



PLAN MAESTRO
RIO MAGDALENA

6

**Amenazas naturales,
vulnerabilidad y riesgo**



Introducción

El actual interés por el estudio del riesgo y la vulnerabilidad en la planeación territorial se explica por el incremento continuo en las pérdidas materiales y de vidas humanas resultado de eventos naturales extremos, así como por las prácticas humanas inadecuadas que degradan el medio ambiente. Dicho aumento está íntimamente ligado al crecimiento demográfico y a la urbanización hacia zonas de una gran vulnerabilidad debido a las características naturales adversas del entorno. Generalmente esta urbanización es protagonizada por sectores sociales marginados, los cuales cuentan con una infraestructura deficiente incapaz de hacer frente a los fenómenos naturales.

En el caso particular de los ríos urbanos, el análisis de riesgo es de primera importancia para evitar el desbordamiento del cauce por crecidas extraordinarias. Históricamente las planicies de inundaciones han sido ocupadas por asentamientos humanos que ven en el río una fuente de abastecimiento de agua y paradójicamente la posibilidad de descargar sus aguas servidas. Tales asentamientos se encuentran en una situación de alto riesgo ante eventuales lluvias torrenciales, por lo que uno de los acercamientos tradicionales al manejo de ríos está dirigido al control de inundaciones.

El presente apartado está organizado desde un acercamiento analítico que sectoriza temáticamente los distintos riesgos a los que está expuesta la cuenca del río Magdalena, enfatizando el estudio de incendios forestales, deslaves (flujo de derrubios), inundaciones y las obras hidráulicas de protección existentes en el cauce.



6.1 Riesgos Hidrometeorológicos (inundaciones)

Los fenómenos meteorológicos que generan precipitaciones pluviales extremas proveen de una cantidad de agua de escurrimiento, en tiempos cortos, la cual permite generar, bajo condiciones de relieve e hidrodinámicas adecuadas, las inundaciones fluviales. Pero son los procesos geomorfológico fluviales los que detonan localmente a esa clase de inundaciones (Morisawa, 1985).

Las inundaciones pertenecen a uno de los tipos de fenómenos hidro-meteorológicos naturales que se caracterizan por tener una enorme capacidad destructiva además de ser de alta recurrencia. En 1999 fueron responsables del 85% de las pérdidas económicas a nivel mundial (DIRDN GLOBAL, 1999).

La cuenca del río Magdalena se localiza principalmente en dos delegaciones del Distrito Federal, la delegación Álvaro Obregón y Magdalena Contreras. Esta última se destaca por ser la delegación con las precipitaciones de mayor intensidad de todo el Distrito Federal.

El promedio anual de precipitación es entre los 800 mm y 1,200 mm, las precipitaciones máximas se presentan en verano, específicamente en el mes de julio, ya que se han registrado valores superiores a los 250 mm. El tipo de precipitación que se presenta es, principalmente, de tipo convectivo, ocasionado por los vientos que entran cargados de humedad desde el océano.

Todos los años durante la temporada de lluvias, en la cuenca del río Magdalena ocurren inundaciones en diferentes áreas, particularmente en algunas planicies aluviales y sus terrazas. Sin embargo, la mayor parte de ellas se presentan en espacios poco habitados, en sitios en donde los depósitos afectan algunas áreas agrícolas y pecuarios, pero sin que los procesos sean catastróficos (figura 4.6.1.1), así como en las áreas urbanas.

En una parte importante de la cuenca pueden ocurrir inundaciones sin ninguna afectación a la población, pero cuando ésta sufre algún daño por ese proceso hidrometeorológico, no toma en cuenta el estatus económico ni el tipo de asentamiento, ya que hay colonias en las que sus habitantes adquirieron sus terrenos con



contratos de compra venta desde hace varias décadas, sin ser necesariamente asentamientos irregulares, estos últimos, en la mayoría de los casos se presentan en las áreas más propensas a inundaciones.

A pesar de que han existido diversos programas de reubicación por parte de las autoridades, no toda la población ha sido beneficiada con estas acciones. También cada año se ponen a su disposición albergues, pero la población prefiere sortear las inundaciones antes de abandonar sus viviendas.

En algunos casos la población ha optado por apuntalar las construcciones con *costaleras* y abrir canales para el paso del agua, sin importar los efectos colaterales de incisión vertical y transporte de partículas que se puedan presentar.

Por otro lado, al tratarse de un área de conservación ecológica, las obras que se pueden llevar a cabo de manera individual por la población local, para aminorar los efectos de las inundaciones, son difíciles de realizar.

Las inundaciones que se presentan no sólo son exclusivas de la cuenca, sino algunas de ellas ocurren en colonias próximas a la confluencia del río Magdalena con el río Eslava, pero el origen y las causas son las mismas. Algunas de estas áreas están cercanas al Periférico, en San Jerónimo, en el Camino a Santa Teresa, en donde el nivel del agua ha superado el metro de altura.

Figura 6.1.1
PLANICIE ALUVIAL DEL RÍO MAGDALENA, EN EL PRIMER DINAMO



En lo que corresponde a la cuenca del río Magdalena, las inundaciones han causado pérdidas económicas, así como de vidas humanas. Asimismo afectan diferentes tipos de asentamientos, como es el caso de los asentamientos irregulares de los Dínamos (en el segundo Dinamo), El Ocotal y la Carbonera. A su vez también ocurren en colonias como Santa Teresa y Nicolás Totolalpan.

Un aspecto fundamental en este trabajo se realizó para la identificación de las áreas potenciales propensas a inundación, en la cuenca del río Magdalena. Esta identificación se basó en las referencias que se han reportado en los diferentes estudios que se han realizado, como el del análisis hidrológico y principalmente con la evaluación geomorfológica fluvial.

Esto también se complementó con los niveles altitudinales y con los resultados interpretativos de las fotografías aéreas y las ortofotos procesadas del INEGI (2000).



Las áreas propensas a inundación, se clasificaron en cuatro categorías: áreas sin inundaciones (nivel nulo), áreas poco propensas a inundación (nivel bajo), áreas medianamente propensas a inundación (nivel medio) y en áreas muy propensas a inundación (nivel alto).

6.1.1 Delimitación de Áreas con Peligro a la Presencia de Inundaciones

Se consideraron a las unidades geomorfológico morfogenéticas delimitadas en el apartado de relieve como referencia espacial para construir el Cuadro 4.6.1.1 en donde se ha señalado el tipo de procesos geomorfológicos dominantes y los niveles de peligro a inundaciones. En la Figura 4.6.1.2 se muestra la expresión espacial de esta valoración de niveles de peligro.

Los resultados muestran que las áreas que tienen mayor peligro a la presencia de ese proceso son las que tienen el tipo de relieve exógeno de planicies aluviales acumulativas del cuaternario. La única planicie aluvial de dimensiones considerables, para la escala de análisis realizado aquí, se localiza en la parte baja de la cuenca, en un área adyacente a la confluencia entre el Magdalena y el Eslava.

Las áreas que presentan el nivel de peligro medio son las que se caracterizan por tener relieve exógeno aluvial y coluvial acumulativo de piedemontes locales intermontanos del cuaternario. Se localizan principalmente en la porción central y occidental de la cuenca, al pie de los cerros La Palma y San Miguel.

Cuadro 6.1.1
PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS DOMINANTES Y NIVELES
DE PELIGRO A INUNDACIONES POR UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA

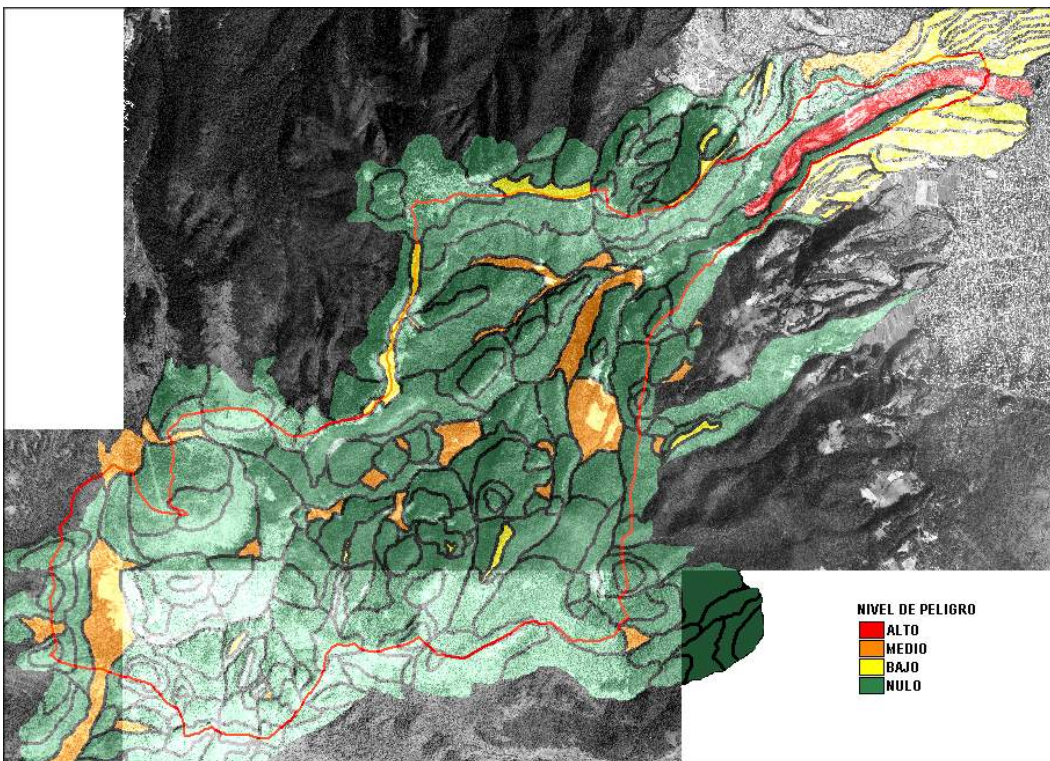
Unidades Morfogenéticas	Intervalo de pendiente dominante en grados	Procesos Dominantes	Intensidad de los procesos	Nivel de Peligro a Inundaciones
LmS	>08-16	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Media	Nulo
LmSM	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Nulo
LmM	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Nulo
LmMI	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Nulo
LmI	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Nulo
LmES	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Muy Alta	Nulo
LmEI	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Muy Alta	Nulo
LmSDom	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Alta	Nulo
LmMDom	>08-16	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Alta	Nulo
LmIDom	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Alta	Nulo
LmND	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Media	Nulo
Sc	>04-08	Erosión hídrica laminar y eólica	Baja	Bajo

Lom	>04-08	Erosión hídrica laminar, eólica y procesos gravitacionales por influencia humana	Media	Bajo
LPdB	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Nulo
PmLi	>08-16	Aluviales acumulativos	Media	Medio
Pal	>04-08	Fluviales acumulativos	Alta	Alto

Fuente: Elaboración propia a partir del cruzamiento del mapa de unidades geomorfológicas y de intervalos de pendientes en grados, y mediante la fotointerpretación de las ortofotos del INEGI.

Figura 6.1.2

MAPA DE NIVELES DE PELIGRO A LA PRESENCIA DE INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA



Fuente: Instituto de Geografía, UNAM, 2008.



6.2 Procesos Gravitacionales (Flujos de Derrubios)

Los procesos gravitacionales implican el desprendimiento de material intemperizado del sustrato original, ocurren de manera planar, es decir con extensión amplia y generalmente no siguen una dirección fija (Lugo, 1991). Estos procesos se encuentran condicionados por factores como son la pendiente del terreno, la presencia de escarpes de disyunciones, el grado de intemperismo de las rocas y las características físicas del sustrato, y para el caso de los deslizamientos, la cantidad de lluvia y el contenido de agua en el suelo.

En la cuenca del río Magdalena los procesos gravitacionales se favorecen por la pendiente del terreno, en los escarpes litológicos y estructurales, la falta de una densa cobertura vegetal y el intemperismo que presenta el sustrato geológico (Castillo Rodríguez, 2003). Las unidades de los procesos gravitacionales erosivos que se pudieron identificar son: el límite superior de ladera con procesos gravitacionales activos, las laderas tectónicas con procesos gravitacionales activos y los escarpes.

Algunos de los procesos que se presentan con más frecuencia son la caída de rocas y los vuelcos, esto se debe a que las rocas se encuentran altamente meteorizadas y tienen una gran cantidad de fracturas. En la parte baja de las laderas es donde se presentan las áreas acumulativas, representados por los depósitos coluviales.

En los lugares donde se presentan los deslizamientos, la pendiente y la litología, influyen mucho para que suceda cierto tipo de deslizamiento. Una de las evidencias más comunes en ellos son sus cicatrices de desprendimiento que se observan en algunos tipos de laderas de montaña.

Los procesos gravitacionales que se presentan en la Cuenca del Río Magdalena son principalmente de tres tipos: deslizamientos, caída de rocas, y vuelcos. Los cuales incrementan su presencia durante la temporada de lluvias.

La existencia de estos procesos gravitacionales se debe a diferentes causas, entre las que se encuentra, principalmente, la presencia de escarpes de falla y litológicos en donde las altas



inclinaciones de las laderas propician ese proceso aunado con la cantidad de lluvia y el tipo de material.

En algunas áreas la influencia antrópica es importante ya que en muchos casos las laderas de los barrancos han sido modificadas por la actividad humana con el fin de construir sus viviendas. En algunos casos, las laderas que tenían estos procesos inactivos se volvieron activos por alguna modificación humana directa.

Año tras año se presentan muchos procesos gravitacionales en toda la cuenca durante la temporada de lluvias. Muchos de ellos no afectan a la población, ya que ocurren en áreas despobladas, como es el caso de los deslizamientos que se localizan en el áreas de las represas (Figura 4.6.2.1), otros, como es el caso de los vuelcos (Figura 4.6.2.2) pueden afectar algunos asentamientos irregulares, como sería el caso del asentamiento que se encuentra en el Segundo Dinamo. Algunas de las colonias donde se presentan los procesos gravitacionales son: El Ocotil, La Carbonera y San Nicolás Totolapan.

6.2.1 Delimitación de Áreas con Peligro a la Presencia de Procesos Gravitacionales

Se consideraron a las unidades geomorfológico morfogenéticas delimitadas en el apartado de relieve como referencia espacial para construir el Cuadro 4.6.2.1 en donde se ha señalado el tipo de procesos geomorfológicos dominantes y los niveles de peligro a la presencia de procesos gravitacionales.

Asimismo se construyó el mapa de la Figura 4.6.2.3, en el cual se han incluido los diferentes niveles de peligro a la presencia de los procesos de remoción en masa más característicos del área (deslizamiento, caída de rocas, vuelcos, etc.). Este mapa se creó a partir del cruzamiento del de unidades geomorfológicas y el de intervalos de pendientes en grados, asimismo mediante la fotointerpretación de las ortofotos del INEGI (2000).

Los resultados de este trabajo muestran que las áreas con niveles muy altos de peligro a la presencia de procesos de remoción en masa se distribuyen en toda la cuenca y se concentran principalmente en las áreas con relieve endógeno volcánico-



estructural, en escarpe de falla y litológico, de laderas de montaña de flujos lávicos andesíticos y dacíticos del cuaternario. Se localizan principalmente en las porciones norte (Cerro Zacazontetla en el Tercer Dinamo), sur (Cerro El Triángulo) y centro (Cerro La Coconetla en el Cuarto Dinamo y Cañada Atzoma) de la cuenca del Magdalena.

Los niveles altos de peligro son los que tienen mayor distribución y amplitud en la cuenca. Corresponden con los tipos de relieve, endógeno volcánico acumulativo, tanto de laderas de montaña de flujos lávicos andesíticos y dacíticos, como de laderas de montaña de lavas de domos riolíticos, ambos del cuaternario. Asimismo están incluidas las áreas con relieve exógeno erosivo-estructural aluvial de laderas en pared de barranco del cuaternario. Se localizan principalmente en el sur (Cerro El Triángulo), centro (Cerros Tarumba, Sasacapa y Las Palomas) y norte (Cerro Zacazontetla) del área evaluada. También se encuentran en el poniente de la cuenca, en el Cerro La Palma, San Miguel, y otros domos cercanos a ellos (al este), y al norte, cercanos al Cerro Ocotál.

Figura 6.2.1

ÁREAS CON DESLIZAMIENTOS EN LAS PORCIONES DE LADERAS DE MONTAÑA ALTAS EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA



Figura 6.2.2

TALUDES DETRÍTICOS FORMADOS POR DESLIZAMIENTOS Y CAÍDA DE ROCAS AL PIE DE LAS LADERAS DE MONTAÑA



Cuadro 6.2.1

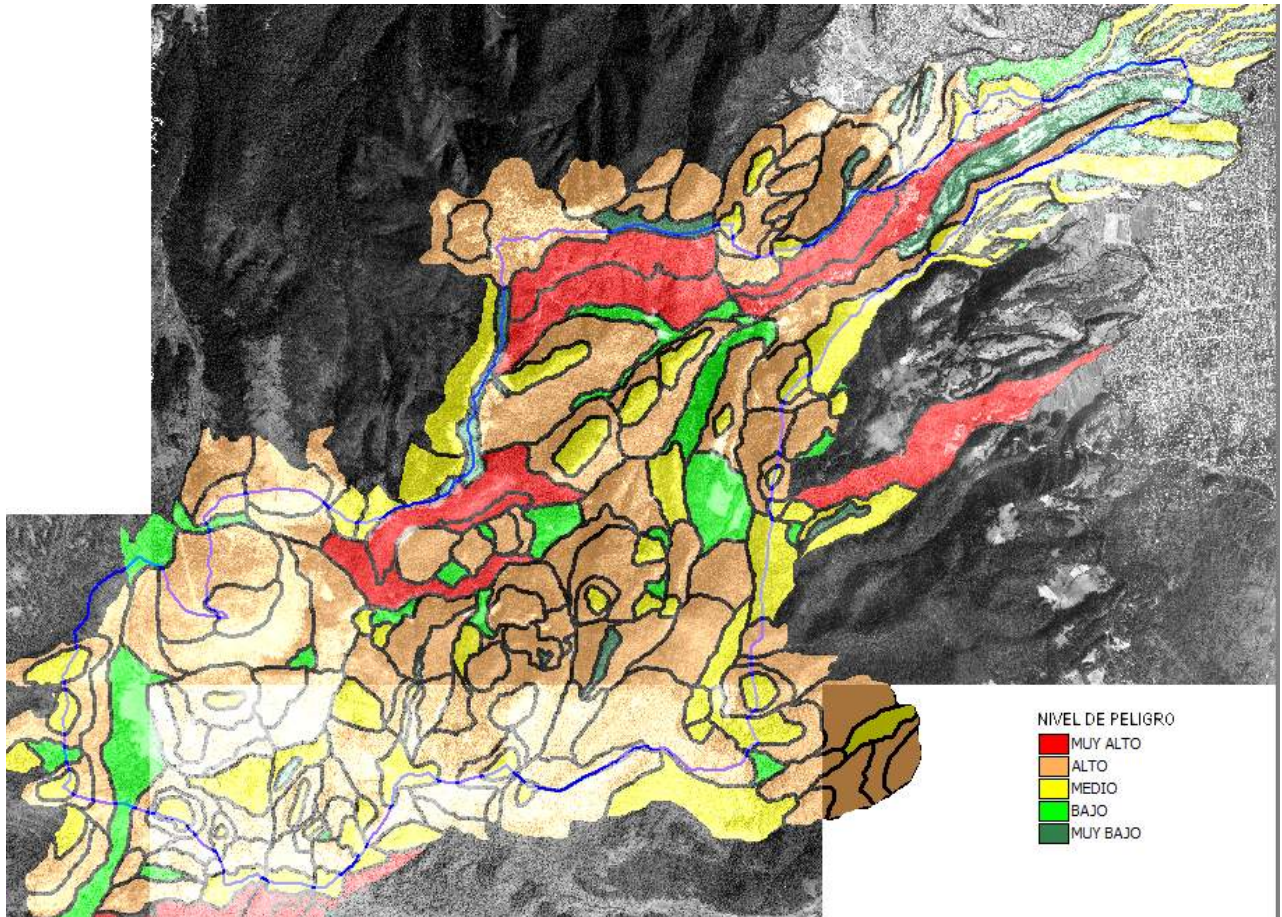
PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS DOMINANTES Y NIVELES DE PELIGRO A PROCESOS GRAVITACIONALES POR UNIDAD GEOMORFOLÓGICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA

Unidades Morfogénicas	Intervalo de pendiente dominante en grados	Procesos Dominantes	Intensidad de los procesos	Nivel de Peligro a remoción en masa
LmS	>08-16	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, soliflucción)	Media	Medio
LmSM	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Alto
LmM	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Alto
LmMI	>16-32	Gravitacionales	Alta	Alto

		(deslizamientos, caída de rocas)		
Lml	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Alto
LmES	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Muy Alta	Muy Alto
LmEI	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Muy Alta	Muy Alto
LmSDom	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Alta	Alto
LmMDom	>08-16	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Alta	Alto
LmIDom	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Alta	Alto
LmND	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas, solifluxión)	Media	Medio
Sc	>04-08	Erosión hídrica laminar y eólica	Baja	Muy Bajo
Lom	>04-08	Erosión hídrica laminar, eólica y procesos gravitacionales por influencia humana	Media	Medio
LPdB	>16-32	Gravitacionales (deslizamientos, caída de rocas)	Alta	Alto
PmLi	>08-16	Aluviales acumulativos	Media	Bajo
Pal	>04-08	Fluviales acumulativos	Alta	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia a partir del cruzamiento del mapa de unidades geomorfológicas y de intervalos de pendientes en grados, y mediante la fotointerpretación de las ortofotos del INEGI.

Figura 6.2.3
MAPA DE NIVELES DE PELIGRO A LA PRESENCIA DE PROCESOS DE
REMOCIÓN EN MASA EN LA CUENCA DEL RÍO MAGDALENA





6.3 Incendios Forestales

Un incendio forestal es el fuego que, con una ocurrencia y propagación no controlada, afecta selvas, bosques o vegetación de zonas áridas o semiáridas. La presencia del fuego obedece a un conjunto de factores biológicos y socio-económicos, que explican su ocurrencia y propagación, y a la vez permiten plantear una estrategia de prevención para reducir sus efectos¹.

Los incendios debido a la intervención del hombre hacen que se modifique la vegetación, llegando en ocasiones a resultados indeseables, alterando el ambiente hasta niveles perjudiciales para las sociedades humanas. Adicionalmente se daña a la regeneración natural, por el debilitamiento del arbolado adulto, los árboles se vuelven susceptibles del ataque de plagas y enfermedades y se reduce el valor económico de los productos forestales²³.

Los incendios naturales constituyen aproximadamente el 5% del total de todos los incendios del país. Casi la totalidad de los incendios ocurridos (95%), se deben a causas humanas, ya sean por accidente, intencionalidad o negligencia. En particular, cerca del 60% de los incendios forestales, en México, tienen su origen en el uso del fuego con fines agropecuarios y silvícola.⁴

Actualmente las áreas periurbanas están definidas por la presencia de granjas, rancherías y poblaciones en zonas boscosas, además de que la presencia de los cruces de carreteras y caminos

¹ P Martín, E Chuvieco y I Aguado, 'La incidencia de los incendios forestales en España' Serie Geográfica, Incendios forestales, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, vol. 7, 1998, pp. 23-38.

² G E Rojo, J Santillán, H Ramírez y B Arteaga, 'Propuesta para determinar índices de peligro de incendio forestal en bosques de clima templado de México', *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 7 (1), 2001, pp. 39-48.

³ B W Bond y B W Van Wilgen, '*Fire and plants. Population and community*', Biology Series, Chapman y Hall, UK, 1996, pp. 262.

⁴ M A Martínez-Martínez, '*Patrón de ocurrencia, duración e intensidad de los incendios forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Desarrollo de un procedimiento para evaluar la correlación de su intensidad y duración con respecto a factores físicos 1996-2002*', Tesis de Licenciatura en Planeación Territorial, Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEM, México, 2003, pp. 103.



provoca que los incendios continúen siendo el factor de deterioro más importante en la mayor parte de la vegetación de estas zonas⁵.

En México los incendios son una de las principales causas de deterioro de las zonas forestales. El Distrito Federal, es la entidad que presenta el más alto índice de riesgo a incendios ya que en un estudio con registros históricos por entidad federativa⁶, se registraron en promedio alrededor de 322 incendios por cada 10 mil ha. Del mismo modo, el Distrito Federal presenta el valor más alto de gravedad (superficie total afectada por incendios sobre la superficie forestal base) de sus bosques. Estudios realizados por Villers y Hernández⁷, constatan que la presencia de eventos como el fenómeno de El Niño incrementa el daño ocasionado por los incendios. En este trabajo se considera la presencia de este fenómeno ya que presenta consistencia tanto en los resultados como en las posibles repercusiones que tiene el evento en estudios anteriores.

En un estudio realizado para el Suelo de Conservación del DF,⁸ se reporta que los incendios se presentan en ciertas áreas con mayor frecuencia que en otras (mapa 6.3.1).

⁵ S H Spurr y B Barnes, *'Ecología forestal'*, AGT Editor, México, 1980, pp. 278.

⁶ L Villers Ruíz y J Hernández Lozano, *'Diagnóstico Funcional del Territorio Nacional'* I Subsistema Natural I.12, Peligros Naturales, Peligros por Incendios Forestales, SEDESOL/ Instituto de Geografía, UNAM, 2005, pp 121-123.

⁷ L Villers-Ruíz y J Hernández Lozano, *'Incendios forestales y el fenómeno de El Niño en México'*, *IV Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales, Sevilla, España, 2007*, pp. 1-10.

⁸ Z M Saavedra Díaz, *'Propuesta de un modelo cartográfico para identificar zonas de valor ambiental amenazadas para el diseño de políticas de atención prioritaria'*, Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM, 2007.

Figura 6.3.1
INCIDENCIA DE INCENDIOS FORESTALES
 Suelo de conservación del Distrito Federal



Fuente: Saavedra Diaz, Z.M. 9

Se asume que el origen de la mayoría de los incendios se debe principalmente a las quemas que realizan los ganaderos y agricultores más que a los visitantes y peregrinos que no apagan bien las fogatas. La autora describe cinco zonas identificadas como de mayor riesgo de incendios dentro del suelo de Conservación del DF y las cifras que se mencionan corresponden a todos los incendios que se reportaron para toda esa zona durante el periodo del 2000 al 2005.

La segunda zona de riesgo en importancia es la colindancia de la Cuenca del Magdalena y el Volcán Ajusco, e involucra a las delegaciones de Tlalpan y La Magdalena Contreras (Mapa 1). Esto corresponde a 398 incendios atendidos durante el periodo que equivale a 337 ha quemadas. La vegetación que se afectó fue de

⁹ *ibid.*, p. 63.



65% de pastizal, 14% de plantas de reforestación, 11% arbustos 9.5% de hojarasca, y una pequeña parte de renuevos.

6.3.1 Incendios Forestales en la Cuenca del Río Magdalena

Con el fin de llevar a cabo el análisis de la frecuencia con la que se suceden los incendios en la Cuenca del Río Magdalena para los años de 1995 a 2007, se contó con los reportes de incendios forestales y conatos de incendio (superficies menores a 1 ha) para los 13 años considerados. Estos datos fueron proporcionados por el Departamento de Incendios de la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

Tres temas son los que se analizan en este estudio: 1. La frecuencia de incendios en la cuenca, la temporalidad y estrato vegetal en donde con mayor frecuencia se suceden los siniestros. 2. Índice de gravedad que indica el porcentaje de superficie incendiada con respecto a la superficie forestal total de la cuenca 3. Índice de riesgo que señala el número de incendios que se pueden presentar en una superficie específica, en este caso cada 100 ha.

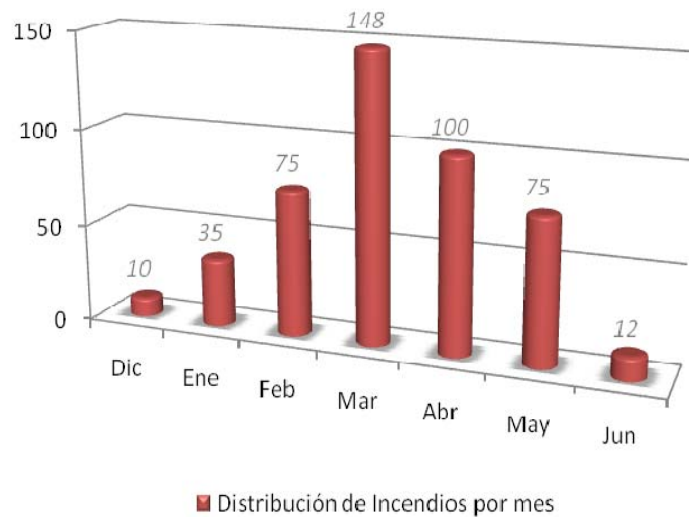
6.3.1.1 Frecuencia de incendios, temporalidad y estratos afectados

Los índices de frecuencia de incendios indican la regularidad de la presencia de incendios en un lugar y en determinado periodo de tiempo, se obtienen del número de incendios producido en un momento determinado, es decir, la cantidad promedio de incendios que se producen en cierto tiempo en un lugar¹⁰. Para esto, se hizo el cálculo para cada mes y año, para todo el período de 1995 a 2007 La mayor incidencia ocurrió en marzo con un total de 148 incendios y en promedio se presentan 11 incendios en este mes. Le siguen en el mes de abril con 100 incendios y en promedio para este mes es de 8 incendios. (Grafica 1). La temporada en la que se presentaron

¹⁰ O. Magaña, 'Índices de peligro de incendios forestales', *Boletín Divulgativo Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*, México (70), 1985, pp. 15.

principalmente fue en los meses de enero a mayo, aunque se presentaron algunos en el mes de diciembre y se extendieron hasta junio.

Gráfica 6.3.1
NÚMERO TOTAL DE INCENDIOS POR MES
 Período 1995-2007



Fuente: Elaboración propia.

En total el número de de incendios forestales para la cuenca fue de 457 afectando un total de 584.7 hectáreas (cuadro 1). De este periodo el año 1998 fue el que mayor número de incendios, reporto con un total de 385 hectáreas siniestradas, aproximadamente el 66% de la superficie total siniestrada en los 13 años analizados. No todos los estratos de vegetación fueron afectados de igual manera en el cuadro 1 y en la gráfica 2 se resume que la mayor superficie afectada fue de pastizal (360 ha) y estrato arbustivo (184 ha), considerándose desde esta punto de vista que fueron incendios en los que se afectaron principalmente los estratos bajos. Por otro lado no todas las comunidades vegetales de la cuenca, presentan la misma



frecuencia de incendios. Los incendios se presentan con mayor frecuencia en las comunidades de *Pinus hartwegii* y de *Abies religiosa* y con menor frecuencia en las menos representadas como son la de *Quercus* y los bosques mixtos.¹¹

Cuadro 6.3.1

NÚMERO DE INCENDIOS Y SUPERFICIE AFECTADA. 1995-2007

Superficie promedio por incendio

Año	Núm. Incendios	Superficie Afectada por Estrato (ha)							Promedio Ha / incendio
		AA	RN	PS	HO	RF	AR	Total	
1995	13			51.30			13.62	64.9	5.0
1996	10			15.05			0.10	15.2	1.5
1997	35			27.63			3.72	31.4	0.9
1998	135	2.85	5.18	203.32	16.76	2.00	155.25	385.4	2.9
1999	14			8.19	0.85		0.57	9.6	0.7
2000	12			13.41		0.30	0.27	14.0	1.2
2001	5			2.26	0.10		0.36	2.7	0.5
2002	15			6.16	3.75	0.50	1.55	12.0	0.8
2003	29			10.71	1.81	0.05	1.75	14.3	0.5
2004	34			1.71			1.60	3.3	0.1
2005	71			5.95	3.34		2.98	12.3	0.2
2006	49			11.15	1.74		2.47	15.4	0.3
2007	35			3.31	0.84		0.21	4.4	0.1
Total	457	2.85	5.18	360.15	29.18	2.85	184.45	584.7	1.3

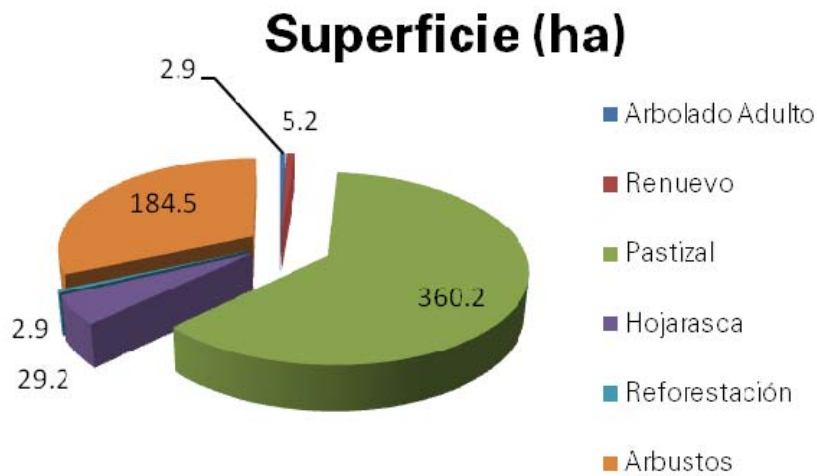
*AA arbolado adulto, RN renuevo, PS pastizal, HO hojarasca, RF reforestación, AR arbustos.

Fuente: Reportes de Incendios 1998 a 2007 y Conatos 2003 a 2007. CORENA. 2008. Incendios en la CRM. Reportes de incendios de 1995 a 1997 por Flores-Rodríguez.¹²

¹¹ A Flores Rodríguez, 'Recurrencia de incendios en la cuenca alta del río Magdalena, D,F, México' Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.

¹² *idem*.

Gráfica 6.3.2
SUPERFICIE INCENDIADA POR ESTRATOS
 Período 1995-2007



Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.2 Índice de gravedad

Se construyó un índice de gravedad expresado en porcentaje, que se obtiene dividiendo la superficie total afectada por los incendios durante el periodo a considerar sobre una superficie forestal base. En este caso la superficie forestal base corresponde a los datos del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo del año 2005. Por lo que se agrupó la cobertura vegetal total y se le restó las áreas transformadas (poblados y agricultura, Cuadro 2) y los datos de la superficie total siniestrada de 1995 a 2007 fueron proporcionados por CORENA (2008). Se aplicó la fórmula siguiente:

$$\text{Índice de gravedad} = \frac{\text{Superficie Incendiada}}{\text{Superficie Forestal}} * 100$$

El resultado de este índice indica que el 20% de la superficie forestal de la cuenca ha sido afectada por los incendios forestales.

Cuadro 6.3.2

COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO
Cuenca del Rio Magdalena

Cobertura	Superficie (ha)
Bosques conservados	1997.6
Bosques perturbados	493.7
Pastizal inducido con bosque	175.0
Pastizal inducido	199.3
Poblados	90.4
Matorral de <i>Quercus y Furcraea</i>	25.1
Agricultura de temporal	11.9
Superficie total	2992.8
Poblados y Agricultura	-102.28
Cobertura Forestal	2890.5

6.3.1.3 Índice de riesgo

El Índice de Riesgo que se calcula como el número anual de incendios por cada 100 ha de superficie forestal con la siguiente formula:

$$\text{Índice de riesgo de incendios} = \frac{\text{Número de Incendios}}{\text{Superficie Forestal}}$$

En este estudio el índice de riesgo es de aproximadamente 16 incendios por cada 100 hectáreas.

Tanto el índice de riesgo como el de gravedad han sido utilizados por la Dirección General para la Conservación de la Naturaleza en España.^{13, 14}

¹³ F. Pérez Cabello, 'La incidencia de los Incendios Forestales en el Prepirineo Occidental Oscense', Geographicalia, vol. 37, 1999, pp. 01-10.

¹⁴ Martín, *op. cit.*, pp. 23-38.

6.4 Obras de protección

Como se mencionó en el capítulo 3.4 de este diagnóstico, en los años 80 se inició la construcción de algunas obras de protección en el lecho del río dentro de la zona de conservación. Se trata de algunas obras de detención del flujo que sirven para evitar que la velocidad con la que escurre el agua socave el lecho y las paredes del cauce y que ese material desprendido se deposite aguas abajo en lugares en los que su presencia podría ser indeseable o dañina.

En el año 2007 se contabilizaron 57 presas de distintos materiales: Gaviones (44), Mampostería (9) y Piedra acomodada (4). Del total de las presas de gaviones, 6 se encuentran azolvadas; 4 socavadas, en peligro de falla y el resto en condiciones regulares. De las presas de mampostería una se encuentra azolvada y las demás en condiciones regulares. Finalmente de las Presas de Piedra acomodada una se encuentra azolvada y las otras tres en condiciones regulares. Todas las presas en condiciones regulares no requieren ningún tipo de acción.

Cuadro 6.4.1

COORDENADAS DE PRESAS DE GAVIÓN AZOLVADAS

N°	X	Y
1	465378	2127472
2	466630	2127995
3	466658	2128026
4	467318	2129097
5	468381	2129421
6	468173	2129195

Cuadro 6.4.2

COORDENADAS DE PRESA DE MAMPOSTERÍA AZOLVADA

N°	X	Y
1	465296	2127464

Cuadro 6.4.3

COORDENADAS DE PRESA DE PIEDRA ACOMODADA AZOLVADA

N°	X	Y
1	468015	2128943

La cifra de 57 presas que indica que lejos de haberse controlado este problema, los procesos erosivos continúan presentándose en la parte alta de la cuenca. La ubicación de estas obras puede observarse en la figura 6.4.1 Se sabe además que existe un gran número de diques de roca que buscan detener la fuerza de los arroyos del Magdalena.

Es adecuado anotar que, debido a varios procesos erosivos que se activaron tras los incendios forestales de amplias zonas en las partes más elevadas de la cuenca, la capacidad de regulación de una buena parte de estas obras se está viendo comprometida. Esta circunstancia debería motivar a que estas áreas forestales dañadas fuesen objeto de campañas agresivas de reforestación, tanto para frenar la pérdida de suelos en la cuenca como para limitar los volúmenes de azolves que modifican las capacidades de todo tipo de estructura hidráulica.

También debe cuidarse que estas presas no tengan modificaciones constructivas que lleven a un sobre-diseño (que se eleven sus niveles); en cambio, sería de gran utilidad e interés realizar estudios que busquen optimizar la función de estas presas y su relación con las características erosivas e hidrológicas de las cuencas a las que sirven. En cuanto a los volúmenes de sedimentos que ya se han depositado en las presas, sería apropiado que el



material fuera retirado para evitar el sobre-dimensionamiento de estas obras de retención.

Un asunto sobre el cual debe reflexionarse es el tiempo que estas obras deberán permanecer en el lecho del río. Considerando un hipotético escenario en el que los procesos erosivos de la cuenca pudieran llegar a un estado estable que redujera o incluso eliminara la dinámica de arrastre de los sedimentos, sería factible que estas obras fueran retiradas para dar paso a un periodo de autorregulación de sedimentos en la cuenca. Se sabe que existen sitios en el mundo en los que este tipo de obras han sido desinstaladas (no se logró encontrar la referencia bibliográfica) porque se encontró que su presencia no era ya necesaria. Se entiende que para lograr este equilibrio en una cuenca deberá llevarse a un estado de “salud” en el que el volumen de material arrastrado y depositado no resulte un problema que resolver. Este asunto es sin duda un tema que podría motivar algunas investigaciones que involucren disciplinas como la hidrología, la hidráulica fluvial y la ingeniería agronómica.



Bibliografía

Castillo Rodríguez, M.E. *Procesos exógenos en la Delegación La Magdalena Contreras Ciudad de México*, Tesis Licenciatura en Geografía FFyL UNAM, México, 108 pp. 2003.

DIRDN GLOBAL (1999), Consulta en la página de Internet:
www.crid.or.cr/crid/EIRD/DIRDNINF/No15_99/espanol/pagina4.htm,
consultada el 8 de abril del 2002, 1999.

INEGI. Ortofotos construidas con fotografías aéreas tomadas en 1994/1995 escaneadas a escala 1:75,000 con 2 m de resolución, INEGI, México, 2000.
Lugo Hubp, J.I. *Elementos de Geomorfología Aplicada. Métodos Cartográficos*. Instituto de Geografía, UNAM. 109 pp. México, 1991.
Morisawa, M. *Rivers*. Longman. NY. USA. 1985.

Castillo Rodríguez, M.E. *Procesos exógenos en la Delegación La Magdalena Contreras Ciudad de México*, Tesis Licenciatura en Geografía FFyL UNAM, México, 108 pp. 2003.

INEGI. Ortofotos construidas con fotografías aéreas tomadas en 1994/1995 escaneadas a escala 1:75,000 con 2 m de resolución, INEGI, México, 2000.

Lugo Hubp, J.I. *Elementos de Geomorfología Aplicada. Métodos Cartográficos*. Instituto de Geografía, UNAM. 109 pp. México, 1991.

¹ P Martín, E Chuvieco y I Aguado, 'La incidencia de los incendios forestales en España' Serie Geográfica, Incendios forestales, Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, vol. 7, 1998, pp. 23-38.

² G E Rojo, J Santillán, H Ramírez y B Arteaga, 'Propuesta para determinar índices de peligro de incendio forestal en bosques de clima templado de México', *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 7 (1), 2001, pp. 39-48.



³ B W Bond y B W Van Wilgen, '*Fire and plants. Population and community*', Biology Series, Chapman y Hall, UK, 1996, pp. 262.

⁴ M A Martínez-Martínez, '*Patrón de ocurrencia, duración e intensidad de los incendios forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Desarrollo de un procedimiento para evaluar la correlación de su intensidad y duración con respecto a factores físicos 1996-2002*', Tesis de Licenciatura en Planeación Territorial, Facultad de Planeación Urbana y Regional, UAEM, México, 2003, pp. 103.

⁵ S H Spurr y B Barnes, '*Ecología forestal*', AGT Editor, México, 1980, pp. 278.

⁶ L Villers Ruíz y J Hernández Lozano, '*Diagnóstico Funcional del Territorio Nacional*' I Subsistema Natural I.12, Peligros Naturales, Peligros por Incendios Forestales, SEDESOL/ Instituto de Geografía, UNAM, 2005, pp 121-123.

⁷ L Villers-Ruíz y J Hernández Lozano, '*Incendios forestales y el fenómeno de El Niño en México*', *IV Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales, Sevilla, España, 2007*, pp. 1-10.

⁸ Z M Saavedra Díaz, '*Propuesta de un modelo cartográfico para identificar zonas de valor ambiental amenazadas para el diseño de políticas de atención prioritaria*', Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM, 2007.

⁹ *ibid.*, p. 63.

¹⁰ O. Magaña, '*Índices de peligro de incendios forestales*', *Boletín Divulgativo Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*, México (70), 1985, pp. 15.

¹¹ A Flores Rodríguez, '*Recurrencia de incendios en la cuenca alta del río Magdalena, D.F, México*' Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, 2006.

¹² *idem.*



¹³ F. Pérez Cabello, 'La incidencia de los Incendios Forestales en el Prepirineo Occidental Oscense', *Geographicalia*, vol. 37, 1999, pp. 01-10.

¹⁴ Martín, *op. cit.*, pp. 23-38.