan:

- Cuneta de coronación.
- Cuneta de berna.
- Cuneta de base o de pie.

Handwritten signatures and stamps, including the logo of the Secretaría de Desarrollo Sustentable NL.

Es recomendable la impermeabilización de las cunetas de drenaje ya que mejora notablemente el funcionamiento de estos elementos al evitar la infiltración a través de las propias cunetas. Puede hacerse mediante concreto, láminas impermeables, geotextiles, etc.

2.- Sellado de grietas

El sellado de grietas en los taludes impide la penetración de la escorrentía superficial, evitando así el desarrollo de procesos de inestabilidad. Dicho sellado suele efectuarse mediante el relleno de las grietas con concreto, bentonita-cemento, etc., aunque debe hacerse a baja presión para evitar inducir esfuerzos en las discontinuidades.

b) Drenaje profundo

Los drenajes profundos consisten en conductos u orificios que penetran en el talud, recogiendo el agua contenida en el mismo, provocando un descenso en el nivel freático y/o generando una caída de potencial hidráulico al igualar las presiones del agua dentro del talud con la presión atmosférica. Los más habituales son:

- a) Drenes horizontales o californianos
- b) Zanjas con relleno drenante
- c) Galerías de drenaje
- d) Pozos verticales

Anclajes

Los anclajes son armaduras metálicas alojadas en el interior del terreno y perforados desde la superficie. Se emplean como medida estabilizadora en taludes construidos en roca y suelo.

Los anclajes colaboran en la estabilidad del talud en dos formas (Figura 8.2.2).

- Proporcionando una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizando.
- Incrementando las presiones normales en la superficie de rotura, aumentando así la resistencia la corte.

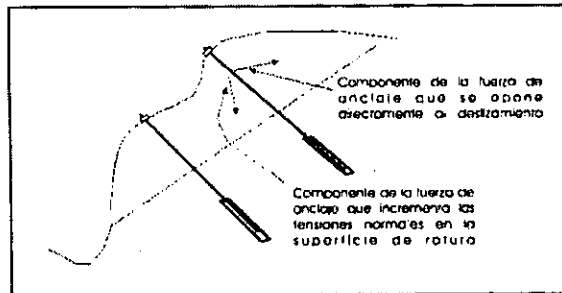


Figura 8.2.2 Efecto estabilizador de un anclaje.

Los anclajes constan de tres partes (Figura 8.2.3)

- Zona de anclaje: parte solidaria al terreno encargada de transferir los esfuerzos al mismo.
- Zona libre: Unión entre la zona de anclaje y la superficie del talud. La barra o cable de acero puede deformarse libremente al ponerse en tensión.
- Cabeza: Contacto entre el anclaje y la superficie del talud mediante una placa de apoyo.

Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL
 Gobierno del Estado de Nuevo León

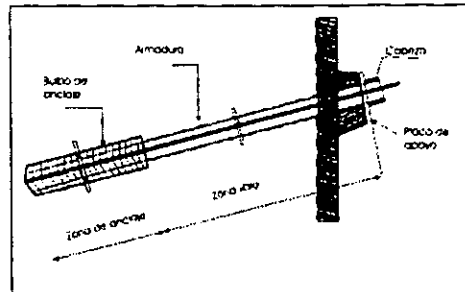


Figura 8.2.3 Esquema de un anclaje.

Los anclajes se pueden clasificar en función de diversos conceptos:

Según el tipo de servicio:

- Anclajes provisionales: Se trata de una estabilización temporal hasta la aplicación de otros elementos resistentes que lo sustituyan.
- Anclajes permanentes: tienen carácter de medida de estabilización definitiva.

Según su forma de trabajo:

- Anclajes pasivos: el anclaje entra en funcionamiento al producirse el movimiento del terreno.
- Anclajes activos: al instalarlo se tensa hasta su carga admisible, reservándose parte de su capacidad resistente para un posible movimiento del terreno.
- Anclajes mixtos: se tensa una carga menor a la admisible, reservándose gran parte de su capacidad resistente para un posible movimiento del terreno.

Según su naturaleza:

- Cables de acero: contruidos por cordones de alambres de acero.
- Barras de acero: denominados bulones o pernos de anclajes, cuando su longitud es de pocos metros.

Los anclajes se recomiendan para la estabilización de deslizamientos en roca de gran magnitud, donde suelen utilizarse en combinación con muros o vigas de concreto, pilotes, micropilotes, etc, cuando por problemas de espacio o características singulares de la rotura, no son viables otras medidas estabilizadoras. En las siguientes figuras se muestran algunas disposiciones de anclajes, en función del tipo de movimiento.


 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL



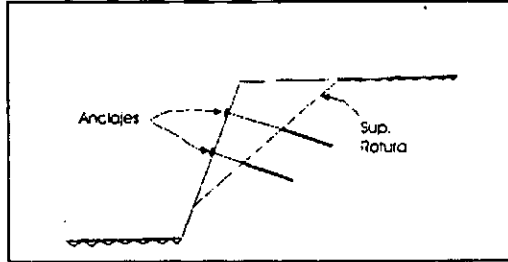



Figura 8.2.4 Anclajes para estabilizar la falla por deslizamiento plano.

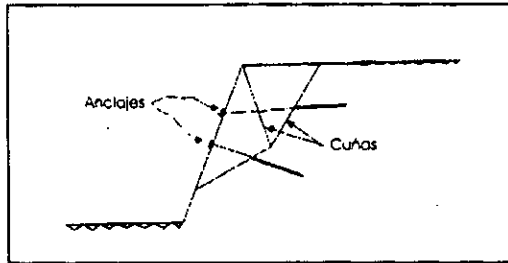


Figura 8.2.5 Anclajes para estabilizar falla por deslizamiento de cuñas.

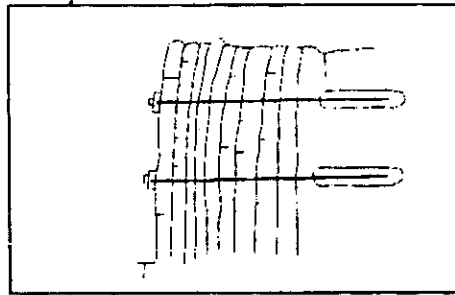


Figura 8.2.6 Anclajes para estabilizar falla por volteo.

Handwritten signature



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

Handwritten signature

Muros

Los muros son estructuras empleadas habitualmente como elementos de contención de deslizamientos existentes o potenciales en taludes.

Los muros para estabilizar taludes de roca se clasifican en dos grupos (Figuras 8.2.7 y 8.2.8).

- Muros de contención: se excava el terreno y se construye a continuación para contener un terreno inestable.
- Muros de revestimiento: protegen al terreno de la erosión y meteorización, al tiempo que contribuyen a su estabilidad.

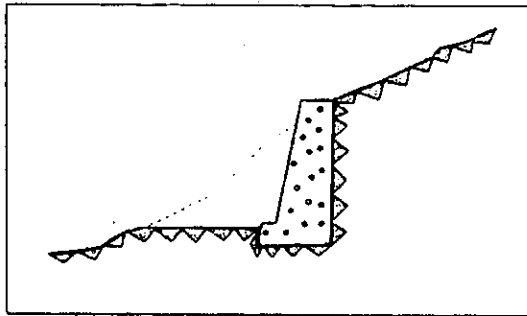


Figura 8.2.7 Muro de contención.

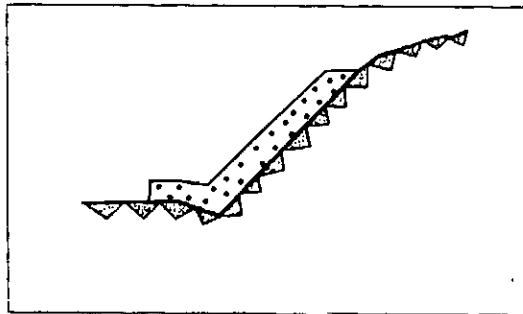


Figura 8.2.8 Muro de revestimiento.

Al momento de proyectar la construcción de un muro para estabilizar un talud se debe comprobar: la estabilidad global del conjunto terreno-muro al deslizamiento, la estabilidad general del muro al volteo y al deslizamiento, la resistencia del terreno de cimentación, la ausencia de tensiones en la base del muro y la resistencia estructural del muro.

Handwritten signature



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

Los muros más frecuentemente empleados se clasifican según su naturaleza, geometría y modo de trabajo en:

a) Muros de gravedad

Son elementos pasivos, en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental, generalmente se construyen de concreto o mampostería.

Este tipo de muros no debe emplearse para alturas mayores de 10 m. Destaca su facilidad constructiva y su relativo bajo costo. Se utiliza cuando se dispone del espacio suficiente para su construcción al pie del talud, el terreno de cimentación tiene una capacidad de carga adecuada y no son previsible asentamientos significativos. No son recomendables para condiciones hidrogeológicas muy desfavorables.

b) Muros aligerados

En su construcción se emplea menor cantidad de concreto que en los muros de gravedad.

c) Muros jaula

También denominados muros criba. Consisten en un entramado resistente de piezas articuladas prefabricadas. Estos entramados se rellenan posteriormente de un suelo granular compactado. La estabilidad del muro, al igual que los muros de gravedad, viene definida por su propio peso. Presentan la ventaja de tener cierta flexibilidad, y una adaptabilidad a muchas situaciones dada su facilidad de montaje.

d) Muros de tierra armada

Se trata de muros constituidos por una pared delgada de paneles de concreto o chapas metálicas, a los que se anclan bandas metálicas o de material sintético, que penetran en el relleno del suelo compactado y las bandas metálicas proporcionan la estabilidad al conjunto. La construcción de este tipo de muros es fácil y rápida. Su costo es frecuentemente inferior al de los demás sistemas alternativos.

e) Muros de apeo o de recalce

Se instalan en los taludes en roca en los que existen masas importantes de roca en voladizo (Figura 8.2.9). Su misión es proporcionar un apoyo a dichas masas con el fin de evitar su desprendimiento. Para ello se rellena el espacio bajo el saliente con concreto. Esta solución puede aplicarse cuando se tengan rocas masivas estratificadas, como calizas, con estratos horizontales pero con presencia de bloques sin apoyo o en cantiléver.

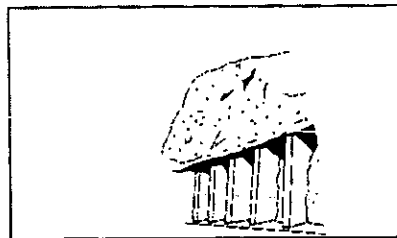


Figura 8.2.9 Muros de apeo para estabilizar bloques rocosos en cantiléver.

Handwritten signature



Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Handwritten initials

f) Muros anclados

Los muros reforzados con anclajes constituyen una solución mixta que elimina los problemas de estabilidad por volteo y deslizamiento de un muro convencional. Son adecuados para taludes en suelos y roca de mala calidad, con orientación desfavorable de discontinuidades y tamaño elevado de bloques o masas de roca inestables. Con presencia de agua, es necesaria la realización de medidas de drenaje.

Protección contra desprendimientos de roca

Existen numerosas medidas para el control de desprendimientos, los cuales se agrupan en:

- Medidas activas o de estabilización: contribuyen al control de los desprendimientos en roca de forma activa, impidiendo el movimiento de los bloques rocosos.
- Medidas pasivas o de protección: su objeto es controlar los bloques de roca que se han movido de su lugar de origen.

Medidas activas o de estabilización

a) Eliminación de bloques

Consiste en la eliminación de forma controlada de los bloques sueltos o potencialmente inestables con riesgo de caída (Figura 8.2.10).

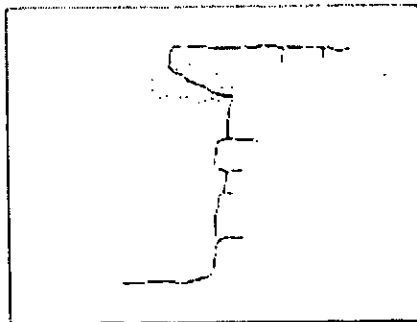


Figura 8.2.10 Eliminación de bloques.

Se pueden llevar a cabo mediante diferentes técnicas:

- Voladura controlada.
- Cemento expansivo.
- Fragmentación mediante martillo picador.
- Elevación desde la parte superior del talud mediante grúas, usando ganchos anclados a los bloques.
- Eliminación manual mediante palancas.

Para el empleo de estas técnicas, debe considerarse eliminar únicamente los bloques adecuados, en caso contrario el efecto puede ser perjudicial para la estabilización de otros bloques a largo plazo.

aw

aw *te*

b) Fijación de bloques

Fijación de bloques de roca de mediano tamaño mediante barras de acero, mismas que se colocan en perforaciones realizadas en la roca y rellenas de mortero o resina (Figura 8.2.11). Cuando los bloques o masas de roca a estabilizar presentan grandes dimensiones, su fijación debe realizarse mediante anclajes. Los anclajes permiten fijar los bloques de roca a mayor profundidad en el macizo rocoso y admiten la aplicación de grandes tensiones.

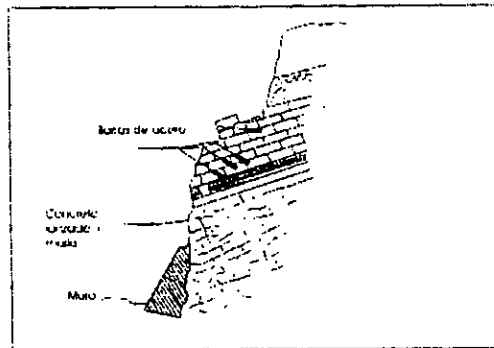


Figura 8.2.11 Fijación de bloques y concreto lanzado.

c) Atado de bloques

Consiste en la estabilización de un bloque o conjunto de bloques de roca sueltos, mediante cables que se disponen en torno al bloque y cuyos extremos se anclan a la superficie del talud (Figura 8.2.12)

Se utiliza generalmente para grandes bloques (10–25 m³), siendo su aplicación muy limitada. El atado se puede realizar con una envoltura de malla tupida que se ancla a la zona no meteorizada.

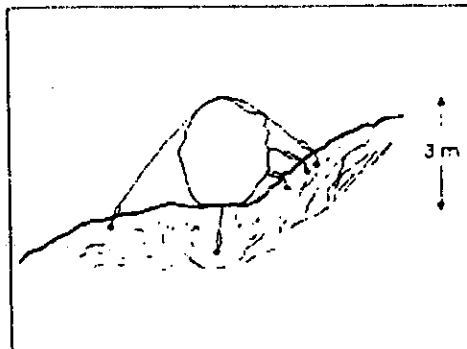


Figura 8.2.12 Atado de bloques.





Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

d) Sistema mixto de cables y malla

Se utiliza para estabilizar zonas de talud que se encuentran muy fracturadas. Consiste en la colocación de una pantalla metálica, preferentemente de doble o triple torsión, sujeta a la roca potencialmente inestable o generadora de desprendimientos. A la malla se superpone una serie de cables formando una retícula, anclados a la roca en sus extremos y tensionados.

e) Concreto lanzado

Consiste en la proyección de una capa de concreto sobre la superficie del talud. Dicha capa de concreto puede reforzarse mediante la aplicación de una malla metálica fijada al talud sobre la que se proyecta el concreto.

Esta medida es útil para evitar pequeños desprendimientos y para proteger la superficie del talud de la meteorización, cuyo desarrollo puede favorecer la aparición de bloques inestables. Asimismo, es una medida adecuada para evitar la infiltración de agua de lluvia y escorrentía superficial. Esta solución no se debe aplicar indiscriminadamente en cualquier tipo de talud ya que su utilidad es limitada, además de que debe usarse como complemento de otros tratamientos.

Para facilitar la salida de agua, deben realizarse drenes que atraviesan la capa de concreto.

Medidas pasivas o de protección

a) Malla de guiado

Son mallas de alambre de acero tendidas desde la parte superior del talud o desde bermas intermedias, cubriendo la superficie del talud rocoso hasta su pie. La función de estas mallas es la de guiar o conducir los bloques de roca en su caída con el fin de que se acumulen en el pie del talud (Figura 8.2.13)

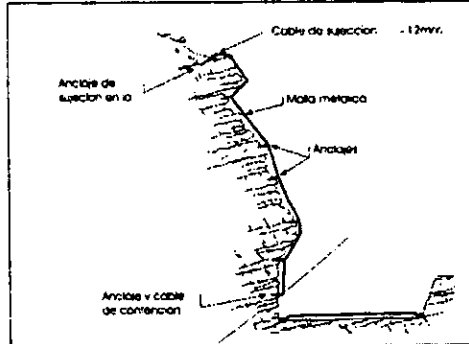


Figura 8.2.13 Malla de guiado con anclajes intermedios.

Consecuentemente, los bloques que potencialmente se desprenderán del talud deben de ser de un volumen inferior a 0.5 metros cúbicos para evitar el arrastre, desprendimiento o rotura de la malla de guiado.

CS

AD *RV*

En los casos en que no hay una cuneta o espacio suficiente para la acumulación de rocas al pie del talud, las mallas deben ser unidas a la superficie del talud mediante piquetas metálicas. De este modo, las rocas no alcanzan el pie del talud, quedando retenidas próximas a su lugar de origen.

Las mallas más resistentes son hexagonales, de triple torsión y de acero galvanizado.

b) Mallas de sostenimiento

Las mallas de sostenimiento son mallas de alambre de acero de triple torsión preferentemente, que se anclan en el borde superior del talud a una distancia del mismo de aproximadamente 1 m, tendiéndose en la superficie del talud y volviéndose a anclar en la base del mismo, con unos elementos que se puedan quitar y reponer para limpiar las caídas del material.

En la superficie se disponen unos anclajes que sujetan la malla al talud mediante una retícula de cables de acero. Dichos cables refuerzan el conjunto de la estructura estabilizando los bloques de roca inestable de mayor tamaño.

Este método se utiliza para taludes con material muy suelto, o cuando los bloques son de pequeño volumen.

c) Cunetones de pie

Consisten en zanjas que se sitúan al pie de los taludes para recoger los bloques rocosos desprendidos. En función de sus dimensiones puede utilizarse tanto para desprendimientos de pequeña como de gran magnitud.

Para favorecer la recolección y detenimiento de los bloques se puede cubrir el fondo de la zanja con una capa de grava o de tierra. Asimismo, las paredes deben ser las más verticales posibles para que los bloques no superen la zanja por rodamiento. Cuando las paredes son tendidas pueden disponer de una malla detrás de la zanja.

d) Muros de contención de pie

Esta medida consiste en la colocación de un muro al pie del talud para detener los bloques de roca desprendidos. Los muros utilizados son fundamentalmente de concreto, de gaviones o caballones de tierra. Los muros de gaviones y los caballones de tierra son más efectivos que los muros de concreto, pues presentan un comportamiento más flexible y su recuperación es más sencilla.

e) Barreras de contención

Consiste en la instalación de barreras ligeras en la superficie o al pie del talud, con el fin de interceptar los bloques rocosos en su trayectoria de caída. Dentro de las barreras se pueden distinguir las estructuras rígidas convencionales y las estructuras flexibles o dinámicas desarrolladas más recientemente, capaces de absorber altas energías mediante deformaciones elásticas y plásticas.

Las barreras dinámicas consisten en mallas de cable de acero entrelazado, soportadas por unos postes de acero. Los postes van cimentados y anclados al terreno. Los cables de las barreras presentan unos elementos de frenado mediante fricción que pueden absorber y disipar una gran

AW



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL




energía. Estas barreras son aplicables para desprendimientos de roca cuya energía cinética de llegada no exceda los 2,000 KJ.

Las barreras estáticas pueden estar constituidas por postes metálicos y redes, vigas de acero o carriles hincados con travesaños de madera, etc. Son apropiados para desprendimientos de pequeña magnitud.

Protección contra la erosión

La erosión es un proceso de degradación natural. El principal agente erosivo que afecta a los taludes es el agua, tanto la escorrentía superficial como el impacto directo de las gotas de lluvia. Las soluciones para la protección se agrupan en medidas de drenaje superficial, los cuales limitan en gran medida la escorrentía superficial sobre el talud, y medidas de vegetación del talud, lo que aumenta la resistencia del talud a ser erosionado.

Drenaje superficial

Las medidas de drenaje superficial para evitar el efecto corrosivo del agua de escorrentía coinciden con las mencionadas anteriormente.

Siembra de taludes

El mantenimiento de una cubierta vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los que destacan:

- Evitan la erosión superficial, tanto hídrica como eólica.
- La absorción de agua por las raíces produce un drenaje de las capas superficiales del talud.
- Aumento de resistencia al esfuerzo cortante en superficie por el efecto estabilizador de las raíces (en el caso de suelos, ya que en rocas su efecto puede ser perjudicial al crecer entre las fracturas)

Para la siembra de taludes se emplean especies herbáceas y arbustivas, y en algunos casos, incluso árboles. Las especies deben ser capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidas (clima, tipo de suelo, exposición al sol, etc.). En términos generales son convenientes especies de raíces profundas y alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua.

En ocasiones, cuando las condiciones para el desarrollo de una cubierta vegetal sean desfavorables, la siembra debe complementarse con medidas auxiliares para facilitar su crecimiento, como son:

- Siembras por el procedimiento paja-betun.
- Proyección de semillas, fertilizantes, mulch (cobertura vegetal) y estabilizantes.
- Mantas orgánicas.
- Geotextil tridimensional de estructura de alveolar, relleno de semillas, abono y estabilizante.
- Mallas tridimensionales de monofilamentos de poliamida protegiendo la cubierta vegetal.
- Guniverd, constituido por una fracción mineral, una fracción orgánica y una fracción sintética.

Cada mecanismo o tipo de proceso de remoción tiene diferente solución, lo cual dependerá del resultado del análisis que se realice a cada caso en particular.









En las siguientes tablas se muestra un resumen de los tratamientos más recomendables para los deslizamientos, volteos y caídas, sin que ello implique prescindir de estudios a detalle que establezcan la solución más efectiva, económica y funcional para las condiciones específicas del sitio en que se pretenda establecer alguna solución.

Tabla 8.2.1 Tratamientos geotécnicos recomendados para deslizamiento.

MECANISMO DE FALLA	TRATAMIENTOS GEOTÉCNICOS
DESlizAMIENTO	MODIFICACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL TALUD. MEDIDAS DE DRENAJE. a) Drenaje superficial b) Drenaje profundo MUROS: c) Muros de gravedad d) Muros jaula e) Muros anclados PROTECCIÓN CONTRA LA EROSION. ANCLAJES.

Tabla 8.2.2 Tratamientos geotécnicos recomendados para volteo.

MECANISMO DE FALLA	TRATAMIENTOS GEOTÉCNICOS
VOLTEO	MEDIDAS DE DRENAJE. a) Drenaje superficial. i) Excavaciones de cunetas de drenaje. ii) Sellado de grietas. MUROS. PROTECCIÓN CONTRA LA EROSION. MODIFICACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL TALUD. a) Retiro de material en la cabecera. ANCLAJES. CABLES.


 Secretaría de
DESARROLLO SUSTENTABLE NL

Tabla 8.2.3 Tratamientos geotécnicos recomendados para caída.

MECANISMO DE FALLA	TRATAMIENTOS GEOTECNICOS
CAÍDA DE ROCAS	<p>PROTECCIÓN CONTRA DESPRENDIMIENTO DE ROCA.</p> <p>Medidas activas o de estabilización</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Eliminación de bloques b) Fijación de bloques c) Atado de bloques d) Sistema mixto de cables y malla e) Concreto lanzado <p>Medidas pasivas o de protección</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Malla de guiado b) Mallas de sostenimiento c) Cuentones de pie d) Muros de contención de pie e) Barreras de contención

[Handwritten signature]

 **Secretaría de DESARROLLO SUSTENTABLE NL**

[Handwritten signature] *[Handwritten initials]*

Recomendaciones particulares para cada mecanismo de movimiento

Deslizamiento

- Cartografiar las zonas específicas donde se presenta.
- Realizar caracterizaciones geomecánicas mediante clasificaciones tales como el Rock Mass Rating (RMR), Slope Mass Rating (SMR) y Geological Strength Index (GSI) y determinar tamaño de bloques y volúmenes potenciales a removerse.
- Estimar los valores de resistencia en discontinuidades mediante pruebas de laboratorio, técnicas de "back analysis" o en su defecto inferidas o estimadas a partir de la literatura técnica, considerando los tipos de materiales y con las reservas que ello implica.
- Determinar factores de seguridad mediante el empleo de técnicas propias de la mecánica de rocas para análisis de estabilidad. Tales métodos pueden ser: talud infinito, análisis en la red estereográfica, equilibrio límite. De ser posible se pueden complementar con análisis realizados en computadora mediante programas de cómputo comerciales.
- Una vez determinados los puntos críticos y definidas las características de los bloques o cuñas potenciales así como su estabilidad, se debe proceder a determinar el mejor método de estabilización. Los métodos varían en función de los volúmenes, las condiciones del sitio, tanto de accesibilidad como morfológicas, entre otros. De manera general, para estabilizar deslizamientos en roca se recomienda lo siguiente: anclajes, remoción de peso en la parte superior, conformación de la pendiente, muros anclados.

Volteo

- Cartografiar las zonas específicas donde se presenta.
- Realizar caracterizaciones geomecánicas mediante clasificaciones tales como el Rock Mass Rating (RMR), Slope Mass Rating (SMR) y Geological Strength Index (GSI) y determinar el tamaño de bloques y condiciones preliminares de estabilidad.
- Con base en datos de propiedades mecánicas, ya sea inferidos o de laboratorio, realizar análisis de estabilidad usando métodos propios de la mecánica de rocas, tales como equilibrio límite, nomogramas de estabilidad, proyecciones estereográficas. Una vez obtenido el factor de seguridad, se deben discriminar las zonas con menor estabilidad para proceder a determinar el mejor método de estabilización.
- Los métodos de estabilización para volteo pueden ser: anclas, cables de acero, muros de retención (adosados a los bloques inestables), muros de contención (separados de los bloques y dispuestos para soportar impactos), demolición controlada, sellado de fisuras y junteo de bloques.

Caidas

- Identificar y cartografiar las zonas de bloques potencialmente inestables mediante un inventario.
- Es importante determinar tamaño, geometría y condiciones de apoyo de los bloques así como topografía y características de la superficie de impacto.
- Realizar estimaciones del alcance de la trayectoria, mediante la comparación con bloques que hayan sufrido el proceso o bien mediante el modelado con paquetes de cómputo comercial.
- Una vez determinado el potencial impacto se deberá optar por tres opciones:
 - 1) contener a los bloques en su lugar mediante el uso de mallas de acero, cables, muros al pie.

Handwritten signature



Nuevo León
Cada día un paso adelante

Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

2) esperar y contener su movimiento, mediante muros de gaviones, muros de contención, mallas o redes de acero tendidas sobre la trayectoria estimada, terrazas o franjas de amortiguamiento.

3) su retiro, ya sea en forma manual, mediante demolición controlada ya sea con sustancias expansivas evitando el uso de explosivos, sobre todo en zonas escarpadas y con infraestructura expuesta.

5.1.1 Esquema general de mitigación para fallas y fracturas

8.2.2 Esquema general de mitigación para fallas y fracturas

Fallas

- Crear la base de datos de las principales fallas que se localizan en el estado de Nuevo León.
- Realizar cartografías a detalle de fallas con posible actividad en el Holoceno.

Fracturas

- Se recomienda llevar a cabo una documentación de las áreas con exposición de bloques inestables en paredes de inclinación considerable, que representen un peligro para la comunidad. El frente de montaña de la Sierra Madre Oriental entre Villa de Santiago y Linares, presenta en diferentes sectores problemas de inestabilidad debido a paredes densamente fracturadas, las cuales pueden ser más vulnerables en periodos de lluvia y fluir ladera abajo.
- Se recomienda realizar muestreo de fracturamiento para obtener valores de densidad de fracturamiento en afloramientos típicos, con el fin de determinar tamaños de bloques, mecanismos de formación de bloques o cuñas, patrones específicos de deslizamiento o volteo en taludes rocosos.
- Realizar pruebas de corte en discontinuidades para obtener valores de esfuerzo cortante y así obtener la cohesión y el ángulo de fricción en las fracturas, con fines de evaluación de la estabilidad en taludes rocosos.

8.2.3 Esquema general de mitigación para hundimientos.

La detección de cavidades subterráneas puede resultar difícil de acuerdo a su tamaño y profundidad. Los métodos más efectivos son los geofísicos. Se pueden aplicar en zonas amplias donde se sospecha la existencia de huecos, siendo los más efectivos la gravimetría y microgravimetría (para cavidades a poca profundidad) y el geo-radar, así como los sondeos eléctricos verticales. Además de los métodos indirectos, pueden realizarse perforaciones a rotoperusión menos costosas. En el interior de los sondeos o taladros a rotoperusión pueden introducirse cámaras de televisión para observar las características y magnitud de las cavidades.

La subsidencia incluso con desarrollo muy lento, puede medirse con instrumentación adecuada (medidas taquimétricas, extensómetros, etc.), estimando las velocidades del proceso para predecir la evolución y consecuencias futuras. Los procesos causados por la extracción de agua, gas o petróleo pueden predecirse con antelación en función de los volúmenes que se pretende extraer.







431

El caso de extracción de hidrocarburos se presenta hacia la parte oriental del estado de Nuevo León y, no debe ser descartado como una de las causas de microsismos y sismos de baja intensidad que puedan disparar colapsos. Temblores de tierra por lo menos han sido reportados por la prensa escrita cercanos al campo de gas Arcabuz-Culebra de la Cuenca de Burgos.

Los estudios geotécnicos han de contemplar la caracterización geológica de la zona con problemas, detectando la presencia de este tipo de formaciones, indicando la existencia en el entorno de cuevas, estalactitas, etc.

Para edificaciones situadas en relieves acusados o con pendientes elevadas es importante un conocimiento del estado de los taludes, los cuales se pueden ver afectados por estos procesos, ya que la karstificación provoca la alteración del macizo rocoso, debiendo realizarse estudios de estabilidad de taludes en los que intervienen parámetros tales como la disposición de los estratos, geometría de las estratificaciones y diaclasas, la presencia de agua, etc.

Además de la experiencia local de la zona, pueden existir diferentes indicios de la existencia del fenómeno de karsticidad, aunque es difícil reconocer este tipo de terrenos:

- Si existen dolinas (celadas u hoyas): depresiones cerradas con contornos sinuosos y paredes escarpadas que tienen forma de grandes embudos o pozos cerrados que combinan procesos de disolución de los materiales carbonatados y de arrastre físico de los mismos.
- Si desaparecen en el terreno cursos de aguas naturales o artificiales.
- Si al realizar perforaciones, los testigos extraídos muestran huellas de disolución, cavidades, zonas rellenas de arcilla, etc.

En zonas con antecedentes geológicos de este tipo, o en los terrenos yesíferos, salinos o calcáreos, para conocer previamente la presencia de oquedades, es recomendable llevar a cabo una campaña de prospección muy especializada, una campaña mediante sondeos mecánicos con suficiente densidad y profundidad combinado con métodos geofísicos tales como la gravimetría, tomografía eléctrica, sísmica de refracción, georadar o sondeos eléctricos verticales, que permiten conocer las características geotécnicas del terreno, niveles freáticos, litología, etc.

Finalmente, conviene señalar que la presencia de un nivel freático puede variar en cada uno de los sitios, sin embargo es común que las zonas de karsticidad estén comunicadas y controlen el drenaje subterráneo, lo cual será importante estudiar con mayor detalle para valorar el potencial de utilización de estos recursos.

Descripción de los estudios recomendados

Tomografía eléctrica. - Consiste en tomar medidas de diferente potencial para visualizar propiedades eléctricas del terreno. Se obtiene información de variaciones horizontales y verticales de la resistividad. Tiene por objeto determinar la distribución de la resistividad real del subsuelo a lo largo de un perfil de medidas de resistividades aparentes, obtenidas con corriente continua. El método consiste en la introducción en el terreno mediante dos electrodos, de una corriente continua de intensidad conocida, y la medición mediante otros dos electrodos, de la diferencia de potencial. Desplazando el dispositivo de electrodos se obtiene un perfil de resistividades aparentes del terreno. De esta forma se detectan las cavidades.

DW



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

AK

432

Gravimetría.- El método gravimétrico hace uso de campos de potencial natural. Se miden las variaciones laterales de la atracción gravitatoria de un lugar al otro. Los datos reducidos apropiadamente dan las variaciones en la gravedad.

Es un método adecuado para la detección de grandes cavidades en el subsuelo. En combinación con la tomografía eléctrica, se obtendrá una disposición más detallada de la localización de los materiales y sus características.

El gravímetro consta de un peso suspendido de un resorte. El resorte principal se mueve por medio de un movimiento de un resorte auxiliar manejable por un tornillo micrométrico. El giro del tornillo micrométrico da la medida de la desviación del valor de la gravedad con respecto a su valor de referencia.



Geo-radar (G.P.R. Ground Penetrating Radar).- Este método permite conocer con precisión las variaciones de la conductividad del terreno, de este modo se detectan los cambios de litologías así como los posibles huecos en el terreno.

El geo-radar emite una radiación en el terreno mediante impulsos electromagnéticos, de muy corta duración, que se repiten con una determinada frecuencia. Cuando la onda encuentra una heterogeneidad en las propiedades eléctricas de los materiales, parte de la energía se refleja en la superficie y parte se transmite en profundidad. Una antena receptora capta estas señales. Se estudian hasta un espesor máximo de 5-10 metros. Este método sirve para detectar cavidades someras.



Sísmica de refracción.- Se estudia la propagación en el terreno de ondas sísmicas que se producen artificialmente, estableciendo su relación con la configuración geológica del subsuelo, por lo que se obtienen las características geotécnicas de los materiales. Se genera un impulso elástico en la superficie y se analiza posteriormente el movimiento en el suelo de la onda debida a ese impulso. Dependiendo de la naturaleza del terreno esta transmisión de la onda varía según la velocidad de propagación, ya que cada estrato posee diferente velocidad de transmisión de las ondas sísmicas. Luego se van definiendo unas superficies de separación donde las ondas experimentan fenómenos de refracción, pudiendo determinar así la profundidad a la que aparecen nuevas capas. Se realizan perfiles longitudinales sobre los que se colocan sensores (geófonos) a distancias determinadas y regulares que incorporan sismógrafos que registran el movimiento. Con los datos obtenidos en campo se ilustran perfiles, con la velocidad sísmica y el espesor de cada capa.

Sondeos eléctricos verticales (S.E.V.).- Se realizan para obtener en un mismo punto del terreno las variaciones de resistividad en función de la profundidad. Se obtienen las capas de terreno existente bajo el punto de medida según su resistencia, se localizan niveles freáticos, niveles de alteración de roca y diferencia de litologías.

Una vez detectada la presencia de cavidades pueden rellenarse las cavidades mediante hormigón o realizando inyecciones de lechada, recurriendo a cimentaciones mediante losas para puentear cavidades, etc. Pueden realizarse comprobaciones mediante taladros para asegurar el apoyo de las zapatas en firme.



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**



433

En terrenos yesíferos y salinos, se suelen realizar cimentaciones profundas, pilotes a los que se confía la resistencia al fuste. Para las cavidades, se pueden realizar un tratamiento mediante inyecciones al terreno.

8.2.4 Esquema general de mitigación para erosión

La conservación del suelo se logra por métodos naturales y artificiales.

1. Métodos naturales

- Mantener la cobertura vegetal (bosques, pastos y matorrales) en las orillas de los ríos y en las laderas. Esto implica el evitar la quema de la vegetación de cualquier tipo en laderas. El incendiar la vegetación va en contra de la fertilidad del suelo, deteriora el hábitat de la fauna y la disponibilidad del recurso agua.
- Reforestar las laderas empinadas y las orillas de ríos y quebradas.
- Cultivar en surcos de contorno en las laderas y no en favor de la pendiente, ya que favorece la erosión.
- Combinar las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.
- Sembrar árboles como carcos, en laderas, como rompevientos.
- Rotar cultivos para no empobrecer el suelo.
- Integrar materia orgánica al suelo, como los residuos de las cosechas.

2. Métodos artificiales

- Construir andenes o terrazas con plantas en los bordes.
- Construir zanjas de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente.
- Construir defensas en las orillas de ríos y quebradas para evitar la erosión.
- Abonar el suelo adecuadamente para restituir los nutrientes extraídos por las cosechas. El abonamiento debe evitar el uso exagerado de fertilizantes químicos, de lo contrario se memará la microflora y microfauna del suelo.

8.3 Riesgos Antropogénicos

Una gran cantidad de sitios con riesgos químico-tecnológicos (gasolineras y gaseras) a pesar de ubicarse en las vías de acceso de las cabeceras municipales, ya han sido alcanzadas por las áreas urbanas; por lo que es importante que en primera instancia se busque la reubicación de los sitios que generan el riesgo o de los sitios que se encuentran vulnerables a ellos. Y en todo caso que la autoridad correspondiente, vigile que cada una de las instalaciones cubra con los manuales de seguridad, así como con los planes en caso de emergencias. Y que el personal que labora en los lugares esté capacitado tanto para el manejo de las sustancias las cuales son de alta peligrosidad, como para dar respuesta a una situación de emergencia.

Se debe verificar que las instalaciones que se pretendan establecer en los municipios de Nuevo León y que manejen o almacenen sustancias químicas peligrosas, cumplan con la distancia mínima requerida hacia la población (de acuerdo al análisis de riesgo que cada instalación debe realizar, en función del tipo y cantidad de sustancia que se pretenda almacenar).

Y en el caso contrario, también se debe evitar que los habitantes establezcan sus viviendas en sitios cercanos a las gaseras y gasolineras que ya han sido analizadas en este Atlas de Peligros y Riesgos.





Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

434

En cuanto a los ductos instalados en Nuevo León, es importante que el gobierno del Estado gestione la entrega de la ubicación y características de cada ducto instalado, en especial para la zona que comprende la Cuenca de Burgos donde se genera gas no asociado. Se sabe que PEMEX ya cuenta con el análisis de riesgo de los ductos que están bajo su jurisdicción (la propia paraestatal a través de su página de internet lo ha confirmado), por lo que con esta información los encargados de la Planeación Urbana y Protección Civil de Nuevo León, podrán conocer los puntos débiles, en los que deben establecer medidas de prevención y control.

En el caso de los tiraderos municipales y de los basureros clandestinos, las autoridades de cada municipio, se deberán hacer cargo de clausurarlos y de dar el tratamiento adecuado al lugar, para evitar que continúe la contaminación ambiental y los focos de generación de vectores transmisores de enfermedades (ratas, cucarachas, moscas, etc.)

Cada uno de los rellenos sanitarios instalados en los municipios de Nuevo León, así como el sitio de confinamiento de residuos peligrosos RIMSA, deben ser auditados periódicamente por las autoridades correspondientes, con la finalidad de que verifiquen el cumplimiento de los procedimientos correctos de confinamiento de residuos, para evitar la contaminación ambiental y el daño a las comunidades más cercanas a estos sitios.

El aprovechamiento del BIOGAS generado tanto en los rellenos sanitarios, como en las fincas ganaderas, es un potencial campo de oportunidad para la generación de electricidad. Dos ejemplos del éxito obtenido son el relleno sanitario instalado en el municipio de Salinas Victoria y la granja La Prieta en Montemorelos. Los beneficios no solo son económicos, sino que también se controla la contaminación del aire, y en el caso del relleno se evitan posibles incendios por la fuga del gas metano.

En cuanto a los sitios socio-organizativos, en los cuales se llegan a concentrar una gran cantidad de personas es importante que cada uno de ellos cuente con planes en caso de emergencias.

Handwritten initials



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

435

Handwritten signatures

9. BIBLIOGRAFÍA

Riesgos Geológicos

Alcántara-Ayala, I., 2000. Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Investigaciones geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, número 41, pp.7-25.

Anderson, T. H., y Schmidt, V. A. (1983). The Evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea Region during Mesozoic Time: Geological Society of America Bulletin, 94, 941-966.
Aranda-Gómez, J. J., Housh, T. B., Luhr, J. F., Henry, C. D., Becker, T., y Chávez-Cabello, G. (2005). Reactivation of the San Marcos fault during mid- to late-Tertiary extension, Chihuahua, México. In: The Mojave-Sonora Megasear Hypothesis: Development, Assessment and Alternatives. Ed. Thomas H.

Brabb, E.E., Pampeyan, E. H., Bonilla M. G., 1972. Landslide susceptibility in San Mateo County, California, US Geological survey Miscellaneous field Studies Map, escala 1: 62 500.

Capra L., Lugo-Hubp, J., Dávila-Hernández, N., 2003. Fenómenos de remoción en masa en el poblado de Zapotillán de Méndez, Puebla: relación entre litología y tipo de movimiento, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 20, num. 2, p. 95-106.

CENAPRED, 2006. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos."

Chávez-Cabello, G., Aranda-Gómez, J. J., Molina-Garza, R., Cossío-Torres, T., Arvizú-Gutiérrez, G. y González-Naranjo, G. (2007). The San Marcos Fault: A Jurassic multi-reactivated basement structure in northeastern Mexico. in: Alaniz-Álvarez, S. A. and Nieto-Samaniego, A. F. Geology of México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of México, Major Faults. Special Paper 422 Geological Society of América 261-286.

Chávez-Cabello, G., Cossío-Torres, T., y Peterson-Rodríguez, R. H. (2004). Change of the maximum principal stress during the Laramide Orogeny in the Monterrey saliente, northeast Mexico. En Sussman, A. J., y Weil, A. B. Eds. Orogenic Curvature: Integrating Paleomagnetic and Structural Analyses. Geological Society of America Special Paper 385, 145-159.

Chepil, W.S., Englehorn, C.L., Zingg, A. W., 1952. The Effect of Cultivation on Erodibility of Soils by Wind. Soil Sci Soc Am 16: 19-21.

CNA, Comisión Nacional del Agua, 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Campo Durazno, Estado de Nuevo León.

Coney, P.J. (1983). Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. Revista del Instituto del Petróleo, 15, 6-15.

Dai, F.C., Lee, C.F., 2002. Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS. Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology 42 pp. 213-228.

Davis, G. H. (1984). Structural geology of Rocks and regions. John Wiley and Sons, New York 491.




Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE: NL**



- Dikau, R., Brunsten, D., Schorff, L., Ibsen, M.A., 1996. Landslide recognition. John Wiley & Sons, 250 p.
- Doblas, M., 1998. Slickenside kinematic indicators. *Tectonophysics* 295; pp. 187-197.
- Doser, D. I. (1987). The 16 August 1931 Valentine, Texas, earthquake: evidence for normal faulting in west Texas. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 77, 2005-2017.
- Doser, D. I., y Rodríguez, J. (1993). The seismicity of Chihuahua, Mexico, and the 1928 Parral earthquake. *Phys. Earth Planet. Int.* 78, 97-104.
- Duran, J. J. (1988). Riesgos asociados al karst. En *Riesgos Geológicos*. IGME 261-279.
- Egulluz de Antuñano, S., Aranda García, M., y Marett, R. (2000). Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. LIII, 1-26.
- EPOCH, European Commission Environment Programme, 01996. Landslide recognition: Identification, movement and courses. John Wiley & Sons.
- Figueroa, J. (1970). Catálogo de sismos ocurridos en la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 88 pp.
- Foumelis, M., Lekkas, E., Parcharidis, I., 2004. Landslide susceptibility mapping by GIS-based qualitative weighting procedure in Corinth area. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol XXXVI, pp. 904-912.
- Galván-Ramírez, I. N., y Montalvo-Arrieta, J. C. (2008). The historical seismicity and prediction of ground motion in Northeast Mexico. *J. South Am. Earth Sci.* 25, 37-48.
- García-Acosta, V. y Suarez-Reynoso, G. (1996). Los sismos en la historia de México. Universidad Autónoma de México, México, 718 pp.
- Gaziev, Erast., 2003. Análisis de la estabilidad de taludes rocosos. Series del Instituto de Ingeniería, serie docencia, SD/43.
- Giani, G.P., 1992. Rock slope stability analysis. Editorial Balkema, Rotterdam.
- Goldhammer, R. K. (1999). Mesozoic sequence stratigraphy and paleogeographic evolution of northeast Mexico. in: *Mesozoic sedimentary and tectonic history of north-central Mexico*. Geological Society of America Special Paper 340, 1-58.
- Gomez, H., Kavzoglu, T., 2005. Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology*. V 78 1-2. 11-27.
- González de Vallejo, 2002. Ingeniería Geológica, Pearson Education Madrid.
- González de Vallejo, L. I., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2004). Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid. ISBN: 84-205-3104-9, 744 pp.



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



Herrera, S., 2002. Regionalización de los deslizamientos en México, Academia Mexicana de Ingeniería, México.

Hoek, E., Bray, J.W., 1996. Rock Slope Engineering, Institution of Mining and Metallurgy, Tercera edición.

Huizar-Álvarez R., Oropeza-Orozco, O., 1989. Geomorfología kárstica de la región de Galeana, Estado de Nuevo León. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista vol. 8, núm. 1, p. 71-83.

Huizar-Álvarez, R., y Oropeza-Orozco, O. (1989). Geomorfología kárstica de la región de Galeana, estado de Nuevo León. Revista del Instituto de Geología, 8, 71-83.

Hungr, O., McDougall, S., Bovis, B., 2005. Entrainment of material by debris flows. In Debris Flow Hazards and Related Phenomena, Jakob, M., Hungr, O. Editores.

Hutchinson, J.N., 1988. General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides, Vol. I, editado por Christophe Bonnard.

IAEG, Commission on landslides, 1990. Suggested nomenclature for landslides. Bulletin International Association for Engineering Geology, 41, pp. 13-16.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Disponible en línea en la dirección: <http://www.inegi.gob.mx>
<http://www.inegi.gob.mx/>

Irigaray, C., Fernández, T., El Hamduini, R., Chacón, L., 1999. Verification of landslide susceptibility mapping: a case study. Earth Surface Processes and Landforms, 24, pp. 537-544.

Keefer, D. K. (1999). Earthquake-induced landslides and their effects on alluvial fans. J. Sed. Res. 69, 84-104.

Kulander, B., Barton, C., y Dean, S. (1979). The application of fractography to core and outcrop fracture investigations: technical report METC/SP-7913 for the U.S. Dept. of Energy, Morgantown, WV: 174 pp.

Lee S., Chwae, U., Min, K., 2002. Landslide susceptibility by correlation between topography and geological structure: the Janghung area, Korea. Geomorphology 46, pp. 149-162.

León-Gómez, H., Masuch-Oesterreich, D., Medina-Barrera, F., Köhler, V., Liestmann, J., Münienkamp, M., 1998. Estudios geológicos preliminares para el desarrollo de recursos hídricos con fines de abastecimiento de agua potable de Monterrey en la Sierra de Higuera, Nuevo León, NE-México. Geogaceta, 23, p. 83-85.

Le Roueil, S., Locat, J., Seve, G., Picarelli, L., Faure, M.R., 2001. Slopes and mass movements, Geotechnical and geoenvironmental engineering handbook, editado por R. Kerry Rowe, Kluwer Academic Publishers.



 Secretaría de
**DESARROLLO
 SUSTENTABLE NL**

Lou The. 2009. Regional Scale Soil Erosion Modeling for Onservation Planning Using Remote Sensing and GIS Techniques - A Case Study in The Centre of Himalayan Ranges. Vietnam, 7th Regional Conference Spatial Data Serving People: Land Governance and the Environment – Building the Capacity.

Margielewsky, W., 2006. Structural control and types of movements of rock mass in anisotropic rocks: Case studies in the Polish Flysch Carpathians. *Geomorphology* 77, p. 47-68.

McKee, J. W., Jones, N. W., y Long, L. E. (1990). Stratigraphy and provenance of strata along the San Marcos fault, central Coahuila, Mexico, *Geological Society of America Bulletin* 102, 593-614.

Menéndez D. R., Marquínez, J., 2002. The influence of environmental and lithologic factors on rockfall at a regional scale: an evaluation using GIS. *Geomorphology* 43, pp. 117-136.

Mitre-Salazar, L.M., 1981. Las imágenes Landsat –una herramienta útil en la interpretación geológico-estructural; un ejemplo en el noreste de México. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista* vol. 5, núm. 1, p. 37-46.

Montalvo-Arrieta, J. C., Chávez-Cabello, G., Velasco-Tapia, F., y Navarro de León, I. (2009). Causes and Effects of Landslides in the Monterrey Metropolitan Area, NE Mexico. In *Landslides: Causes, Types and Effects*. Eds. Werner, E. D., y Friedman, H. P. Nova Publishers. En prensa. ISBN: 978-1-60741-258-8.

Moreiras, Stella. M., 2005. Landslide susceptibility zonation in the Rio Mendoza Valley, Argentina. *Geomorphology* (66), 345-357.

Muller, L., 1959. The European approach to slope stability problems in open pit mines. *Proc. 3rd Symposium on rock Mechanics*, Vol 54, No. 3, pp. 116-133.

Nicolas, A. (1987). *Principios de Tectónica*. Editorial Masson, España. 185 pp.

Nuncio, A., Vigil, A., Garza, L. L., Arenal, S., Agullera, A., y Estrada, E. (1989). *Gilberto: la huella del huracán en Nuevo León*. Editorial Castillo, Monterrey, NL, 244 pp.

Padilla y Sánchez, R. J. (1982). *Geologic evolution of the Sierra Madre Oriental between Linares, Concepción del Oro, Saltillo and Monterrey, Mexico*, (Ph D. thesis): Austin, Texas, University of Texas, 217 p.

Padilla-Sánchez, R.J., 1978 a. *Bosquejo geológico estructural de la Sierra Madre Oriental en el área de Linares-Galeana-San Roberto, Estado de nuevo León*. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista* vol. 2, núm. 1, p. 45-54.

Padilla-Sánchez, R.J., 1978 b. *Geología y estratigrafía (Cretácico superior) del límite suroeste del Estado de Nuevo León*. *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista* vol. 2, núm. 1, p. 37-44.

Pedraza, J., 1996. *Geomorfología: Pirncipios, métodos y aplicaciones*, Editorial Rueda, España.

Petit, 1987. Criteria for sense of movement on fault surfaces in brittle rocks, *Journal of Structural Geology*, vol. 9, 577-608.



- Pola-Villaseñor, A., Garduño-Monroy, V., Díaz, C., Hernández, V., 2006. Estudio geotécnico asociado a procesos de remoción en masa del parque Francisco Zarco, Morelia (Michoacán, México). Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo LVIII, num. 2, pp.183-193.
- Pozo-Rodríguez. M., González Y.J., Giner J.L., 2004. Geología Práctica. Pearson Educación, S.A. Madrid, 352 p.
- Quintanilla López, Y. (2008). Intensidades sísmicas esperadas para Monterrey, Nuevo León y su área metropolitana, a partir del posible rompimiento de la falla de San Marcos y sismos recientes. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL, 136 pp. + Anexos.
- Ramos Zuñiga, L. G. 2007. Regionalización del estado de Nuevo León basada en geología y velocidades de propagación de ondas sísmicas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias de la Tierra, UANL. 180 pp. + Anexos.
- RENFE, 1999. Normas españolas para proyectos, estudios geotécnicos, explanaciones y taludes. Dirección de Mantenimiento de Infraestructura. Primera Edición, marzo de 1999.
- Rodríguez Cabo, J. (1946). Fenómenos geológicos en General Terán, N. L. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, XII, 7-43.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, NY.
- Saavedra, C. P., Mannaerts, C., 2003. Evaluación y monitoreo de modelos de erosión y sedimentación a escala regional usando sensores remotos y SIG. Caso de estudio en la región Andina, Cochabamba, Bolivia. 3ra Conferencia Latinoamericana sobre Manejo de cuencas: "Desarrollo Sostenible en Cuencas" Junio, Arequipa – Perú.
- Salvador, A. (1987). Late Triassic-Jurassic Paleogeography and Origin of Gulf of Mexico Basin: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 71,419-451.
- Servicio Geológico Mexicano, 2004. Guía Metodológica para la elaboración de Atlas de Peligros Naturales a Nivel Ciudad (Identificación y Zonificación).
- Soeters R., Van Westen C.J., 1996. Slope instability recognition, analysis and zonation. Capítulo 8 en Landslides: investigation and mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council.
- Stearns, D. W (1996). Natural Fracture Systems.- AAPG Fractured Reservoir Analysis School. Great Falls, Montana: 17 p. (Inédito).
- Storie, R.E., 1933. An index for rating the agricultural value of soils. Bulletin California Agricultural Experiment Station. Vol 556, University of California.
- Storie, R.E., 1970. Manual de evaluación de suelos. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, México.
- Strangeways, I. (2007). Precipitation: theory, measurement, and distribution. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 290 pp.

rw



Secretaría de
**DESARROLLO
SUSTENTABLE NL**

440

A

rw

Suárez Díaz, J., 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Editado por el Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Colombia.

Terzaghi, K., 1950. Mechanisms of landslides. The Geological Society of America, Berkeley Volume, pp. 83-123.

Terzaghi, K., 1962. Stability of steep slopes in hard unweathered rock. Geotechnique, vol 12, p 251-270.

Tolson, G., 1996. Un catálogo de indicadores cinemáticos en rocas cizalladas, GEOS, vol 16, No.1, p 9-14.).

Twiss, R. J. y Moores, E. M. (1992). Structural Geology. Editorial Freeman, New York, 217-261 pp.
Van der Pluijm, B. A., Earth structure: an introduction to structural geology and tectonics. Editado por W.W. Norton & Company.

Van Westen C. J., 1994. "GIS in landslide hazard zonation: a review, with examples from the Andes Colombia", en Mountain environments and geographic information systems, editado por Martin F. Price y D. Ian Heywood, 309 pp.

Varnes, D.J., 1984. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. UNESCO Press, 63 pp.

Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses - A Guide to Conservation Planning. USDA Handbook 537. Washington, D.C.: U.S. GPO.

Woodruff y Siddoway, 1965. A Wind Erosion Equation. Soil Science Society of America Proceedings, Vol. 29, No. 5, pp. 602-608.

Xia, J. (1998). Spectral inversion of Lg from earthquakes: a modified method with applications to the 1995, Western Texas earthquake sequence. Bulletin of the Seismological Society of America 88, 1525-1537.

Riesgos hidrometeorológicos: Inundación

Aparicio M., F. C. (2001), *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Limusa y Grupo Noriega Editores. México.

Bell, F.C. (1969). "Generalized Rainfall-Duration-Frequency relationships", Proc. ASCE, Journal of Hydraulics Div., Vol. 95, num. HY1, pp. 311-327.

Breña Puyol Felipe Agustín, Jacobo Villa Marco Antonio (2006), Principios y fundamentos de la hidrología superficial, Universidad Autónoma Metropolitana. D.F., México.

Campos A., D. F. (1992), *Procesos del ciclo hidrológico*, UASLP, San Luis Potosí, México.





CENAPRED / SEGOB, 2006, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Hidrometeorológicos), CENAPRED, Av. Delfín Madrigal #665, Deleg. Coyoacán, México, D.F.

CENAPRED (2006). "Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos", Fenómenos Hidrometeorológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

Chen, L.C. (1983). "Rainfall Intensity-Duration-Frequency formulas". Proc. ASCE, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 109, num. 12, paper num. 18441, pp. 1603-1621.

Chow, V. T., D. R. Maidment y L. W. Mays (1994), *Hidrología Aplicada*, Mc Graw-Hill Interamericana, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

De la Lanza E., G., C. Cáceres M., S. Adame M. y S. Hernández P. (1999), *Diccionario de Hidrología y Ciencias afines*, Instituto de Biología, UNAM y Plaza y Valdés, México.

ERN (2009). "ERN-Hidrogramas". Programa para el cálculo de gastos máximos para diferentes periodos de retorno en cuencas. ERN Ingenieros Consultores.

Guerra C. Víctor, "Construcción de curvas I-D-Tr a partir de lluvias máximas", Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Riesgos hidrometeorológicos: Granizadas y Heladas

CENAPRED, 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

CENAPRED, 2007. Fascículo: Heladas. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

IMTA, 2006. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. ERIC, programa para la extracción de información del banco de datos histórico nacional del Servicio Meteorológico Nacional.

Romo González José R., Arteaga R. "Meteorología Agrícola"; Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación; p.p. 301

Páginas de Internet:

<http://www.cenapred.gob.mx/es/Investigacion/RHidrometeorologicos/FenomenosMeteorologicos/Helada/>
www.torro.org.uk (The Tomado and Storm Research Organisation)
www2.udel.cl
<http://ctmaxixona.blogspot.es>
<http://www.tiemposevero.es>

Riesgos Antropogénicos

Arcos Serrano María Esther, Izcapa Treviño Cecilia.

Handwritten initials: DW

Handwritten signature: ad
Handwritten initials: N

Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos, CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED), 1ra edición, noviembre 2006.

Arcos Serrano María Esther, Izcapa Treviño Cecilia
Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED), Noviembre 2003.

Casal Joaquim
Análisis de Riesgos en Instalaciones Industriales. Ediltons UPC 1 edición, noviembre 1999.

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. 1ra edición, noviembre 2006.

Páginas de Internet:

Página electrónica del Gobierno del estado de Nuevo León <http://www.nl.gob.mx>
Página de Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). www.cenapred.unam.mx/
Página electrónica de Gas PEMEX. <http://www.gas.pemex.com>
Página electrónica de PEMEX <http://www.pemex.com/>
Página electrónica de la PROFEPA
Página electrónica de la SEMARNAT <http://www.semarnat.gob.mx/>
Página electrónica del INEGI <http://www.inegi.org.mx/inegi/>
Página electrónica de Enciclopedia de los Municipios de México, estado de Nuevo León
http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_nuevoleon
Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales, edición 2008, SEMARNAT.
http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/07_residuos/cap7_1.html
Instituto Mexicano del Seguro Social
<http://www.imss.gob.mx/instituto/agentessocio.htm>
Sistema Nacional de Protección Civil
<http://www.proteccioncivil.df.gob.mx/historia/sistemnal.html>
Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado
<http://www.issste.gob.mx/nuevoleon/dirunidad.html>
Portal OEIDRUS del Estado de Nuevo León
<http://www.oeidrus-nl.gob.mx/oeidrus/index.php>
Fuentes: "Refinería Héctor R. Lara Sosa"
<http://www.petrolnews.net/noticia.php?ID=d2b32f6f79e628a57de9cb2249feb80&r=8009>
http://www.firesfoundation.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=835
<http://www.correo-gto.com.mx/notas.asp?id=67763>
(Fuente: www.globalenergy.com.mx)
Fuentes: "Cuenca de Burgos"
http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Perfil_Energetico_II.pdf
<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc10332/doc10332.htm>
<http://www.pemex.com/index.cfm?action=news§ionID=118&catID=11388&contentID=21843>
<http://www.hydrocarbons-technology.com/projects/burgos-plant/>



Secretaría de
DESARROLLO
SUSTENTABLE NL



<http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/PROTECCIONVER/CAPACITACION4351090/AN%C1LISIS%20DE%20RIESGOS%20Y%20PROGRAMAS%20DE%20SEGURIDAD%20EN%20INSTALACIONES%20DE%20PEMEX.PDF>
www.Hydrocarbons-technology.com
<http://www.petroquimex.com/091009/articulos/7.pdf>
<http://www.razonesdeser.com/vernota.asp?d=3&m=8&a=2009¬aid=65478>
<http://www.calameo.com/books/000008964d0a7071d1b7e>
http://ccds.samamat.gob.mx/regiones/r-ne/2002-2004/sesiones_ordinarias/4a_sesion_2003/docs_presentados_pdf/proy-integ-burgos.pdf
http://www.pep.pemex.com/foro/Presentaciones_Web_Pdf/Const_Mantto_Foro_Tuberias_Flexibles.pdf
http://www.gas.pemex.com/NR/rdoonlyres/1B188F52-BB18-49EB-AED7-EBE72954DE7A/0/SNGRES1622008_2_.pdf

Fuentes: Sitio de Confinamiento de Residuos Peligrosos

http://catarina.udlap.mx/u_di_a/tales/documentos/ledi/real_c_si/capitulo3.pdf
<http://www.ban.org/Library/residuos.pdf>
<http://www.nl.gob.mx/?Article=51623&ArtOrder=ReadArt&P=leerarticulo&Page=1>

Riesgos por Incendios Forestales

CENAPRED. 2006. "Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Químicos". Centro Nacional de Prevención de Desastres, Sistema Nacional de Protección Civil, México.


CENAPRED. 2008. "Incendios forestales". Serie de fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Sistema Nacional de Protección Civil, Comisión Nacional Forestal, México.

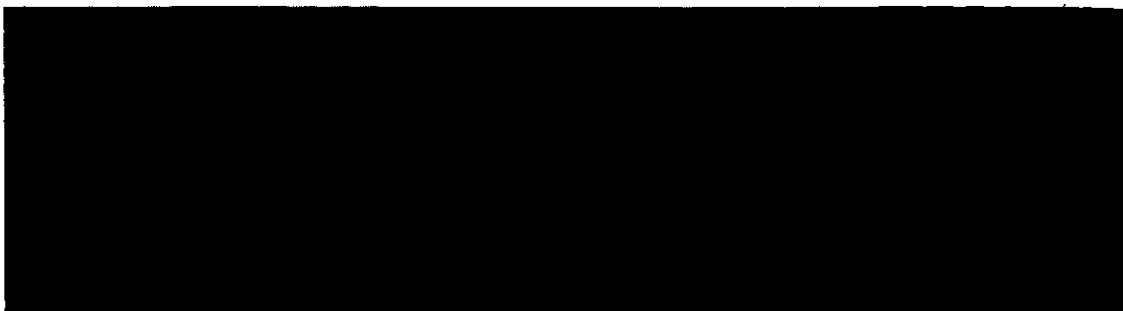
Muñoz C, Treviño E, Verástegui J, Jiménez J y Aguirre O. 2005. "Desarrollo de un modelo espacial para la evaluación del peligro de incendios forestales en la Sierra Madre Oriental de México". Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. ISSN 0188n-4611, Núm. 56, 2005, pp. 101-117.

Sistema Nacional de Protección Civil. 2000. "Fascículo 10: Incendios Forestales".

Páginas de internet:

www.conafor.gob.mx/
www.conabio.gob.mx/
www.smn.cna.gob.mx/
www.cenapred.unam.mx/

Handwritten signature

Handwritten signature





www.nl.gob.mx/legislacionypoe