



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA

“GEOMORFOLOGÍA Y VULNERABILIDAD SOCIAL DEL MUNICIPIO DE MANAGUA, NICARAGUA”

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
M A E S T R O E N C I E N C I A S DE LA TIERRA
(GEOLOGIA AMBIENTAL)

P R E S E N T A

Gema de los Ángeles Velásquez Espinoza

JURADO EXAMINADOR

- 1) Dra. Irasema Alcántara Ayala (DIRECTOR DE TESIS)
- 2) Mtra. Oralía Oropeza Orozco (PRESIDENTE)
- 3) Mtro. Ricardo Garnica Peña (VOCAL)
- 4) Dra. Silvia Ramos Hernández (SUPLENTE)
- 5) Dr. José Ramón Hernández Santana (SUPLENTE)



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicada a:

Mi pequeña familia:

Hanna Patricia Centeno Velásquez

Lenin Centeno Dinarte

Mis Padres:

José Martin Velásquez Espinoza

Delia Patricia Espinoza Martínez

Agradecimientos

Agradezco especialmente a la **Dra. Irasema Alcántara Ayala**, por brindarme su calidez humana, apoyo en los momentos más difíciles, además de su confianza, enseñanzas y disposición.

Al **Programa Multidisciplinario de Investigación Ambiental** (PMIA), por el financiamiento de esta investigación y el apoyo del **Instituto de Geología y Geofísica** (IGG-CIGEO/UNAN-Managua).

A mis asesores: **Dr. José Ramón Hernández** y **Msc Oralia Oropeza** por sus comentarios y/o sugerencias que lograron enriquecer este trabajo. Además a los sinodales: **Dra. Silvia Ramos** y **Msc. Ricardo Garnica** por sus comentarios.

A **Denis Avellán** y **Claudia Deyanira** por brindarme su amistad, apoyo, cariño y por los buenos y malos momentos que compartimos. Asimismo a **Lulu, Narce, David, Arturo, Xochilt, Ana Silvia, Fabiana** y **Fabián** por su cariño.

A todos mis compañeros de cubículo: **Matilde Cruz, Hazziel Padilla, Alejandro Galindo, Antonio Contreras, Pablo Léautaud, Alfonso Carbajal** y **Guadalupe Hernández**, por compartir sus conocimientos y darme su apoyo, confianza, haciéndome sentir como en casa.

A **Francis, Gabriela, Edwin Obando, Marvin Corriols** y **Bismarck** por su aprecio y animarme para finalizar. También a **Santiago Noguera** por su apoyo en campo.

Agradezco a mis hermanos: **Karla Velásquez, Martin Velásquez** y **Claudio Velásquez**, mis sobrinas: **Heather, Michel** y **Aisha**. Mi prima **Carolina Díaz**, tío **Carlos Espinoza** y mi cuñada **Nubia Centeno** por apoyarme y darme fortaleza para continuar.

Agradezco a todas las personas que estuvieron involucradas de una u otra forma en la elaboración de esta investigación: **Concepción Reyes, Gloria Alba, María Luisa, Dr. Ignacio Rubio, entre otros....**

Resumen

El municipio de Managua, Nicaragua cuenta con una población de 1,005,705 habitantes, distribuidos en cinco distritos. Estos distritos están constituidos por 520 barrios. Los cuales a través de la historia han sido afectados por numerosos fenómenos naturales (sismos, fenómenos hidrometeorológicos, actividad volcánica y flujos de lodo, etc.), destacándose los sismos de 1931, 1972 y las inundaciones originadas por el huracán Mitch en 1998. Estos desastres y la historia política-social que caracteriza el área de estudio contribuyeron en la formación de los diferentes asentamientos humanos formales regulados e informales precarios, distribuidos en toda la trama urbana.

Numerosos barrios y/o asentamientos informales precarios con vulnerabilidad alta, están asentados a orillas de los cauces y llanura de inundación del lago Xolotlán, razón por la cual en época de invierno el nivel de riesgo por inundaciones aumenta, originando la pérdida de cuantiosas vidas humanas y materiales.

En dicho tenor y con base en criterios morfológicos y estadísticos en la presente investigación se elaboró una zonificación de las áreas susceptibles a inundaciones en el municipio de Managua, además de un análisis de la vulnerabilidad y estimación de los costos por daños tangibles directos relacionados a las inundaciones.

Contenido

Introducción	1
Capítulo I. Característica geográfica - histórica del municipio de Managua	4
1.1. Ubicación Geográfica.....	4
1.2. Clima	5
1.3. Suelo.....	7
1.4. Hidrología e Hidrogeología.....	9
1.5. Vegetación.....	10
1.6. Historia.....	11
1.7. Actividades Económicas	16
1.8. Infraestructura Carretera	18
Capítulo II. Conceptos: Desastres, Riesgo, Vulnerabilidad y Peligro.	19
2.1. Amenaza o Peligro	19
2.2. Vulnerabilidad.....	20
2.3. Riesgo.....	22
2.4. Desastres	24
2.5. Desastres en el Municipio de Managua	26
2.5.1. Actividad Sísmica de Managua	27
2.5.2. Inundaciones.....	35
Capítulo III. Unidades Morfotectono-volcánicas del municipio de Managua	41
3.1. Marco Tectónico	41
3.2. Litología-Estratigrafía	43
3.3. Unidades Morfotectono-volcánica del Municipio de Managua.....	48

Capítulo IV. Vulnerabilidad del municipio de Managua	60
4.1. Tipología de Viviendas	60
4.2. Caracterización de los distritos del municipio de Managua.....	63
4.3. Distribución espacial de la pobreza.....	72
4.4. Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones.....	76
4.5. Método de componentes principales	79
Capitulo V. Análisis del cambio del uso de suelo en el municipio de Managua	90
5.1. Historia del crecimiento urbano del municipio de Managua	91
5.2. Metodología	95
5.3. Precisión de la clasificación	97
5.4. Resultados	100
VI. Zonificación de inundaciones	104
6.1. Metodología	106
6.2. Régimen de precipitación.....	107
6.3. Riesgo por Inundaciones	112
6.4. Estimación de daños directos provocados por las inundaciones.....	120
Discusión.....	136
Conclusiones.....	139
Recomendaciones.....	139
Bibliografía.....	141

Índice de figuras y tablas

Figuras

Capítulo I. Característica geográfica-histórica del municipio de Managua

Figura 1.1. Localización del área de estudio.	4
Figura 1.2. Gráfica ombrotérmica	6
Figura 1.3. Gráfica de temperaturas del observatorio Aeropuerto.	7
Figura 1.4. Croquis de sub-grupos Taxonómicos de suelo del municipio de Managua	8
Figura 1.5. Distribución de servicios eléctrico principal y alcantarillado del municipio de Managua	14
Figura 1.6. Managua y su división distrital	15
Figura 1.7. Principales vías de acceso del municipio de Managua	18

Capítulo II. Conceptos: Desastres, Riesgo, Vulnerabilidad y Peligro

Figura 2.1. Modelo de Presión y Liberación	21
Figura 2.2. Ingredientes de los Desastres.	25
Figura 2.3. Epicentros sísmicos durante el periodo 1975 – 2002	27
Figura 2.4. Sismo de 1931	30
Figura 2.5. Sismo de 1931.	30
Figura 2.6. Fallas activas durante los sismos de 1931 y 1972	32
Figura 2.7. Sismo de 1972.	33
Figura 2.8. Sismo de 1972	33
Figura 2.9. Mapa de Isosistas, Terremoto del 23 de diciembre, 1972.	34
Figura 2.10. Gráfica de precipitaciones y promedio historico del mes de octubre, 1998 ...	38
Figura 2.11. Velocidad de los vientos y acumulado de precipitaciones ocasionado por el huracán Mitch	38

Capítulo III. Unidades Morfotectono-volcánicas del municipio de Managua

Figura 3.1. Mapa tectónico de Centroamérica	42
Figura 3.2. Secuencia estratigráfica de la porción Oeste-central de Nicaragua.	43
Figura 3.3. Mapa geológico de la porción central y Sur del campo volcánico Nejapa y alrededores.	47
Figura 3.4. Mapa de zonas morfotectono-volcánicas del municipio de Managua.	49
Figura 3.5. Mapa de pendientes de las zonas morfotectono-volcánicas.	52
Figura 3.6. Mapa de orientación de laderas de las zonas morfotectono-volcánicas.	53
Figura 3.7. Mapa de profundidad de disección de las zonas Morfotectono–Volcánicas.	54

Capítulo IV. Vulnerabilidad del Municipio de Managua

Figura 4.1. Mapa de niveles de pobreza extrema del municipio de Managua 75

Figura 4.2. Mapa de Índices de Vulnerabilidad Social del Municipio de Managua. 89

Capítulo V. Analisis de cambio de uso de suelo en el municipio de Managua

Figura 5.1. Crecimiento urbano de la ciudad de Managua 1900, 1954 y 1931 92

Figura 5.2. Crecimiento urbano de la ciudad de Managua 1968, 1972 y 1990..... 97

Figura 5.3. Mapa de uso de suelo y vegetación 96

Figura 5.4. Uso del suelo del municipio de Managua, 2004. 102

Figura 5.5. Uso del suelo del municipio de Managua, 2010. 103

Capítulo VI. Zonificación de inundaciones

Figura 6.1. Mapa de amenaza por Inundación..... 106

Figura 6.2. Precipitación media mensual de 1958 – 2008..... 108

Figura 6.3. Precipitación máxima anual desde 1958 – 2002..... 109

Figura 6.4. Anexo Camilo Ortega 117

Figura 6.5. Barrio Camilo Ortega..... 118

Figura 6.6. Barrio Laureles Nortes 118

Figura 6.7. Calles afectadas por lluvias del invierno, 2010..... 119

Figura 6.8. Barrio Mancheste 116

Figura 6.9. Comarca el Chagüite y Barrio Candelaria. 117

Figura 6.10. Barrio las Torres..... 120

Figura 6.11. Reforzamiento de los muros de los cauces 121

Figura 6.12. Mapa de riesgo por inundaciones en el municipio de Managua. 119

Figura 6.13. Curva de daños potenciales en zonas habitacionales con un índice de vulnerabilidad alto. 126

Figura 6.14. Curvas de daños potenciales por inundación para un índice de vulnerabilidad medio. 129

Figura 6.15. Curvas de daños potenciales por inundación para un índice de vulnerabilidad bajo. 132

Tablas

Capítulo I. Características geográfica-histórica del municipio de Managua

Tabla 1.1 Datos de los distrito, antes que los distritos I y VI fueran municipios 15

Tabla 1.2. Hogares urbanos con actividad económica y número de trabajadores..... 17

Capítulo II. Conceptos: Desastres, Riesgo, Vulnerabilidad y Peligro

Tabla 2.1. Sismos históricos que han afectado Managua 28

Tabla 2.2. Fenómenos meteorológicos que han afectado Managua, Nicaragua..... 35

Tabla 2.3. Ayuda de la cooperación Internacional del Huracán Mitch. 39

Capítulo III . Unidades Morfotectono-volcanicas del municipio de Managua

Tabla 3.1. Criterios para la delimitación de las zonas Morfotectono – volcánicas 50

Capítulo IV. Vulnerabilidad del municipio de Managua

Tabla 4.1. Extensión territorial, población y viviendas por distrito Censo 2005. 61

Tabla 4.2. Consolidación de datos tipológicos por distritos..... 63

Tabla 4.3. Tipología por barrios que conforman el distrito II. 65

Tabla 4.4. Tipología por barrio del distrito III. 66

Tabla 4.5. Tipología del distrito IV. 68

Tabla 4.6. Tipología del distrito V. 69

Tabla 4.7. Tipología del distrito VI..... 70

Tabla 4.8. Método de extracción de componentes principales..... 80

Tabla 4.9. Matriz de componentes principales. 80

Tabla 4.10. Barrios con índice de vulnerabilidad muy baja. 81

Tabla 4.11. Barrios con índice de vulnerabilidad baja. 82

Tabla 4.12. Barrios con índice de vulnerabilidad media. 83

Tabla 4.13. Barrios con índice de vulnerabilidad alta. 86

Tabla 4.14. Barrios con índice de vulnerabilidad muy alta. 88

Capítulo V. Análisis de cambio del uso de suelo en el municipio de Managua

Tabla 5.1. Categoría de las clases de uso del suelo por medio de las imágenes SPOT 5 y mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del MAGFOR, 2005. 97

Tabla 5.2. Matriz de confusión obtenida para una clasificación supervisada de una imagen SPOT 2004 e información auxiliar..... 98

Tabla 5.3. Matriz de confusión obtenida para una clasificación supervisada de una imagen SPOT 2010 e información auxiliar..... 99

Tabla 5.4. Cubierta de suelo para 2004 y 2010. 101

Capítulo VI. Zonificación de inundaciones

Tabla 6.1. Reportes históricos de Inundaciones y tormentas que afectaron Managua.	104
Tabla 6.2. Precipitación Máxima mensual del Observatorio Aeropuerto.	111
Tabla 6.3. Periodos de retorno calculados para el observatorio Aeropuerto.	110
Tabla 6.4. Salario mínimo del municipio de Managua.	121
Tabla 6.5. Valores estimados de mercados de la vivienda según su tipología habitacional.	121
Tabla 6.6. Estimación de salarios mínimos según la tipología de la vivienda y su grado de marginación.	122
Tabla 6.7. Porcentaje de afectación por inundación de bienes muebles de las viviendas de grado de vulnerabilidad alta.	124
Tabla 6.8. Costos de los daños en córdobas provocados por las inundaciones de las viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social alta.	125
Tabla 6.9. Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales.	127
Tabla 6.10. Porcentaje de afectación por inundación de bienes muebles de las viviendas de grado de vulnerabilidad media.	128
Tabla 6.11. Costos de los daños en córdobas provocados por las inundaciones de las viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social media.	128
Tabla 6.12. Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales.	130
Tabla 6.13. Porcentaje de afectación por inundación de bienes muebles de las viviendas con grado de vulnerabilidad baja.	131
Tabla 6.14. Costos de los daños en córdobas provocado por las inundaciones de las viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social baja.	131
Tabla 6.15. Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales.	132
Tabla 6.17. Costo máximo, mínimo y más probable de los daños ocasionados por las inundaciones en salario mínimo y córdobas para alturas de laminas de 0.6, 1 y 1.5 m.	133

Introducción

Los desastres erróneamente llamados “naturales” son el resultado de un proceso de construcción social que implica la interrelación entre una amenaza o peligro y la vulnerabilidad de las sociedades (Alcántara-Ayala, 2002). En dicho proceso de construcción social, los factores socioeconómicos son de gran relevancia ya que en ocasiones dan lugar a que núcleos de población marginados habiten zonas con alta susceptibilidad a fenómenos naturales que puedan ser peligrosos, tales como áreas de inundación, laderas inestables, zonas volcánicas o sísmicas, etc. (Blaikie *et al.*, 1996).

A pesar de la gran diversidad de desastres que han ocurrido en el mundo desde tiempos históricos, indudablemente los sismos y las inundaciones son los que han tenido mayor impacto. De manera particular, por su naturaleza, las inundaciones han generado daños en grandes extensiones, y sus costos, expresados en pérdidas de vida, damnificados, y daños directos e indirectos han sido muy elevados. Por ejemplo, a nivel mundial, durante el periodo de 1900 – 2011, se reportaron 3,883 eventos, los cuales generaron 333, 242, 2054 afectados, 6, 936,146 muertes y pérdidas materiales en el orden de US\$ 490, 656, 162,000 (EM-DAT, 2011).

México y Centroamérica han sido particularmente afectados por inundaciones. De acuerdo con Alcántara-Ayala (2010), de 1902 a 2007, es decir en un centenar de años, en esta región se registraron 157 desastres por inundación, las cuales involucraron la pérdida de 46,856 personas. En ese mismo estudio se señala que el mayor desastre ocurrió en Guatemala en 1949, en donde murieron aproximadamente 40,000 personas en una inundación. A estas cifras se pueden añadir las cuantiosas pérdidas materiales ocasionadas en los estados de Veracruz, Tabasco, Hidalgo, Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Chiapas y Puebla por diferentes eventos meteorológicos en México en el otoño de 1999, las cuales involucraron 636 muertes, 60 heridos, 530,000 personas afectadas, 86,000 evacuados, y pérdidas equivalentes a US\$ 451,300,000.

En este mismo tenor, el municipio de Managua en numerosas ocasiones ha sido y actualmente es afectado por inundaciones a consecuencias de huracanes como Gilda (1954), Alma (1966), las tormentas tropicales Gert y Bret (1993), Gordon (1994) y el

Huracán Mitch (1998) (Barquero *et al.*, 2000). Las pérdidas humanas y materiales derivadas de estos eventos, han sido cuantiosas y preocupantes.

Por su situación geográfica y sus características geológicas y geomorfológicas, Managua es muy susceptible a las inundaciones, situación que se vuelve aún más compleja como resultado de los problemas de deforestación y erosión en las partes altas del territorio, el crecimiento urbano en zonas de alto riesgo, y en general las condiciones de marginación en las que vive la población, lo cual le imprime un alto grado de vulnerabilidad.

Dado lo anterior, en este trabajo se planteó el objetivo general de analizar la vulnerabilidad ante inundaciones en el Municipio de Managua, Nicaragua, a partir de la realización de objetivos particulares que incluyeron: la delimitación de las unidades Morfotectono-volcánicas que caracterizan el área de estudio; el análisis del cambio del uso del suelo del municipio, a través de la evaluación diacrónica de imágenes de satélite SPOT tomadas en los años 2004 y 2010; la zonificación de áreas de riesgo por inundaciones, así como el cálculo de daños potenciales en escenarios de inundación.

Por ello, la tesis se integró en seis capítulos. El primer capítulo presenta la caracterización geográfica - histórica del municipio, ubicación, infraestructura vial, actividad económica, clima, vegetación y suelo, la cual es de suma importancia para poder entender el contexto histórico-social y político de la vulnerabilidad actual de la población.

El segundo capítulo se centra en el marco conceptual de la investigación con la intención de definir claramente los términos relacionados con la prevención de desastres y gestión del riesgo. Del mismo modo, se hace mención de los desastres ocurridos en el municipio de Managua a causa de la sismicidad y las inundaciones, mismas que constituyen las amenazas más importantes para los habitantes del municipio de Managua.

En el tercer capítulo se presenta una recopilación de la información concerniente a geología y el marco tectónico característico del área de interés. Con base en dicha información, y trabajo de gabinete y de campo se identificaron 12 unidades morfotectono – volcánicas que conforman el territorio del municipio. Para ello fue necesario tomar como base las estructuras geológicas, la litología y los elementos morfométricos del relieve (profundidad

de disección, inclinación y orientación de las laderas y los niveles altimétricos). Dichas unidades se representaron de manera final en un mapa a escala 1:50,000.

El cuarto capítulo se enfoca en el análisis de vulnerabilidad y riesgo de Managua ante inundaciones, a partir de la aplicación de la metodología de componentes principales. Se tomaron 10 indicadores que incluyen población, vivienda y hogar, distribuidos en 520 barrios que conforman el municipio. Los resultados obtenidos fueron plasmados en un mapa de riesgo por inundaciones a escala 1:50,000.

En el quinto capítulo se presenta un análisis diacrónico de cambio de uso para el periodo 2004 – 2010, y en el último capítulo se incluye la estimación de daños directos potenciales por inundaciones en el municipio de Managua, lo cual de alguna u otra forma refleja todas las vertientes analizadas en este trabajo.

Finalmente, cabe destacar que debido a que en general en Nicaragua no se cuenta con datos sistematizados disponibles, la labor vertida en esta investigación dio inicio con la consecución, captura y digitalización de muchos materiales, los cuales, al igual que este trabajo, se ponen a la disposición de investigaciones futuras.

Capítulo I. Característica geográfica - histórica del municipio de Managua

1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se sitúa en el área del Municipio de Managua, Nicaragua. El municipio de Managua (Figura 1), se localiza en las latitudes Norte $12^{\circ}09'$ y $11^{\circ}43'$, longitudes Oeste $86^{\circ}16'$ y $86^{\circ}16'$; Tiene una extensión territorial de 267.17 km^2 (INIDE, 2005), una altitud mínima de 43 msnm y altitud máxima de 700 msnm. Cuenta con una población de 1,005,705 habitantes, dividida en 985,143 urbana y 20,562 rural (INIDE, 2008). Limita al Norte con el Lago Xolotlán, al Sur con el Municipio El Crucero, al Este con el Municipio de Tipitapa, Nindirí y Ticuantepe y al Oeste con el Municipio de Villa Carlos Fonseca y Ciudad Sandino (ALMA, 2005).

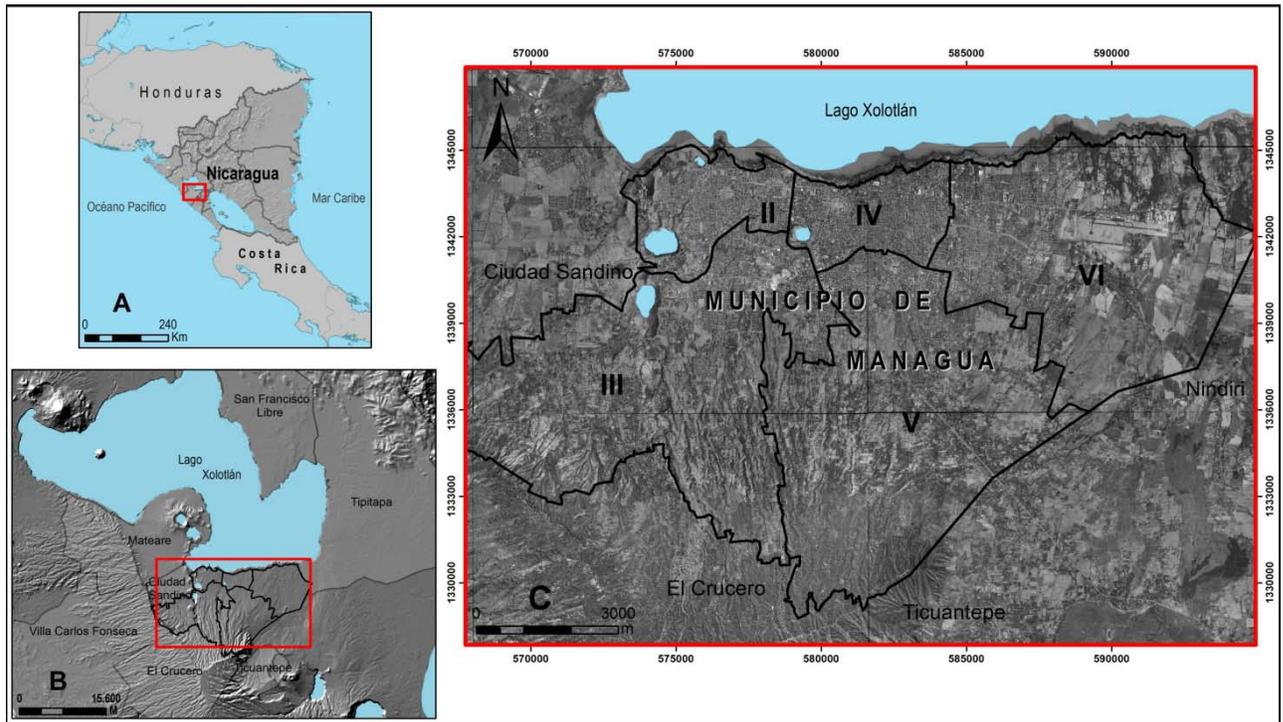


Figura 1.1. Localización del área de estudio: **A.** Límites internacionales de Nicaragua **B.** Departamento de Managua **C.** Municipio de Managua.

1.2. Clima

Las características geográficas de la región determinan en gran medida los factores del clima, los que son un poco variados. Köppen¹ define el clima como Tropical de Sabana, en casi toda la región de Managua, excepto en el área de las Sierras de Managua que pertenece a clima Tropical de altura (Cruz, 1990). Según Holdridge² en su clasificación bioclimática se define como Bosque Seco Tropical y Subtropical, con una variante de Pre-montano Tropical Húmedo en los terrenos altos localizados al Sur de la región (Figura 1.1) (Castillo, 1992).

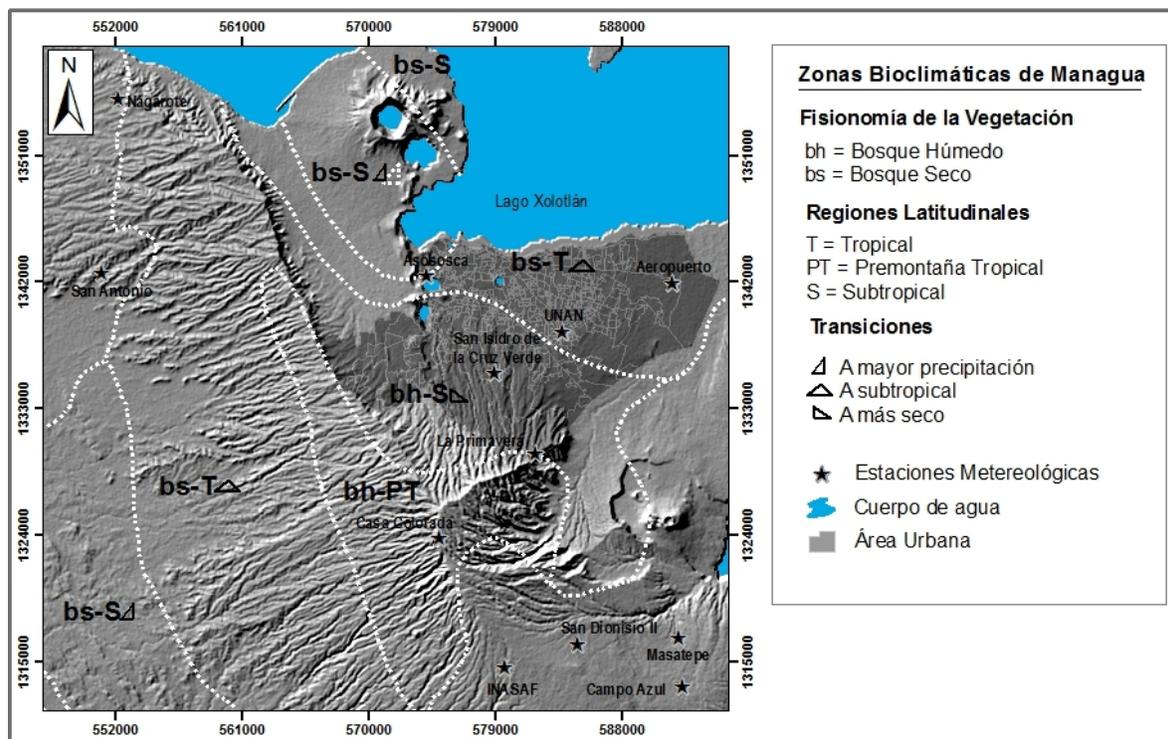


Figura 1.1. Zonas Bioclimáticas de Managua (Escaneado y modificado de Castillo, 1992).

¹ La clasificación climática de Köppen, también llamada de Köppen-Geiger fue creada en 1900 por el científico ruso de origen alemán Wladimir Peter Köppen y posteriormente modificada en 1918 y 1936. Consiste en una clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitación que caracterizan dicho tipo de clima.

² El sistema de zonas de Holdridge, es un proyecto para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático. Fue desarrollado por el botánico y climatólogo estadounidense Leslie Holdridge (1907-99) y fue publicada por primera vez en 1947 y posteriormente actualizada en 1967.

El régimen pluvial se presenta en dos periodos definidos, uno lluvioso (invierno) y otro seco (verano), con duración de 6 meses presentando una disminución de la precipitación entre los meses de julio y agosto; este fenómeno es conocido en Nicaragua como canícula. El régimen de precipitación anual varía de 800 a 1,000 mm, en las zonas bajas alrededor del lago de Managua (Xolotlán) y en la franja costera del Pacífico y mayor a 1,600 mm anuales en la zonas altas de las Sierras de Managua (Castillo, 1992) (Figura 1.2).

El clima que predomina en el área es un Aw2 (w) giw Cálido sub-húmedo el más húmedo de los sub-húmedos, con régimen de lluvias de verano, con menos del 5% de lluvia invernal, marcha anual de la temperatura tipo Ganges (el mes más caliente está antes de junio, es decir del solsticio de verano) e isotermal, la oscilación es menor a 5°C (Figura 1.3).

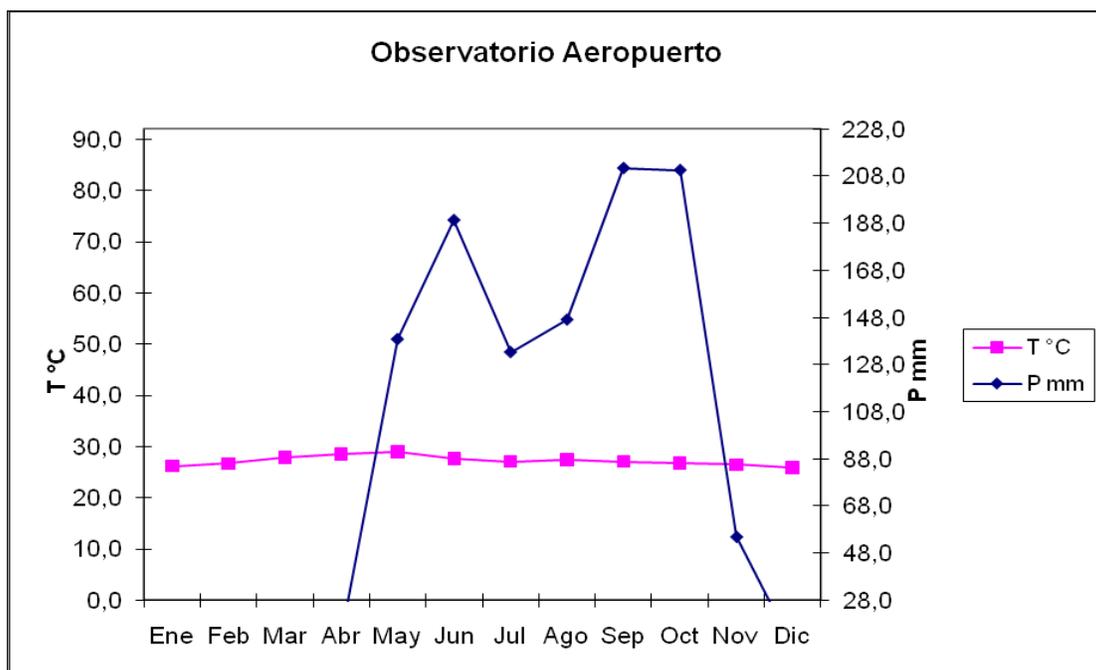


Figura 1.2. La gráfica ombrotérmica muestra las temporadas secas y húmedas, observándose que los meses de mayo a octubre son los de mayor humedad y el resto del año es seco.

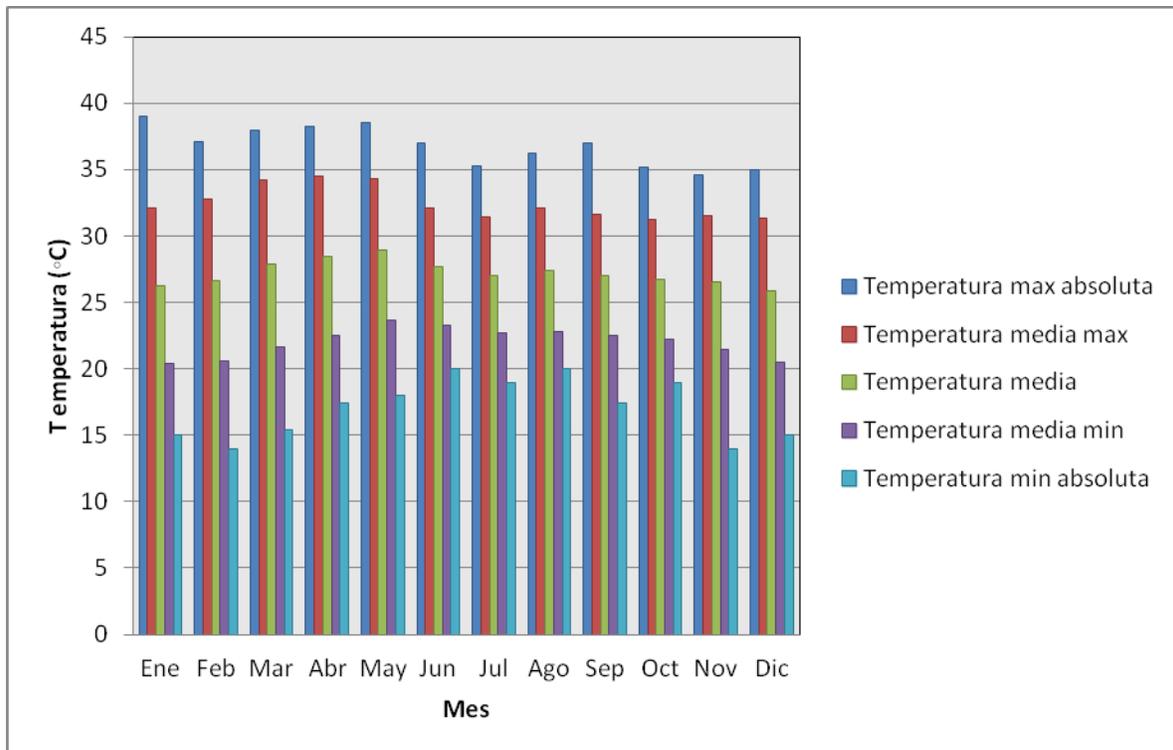


Figura 1.3. Gráfica de temperaturas media máxima, media mínima, media, temperatura máxima absoluta y temperatura mínima absoluta mensuales de 1958 al 2007, observatorio Aeropuerto.

1.3. Suelo

Las clasificaciones y características de los suelos de Managua (Figura 1.4) están basadas en los conceptos fundamentales de Hans (1941), Stanley et al., (1973), Duchaufour (1960) y los criterios de clasificación del Soil Taxonomy (citado en Castillo, 1992).

La descripción está realizada en función de los tipos de materiales originarios, con las variantes evolutivas y regresivas por la acción del clima, relieve y el hombre. La actividad volcánica del Cuaternario dio como resultado el origen de los suelos del Municipio de Managua que a continuación se describen:

a) Suelos de desarrollo reciente

Estos suelos se caracterizan por tener un perfil de tipo A-C, con un epipedón Ótrico, horizonte C de espesor variable, con textura gruesa. Taxonómicamente corresponde al orden de los entisoles, dentro del sub-grupo de los Typic Ustortents.

b) *Suelos de desarrollo Incipiente*

Estos suelos presentan un perfil A-C, pero presentan un epipedón Móllico. Taxonómicamente pertenece a los inceptisoles derivados de la ceniza volcánica, correspondiente al sub-orden de los Andepts y al sub-grupo de los Mollic Vitrandepts.

c) *Suelos de desarrollo Juvenil*

Presentan un desarrollo mayor a los anteriores por la presencia de un horizonte Cábmico. Taxonómicamente corresponden a los Inceptisoles clasificado como Eutrandepts y Durandepts (taxonomía Americana).

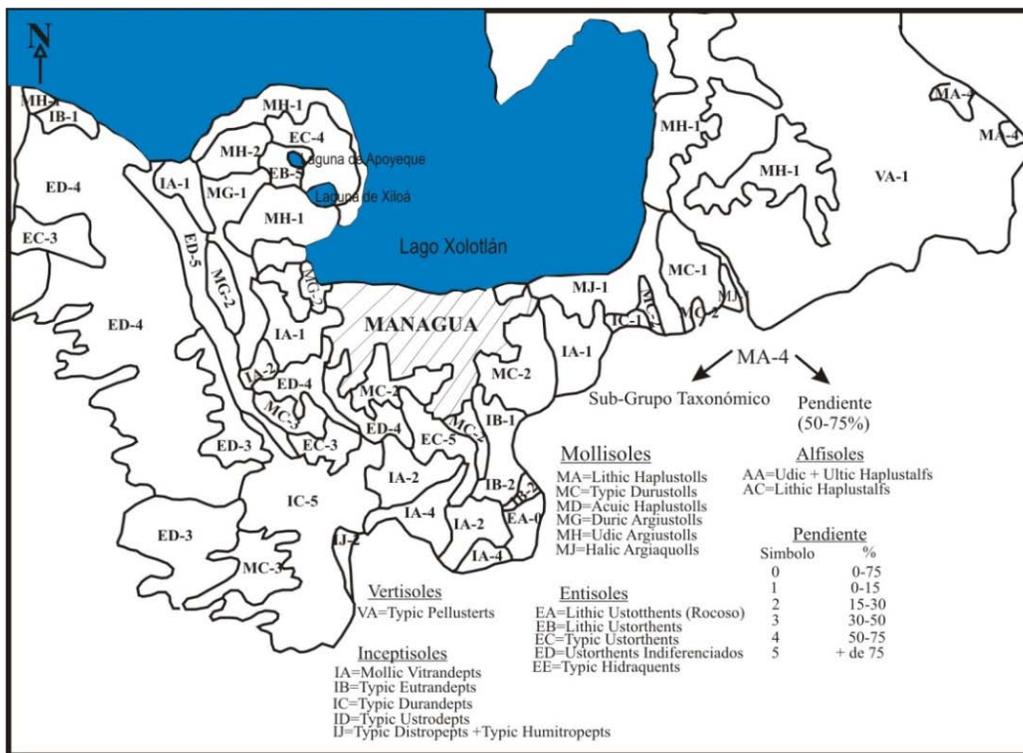


Figura 1.4. Croquis de sub-grupos Taxonómicos de suelo del municipio de Managua (Escaneado y Modificado de Castillo, 1992).

1.4. Hidrología e Hidrogeología

A nivel Centroamericano Nicaragua es uno de los países beneficiados en recursos hídricos debido a que posee uno de los lagos más grandes del continente y numerosas cuencas hidrográficas que drenan al Atlántico y Pacífico, así como muchos acuíferos que cubren la región del Pacífico (IEA-MARENA, 2001). De las dos cuencas hidrográficas que caracterizan al Municipio de Managua, una drena su escorrentía al Océano Pacífico y la otra hacia el lago de Managua (ALMA, 2003).

El área del municipio de Managua depende por completo del agua subterránea como fuente de suministro potable. Un cuarto de la producción total se obtiene de la laguna de Asososca que está recargada principalmente por aguas subterráneas. Los otros tres cuartos de la producción se extraen de los pozos artesianos localizados dentro del área de la ciudad (JICA, 1993).

La profundidad del nivel freático de las aguas subterráneas se encuentra entre 0 y 200 m. La profundidad disminuye de Sur a Norte, hasta culminar en la orilla del lago Xolotlán. Sin embargo, el espesor de este acuífero aún no se ha definido, por la complejidad geológica en la zona. Pero se cree que la profundidad del acuífero, está limitada hasta la parte superior de la Formación de Las Sierras, de acuerdo a las características litológicas (semi-permeables) que ésta presenta (Montgomery y Heillemann, 1979). Las propiedades del acuífero que aporta el agua al municipio de Managua considerando las características de los depósitos y su conductividad hidráulica, se clasifican como de moderado a bueno (Rivera, 2010).

La aportación o recarga de la subcuenca es resultado de la precipitación directa y la escorrentía con un valor $\sim 1200 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (Rozanski, 1999), la cual proviene del sur, en la parte alta del Graben de Managua y se infiltra para alimentar las aguas subterráneas. Además de esta zona de descarga, existen otras pequeñas, como las lagunas de Acahualinca, Nejapa y Asososca, que son cuerpos de aguas controlados por fallas geológicas en la zona y están dentro del mismo sistema subterráneo.

a) *Laguna de Asososca*: Tiene una superficie de 0.736 km² y una profundidad máxima entre 90 y 100 metros y el volumen estimado de agua es de 4000 m³. Se localiza al Oeste de la ciudad de Managua y es una de las fuentes principales de abastecimiento de agua para la ciudad y se utiliza desde el año 1930, desde entonces la extracción del agua ha ido aumentando conforme la demanda. Toda el agua de la laguna de Asososca proviene de fuentes de agua subterránea proveniente del acuífero regional (Rozanski, 1999).

b) *Laguna de Acahualinca*: Con una superficie de 0.075 km², se encuentra aproximadamente a 2.5 km al Nor-noreste de la laguna de Asososca e inmediata al lago de Managua, su profundidad máxima alcanza 7 metros y su volumen estimado es de 190,000 m³ (Hecht, 1988).

c) *Laguna de Nejapa*: Esta formada por el cráter de Nejapa es una estructura volcánica de explosión, que fue formado después de la deposición de la Formación Las Sierras y antes que el cráter de Asososca (Avellán, 2009). Ocupa aproximadamente un área de 2.8 km² y recibe agua de la precipitación pluvial directa, de la escorrentía del área de drenaje natural y de la desviación artificial de aguas pluviales, provenientes de otras cuencas.

1.5. Vegetación

En Nicaragua se estima que pueden existir, un aproximado de 9,000 especies de plantas (MARENA/INAFOR, 2002), de todas las especies, de las cuales 73 son especies endémicas (Pereira, 2007). El departamento de Managua presenta áreas protegidas como la Reserva Natural Península Chiltepe, Laguna de Asososca y Laguna de Nejapa, entre otras.

a) Bosques bajos o medianos caducifolios

Este tipo de vegetación cubre las partes bajas a orillas del Lago y las zonas bajas del Norte de la ciudad de Managua y casi toda la península de Chiltepe. De estos bosques caducifolios sólo quedan fragmentos de los mismos encontrándose matorrales y árboles esparcidos del bosque deciduo o macro-térmico original.

b) Bosques bajos o medianos sub-caducifolios

Este tipo de vegetación cubre las partes de la Cuenca Sur del lago de Managua y gran parte al Sur de la ciudad, se encuentra en muy mal estado.

c) Bosques Medianos sub-caducifolios

La flora natural de este tipo de vegetación se presenta en algunos poblados como Ticuantepe, San Isidro de la Cruz Verde, Isidro de las Bolas, Chiquilistagua, Nejapa, Pochocuape y Monte tabor.

d) Bosques altos perennifolios

Este es un ecosistema relativamente pequeño comprende las franjas que se encuentran a una altura entre 500 - 850 m.s.n.m.

Managua presenta vegetación de todo tipo, proveniente de la repoblación natural donde figuran especies Nicaragüenses y especies introducidas de diversos países del mundo con diferentes propósitos. En lo referente a las especies faunísticas, éstas se distribuyen de acuerdo a la vegetación, lo que se determina por la elevación con respecto al nivel del mar, entre las especies coexistentes en la zona urbana se observan garrobos, zanates, garzas entre otros. Otro tipo de fauna se reubicó en las Sierras de Managua (El Crucero, Las Nubes), con especies como Tucanes, Loros, Chocoyos, Boas, falsos Corales, ranas de ojos rojos (ALMA, 2003).

1.6. Historia

Los primeros pobladores de Nicaragua fueron los Karibies de origen Chibcha, de ahí se desprenden dos teorías, la primera dice que los Chibchas fueron originarios de México y la segunda que eran originarios de América del Sur. Los primeros pobladores de Managua fueron los relacionados con el hombre Acahualinca, llamados así por que vivieron a orillas del lago de Managua en un lugar llamado Acahualinca, vivían organizados en grupos pequeños y eran dirigidos por medio del Capulli o consejo de Ancianos (Ramírez, 2008).

Algunas investigaciones realizadas afirman que los pobladores indígenas de Managua estaban sometidos a la autoridades del cacique Tipitapa que residía en un poblado con este mismo nombre y habitaban sobre la costa del lago, probablemente desde la actual península de Chiltepe, hasta la desembocadura del río Tipitapa (ALMA, 2003). Dicha organización social fue interrumpida por la conquista española; en cada poblado indígena el Capulli fue sustituido por gobiernos municipales a cargo de españoles (Galeano, 2000).

Debido al sometimiento de los nativos por parte de los españoles, Managua pasó a ser una aldea considerada como vía de tránsito entre las ciudades de León y Granada. El 24 de marzo de 1819 Fernando Séptimo le otorgó a Managua el título de Villa, con el derecho de constituir su ayuntamiento (ALMA, 2003). Tiempo después, el 15 de septiembre de 1821 se da la consumación de la Independencia de Centroamérica, iniciando con ello otra etapa de la historia de Nicaragua y Managua. Igual que en los otros estados, el gobierno del estado de Nicaragua estaba sometido por las ex autoridades españolas, lo que originó que Nicaragua surgiera políticamente dividido en dos grupos oligárquicos asentados: uno en León y otro en Granada (ALMA, 2003).

El 8 de octubre de 1826, se dictó la primera constitución del Estado de Nicaragua y con ello la desaparición del término de ayuntamiento, para dar paso al uso del Municipio. A partir de 1840, Managua comienza a ser sede de algunos poderes del estado y de dependencia gubernamental, después, el 26 de septiembre de 1846 la villa de Managua es elevada al rango de ciudad con el nombre de Santiago de Managua. Durante mucho tiempo León y Granada disputaron el derecho a ser capital de Nicaragua, llegando al acuerdo que la capital no podía ser ninguna de esas dos ciudades, propusieron que fuera San Fernando (Masaya) o Managua (Ramírez, 2008).

Finalmente, Managua es declarada ciudad y se instalan algunos poderes del estado (Asamblea Legislativa), en 1852. Managua desarrolló una importancia económica, creando las condiciones para la separación de Granada, el 25 de febrero de 1875, el presidente Pedro Joaquín Chamorro decidió declarar a Managua como departamento, separándolo así finalmente de Granada (ALMA, 2003).

A partir de que el presidente Tomás Martínez Guerrero estabilizó el gobierno en Managua, la ciudad fue prosperando, en 1860 se abrió la primera escuela gratuita, catorce años después se inauguró el alumbrado público, en 1878 se construyeron el mercado central y el hospital general. Un año después se inaugura el Palacio Nacional. En 1882 se abre la biblioteca Nacional, en 1884 el ferrocarril une a Managua con Masaya. En 1887 se instala el servicio telefónico entre Managua, Masaya y Granada un año más tarde comienza a funcionar el servicio de agua potable. En 1893 se funda la policía urbana (Galeano, 2000).

El 25 de diciembre de 1902, bajo la administración del general José Santos Zelaya, se inauguró el primer servicio de luz eléctrica. El servicio de alumbrado eléctrico, estuvo a cargo de contratistas y compañías; desde el año 1901 que pasó a propiedad del gobierno de Nicaragua, constituyendo la “Empresa Nacional de Luz y fuerza” (Guerrero, 1964).

A partir de 1925 se inició la pavimentación de Managua, además de la construcción del Palacio Nacional en 1928. En 1936 se forman los primeros bomberos y se inaugura el estadio Nacional en 1948. En 1994, a través del decreto No. 46-94, se creó la empresa Nicaragüense de electricidad (ENEL), la que actualmente genera, distribuye, y comercializa la energía eléctrica del estado de Nicaragua (Galeano, 2000); la capacidad instalada para Managua está compuesta de dos plantas termoeléctricas (Planta José Dolores Estrada, Planta Managua), las cuales abastecen a las regiones del Pacífico, central y Norte del país, igualmente existen sistemas aislados. El 11 de septiembre de 1999 la empresa comercializadora ENEL fue vendida al consorcio Español FENOSA con el 95% de las acciones, se estima que el 95.5% de las viviendas de Managua utilizan este servicio y el sector domiciliario es el de mayor consumo (ALMA, 2003).

Respecto a los otros servicios, actualmente la administración de agua potable le corresponde al Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). Las principales fuentes de captación de agua potable para Managua son la laguna de Asososca y las aguas subterráneas, realizando la extracción a través de pozos. El servicio de alcantarillado sanitario se instaló aproximadamente hace 68 años y actualmente, la mayoría se encuentra en mal estado, por motivo de mantenimiento. Este sistema de alcantarillado

(Figura 1.5), trabaja por gravedad y la descarga se da directamente al lago Xolotlán (ALMA, 2003).

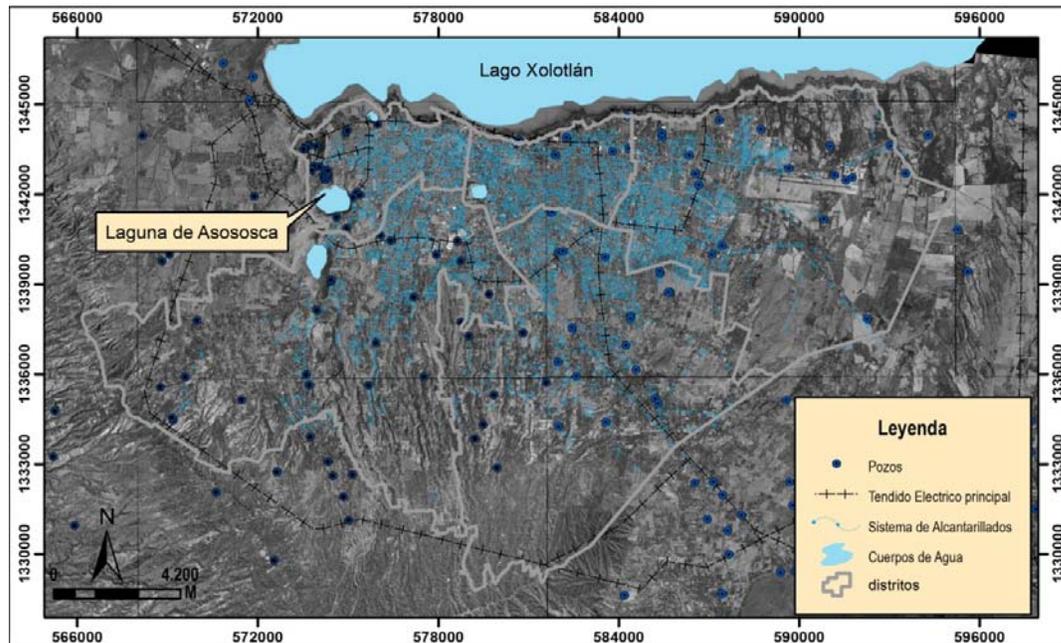


Figura 1.5. Distribución de servicios eléctrico principal y alcantarillado del municipio de Managua (INETER, 2003).

En diciembre de 1995 mediante la ley de la República, publicada en la Gaceta, se fijaron por primera vez los límites oficiales de todos los municipios del departamento de Managua, igualmente se marcó el límite departamental (Galeano, 2000). El municipio de Managua estaba dividido en 7 distritos (Art. 1 de decreto 421, del 12 de enero de 1989, (Tabla 1) y cada delegación distrital estaba coordinada por un delegado representante del alcalde del territorio (ALMA, 2005). A través de la ley No. 329 los 7 distritos que conformaban el municipio de Managua se dividieron en 5, donde los distritos I y VII se decretaron municipios denominados, Ciudad Sandino y El Crucero.

La historia del municipio nos ayuda a entender el proceso dinámico político, social y cultural que ha que ha transformado el área de estudio hasta la actualidad. Convirtiendo al municipio de Managua en una ciudad desordenada y vulnerable ante cualquier peligro ya sea natural o antropogénico.

Tabla 1.1. Datos de los distritos a Noviembre de 1999 antes que los distritos I y VI fueran elevados a categoría de municipio (Galeano, 2000).

Distritos	No. de haciendas	No. de Comarcas	No. de Barrios	No. de Viviendas	Población	Extensión (Km2)
I	---	2	21	11,623	117,616	45
II	----	----	101	22,673	126,103	20
III	-----	9	136	30,516	218,524	100
IV	----	----	81	29,084	250,803	15
V	-----	6	149	37,631	261,161	83
VI	-----	2	146	49,182	292,750	71
VII	136	9	9	854	4,315	210
Sub-totales						
Urbanos	-----	-----	643	181,563	1,271,272	544
Comarcas	-----	-----	81	17,857	114,160	-----
Haciendas	-----	-----	-----	272	1,293	-----
Totales	136	28	724	199,692	1,386,725	544

Los límites territoriales correspondientes al municipio de ciudad Sandino son los que correspondían al distrito I. El municipio de El crucero está ubicado donde antes estaba el distrito VII. Según el Art. 8. El municipio de Managua queda integrado por los distritos II, III, IV, V y VI con un área total de 289 km² (Figura 1.6).

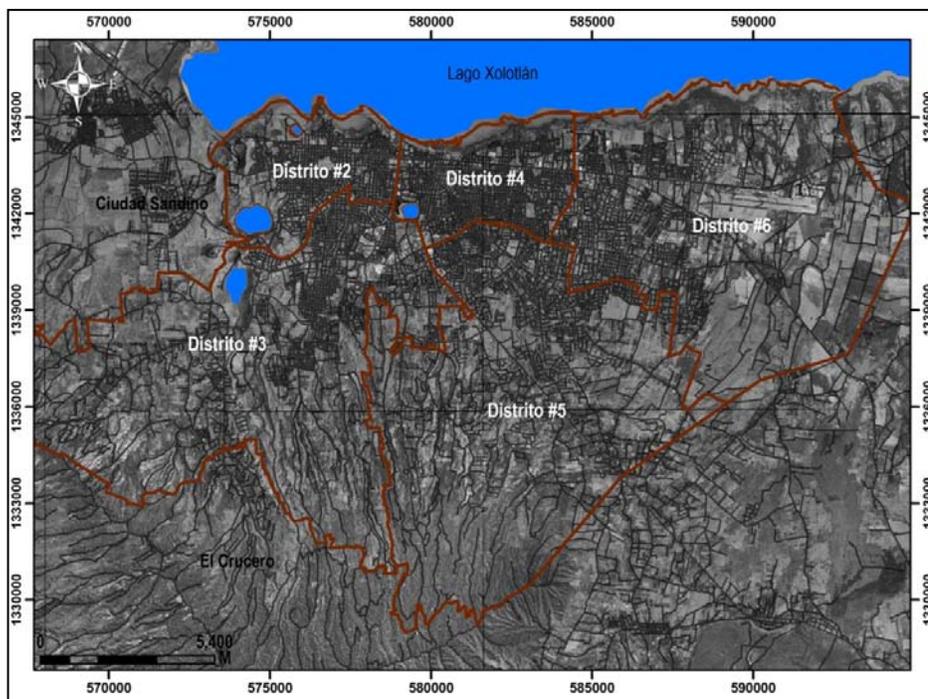


Figura 1.6. Managua y su división distrital (INETER, 2003).

1.7. Actividades Económicas

Nicaragua es un país agropecuario, en el campo se produce la mayor cantidad de alimentos para el procesamiento de los bienes que se consumen por toda la población en el campo y en la ciudad. Fue precisamente en el campo donde se lograron las mayores transformaciones de la estructura económica nacional en la década revolucionaria y es en el campo donde más se batalla por la propiedad popular, la economía popular, la producción sostenible, el proyecto asociativo y la empresa autogestionaria (Núñez, 2000).

A raíz de la privatización neoliberal que inunda el continente latinoamericano y después de la derrota electoral del Frente Sandinista de Liberación Nacional (FSLN) en 1990, comienza con un proceso de desmercantilización de la economía agraria, industrial y de servicios, situación que unida al acceso de los trabajadores a medios de producción y de capital, conforma un sector informal y de cuenta propia que agranda el primer piso de la economía popular (De Franco, 1979).

El fenómeno de la tercerización de la economía y del sector laboral constituye una tendencia bastante pronunciada en la economía latinoamericana y nicaragüense, tanto por el desproporcionado crecimiento vegetativo de la población en relación al crecimiento del empleo, como por la migración de los trabajadores del campo hacia una ciudad caracterizada por el fenómeno de la urbanización sin industrialización (CIERA, 1983, CIERA-UNRISD, 1984).

En el 2007 la actividad económica, vista desde los factores productivos, creció 3.2 %, impulsada principalmente por la formación bruta de capital, el aumento de las áreas sembradas y en menor medida por el crecimiento del empleo. En sentido contrario, la desaceleración de la economía mundial y el aumento promedio en el precio del petróleo afectaron el crecimiento vía menor demanda y encarecimiento del costo promedio de la producción (Banco Central de Nicaragua, 2008).

Actualmente de acuerdo con el Instituto Nacional de Información de Desarrollo, el departamento de Managua, cuenta con un total de Población Económicamente Activa (PEA) de 470,759, de los cuales el 27.2% (128,066 trabajadores) corresponden al

municipio de Managua 28,170 hogares con actividades económicas (venta de textiles, muebles, calzado, bebidas, alimentos entre otros), el equivalente al 13.85% de hogares en total. Esto implica una oferta de trabajo a 45,248 personas equivalente al 4.8% de la población en general. También este municipio cuenta con 5,330 establecimientos donde el 23.8% es comercio al por menor, seguido de servicios empresariales (9.77%) y en menor proporción establecimientos de petróleo (Tabla 1.2). Estos establecimientos generan empleo a 82,818 trabajadores.

Tabla 1.2. Cantidad de hogares urbanos con actividad económica y número de trabajadores (INIDE, 2008).

Municipio y Rama de Actividad	Total	
	Hogares con Actividad Económica	Trabajadores
Managua	28170	45248
Alimentos	1641	2802
Bebidas	5	14
Textiles	76	123
Vestuario	819	1 148
Cuero y Productos de Cuero	12	29
Calzado	24	40
Madera y Productos de Madera	135	315
Muebles	252	609
Papel y Productos de Papel	1	3
Imprenta y Editoriales	42	102
Productos Químicos	26	60
Caucho y Plástico	3	11
Minerales No Metálicos	117	310
Productos Metálicos	432	907
Maquinaria y Equipo Eléctrico y No Eléctrico	63	133
Material de Transporte	90	205
Diversos (Industria)	150	271
Comercio al Por Mayor	231	496
Comercio al Por Menor	15674	22462
Comercio Automotriz	400	624
Hoteles	161	299
Restaurantes	3819	6564
Servicios Empresariales	1119	1789
Servicios Comunitarios	1172	2071
Enseñanza	186	395
Salud	340	571
Reparación y Mantenimiento de Vehículo	1168	2861
Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones	9	26
Intermediación Financiera	3	8

1.8. Infraestructura Carretera

Se estima que en Managua existen 1,496 km de red vial, la cual se divide en 896 km asfaltados, 294 km adoquinados y 306 km corresponden a vías de tierra. En Managua existen aproximadamente 180 intersecciones en la red arterial. En esta red de infraestructura, las vías más importantes son la carretera norte, Pista Juan Pablo II, Pista Rubén Darío (carretera Masaya), carretera Panamericana y la pista suburbana (ALMA, 2003) (Figura 1.7).

Estas vías de acceso principales son las que comunican a la población del municipio de Managua con el departamento de Managua y resto del país. Naturalmente, si estas vías de acceso son interrumpidas por cualquier fenómeno natural (sismos, actividad volcánica, inundaciones, entre otros), la población quedaría aislada, sin rutas de evacuación y sin lograr recibir ayuda del resto del país.

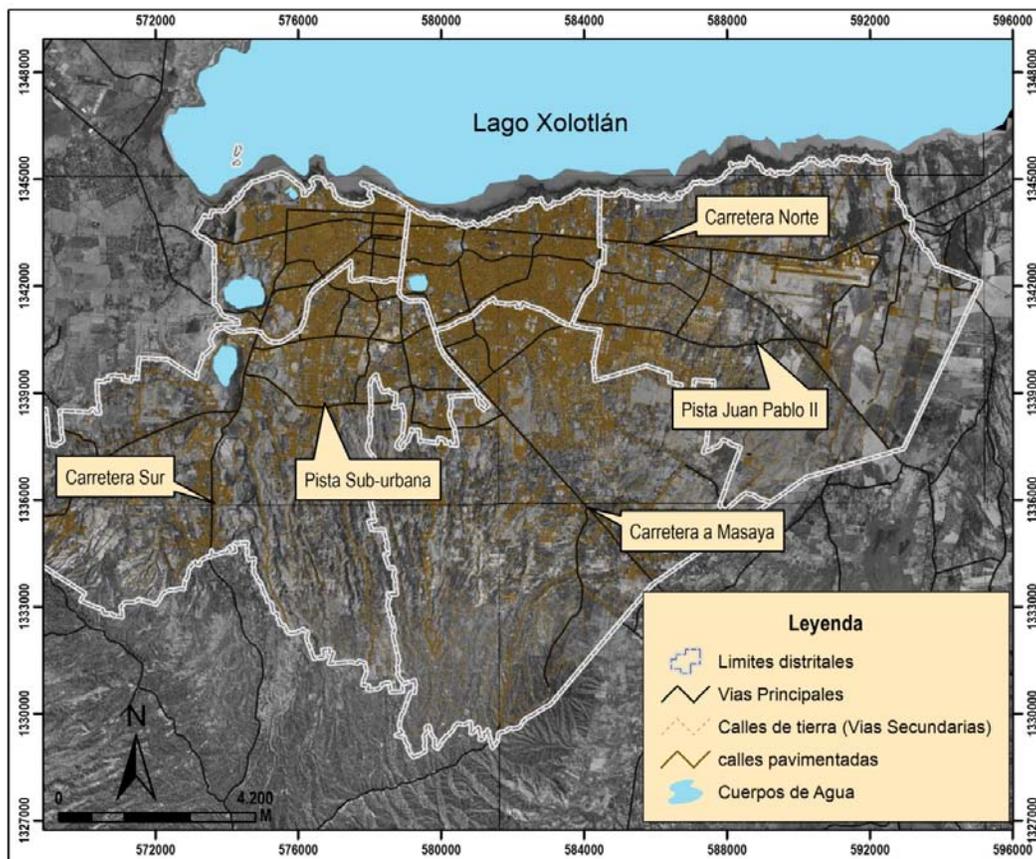


Figura 1.7. Principales vías de acceso del municipio de Managua (INETER, 2003).

Capítulo II. Conceptos: Desastres, Riesgo, Vulnerabilidad y Peligro.

Desde antes de la aparición de los seres humanos en la Tierra, el sistema que prevalecía en el planeta era el sistema natural; eventos geofísicos como los terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos entre otros amenazaban exclusivamente a la flora y fauna que predominaba en ese entonces (Alcántara-Ayala, 2002). La presencia de los seres humanos en la Tierra y su interacción con la naturaleza modificó este sistema natural, a través de los procesos de desarrollo que se han efectuado, por lo que ha contribuido a la depredación y degradación del medio ambiente, así como ocasionado con ello una serie de consecuencias que en diferentes momentos se han materializado en desastres (Mansilla, 1996).

El impacto de los desastres en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un amplio número de investigaciones desarrolladas por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes (Cardona, 1993): amenaza (fenómenos naturales peligrosos), vulnerabilidad, riesgo, prevención o mitigación, percepción del riesgo entre otros; el enfoque de estos conceptos está en función de la disciplina de interés.

2.1. Amenaza o Peligro

Este término se utiliza para la evaluación del desastre y significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, tecnológico o provocado por el ser humano que puede manifestarse en un sitio durante un tiempo de exposición. Se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en sitio en específico y durante un tiempo determinado (Macías, 1993). Del concepto de amenaza se desprenden varios tópicos que deben ser expuestos:

Amenaza natural: Se encuentra asociada a la posible manifestación de un fenómeno de origen natural (terremotos, tsunamis, erupción volcánica, huracanes), cuyo origen se encuentra en los procesos naturales de transformación y modificación de la tierra y el ambiente (Lavell y Mansilla, 2003).

Amenaza socio-natural: Asociada a la ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad y recurrencia se encuentre relacionado con procesos de degradación ambiental o

de intervención humana en los ecosistemas naturales, por ejemplo, inundaciones, deslizamientos, erosión costera, entre otros (Lavell y Mansilla, 2003).

Amenaza antropogénica o antrópica: relacionada con la actividad humana en la producción, distribución, transporte, uso de infraestructura y edificios entre estas amenaza tenemos contaminación de agua, aire, suelo, incendios explosiones, etc. (Lavell y Mansilla, 2003).

Amenazas complejas: Se refiere a la probable ocurrencia de dos o más fenómenos físicos peligrosos donde uno desencadena al otro, por ejemplo, el terremoto y tsunami en Japón, 2011.

2.2. Vulnerabilidad

El marco conceptual de la vulnerabilidad surgió de la experiencia humana en situaciones en que la vida diaria normal era difícil de distinguir de un desastre. La mayoría de las veces existían condiciones extremas que hacían realmente frágil el desempeño de ciertos grupos sociales, los cuales dependían del nivel de desarrollo alcanzado, así como de la planificación de ese desarrollo (Cardona, 2001).

Son muchos los intentos por aclarar el concepto de vulnerabilidad a desastres, no obstante, todas las definiciones parten de una acepción general, que resume la vulnerabilidad como un estado de “estar propenso a” o “ser susceptible de daño o perjuicio”. Algunos sectores de la sociedad están más expuestos que otros al daño, pérdida en el contexto de diferentes amenazas (Blaikie *et al.*, 1996; Sanahuja, 1999).

Blaikie *et al.*, (1996), propone dos modelos conceptuales que integran uno completo, para entender y explicar las causas del desastre desde el punto de vista de la vulnerabilidad. Estos modelos son el de “presión y liberación” (PAR) y el modelo de “acceso”. El primero explica la evolución de condiciones inseguras específicas en términos de presiones dinámicas (rápido crecimiento de la población, deforestación, rápida urbanización, entre otras), cuyas causas de fondo principales que dan origen a la vulnerabilidad son procesos económicos, demográficos y políticos (Figura 2.1). El segundo modelo tiene como objetivo

analizar las estructuras políticas-económicas que producen los perfiles de acceso de los hogares, oportunidades de ingreso y retribuciones.

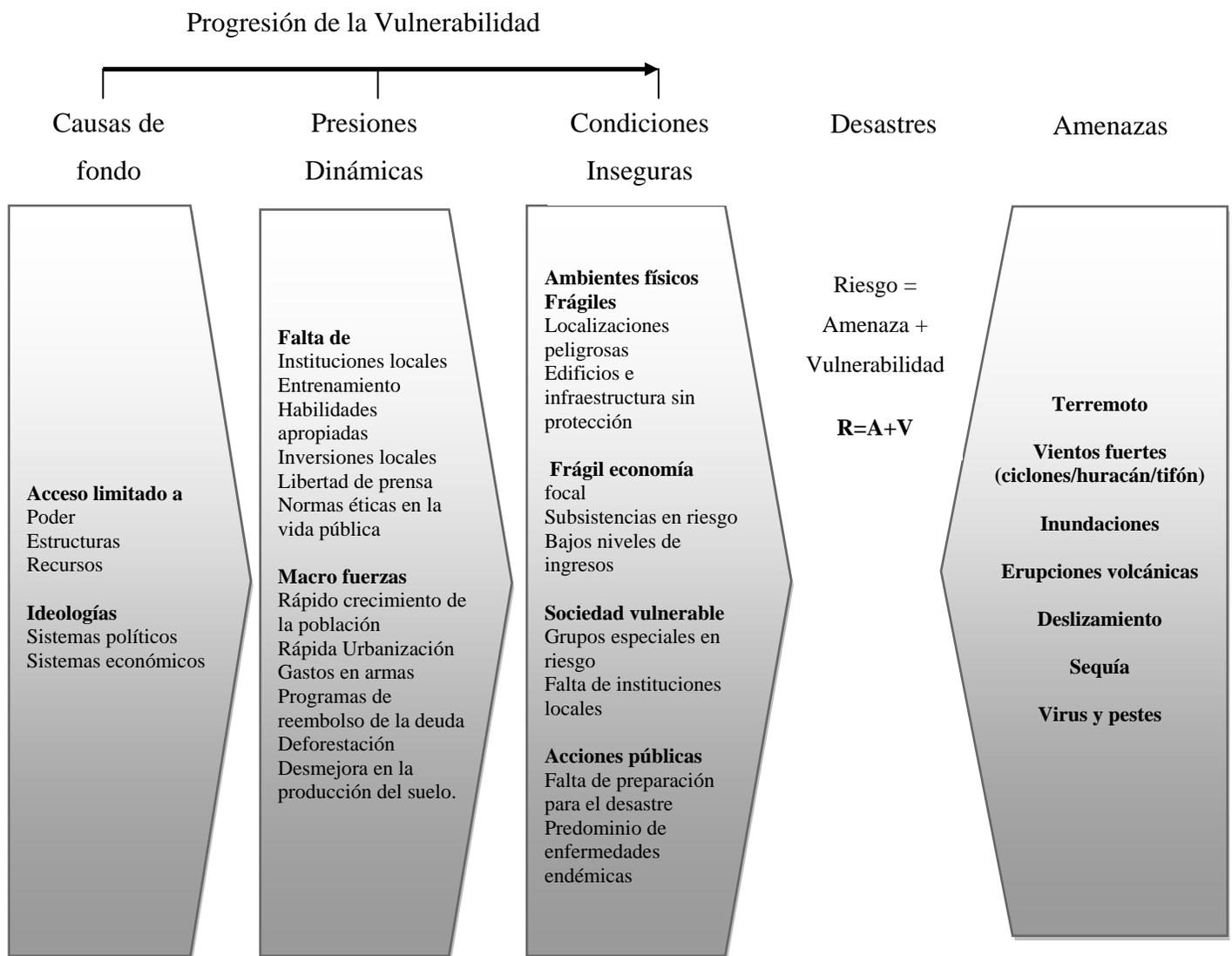


Figura 2.1. Modelo de Presión y Liberación (Blaikie et al., 1996).

El análisis del grado de vulnerabilidad de una población a cualquier amenaza dada, es por lo tanto, la clave para cualquier evaluación realista del riesgo y manejo efectivo del desastre. La mayoría de los peligros naturales son básicamente amenazas que poseen un grado de riesgo más que ser desastres en sí mismos. Por lo tanto, es el grado de vulnerabilidad de la población lo que determina que cualquier peligro natural o causado por los seres humanos se convierta en desastre (Mocellin y Rogge, 1996).

Asimismo, la capacidad para reconstruir los medios de subsistencia post-desastres es una característica asociada al concepto de vulnerabilidad (Sanahuja, 1999). Este aspecto de la vulnerabilidad puede definirse en término de resiliencia definido como la capacidad de un ecosistema, sociedad o comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno o evento (Lavell y Mansilla, 2003).

Una de las limitaciones que enfrenta el estudio social de los desastres es que el concepto de vulnerabilidad carece de una metodología cuantitativa específica que permita implementarlo en los planes y políticas de gestión del riesgo. El concepto de vulnerabilidad en realidad es un concepto cualitativo y es más evidente sólo después del desastre. La carencia de indicadores que permitan leer el espacio geográfico en términos de vulnerabilidad social y riesgo encubierto impulsa la continuidad de políticas y modelos de desarrollo errados (Sanahuja, 1999).

Wilches-Chaux (1993), clasifican la vulnerabilidad en: vulnerabilidad natural, vulnerabilidad física, vulnerabilidad económica, vulnerabilidad social, vulnerabilidad política, vulnerabilidad técnica. También se incluye la vulnerabilidad ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional.

2.3. Riesgo

La terminología asociada a la definición del riesgo ha variado con el tiempo, esta es la que ha originado mayor debate además de ser empleada por diferentes disciplinas (psicólogos, sociólogos, historiadores, ingenieros, geólogos, geógrafos, economistas, entre otros) (Toscana, 2006; Cardona, 2001).

En los últimos años, desde la perspectiva de los desastres, el riesgo se ha intentado dimensionar, para efectos de la gestión, como las posibles consecuencias económicas, sociales y ambientales que pueden ocurrir en un lugar y un tiempo determinado. Igualmente, el riesgo no ha sido conceptualizado de forma integral sino de manera fragmentada, de acuerdo con el enfoque de cada disciplina involucrada en su evaluación (Cardona, 2001).

Tomando en consideración lo antes expuesto, el riesgo se define como la relación de la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Macías, 1993). El riesgo, como ya se mencionó, se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, asimismo, el riesgo puede ser de carácter geológico, hidrológico, atmosférico o tecnológico (Cardona, 1996).

Para evaluar el riesgo deben considerarse tres pasos: la evaluación de la amenaza, el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo (Cardona, 1993, 1996).

La evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente fórmula (Cardona, 1993):

$$Rie = f(Ai, Ve)$$

Rie = Probabilidad de que se presente una pérdida sobre un elemento e , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a i .

Ai = Probabilidad que se presente una amenaza o un evento con una intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t .

Ve = Predisposición específica de un elemento expuesto e a ser afectado o de ser susceptible a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad i .

Para la gestión, reducción, prevención y control del riesgo, es necesaria la integración social en relación con el desarrollo humano, económico, ambiental y territorial en distintos niveles de intervención que varían desde global hasta local, comunitario y familiar. Además se requiere de la existencia de sistemas o estructuras organizacionales e instituciones que representan estos niveles y que reúnen bajo modalidades de coordinación establecidas y con roles diferenciados que juegan un papel en la reducción prevención y control (Lavell y Mansilla, 2003).

2.4. Desastres

Tradicionalmente los desastres han sido adjudicados al destino o a la voluntad divina, llamando la atención de cronistas, historiadores, escritores, entre otros. Sólo en las últimas décadas han sido entendidos como procesos y se han transformado en objeto de estudio científico, a pesar de que son antiguos como la humanidad misma y de que siempre se han interpretado de algún modo, según el contexto histórico cultural en el que tuviera lugar (Mansilla, 1996; Toscana, 2006).

El estudio de los desastres tiene sus raíces en los trabajos que definieron dos líneas de investigación a principios del siglo XX: el geográfico y el social. La perspectiva geográfica se desarrolla dentro de la escuela de ecología humana de la Universidad de Chicago explorada por John Dewey (Toscana, 2006). El primer estudio social de los desastres lo llevó a cabo el canadiense Prince Samuel Henry en 1920, a partir de la descripción de la explosión de un barco de municiones en Halifax, Nueva Escocia; su hipótesis sugirió que los eventos catastróficos inducen a un rápido cambio social (García, 1993).

Fue después de la segunda guerra mundial cuando surgió la primera generación de estudiosos sistemáticos sobre desastres y se empezaron a crear instituciones dedicadas a estos temas (García, 1993). White Gilbert es considerado el fundador del manejo y estudios de los riesgos naturales y su principal aporte son las diferencias conceptuales entre fenómenos naturales peligrosos, riesgos y desastres; opciones teóricas diversas que sirven de plataforma para la investigación del desastre (Macías, 1993; Toscana, 2006).

Las definiciones existentes en torno a los desastres, por lo general se refieren a las consecuencias y no a las causas de estos fenómenos. El punto para entender por qué ocurren los desastres es que no sólo son los eventos naturales los que los causan, sino también son el producto social político y económico de las formas de vida de diferentes grupos de personas (Blaikie *et al.*, 1996; Wilches-Chaux, 1993).

Para desarrollar la presente investigación se considera un desastre como un evento o serie de sucesos, de carácter natural o antropológico, que ocurren de manera repentina o inesperada, causando alteraciones sobre los elementos afectados, como la sociedad y el

medio ambiente, de tal forma que la recuperación es improbable sin ayuda externa (Wilches-Chaux, 1993; Blaikie *et al.*, 1996). A partir de lo anterior se puede expresar al desastre con base a la siguiente ecuación (Romero y Maskrey 1993):

$$\text{Riesgo} \times \text{vulnerabilidad} = \text{Desastre}$$

Los desastres están entonces condicionados por diferentes factores del sistema natural (atmósfera, biosfera y litosfera) y del sistema humano (económico, social, político y cultural) (Figura 2.2).

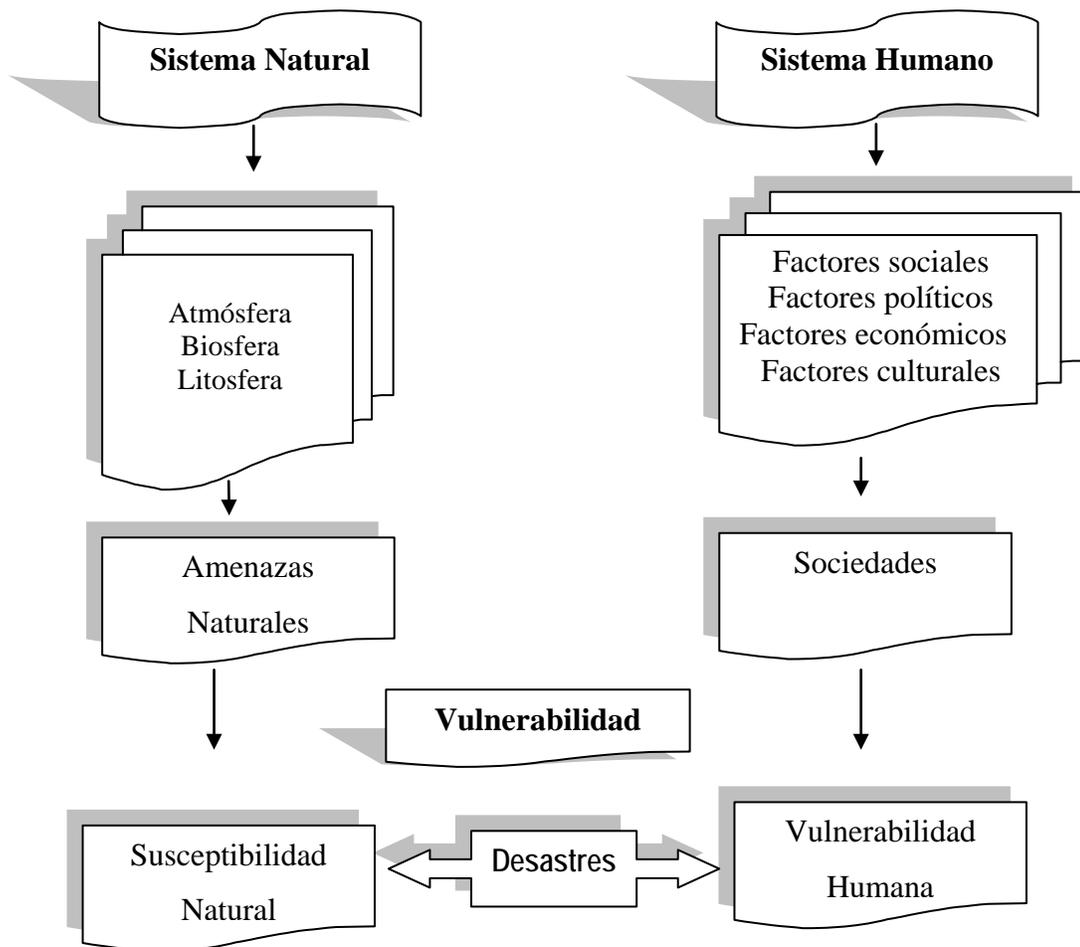


Figura 2.2. Ingredientes de los Desastres (Alcántara-Ayala, 2002).

El análisis de los desastres trata de buscar las conexiones entre el riesgo que afronta la población y las razones de su vulnerabilidad a las amenazas. Muchos desastres, por lo

general son una combinación compleja de amenazas naturales y acción humana que coinciden en tiempo y espacio (Blaikie *et al.*, 1996).

En relación con lo anterior se deben de considerar las medidas de prevención contra los efectos de los desastres, parte fundamental de los procesos de desarrollo integral a nivel tanto regional como urbano, con la finalidad de reducir el nivel de riesgo existente (Cardona, 1993).

2.5. Desastres en el Municipio de Managua

El término desastre se asocia mayormente a eventos de gran magnitud, que generan pérdidas de vida, de bienes y producción, con la necesidad de la movilización de grandes cantidades de ayuda humanitaria y con sustanciales costos para el proceso de rehabilitación o reconstrucción de las sociedades afectadas (Lavell, 1999). Ejemplo de esto es que América Latina durante los años 70, fue escenario de una serie de desastres como el terremoto de 1970 en Perú y la destrucción de Yungay por una avalancha (Smith, 1994), los sismos de Managua en 1972 y Guatemala en 1976 (Lavell, 1993) y el huracán Fifi en Honduras en 1974, entre muchos otros. Todos ellos originaron un gran número de muertos, y afectados, conllevó el apoyo internacional y la presencia de numerosas organizaciones externas durante la fases de reconstrucción (Lavell, 2005).

Igualmente en Centroamérica y México en el periodo de 1902 y 2007, han ocurrido 465 desastres asociados a sequía, terremotos, tormentas, inundaciones, erupciones volcánicas y procesos de remoción en masa, originando un total de 160,296 muertes, 205,473 heridos y 28,709,032 personas afectadas (Alcántara-Ayala, 2010).

En Nicaragua, el fenómeno natural cuya amenaza tiene la mayor área de influencia en el país son los sismos, seguido de las inundaciones; este tipo de fenómenos causarían las mayores pérdidas en el futuro como resultado de eventos extremos de altas consecuencias y baja probabilidad de ocurrencia (ERN, 2009). Con la idea de entender la dinámica de los desastres de Nicaragua en los subsecuentes apartados se presentan una descripción de la sismicidad y las inundaciones, amenazas que han causado mayor impacto en Nicaragua.

2.5.1. Actividad Sísmica de Managua

Nicaragua presenta uno de los índices de sismicidad más alto del mundo y la historia geológica de Nicaragua confirma que la zona del Pacífico presenta una mayor susceptibilidad sísmica en relación con el resto del país, tanto por encontrarse próxima a la zona de subducción, como por estar sobre la cadena volcánica Nicaragüense (Figura 2.3). Durante el periodo comprendido entre 1522-2007 se contabilizaron 1,802 sismos, asociados a la zona de subducción de la placa Cocos y Caribe, cadena volcánica Nicaragüense y las zonas Norte y Atlántico del país, con magnitudes que van de 3.9 - 7.4 (SINAPRED, 2000; Rensis II, 2008).

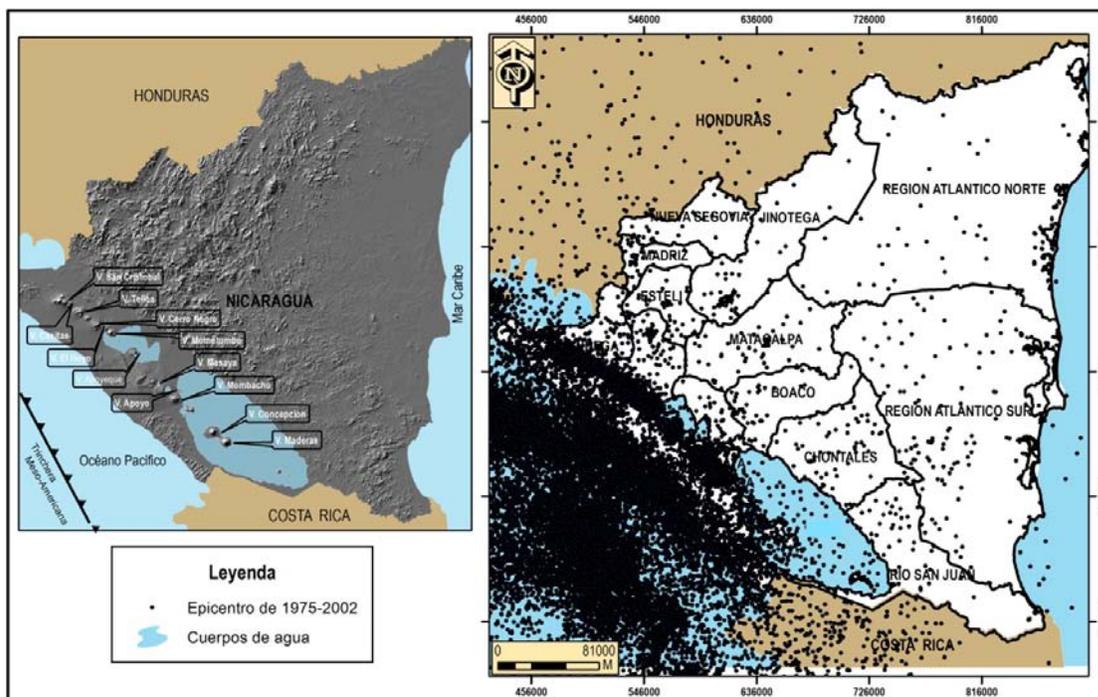


Figura 2.3. Epicentros sísmicos durante el periodo 1975 – 2002 (INETER, 2003).

El Municipio de Managua ha sido afectado por diversos sismos (Tabla 2.1) a lo largo de su historia, los cuales han causado daños a la infraestructura del municipio. Existieron dos eventos principales que destruyeron la ciudad casi por completo, mismos que marcaron la historia económica y social de los habitantes de Managua; éstos eventos fueron los sismos de 1931 y 1972. Asimismo, dichos sucesos confirmaron el grado de vulnerabilidad del municipio.

Tabla 2.1. Sismos históricos que han afectado Managua (ERN, 2008; Lago, 1976; Hardy, 2009).

Años	Escala/Intensidad	Observaciones
1605		Sismos en León y Managua, asociados al volcán Momotombo.
1852		Sismos sentidos en Managua y León asociados al Momotombo.
29 Abr 1881		Informe de los diarios de la época reportan daños generalizados en los edificios y varias casas de taquezal y adobe desplomados.
11 Oct 1885	Intensidad IX	El edificio de Gobierno, el seminario, Palacio arzobispal, Instalaciones militares y la mayoría de las casas particulares de adobe se partieron. 1 habitante muerto.
9 Dic 1859		Terremoto Centroamericano sacude Managua.
29 Abr 1898	Intensidad VI-VIII	Derrumbe de la cumbrera de la parroquia episcopal y la caída del techo del Banco de Londres.
Mar 1902		Sismos alarman la ciudad de Managua y León.
18 Mar 1919		Sismos, sentidos por pobladores en Managua y Chinandega.
5 Oct 1925		Sismos dañan edificios en Managua.
5 Nov 1926		Sismos dañan casas de la ciudad de Managua, Masaya y Granada.
31 Mar 1931	Intensidad XI y magnitud 6	La cantidad de muertos varían entre 1,100 a 2000 personas y aproximadamente 2000 millones en daños materiales.
11 Jul 1933		Daños en edificios de Managua.
24 Ago 1933		Algunos daños en la ciudad de Managua.
16 Nov 1937		Sismos Trepidatorios, sacuden la capital.
9-13 May 1938		Fuertes sismos dañan edificios en Managua. Las paredes del Banco Nacional, del Ministerio del Interior y de la Alcaldía, entre otros se fisuraron, y ciertos edificios se cayeron. Deslizamientos en Batahola y en los alrededores de las Piedrecitas.
18 Ene		Sismos en Managua y Chinandega.

1944		
17 Feb 1944		Dos temblores alarman Managua.
8 Mar 1952		Temblor oscilatorio se siente en Managua.
24 Oct 1956	7.3 escala de Richter	Daños en edificios en Managua.
23 May 1961		Sismos dañan casas en Managua.
20 Oct 1965		Enjambre de 54 sismos frente a costa Pacífico, sentidos en Managua y Masaya.
4 Ene 1968	Intensidad VII y magnitud 4 en escala de Richter	2000 personas damnificadas, los daños se concentraron en la Colonia Centroamérica y 14 de Septiembre, 500 casas tuvieron que ser evacuadas.
5 Ene 1972	Algunos con intensidad de VII	100 sismos se registraron en Managua.
23 Dic 1972	6.5 escala de Richter	Se registraron 20,000 heridos, 300,000 damnificados y 5,000 muertos, cerca de 1,800 millones en pérdidas materiales, aproximadamente 75% de las casas fueron destruidas o inhabilitada.
15 Jun 1975	3 escala de Richter	Ningún daño reportado.
7 Ene 1977		Sismo provoca pánico a los habitantes del barrio Altagracia, Altamira de Este y Monseñor Lezcano.
13 Ene 2001		Pánico a los habitantes de ciudad Sandino y numerosos edificios fisurados.
12 Abr 2001	III escala de Mercalli	Ningún daño reportado.
6 Jul 2001	5 escala de Richter	Ningún daño reportado.
17 Mar 2002		Ningún daño reportado.
3-21 Sep 2002	4.3 escala de Richter	Pánico en los habitantes de los barrios Las Colinas, Ariel Darce y Presidente Schick.

a) Sismos del 31 de Marzo de 1931

El 31 de marzo, martes Santo a las 10:23 a.m., se produjo un sismo de 6° en la escala de Richter. Este sismo provocó daños sobre una superficie de 23 km², lo cual generó una ruptura superficial en la falla El Estadio (Hardy, 2009; Morales, 2011). Esta catástrofe provocó más de mil muertos, destruyó los edificios de la penitenciaría Nacional (donde actualmente está el estadio Nacional), el Banco Nacional, el Palacio de Comunicaciones, la

mayoría de las iglesias (iglesia Candelaria, San Antonio y San Pedro), el hotel Lupone, (hotel de la ciudad), además de que se quemó el archivo nacional (Ramírez, 2008). Asimismo, se destruyeron espacios importantes de actividad económica como los dos mercados de aprovisionamiento de la ciudad (Figura 2.4 y 2.5) (Hardy, 2009).

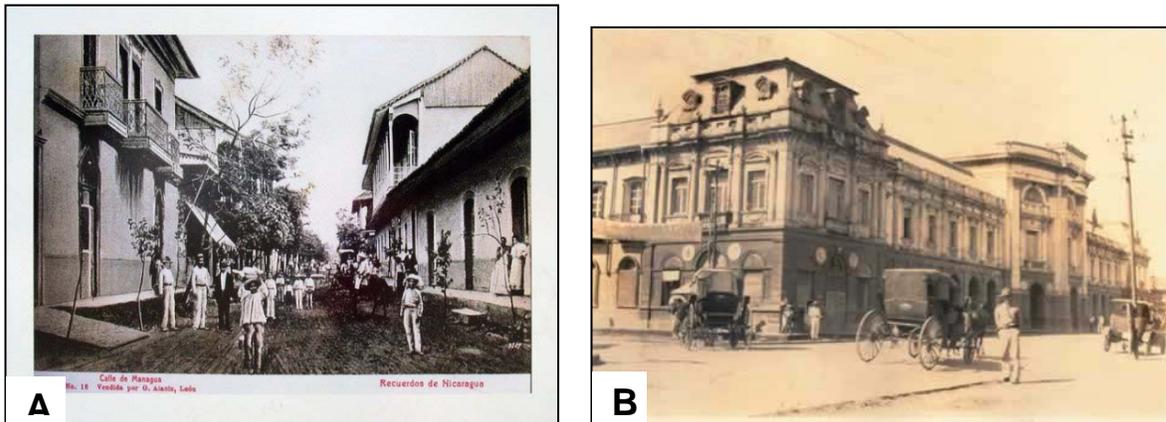


Figura 2.4. A. Calles de Managua, 1931 B. Palacio Nacional (Largaespada, 2008).



Figura 2.5. C. Palacio Nacional después del sismo de 1931 D. Teatro Variedades después del sismo de 1931 (Laprensa.com.ni).

Después del sismo, se registraron varias réplicas por lo que se consumó la destrucción de los edificios dañados y derrumbes alrededor de la laguna de Asososca y el Cerro Motastepe. A consecuencia de este sismo hubieron 2,000 muertos, centenares de heridos y damnificados, aproximadamente 833 casas destruidas, 3,848 deteriorada y 2,324 en estado inhabitable (Morales, 2011); esto representó pérdidas de aproximadamente 15 millones de dólares (EM-DAT, 2011). Las réplicas se sintieron hasta el mes de junio del mismo año (Morales, 2011).

En consecuencia el gobierno central se trasladó a la ciudad de Masaya y se albergaron aproximadamente 6,000 damnificados. De Managua salieron 12,860 refugiados trasladados a través del ferrocarril y/o caminando hacia el lado del occidente principalmente. El ejército Norteamericano llegó a la capital para evitar saqueo y se retiraron del país el 25 de abril del mismo año (Morales, 2011).

Este sismo provocó una crisis económica y política, y fue hasta el 18 de abril del mismo año, que se aceptó la reconstrucción de Managua (Hardy, 2009). A partir de 1960 y principio de los años 70, se dieron las etapas iniciales en cuanto al entendimiento de la sismicidad a partir de la información generada por los sismógrafos que instalaron los investigadores de Estados Unidos (Hardy, 2009).

b) Sismo del 23 de diciembre de 1972

A pesar de los trabajos realizados a partir del sismo de 1931, los científicos no lograron comprender los sismos precursoros del 23 de diciembre de 1972. Según instrumentos del Instituto de Geofísica de la UNAM, se registró un temblor precursor el 22 de diciembre de 1972 a las 16:33:26 hrs, aunque no fue confirmado y el 23 de diciembre se sintió un temblor de 6.3° en la escala de Richter en la zona de Managua (Secretaría de Obras Públicas, 1973).

Según Hardy (2009), durante la noche del 22 – 23 de diciembre de 1972, los habitantes de Managua sintieron dos sismos uno a las 21:30 y otro 45 minutos después. Posteriormente, hubo un tercer sismo a las 12:31 y su magnitud fue calculada en 6.2° escala de Richter, por la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Existen varias versiones de lo ocurrido antes y después de los días 22 y 23 de diciembre; sin embargo, en realidad antes de este sismo los estudios y equipos de registro no eran lo suficientemente óptimos para el monitoreo sísmico.

El sismo de las 12:31, tuvo una duración de 7 segundos, su epicentro se localizó a 2 km al Norte de Managua (lago Xolotlán) y el hipocentro a 6 km de profundidad. A lo largo de la falla Tiscapa se dio una ruptura de 6 km de largo con dirección NE, con desplazamiento horizontal oblicuo hacia el SO de 38 cm de largo y algunos centímetros en la vertical.

Asimismo, se activaron las fallas del Estadio, Chico Pelón y la falla de Los Bancos, la cual tuvo movimiento de pocos cm en sentido vertical y lateral izquierdo (Figura 2.6) (Secretaría de Obras Públicas, 1973). En estas fallas se observaron grietas de tensión de varios metros, en sentido N-S y su ancho variaba entre 50 y en algunos casos mayores e iguales a 100 m (Hardy, 2009).

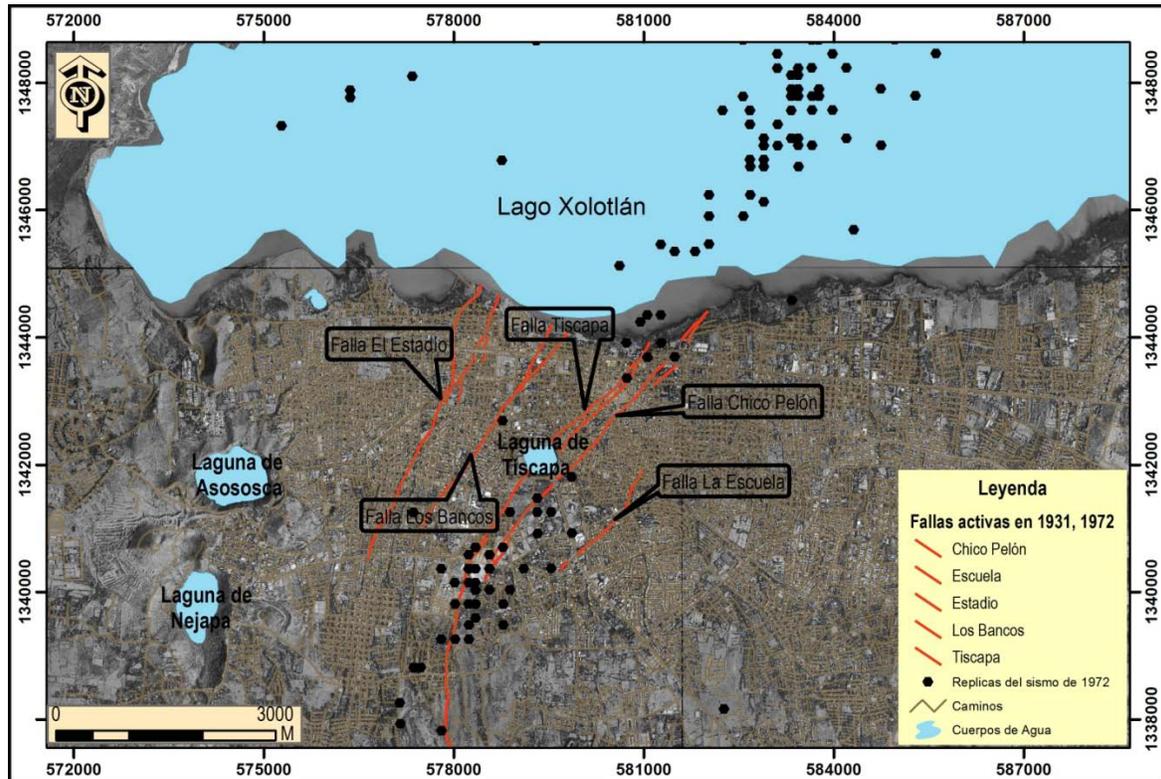


Figura 2.6. Fallas activas durante los sismos de 1931 y 1972 (INETER, 2003).

Según estudios que se realizaron con aparatos portátiles que midieron durante días y semanas subsiguientes al macro-sismo, determinaron que el primer movimiento de magnitud 6.3° fue aparentemente de mayor intensidad que el segundo de 5° escala de Richter. Esto es debido a que el primero ocurrió al Norte de la ciudad (área del lago) y el segundo se originó al Sur de la falla Tiscapa (debajo de la ciudad). Esta hipótesis se apoyó con observaciones de un hundimiento de aproximadamente 17 cm en la zona comprendida entre la fallas de Chico Pelón y del Estadio (Secretaría de Obras Públicas, 1973).

La ciudad quedó arruinada por el terremoto: 13 km² fueron destruidos completamente y 27 km² deteriorados. La porción destruida de la ciudad fue de un 75% y el área de edificios afectados 400,000 m²; se destruyeron los edificios gubernamentales, nacionales y locales como el Palacio Presidencial, el cuartel de la guardia nacional, el Hotel de la ciudad. Iglesias católicas dañadas 18, viviendas destruidas 74,000 y manzanas destruidas 600 (Hardy, 2009; Morales, 2011) (Figura 2.7 y 2.8).

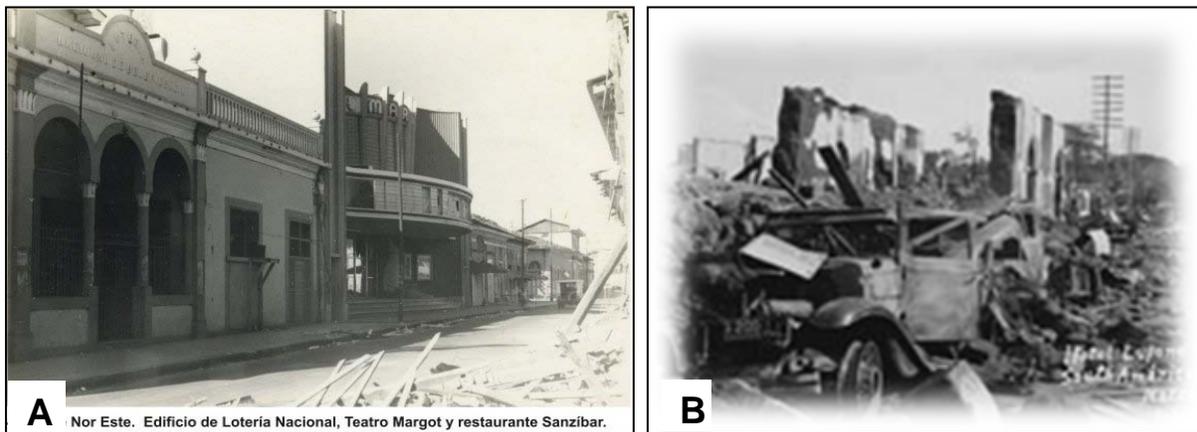


Figura 2.7. **A.** Calle NE, Edificio de Lotería Nacional, Teatro Margot y Restaurante Sanzibar **B.** Hotel Lupone después del terremoto de 1972 (Largaespada, 2008).

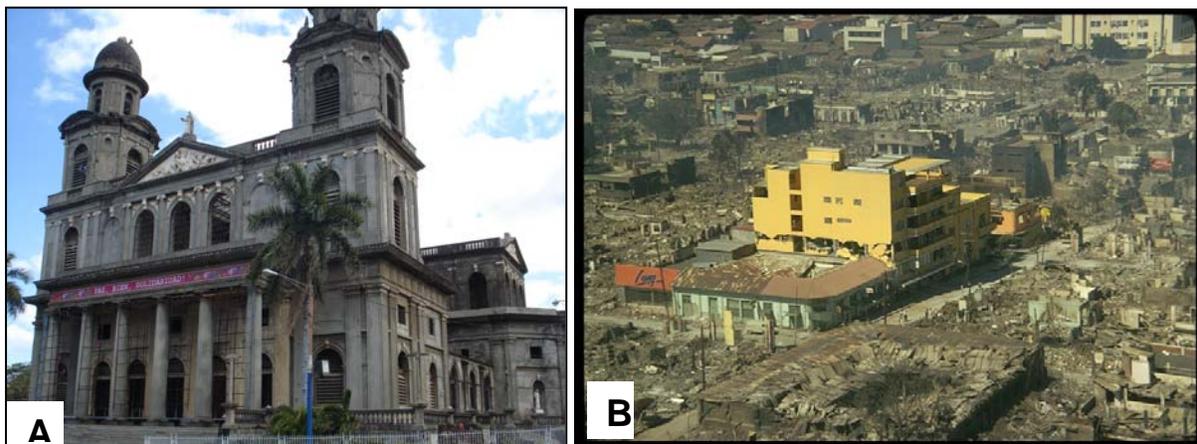


Figura 2.8. **A.** Antigua catedral de Managua (autor) **B.** Vista panorámica de la destrucción de la ciudad de Managua después del terremoto de 1972 (Largaespada, 2008).

Se estimaron aproximadamente 12,000 personas fallecidas, 60,000 - 70,000, damnificados, 200 - 250 mil habitantes sin viviendas (Barquero *et al.*, 2000), además de aproximadamente 51,700 personas desempleadas. Las pérdidas monetarias se calcularon en 844.8 millones de dólares, de donde derivan afectación a la industria 40%, comercio en un 81.9% y la destrucción de 181 establecimientos (ERN, 2008; Morales, 2011).

El sismo tuvo intensidad de hasta IX de Mercalli en el centro de la ciudad y disminuyó gradualmente hasta V-VI en los alrededores. Las zonas más afectadas (grado IX) fueron tres: El área entre el Palacio Nacional y el Mercado Central, el área entre el Lago de Managua y las vecindades del aeropuerto y las zonas alrededores de la Laguna de Tiscapa. Las áreas comprendidas entre los grados VII y VIII se ubicaron alrededor de las áreas anteriormente mencionadas. El área afectada por intensidad de VI a VII, se extiende alrededor de la periferia de la ciudad. Las zonas correspondientes a intensidades V-VI fueron ubicadas desde el valle Ticomo hasta la Laguna de Asososca, Oeste cerca de la refinería, poblados de Sabana Grande y Tipitapa (Chávez *et al.*, 1973) (Figura 2.9).

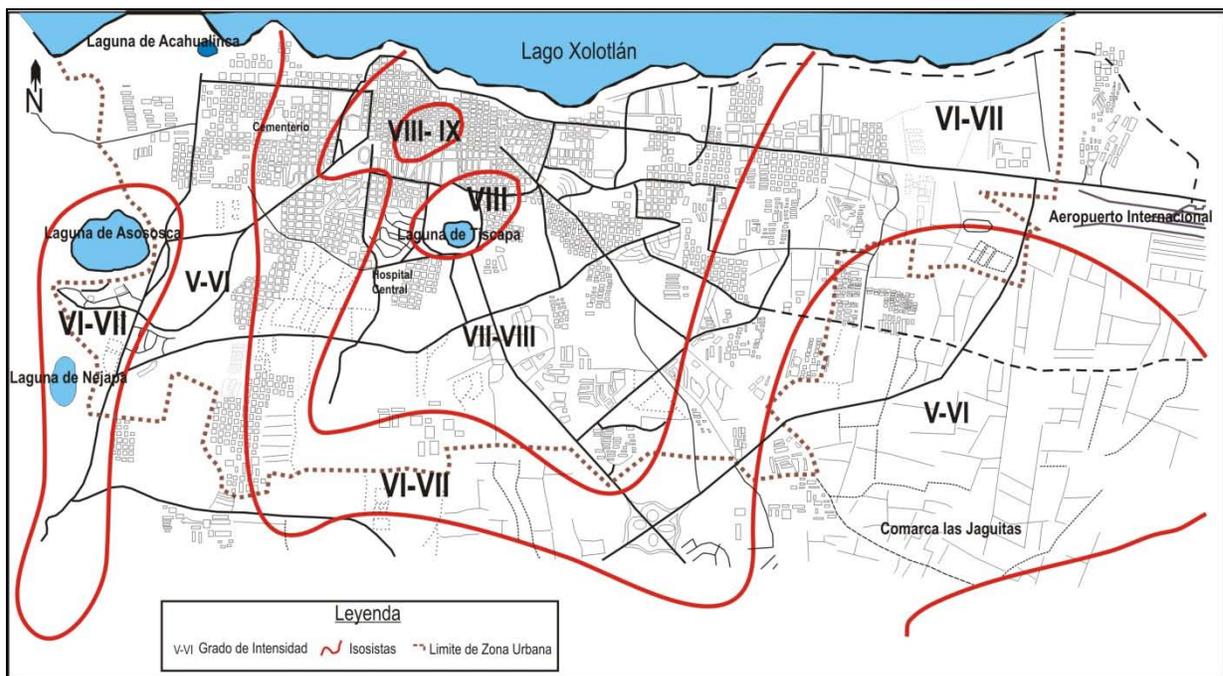


Figura 2.9. Mapa de Isosistas, Terremoto del 23 de diciembre, 1972 (Escaneado y Modificado de Chávez *et al.*, 1973).

2.5.2. *Inundaciones*

Nicaragua de manera general es un país de tránsito de los fenómenos climáticos, como vientos fuertes, cambios bruscos de temperatura, altas precipitaciones, que afectan directa e indirectamente al territorio. De 174 eventos que se contabilizaron en el siglo XX en el país, 90 fueron causados por lluvias inusuales que provocaron desbordes parciales o totales de ríos e inundaciones en zonas bajas (SINAPRED, 2000). El total de vórtices ciclónicos en los últimos 36 años (1971-2007), incluyó 3 tormentas tropicales, y 13 huracanes; los que han provocado la mayor cantidad de precipitación han sido los huracanes Irene en 1971 (155 mm), Alleta, 1982 (403 mm), Gert, 1993 (444 mm) y Mitch, 1998 (493 mm) (INETER, 1998).

En Nicaragua, durante el periodo 1960–2010 se reportaron 16 inundaciones y 20 tormentas tropicales, originando 2,042,262 afectados, 4,378 muertos, 1,75,620.05 millones de dólares en pérdidas materiales (EM-DAT). Las tormentas tropicales que han causado mayor desastre en el territorio fueron el huracán Fifi (septiembre de 1974), Joan (octubre de 1988; ocasionó 35 muertos, 36,0278 afectados y 400 millones en daños) y el huracán Mitch (octubre de 1998; originó 3,332 muertos, 868,228 afectado y 987.7 millones en daños) (EM-DAT; OPS, 1999) (Tabla 2.2).

Tabla 2.2. Fenómenos meteorológicos que han afectado Managua, Nicaragua (CEPAL, 1982, 1996; INETER, 1998; EM-DAT; Barquero *et al.*, 2000).

Año	Clasificación	Observaciones
1876		Aluvión destruye zona occidental de Managua
1892	Huracán penetra territorio en octubre	
Jul, 1893	Huracán penetra en territorio	
Sept, 1920	Huracán penetra en territorio	
Oct, 1922	Tormenta Tropical	
Jun, 1924	Tormenta Tropical	
Oct, 1926	Tormenta Tropical	
Oct, 1935	Huracán	Intensas lluvias elevan el nivel del lago Xolotlán (2 ft)
Jun, 1939	Tormenta Tropical	

Oct, 1940	Huracán	
Nov, 1949	Depresión Tropical	
Oct, 1950	Tormenta Tropical King	
Sept, 1954	Huracán Gilda	
Feb, 1955	Tormenta Tropical	Esta tormenta afectó la zona del Atlántico y causó daños en Managua
Jul, 1961	Tormenta Tropical	
Oct, 1964	Tormenta Tropical Isabell	
Nov, 1964	Huracán	
Jun, 1966	Huracán Alma	
Sept, 1968	Huracán	
Sept, 1970	Depresión Tropical	
Sept, 1974	Huracán Fifi	
1982	Huracán Alleta	El número de daños en todo el país fue valorado en aproximadamente 70,000 millones de dólares de los cuales 50.4 miles de dólares, en el caso de educación y daños en la red vial se estimó en 111 millones de dólares a lo que deben de sumarse 6.6 millones del costo de reposición de los puentes, las vías dañadas fueron Managua-León-Chinandega-Guasaule, se estimaron en Nicaragua entre 63-80 fallecidos y 52,000 afectados.
Ago,1985	Huracán Allen	
Oct 1988	Huracán Joan	El total de fallecidos en el país fue de 148 habitantes, 550,000 damnificados de los cuales más de 40 familias pertenecían a los barrios del Municipio de Managua. Se estimó un costo aproximado en daños de 1160 millones de dólares.
Sept, 1993	Tormenta Tropical Gert	
Ago, 1993	Tormenta Tropical Bret	
Nov, 1994	Tormenta Tropical Gordon	
1996	Huracán Cesar	Este fenómeno provocó en el territorio Nicaragüense 3,332 muertos y 868,228 afectados, un total por 987.7 millones de dólares en daños.
1998	Huracán Mitch	Ocasionó inundación en toda Nicaragua y un flujo de

		lodo/deslizamiento complejo en el volcán casitas, ocasionó 3,332 muertos, 868,228 afectado y pérdidas 987.7 millones de dólares.
1999	Tormenta	Provocó inundaciones en Chinandega, Carazo y Managua, originando 11 muertos, 107,105 afectados y 0.5 millones de dólares en pérdidas.
Sept, 2000	Tormenta tropical Keith	Afectó a León, Chinandega y Managua, provocó 2,300 afectados, 1 muerto y 1 millón de dólares en daños.
Sept, 2002	Tormenta tropical Isidore	Ocasionó en Managua 2 muertos, 300 afectados y 1 millón de dólares en daños.
May, 2010	Inundaciones	Inundaciones en León, Chinandega y Managua, 4,860 afectados.

a) *Huracán Mitch*

El Huracán Mitch es conocido por ser uno de los tres huracanes más destructivos del océano Atlántico, este huracán se formó cerca de la costa africana y entro al océano Atlántico el 10 de octubre de 1998; se convirtió posteriormente en depresión tropical el 22 de octubre. El 24 del mismo mes se convirtió en tormenta tropical y dos días más tarde, fue clasificado como un huracán de categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson (ERN, 2008).

El huracán Mitch, llegó a cubrir toda el área de Centroamérica, concentrándose principalmente en Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras. La población directamente afectada fue aproximadamente de 3.5 millones, de los cuales muertos y desaparecidos sumaron 20,000 personas (Alcántara-Ayala, 2010). En Nicaragua ningún fenómeno climático había causado tanto daño como el huracán Mitch que presentó velocidades de 285 kph y espirales nubosas superiores a los 400 km (Figura 2.10 y 2.11) (INETER, 1999).

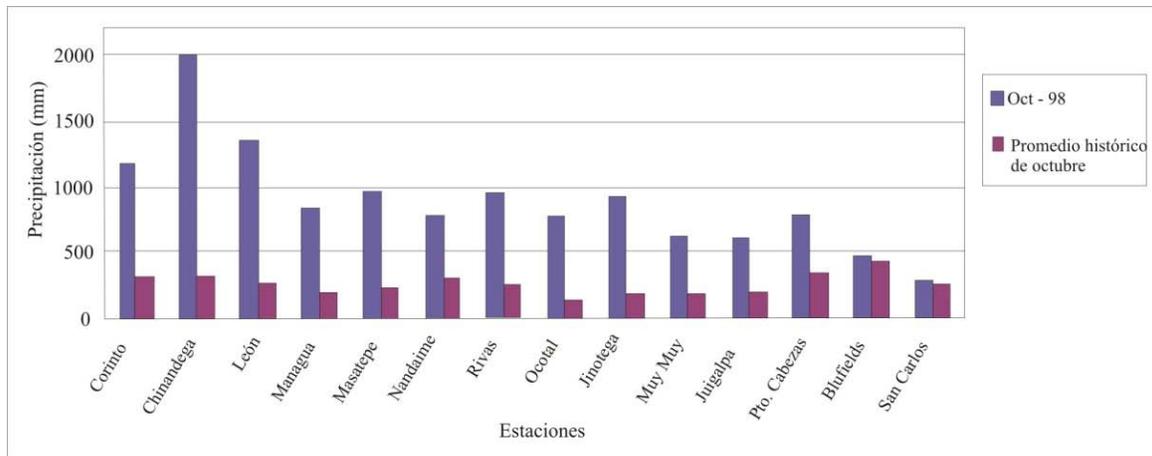


Figura 2.10. Gráfica de precipitaciones del mes de octubre, 1998 y el promedio histórico de octubre (modificado de ECLAC, 1999).

Las precipitaciones asociadas al Mitch superaron en un alto porcentaje a las producidas por otros huracanes que han afectado al territorio (INETER, 1999), ocasionando inundaciones, deslizamientos y un alto número de muertes, daños a la infraestructura (carreteras, salud, viviendas, educación), producción agrícola y medio ambiente (ECLAC, 1999). La zona más afectada fue el occidente del país (León y Chinandega) y el nivel del lago Xolotlán para esas fechas subió 3 metros (de 36.41 m.s.n.m el 22 de octubre de 1998 a 40.12 m el 30 de octubre), recibiendo aproximadamente 3,300 millones de m³ de agua (ECLAC, 1999; Barquero *et al.*, 2000).

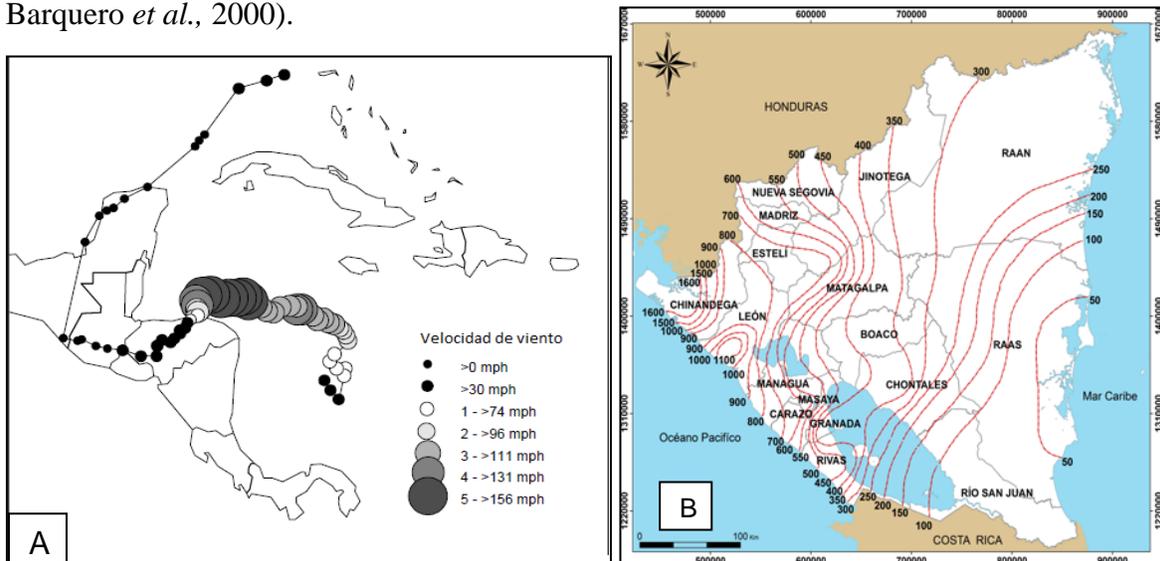


Figura 2.11. A. Velocidad de los vientos ocasionada por el huracán Mitch (ECLAC, 1999). B. Acumulado de precipitaciones (mm) originado por el huracán Mitch en Nicaragua (INETER, 1999).

El daño generado por el huracán Mitch en la población nicaragüense se calculó en un total de 867,752 personas afectada (153,833 familias), 254 heridos, 2,515 muertos y 885 desaparecidos. En daños de instalaciones de salud se estimó un costo de 84 millones de dólares, 605.3 millones de dólares en infraestructura vial, 471.1 millones de dólares en viviendas, 18 millones de dólares en energía eléctrica, 12 millones de dólares en comunicaciones, 19.8 millones en agua potable y alcantarillado, 51.3 millones de dólares en educación y 1.1 millones de dólares en el sector privado (Álvarez *et al.*, 1999).

Alrededor del 38% de la población del país fue afectada por este evento. El total de alimentos entregados por vía aérea fue de aproximadamente 20,000 lbs. Después del desastre se benefició a 1,900,000 personas con la reparación de torres, postes y líneas telefónicas. Para el 16 de noviembre del mismo año, Nicaragua había recibido ayuda internacional por un monto total de US\$ 9,938,536 (Tabla 2.3) de parte de México, Estados Unidos de Norte América, España, Francia, Cuba, Colombia, Panamá, Venezuela, así mismo de la OEA, BCIE, FMI y Banco Mundial (SINAPRED, 2000).

Tabla 2.3. Ayuda de la cooperación Internacional del Huracán Mitch (SINAPRED, 2000).

Ayuda US\$	Al Gobierno	A ONG´s	Total
Efectivo	1,070,000	1,061,030	2,131,030
Especie	3,978,669	3,828,837	7,807,506
Total de Recibido	5,048,669	4,889,867	9,938,536
% Total	51%	49%	100%

La catástrofe causada por el huracán Mitch, fue ejemplo claro del riesgo de desastres a que está expuesta Nicaragua de modo que puede caracterizarse como un país muy vulnerable. Mitch representó la catástrofe natural de mayor impacto ecológico, económico y social de la historia de Nicaragua (Álvarez *et al.*, 1999).

b) Tormenta tropical Stan

En los primeros días de Octubre del 2005, la tormenta tropical Stan tocó tierra en Nicaragua. Esta afectó a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Granada y Matagalpa. En el departamento de Managua se registraron 64 viviendas afectadas, de las

cuales 14 fueron destruidas y 50 semi-destruidas, la población afectada fue de aproximadamente 2,470 incluyendo 1,508 personas evacuadas y 3 muertos (SINAPRED, 2005a).

c) *Huracán Beta*

Del 27 al 31 de octubre del 2005, Nicaragua fue afectada de manera directa por el Huracán Beta. La Secretaría Ejecutiva del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), informó a la población Nicaragüense, que la depresión tropical No. 26 había evolucionado a tormenta ubicándose en la mañana a 220 km², de Blufields (Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua) y desplazándose en dirección NO, por lo que alcanzó categoría de Huracán en la noche (SINAPRED, 2005b).

El SINAPRED, en coordinación con el Estado Mayor de Defensa Civil, informó que el día 27 de octubre desde las 16:00 hrs., y hasta el 01 de Noviembre a las 16:00 hrs, se declaró el estado de alerta amarilla a las zonas de la Región Autónoma del Atlántico Norte, Región Autónoma del Atlántico Sur, Centro y Norte del País. En la región del Atlántico Sur se evacuaron 2,580 personas (430 familias), mientras que en la región Autónoma del Atlántico Norte un total de 4,780 personas (637 familias). Se recibió ayuda internacional de Alemania, Dinamarca, Japón, Estados Unidos, Francia y otros Organismos Multilaterales como el PMA, PNUD, UNICEF, FAO entre otros (SINAPRED, 2005b).

d) *Tormenta Tropical Mathew*

Del 23 al 26 de septiembre del 2010, fue el cuarto ciclón tropical que afecta a Centroamérica durante el 2010 de huracanes del Atlántico. Las fuertes lluvias en todo el país causaron inundaciones principalmente en los departamentos de Managua, Granada, Rivas, Jinotega, Estelí, Chinandega, Boaco, Chontales. Se activaron 101 albergues, 6,511 personas evacuadas, 71,800 personas afectadas y 58 muertos en toda la región. En Managua se evacuaron los ubicados en la costa del lago (barrios de Acahualinca y Alfredo Silva etc.), se activaron 22 albergues con aproximadamente 2,878 personas Se estimó un total de 207 millones de córdobas (10.2 millones de dólares) en daños (reliefweb).

Capítulo III. Unidades Morfotectono-volcánicas del municipio de Managua

3.1. Marco Tectónico

Tectónicamente, Nicaragua se localiza en la parte oeste de la Placa Caribe, cerca de su zona de confluencia con la Placa Cocos (Figura 3.1). En esta zona, la Placa de Cocos subduce oblicuamente por debajo de la Placa Caribe, a través de la Fosa Mesoamericana, con un ángulo de subducción aproximado de 65° , por debajo de Nicaragua (Rupke *et al.*, 2002) y una velocidad de 14 ± 2.5 mm/año (DeMets, 2001). Como resultado de esta subducción se originó el Arco Volcánico de América Central (AVAC), paralelo a la Fosa Mesoamericana. Sin embargo, debido a la subducción oblicua por debajo de la Placa Caribe, ocurre una rotación en sentido de las agujas del reloj del bloque paralelo (bloque de ante-arco) a la fosa y la fragmentación del AVAC (Carr *et al.*, 2003). Esta fragmentación del AVAC, ha generado la formación de fallas perpendiculares laterales derechas e izquierdas (La Femina *et al.*, 2002).

En Nicaragua ésta zona de fragmentación ha generado la segmentación de la Cadena Volcánica Nicaragüense y la formación del Graben de Managua, donde se ubica el Municipio de Managua. Este graben es considerado como una zona estructural extensional e interpretada como un “*Pull Apart*” (Girard y van Wyk Vries, 2005). Este segmento de la cadena volcánica (Espinoza, 2007), presenta una configuración limitada por fallas normales con tendencia Norte-Sur, razón por lo que se ha considerado como Graben de Managua. Este graben, está limitado por las siguientes fallas activas: la falla Cofradía al Este, con una orientación Norte-Noreste; la falla Nejapa al Oeste, de orientación Noroeste-Sureste; y el escarpe de Mateare, de tendencia Norte-Noroeste. El límite Norte está conformado por el Lago Xolotlán y al Sur por el Complejo Volcánico Las Sierras-Masaya (Frischbutter, 2002; Girard y van Wyk Vries, 2005).

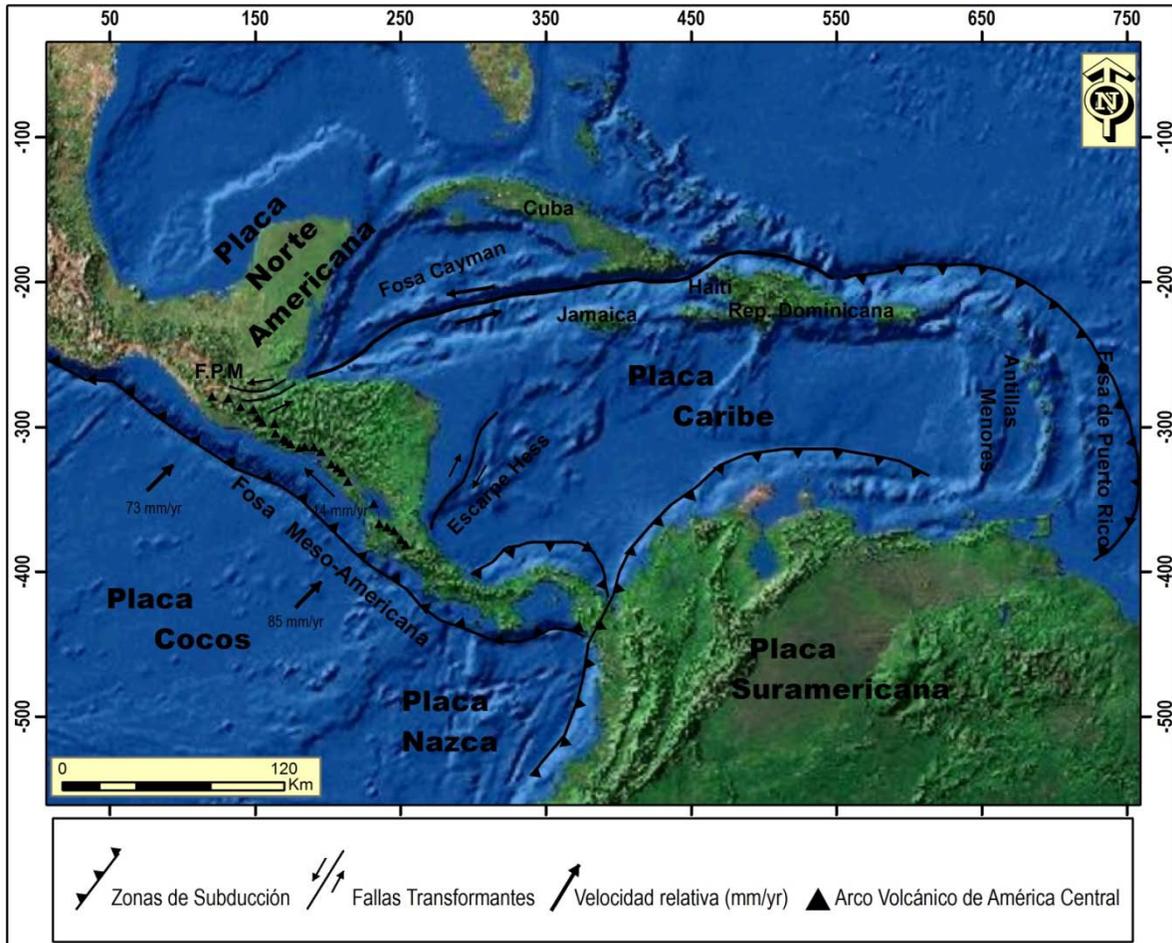


Figura 3.1. Mapa tectónico de Centroamérica (Modificado de Frischbutter, 2002 y Avellán, 2009).

El Graben de Managua tiene una dimensión de 50 por 20 km y un radio que varía de 2.5 a 3 km (Girard y van Wyk Vries, 2005). Esta estructura presenta fallas activas como la falla Cofradía que exhibe un escarpe aproximado de 100 m de altura y se extiende al complejo volcánico. Las Sierras-Masaya; al Oeste del Graben se encuentra la falla Nejapa-Miraflores y dentro de ella se encuentran alineados aproximadamente 30 estructuras, 29 volcanes monogenéticos y una estructura volcánica poligenética denominado volcán Apoyeque (Avellán, 2009). Asimismo, la falla Mateares que representa un escarpe con una altura de 900 metros (Marshall, 2007), lo cual lo hace el más extenso en Nicaragua. Además estructuras de menor orden como el Graben del Aeropuerto, limitada por la falla aeropuerto y falla Cofradía y una zona de fallamiento con dirección Nor-Noreste y Nor-Noroeste, donde se concentra la actividad sísmica reciente (Girard y van Wyk Vries, 2005).

3.2. Litología-Estratigrafía

La ciudad de Managua, se encuentra entre la península Chiltepe al Noroeste, la caldera Masaya al Sureste y en el extremo Oeste de la falla Nejapa con dirección Norte- Sur. Según Bice (1985), la secuencia estratigráfica de la ciudad de Managua está controlada por los depósitos provenientes de las estructuras antes mencionadas (Figura 3.2). La caldera Apoyo es una estructura formada hace ~ 24 mil años, que produjo dos erupciones plinianas en las cuales se emitió la tefra, Apoyo Superior e Inferior (Kutterolf *et al.*, 2007).

La caldera Masaya ha generado depósitos como la triple capa Masaya, de dispersión pliniana y la toba Masaya resultado de un gran depósito de oleada de origen freatomagmático (Bice, 1985). El complejo volcánico Chiltepe está conformado por un estrato volcán llamado Apoyeque, numerosos conos de escorias, anillos de toba y un maar denominado Xiloá (Freundt *et al.*, 2006). El volcán Apoyeque generó el depósito de la tefra Apoyeque Superior e Inferior como resultado de una erupción pliniana y el maar Xiloá generó depósitos de caída y de oleadas piroclásticas como consecuencia de una erupción freatomagmática (Bice, 1985).

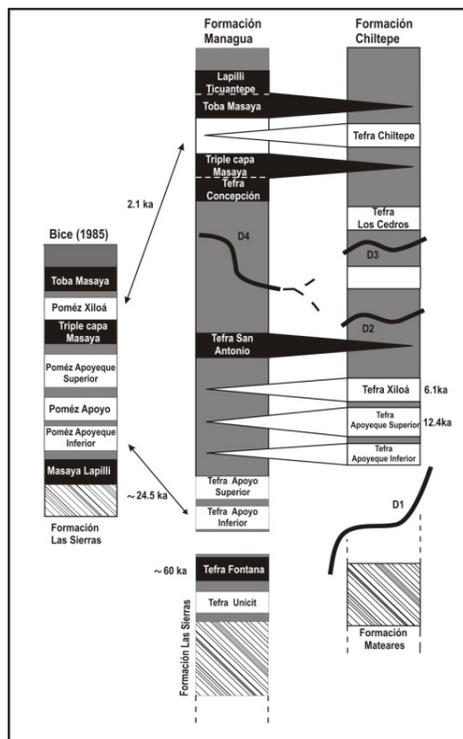


Figura 3.2. Secuencia estratigráfica de la porción Oeste-central de Nicaragua (Pleistoceno Tardío/Holoceno). Los D1 a D4 indican discordancia por erosión (Modificado de Kutterolf *et al.*, 2007).

Tomando en cuenta el origen de los depósitos y su composición química, Kutterolf *et al.*, (2007), agrupó la estratigrafía de la ciudad de Managua, en formaciones, describiéndolas desde la más antigua, Formación Las Sierras, a la más joven, Formación Managua. Por otro lado, y en fecha reciente Avellán (2011), propone también la Formación Nejapa.

a) *Formación Las Sierras*

Girard y van Wyk Vries (2005), determinó que la formación de las Sierras es un complejo escudo ignimbrítico y basáltico. Kutterolf *et al.*, (2007) calculó la edad más joven para esta formación en aproximadamente 34 a 30 mil años. Hasta ahora no se ha estudiado la estratigrafía detallada de esta formación, sólo dos depósitos de la parte superior de composición basáltica – andesítica, los cuales son la *Tefra Unicit (UT)* (Kutterolf *et al.*, 2007) y la *Tefra Fontana (FT)* estudiada por Williams (1983) y denominada como Fontana Lapilli, mientras que Bice (1985), le da el nombre de Lapilli Bed; este depósito se encuentra al Noroeste de la caldera Masaya.

b) *Formación Chiltepe*

Esta formación presenta una secuencia denominada tefra Apoyeque inferior (LAq), datada en ~ 17 mil años; tefra Apoyeque Superior (UAq) descrita por primera vez por Bice (1985) con una edad de $12,400 \pm 100$ años antes del presente; se observa al Suroeste entre la península chiltepe y la ciudad de Managua (Kutterolf *et al.*, 2007).

La tefra Xiloá (XT), es el resultado de una erupción freato-pliniana, con una edad estimada de 6105 ± 30 años antes del presente, la tefra Mateares (MaT) es observada al Noroeste del pueblo Mateares y a lo largo del lago de Managua con espesores mínimos. La tefra Los Cedros (CdT), identificada como depósito de pómez de caída se encuentra entre el Sureste de Mateares y Oeste de Managua. La tefra Chiltepe (CT), definida como una tefra de composición dacítica, representa la erupción pliniana más grande del complejo volcánico Chiltepe, encontrada al Oeste de Managua, sobreyaciendo a la triple capa Masaya (Kutterolf *et al.*, 2007); la edad calculada para esta unidad es de 2120 ± 120 años antes del presente (Pérez y Freundt, 2006).

c) *Formación Managua*

Esta formación está constituida por siete unidades de tefra de composición basáltica riolítica y formadas por grandes erupciones de la caldera Masaya y Apoyo. Dentro de esta formación se consideran las siguientes unidades:

1. Tefra Apoyo inferior (LAT), caracterizada por dos erupciones; la primera erupción un depósito de pómez de caída y la segunda un depósito de toba de origen freatomagmático. Se calcula una edad de $23,890 \pm 240$ años antes del presente (Kutterolf *et al.*, 2007).
2. La tefra Apoyo Superior (UAT), datada en $24,650 \pm 120$ años antes del presente. Esta unidad está dividida en tres paquetes; la UAT-1, un depósito estratificado de pómez de tamaño lapilli en la parte inferior o basal un depósito de ceniza; la UAT-2 una sucesión de depósitos de oleadas, flujos piroclásticos y depósitos de caída; la UAT-3 está constituido por oleadas, depósito de caída de grano grueso (Kutterolf *et al.*, 2007).
3. La tefra San Antonio (SAT), se observa al Sur de Managua, Norte, Noroeste, Sur de la caldera Masaya y es una secuencia de depósitos de escoria de caída (Pérez y Freundt, 2006; Kutterolft *et al.*, 2007).
4. La tefra Concepción (LCT), se identifica al Sur de la caldera Masaya (Kutterolf *et al.*, 2007) y está conformada por 16 capas, correspondiente a 8 depósitos de caída de escoria tamaño lapilli y 8 capas de ceniza endurecidas de origen freatomagmático (Pérez y Freundt, 2006).
5. La Triple capa Masaya (MTL), descrita por Williams (1983) y Bice (1985), está constituida por siete depósitos de escoria de mayor espesor y cuatro capas de ceniza de menor espesor, se identifica al Noroeste de la caldera Masaya, se estima una edad aproximada de $5,755 \pm 90$ años (Avellán, 2009).
6. Toba Masaya (MT), descrita por Krusi y Schultz (1979) y Bice (1985), es de origen freatomagmática, constituida por un depósito de oleadas y se estima en una edad de $3,485 \pm 90$ años (Avellán, 2009).

7. *Ticuantepe Lapilli (TIL)*, proviene de una erupción subpliniana y aflora al Oeste de la caldera Masaya, está constituida por 4 capas de lapilli y 3 capas de ceniza litificada (Kutterolf *et al.*, 2007).

d) *Formación Nejapa*

En esta formación se encuentran los depósitos de 19 volcanes monogéticos que incluyen conos de toba, maar y conos de escoria, conformada en tres secuencias (Figura 3.3):

1. Secuencia Ticomio dividida en: a) *Lavas de Ticomio (LT)* el depósito más antiguo, está compuesto por tres flujos de lava; b) la *Toba Ticomio (TbT)*, está formada por oleadas piroclástica y constituida por 5 capas de ceniza compacta c) La unidad *tefra Altos de Ticomio (TAT)*, es una secuencia de capas de caída de escoria de composición basáltica.

2. Secuencia Nejapa constituida por cinco unidades: a) La Unidad *tefra San Patricio (TSP)*, un depósito constituido por tres paquetes de caídas de escoria; b) La Unidad *Lavas Batahola (LBT)*, constituida por coladas de lavas de composición basáltica; c) La Unidad *tefra Nejapa-Norte (TNN)*, formada de oleadas piroclásticas, constituida por capas de bloques basálticos-ignimbríticos; d) La Unidad *tefra Motastepe (TMO)*, depósito de caída de escoria y f) La Unidad *tefra Nejapa (TN)*, formada por un depósito constituido por oleadas piroclásticas (Avellán, 2009, 2011; Pardo, 2008).

3. Secuencia Asososca, constituida por siete unidades: a) La Unidad *toba Cuesta El Plomo (TCP)*, depósito formado por oleadas piroclásticas, se divide en Toba Cuesta El Plomo Superior e Inferior; b) La Unidad *tefra Refinería (TR)*, depósito de oleadas piroclásticas compuesto de ceniza, escoria y lapilli acrecional interestratificado; c) La Unidad *tefra Satélite (TS)*, depósito de oleadas piroclásticas; d) La Unidad Flujos Piroclásticos de Ceniza (FPC), está representada por un flujo piroclástico masivo de composición basáltica de fuente desconocida (Avellán, 2009, 2011); e) La Unidad *tefra la Embajada (TE)*, formada por depósitos de caídas de escoria conformada por 20 paquetes de escoria y coladas de lava basáltica en la parte inferior; f) la Unidad *tefra el Hormigón (TH)*, conformada por depósitos de caída principalmente de escoria y g) la Unidad *Tefra*

Asososca (TA) depósito formado por oleadas piroclásticas (Avellán, 2009, 2011; Pardo, 2008).

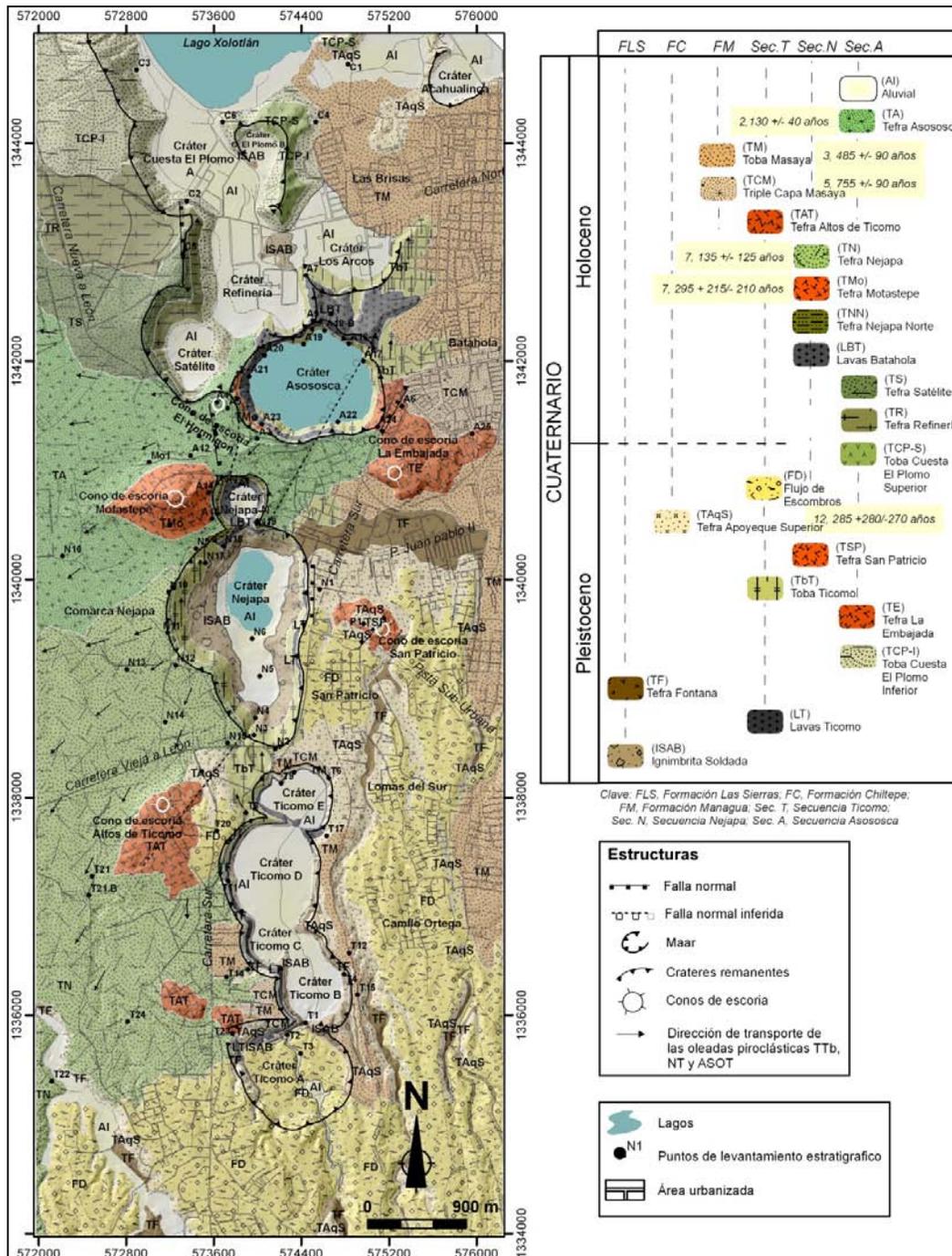


Figura 3.3. Mapa geológico de la porción central y Sur del campo volcánico Nejava y alrededores (Avellán, 2009).

3.3. Unidades Morfotectono-volcánica del Municipio de Managua

En este apartado se presentan las principales unidades morfotectono–volcánicas, que se definieron tomando en cuenta la relación entre las estructuras geológicas y el relieve de la superficie terrestre, originadas a causa de la fragmentación de la cadena volcánica Nicaragüense y formación del Graben de Managua.

Se elaboró una clasificación de doce unidades Morfotectónico-volcánicas del Municipio de Managua (Tabla 3.1 y figura 3.4), representada en un mapa a escala 1:50,000. En su elaboración se tomaron en consideración los siguientes criterios:

- Elementos *morfotectónicos* y *morfoestructurales*. Para la caracterización de estos elementos se tomó como referencia la expresión regional y local de las estructuras geológicas del relieve (fallas regionales y fallas locales, cráteres, maares, conos de escoria entre otros), con base en la carta topográfica escala 1:50,000, el modelo digital del terreno y la información existente de las estructuras geológicas que caracterizan el área.
- Elementos *morfométricos*. Son los elementos que expresan las características cuantitativas de las formas del relieve (profundidad de disección, el grado de inclinación de las laderas, orientación de laderas y niveles hipsométricos o altimétricos) y los factores lito-estratigráficos (Hernández, 2008). Estos elementos se obtuvieron con base a las curvas de nivel cada 20 metros proporcionadas por el INETER, y procesadas en el SIG ArcMap 10 (Figura 3.5, 3.6 y 3.7).

Las categorías de las unidades morfotectono-volcánicas sintetizan la representación cartográfica de la estructura geológica activa y de las condiciones litológicas pasivas que presenta el área de estudio (Hernández, 2005).

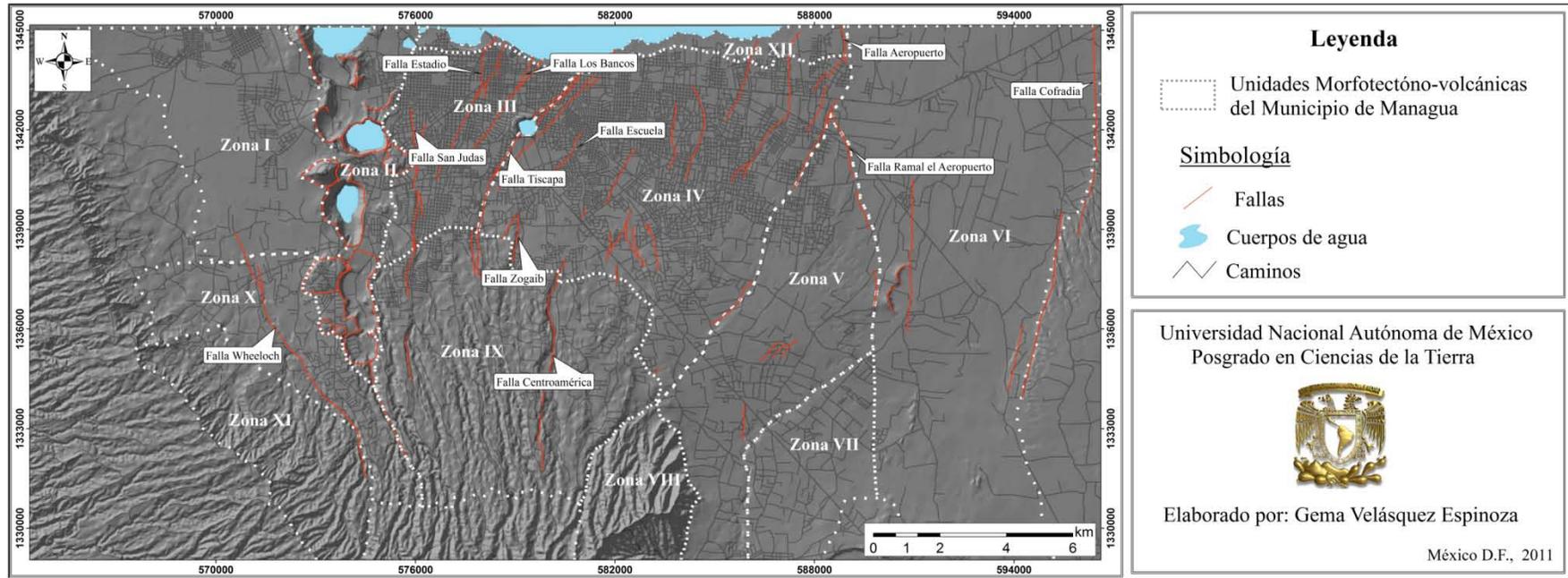


Figura 3.4. Mapa de zonas morfotectono-volcánicas del municipio de Managua.

Tabla 3.1. Criterios para la delimitación de las zonas Morfotectono – volcánicas

Zonas	Elementos Morfotectónicos y Morfoestructurales	Elementos Morfométricos	Factores lito-estratigráfico
I. Cuajachillo	Planicie baja del borde meridional del Graben de Managua; Semi -plano, fluvio volcánico, ligeramente inclinada, con muy bajo nivel de fracturación; no presenta rasgos estructurales internos significativos.	Presenta una altitud que varía de 40 a 100 m.s.n.m., con pendientes entre 1 a 8 grados. Predominio de orientación de laderas al N y NE.	Esta zona se caracteriza por depósitos de tefra y toba provenientes de los cráteres de Asososca , Satélite y Cuesta El Plomo (Pardo, 2008; Avellán 2009).
II. Ticomo-Los Martínez	Zona de debilidad cortical compuesta por numerosos cráteres volcánicos y conos monogénéticos; asociados al sistema de fracturación de la falla Nejapa, con tendencia N-S y una longitud de aproximadamente 25 km, y con un movimiento normal con componente lateral derecha (Espinoza, 2007).	Su altitud varía de 40 a 400 m.s.n.m. La pendiente oscila entre 1 a 45 grados. Orientación de las laderas al N, E, O, SE y SO	Afloran depósitos de la Formación Nejapa (Avellán, 2009), caracterizados por una secuencia de depósitos de Ignimbritas, tobas, tefras y lavas originadas por las estructuras monogenéticas que presenta el área. Igualmente se observan depósitos Aluviales.
III. San Judas - Tiscapa	Planicie medias a altas, de carácter acumulativo volcánico con notable fracturación interna reflejada en las zonas de fallas San Judas, Estadio, Los Bancos y Tiscapa, con fuerte actividad sismotectónica comprobada durante los terremotos de 1931 y 1972.	La altitud varía de 40 a 200 m.s.n.m. Las pendientes entre 1 a 8 grados aproximadamente, exceptuando la pared interna del cráter de la laguna de Tiscapa que presenta pendientes mayores a 60 grados. La orientaciones de laderas predominante son N y NE.	En esta zona se observan, depósitos de la Formación Managua, La Formación Chiltepe (Bice, 1985; Kutterolft <i>et al.</i> , 2007), y una secuencia in situ de depósitos de tefra originado por el Maar Tiscapa (Freundt <i>et al.</i> , 2009).
IV. San Juan - Unidad de proposito	Planicies altas a medias, estructurales y acumulativas, con presencia de piedemonte bajo. Esta zona presenta estructuras disyuntivas notables de tipo normal e inversas (falla Centroamérica y Zogaib) y lateral izquierdo (falla Chico pelón) se caracteriza por la evidencia de actividad sismotectónica y formación de escalones tectónicos durante eventos notables. La falla chico pelón representa el límite estructural entre esta zona IV y la zona III.	La altitud de esta zona varía de 100 a 400 m.s.n.m. y las pendientes entre 1 a 8 grados. Orientación de laderas N y NE.	Esta zona de caracteriza por depósitos de la Formación Managua (Bice, 1985; Kutterolft <i>et al.</i> , 2007), interestratificado con flujos de detritos (Woodward Clyde, 1975).
V. Barrio Nuevo - Esquipulas	Planicies inclinadas medias a altas, de carácter acumulativo fluvial y en la parte S por acumulación volcánica, presenta también fracturación moderada visible en las fallas Ticuantepe y Tambo. Su límite oriental es muy claro y está controlado por la falla aeropuerto, limite occidental de la zona VI.	La altitud de esta zona es de 100 a 300 m.s.n.m., con pendiente entre 1 y 8 grados. Orientación de laderas preferencial al E y NE.	En esta zona aflora la triple capa Masaya, toba Masaya, y la tefra Apoyo Superior, provenientes de la caldera Masaya y Apoyo (Bice, 1985; Kutterolft <i>et al.</i> , 2007; Avellán, 2009; Peréz <i>et al.</i> , 2009).

VI. Graben el Aeropuerto	Es una de las zonas más notables del territorio representados por un graben limitado por las fallas Aeropuerto de tipo normal oblicuo (Cowan, 2000) y la falla Cofradía compuesta por un sistema de fallas normales escalonadas. En general son planicies, bajas a altas formadas sobre acumulaciones volcánicas y fluviales.	La altitud es de 40 a 100 m.s.n.m. La pendiente varía entre 1 a 8 grados, a excepción de los conos de escoria que presentan una pendiente máxima de 24 grados. Orientación de laderas N y NE.	Esta zona se caracteriza por la presencia de la toba Masaya, coladas de lavas de composición andesítica-basáltica, provenientes de la caldera Masaya (Bice, 1985; Kutterolf <i>et al.</i> , 2007), y depósitos aluviales.
VII. Los Madrigales	Zona de piedemonte bajo, de origen volcánico, con poca expresión de elemento estructural-tectónico.	La altitud abarca los 100 a 200 m.s.n.m., con pendientes entre 1 y 4 grados. Orientación preferencial de laderas N y NE.	Esta Zona presenta depósitos provenientes de la Formación Managua (Bice, 1985).
VIII. Las Cuchillas	Edificación tectono-volcánica, con algunos rasgos elípticos en su configuración, Geomorfológicamente es una premontaña, activada en el contexto del complejo volcánico las Nubes.	Las altitudes van desde de 400 a 800 m.s.n.m. La pendiente varía entre 30 a 80 grados. Orientación preferencial de laderas N, NE y S.	La litología del área, se caracteriza por depósitos provenientes de la Formación la Sierra representado por una secuencia de depósitos de ignimbritas y tefra (Kutterolf <i>et al.</i> , 2007; Girard y van Wyk Vries, 2005).
IX. San Isidro	Piedemonte volcánico alto, con evidencias esculturales de actividad tectónica reciente, en esta zona se observa la prolongación de la falla Centroamérica.	La altitud varía de 300 a 600 m.s.n.m. La pendiente varía entre 8 a 45 grados. Orientación de laderas al N y NE.	Esta zona se caracteriza por los depósitos de la Formación Las Sierras y la Formación Managua, interestratificado con flujos de detritos (Kutterolf <i>et al.</i> , 2007).
X. Cedro Galán-Monte Tabor	Piedemonte bajo, con sectores planos, sobre una estructura deprimida entre las zonas XI, IX y II. Las características relativamente planas y onduladas facilitaron la expansión de la zona urbana, es representativa para esta zona la falla Wheeloch.	Presenta una altitud entre 300 a 600 m.s.n.m. El rango de pendiente oscila entre 8 a 24 grados. Orientación de laderas predominante al N.	Esta zona se presentan depósitos de la Formación Nejapa y la Formación Chiltepe (Avellán, 2009).
XI. Berlín	Cadena Premontañosa tectono -volcánica de Berlín controlada por la falla Mateares con estructura asimétrica, con macro-pendiente oriental muy pronunciada y la macro-vertientes occidental muy suave.	La altitud en esta zona es de 400 a 600 m.s.n.m., con pendientes que oscilan entre 4 a 24 grados. Orientación de laderas al N y NE.	La estratigrafía del área se caracteriza por depósitos de flujos de detritos e ignimbritas de la Formación Las Sierras (Kutterolf <i>et al.</i> , 2007).
XII. Costa del Lago	Planicie muy bajas acumulativa fluvial y lacustre, semi-plano del sector meridional del graben Managua.	Esta zona se encuentra a una altitud de 40 m.s.n.m. y presenta pendientes entre 1 y 2 grados. Con orientación de ladera preferencial al N.	En esta zona se encuentran depósitos retrabajados, provenientes de las partes superiores del Municipio, así como depósitos lacustres provenientes del lago Xolotlán.

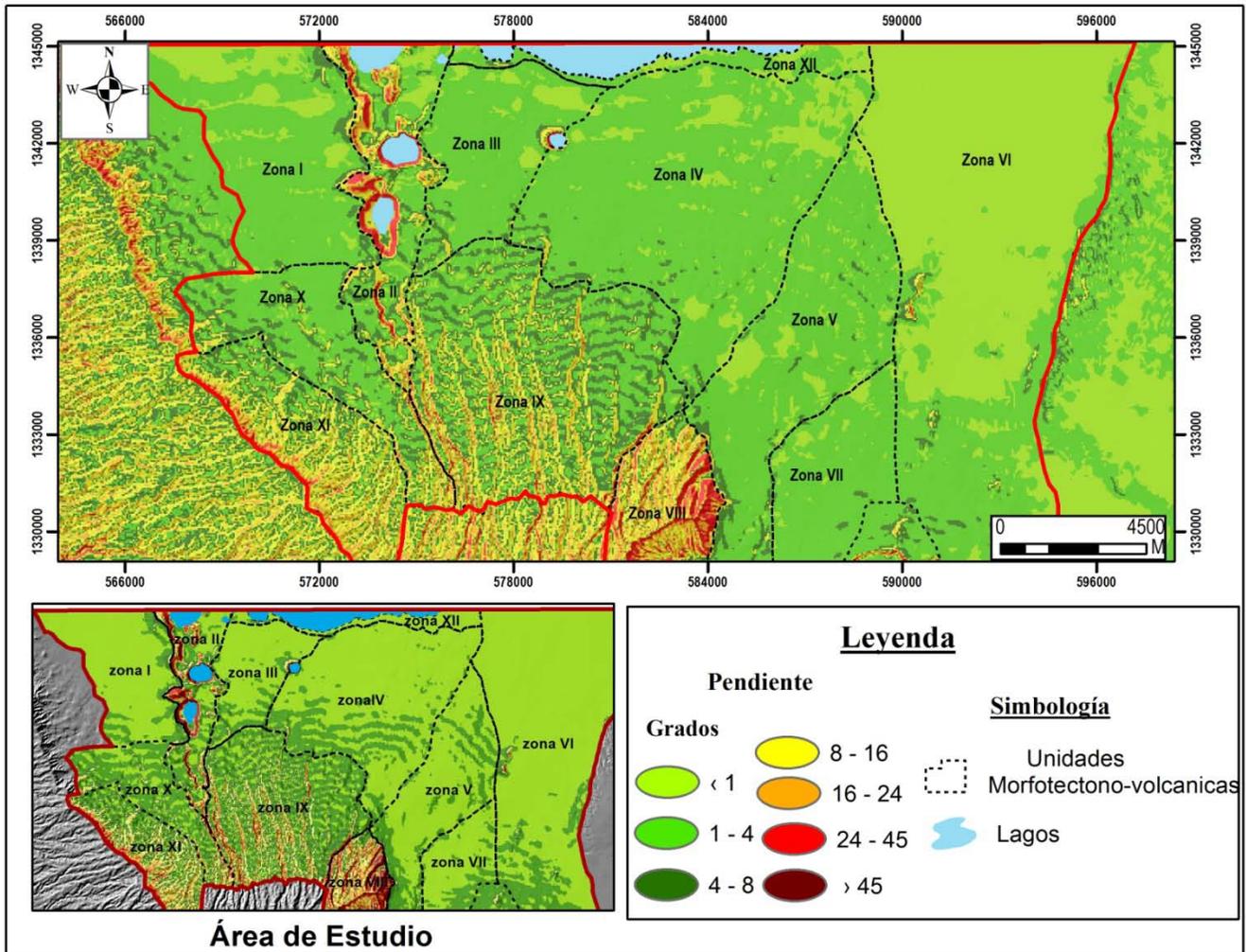


Figura 3.5. Mapa de pendientes de las zonas morfotectono-volcánicas.

Cada una de las zonas agrupadas en la tabla 3.1, son descritas de acuerdo con las condiciones geológicas-geomorfológicas del Municipio de Managua.

a) *Zona I. Cuajachillo*

Esta zona está representada por una planicie baja, con altitud entre 40 a 100 m.s.n.m, semiplana con inclinación entre 1 a 4 grados, disminuyendo al Norte y aumentando en el límite Este de la zona, con predominio de orientación de laderas al Norte y Noreste con una densidad de disección vertical menor o igual a 20 metros. Esta zona está representada por la presencia de rocas de edad cuaternaria, simbolizadas por las Tobas cuesta El Plomo conformada por un depósito de oleadas piroclásticas de composición andesítica-basáltica.

La unidad de la tefra Satélite corresponde a una sucesión de oleadas piroclásticas (Pardo, 2008; Avellán, 2009). La tefra Asososca proveniente del Maar Asososca son depósitos originados por oleadas piroclásticas y caracterizados por una sucesión de oleadas basales piroclásticas secas, constituidas por ceniza gruesa y lapilli con una edad de $2,130 \pm 40$ años (Avellán, 2009). Estructuralmente esta zona no presenta rasgos internos significativos.

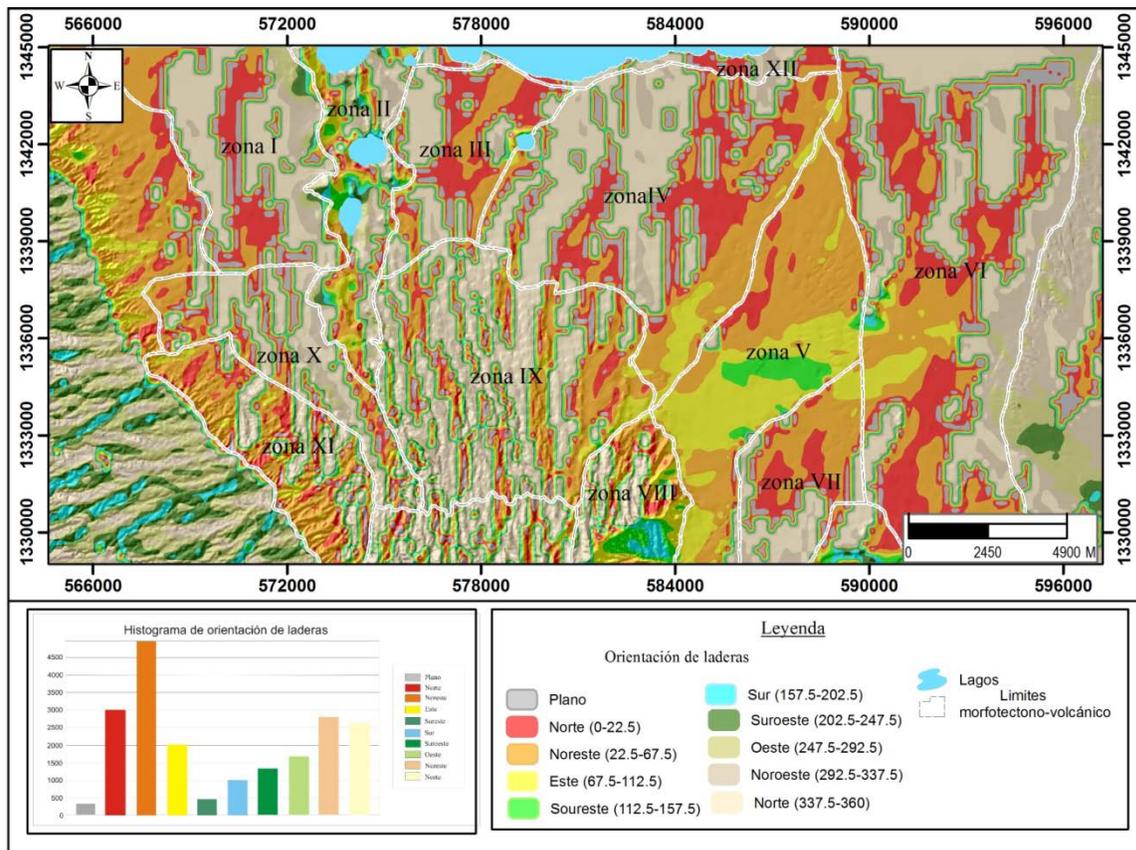


Figura 3.6. Mapa de orientación de laderas de las zonas morfotectono-volcánicas.

b) *Zona II. Ticomo-Los Martínez*

Es una zona de debilidad cortical, denominada falla Nejapa, con tendencia Norte-Sur. Esta falla está dividida en tres segmentos: Norte, central y Sur. Estas porciones se caracterizan por presentar segmentos de aproximadamente 0.8 km en la parte Sur y 0.9 km en la parte Norte. Esta falla tiene una longitud aproximada de 25 km, con movimiento normal, con componente lateral derecho y una geometría en echelón derecha con dirección $N5^{\circ}E$,

buzando al Este, con un ángulo de apertura de 20 grados aproximadamente, con un vértice en la parte Sur y con mayor apertura en la parte Norte (Espinoza, 2007).

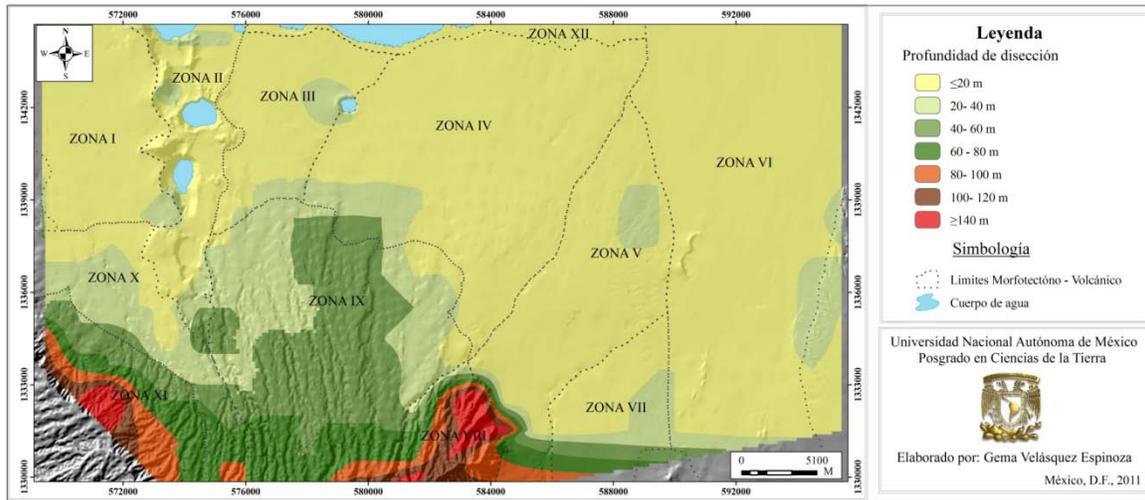


Figura 3.7. Mapa de profundidad de disección de las zonas Morfotectono-Volcánicas.

En esta falla se encuentran emplazados aproximadamente 29 estructura volcánicas monogenéticas y una estructura poligenética. En el área de interés, solo se presentan 19 volcanes monogenéticos divididos en conos de tobas, maers y conos de escoria (Avellán, 2009, 2011).

Morfométricamente presentan altitudes entre 40 a 400 m.s.n.m, con pendientes que oscilan entre 1 a 24 grados, orientación de las laderas al norte, este, oeste, sureste y suroeste con una disección vertical menor o igual a 20 m. De acuerdo con Avellán (2009), las laderas internas de los cráteres oscilan entre 26 a 90 grados, en la mayoría de los casos.

La litología de esta zona está representada por los depósitos originados por las estructuras monogenéticas de la región, denominada formación Nejapa, caracterizada por la siguiente secuencia y depósitos: secuencia Ticomo (lavas, toba, tefra); secuencia Nejapa (tefras y lavas); secuencia Asososca (toba, tefras, flujos piroclásticos) (Pardo, 2008; Avellán, 2009); depósitos de la Formación Managua (tefra Apoyo superior, Triple capa Masaya y Toba Masaya); Formación Chiltepe (tefra Apoyeque Superior y tefra Chiltepe); y la Formación Las Sierras que es la más antigua (Ignimbrita Andesita-Basáltica y tefra Fontana) (Bice, 1985; Kutterolf *et al.*, 2007; Avellán, 2009).

c) *Zona III San Judas-Tiscapa*

Se presentan planicies de medias a altas, con notable fracturación interna reflejada en las zonas de fallas San Judas, que presenta un escarpe de 15 m máximo, una longitud de proyección de 5 a 10 km máximo y un movimiento al N-S, $\pm 5^\circ$ con inclinación al este 60° con respecto a la vertical, con una tasa de movimiento probablemente de 0.2 a 1 mm/año (Cowan *et al.*, 2000, 2002).

La falla Estadio con una longitud de proyección 2 a 10 km por debajo del lago de Managua, con un escarpe máximo de ~ 1 m y movimiento $N30^\circ E \pm 5^\circ$, sentido lateral izquierdo, con una pequeña componente normal al Este. La falla Tiscapa con longitud en la superficie máxima de 10 km y se extiende 20 km hacia el lago Xolotlán, presenta un escarpe de 20 metros y el movimiento es $N24^\circ E$, $\pm 7^\circ$, sentido del movimiento lateral izquierdo (Cowan *et al.*, 2000, 2002). Es necesario mencionar que estas fallas se activaron para el sismo del 31 de marzo de 1931 y 23 de diciembre de 1972.

Esta zona presenta altitudes de 40 a 200 m.s.n.m, con pendientes que oscilan entre 1 a 8 grados aproximadamente a excepción de las paredes internas del cráter Tiscapa, donde sus pendientes son mayores a los 60 grados. La disección vertical varía entre 20 a 40 metros y las orientaciones de laderas predominantes son Norte y Noreste.

Litológicamente esta zona está representada por depósitos de la Formación Managua (Triple capa Masaya y Toba Masaya) (Bice, 1985; Kutterolf *et al.*, 2007), intercalados con flujos de detritos (Woodward Clyde Consultants, 1975) y la Formación Chiltepe constituido por la tefra Apoyeque Superior (Kutterolf *et al.*, 2007). Asimismo, en las zonas aledañas al cráter Tiscapa y propiamente en la estructura, se presenta una secuencia de tefra interestratificada con depósitos de flujos de detritos e ignimbritas (Freundt *et al.*, 2009).

d) *Zona IV San Juan-Unidad de Propósito*

Esta unidad se caracteriza por planicies medias y altas, con presencia de piedemonte bajo y con estructuras disyuntivas notables, como la falla Centroamérica, con dirección de

movimiento N15°E y longitud verificada en campo es de 1.8 km y el tipo de fallamiento es predominantemente normal, también inverso, (INETER, 1997).

La falla Chico Pelón se identificó a raíz de las fracturas originadas por el sismo del 23 de diciembre de 1972. Esta falla es paralela a la falla Tiscapa y se compone de tres segmentos, con desplazamiento en echelón, con 4.9 km de longitud comprobada, y un fallamiento normal con componente lateral izquierdo. La falla Zogaib-Escuela presenta un escarpe con orientación E, de 2.7 km de longitud y el tipo de fallamiento predominantemente es normal o inverso. Igualmente se determinaron por medio de la interpretación de fotografías aéreas algunos lineamientos (INETER, 1997).

De acuerdo con Woodward Clyde Consultants (1975) los lineamientos las Colinas poseen un mecanismo aparentemente normal, con orientación N20°O y una variación hacia el Sur N25°E, con 3 km de longitud reconocible del escarpe; el lineamiento J, presenta un tipo de fallamiento normal e inversa, con orientación N40°E y longitud comprobada de 450 m (proyectada de 2 km); el lineamiento L, con orientación N20°E, longitud proyectada de 2.2 km y 4.5 m de altura del escarpe; el lineamiento M, con orientación N40°E y 5.8 km de longitud proyectada; el lineamiento N, con orientación N20°E, 500 m de longitud comprobada y 3.3 km de longitud proyectada. Este lineamiento probablemente se une a la falla el Aeropuerto.

El lineamiento K, descrito por Kuang (1973), es de tipo normal, con un desplazamiento de 1.5 m hacia el E. Esta falla presenta una dirección N10°O cerca del extremo Norte y N30°E cerca del extremo Sur, con 27 m de ancho y 2.5 km de longitud comprobada (4.1 km de longitud proyectada).

Esta zona tiene una altitud entre 100 a 400 m.s.n.m, con pendientes que oscilan entre 1 y aumenta en 8 grados, al Sur de la zona, con una disección vertical predominante de menor o igual a 20 m y con predominio de la orientación de laderas Norte y Noreste. Litológicamente está representada por los depósitos de la Formación Managua principalmente la triple capa Masaya y Toba Masaya (Bice, 1985; Kutterolt et al., 2007) inter-estratificada con flujos de detritos (Woodward Clyde Consultants, 1975).

e) *Zona V Barrio Nuevo – Esquipulas*

En esta zona se observan planicies inclinadas medias a altas, con presencia de fracturación moderada, visibles en las fallas Ticuantepe y Tambo, propuestas por Álvarez (2002) y Devoli (2002). El límite está controlado por la falla Aeropuerto.

La inclinación de la pendiente varía entre 1 a 4 grados, con altitudes entre 100 a 300 m.s.n.m, la disección vertical predominante de 20 m, y orientación de laderas preferencial es Este y Noreste.

En esta zona afloran depósitos provenientes de la caldera Masaya, clasificado como triple capa Masaya (Bice, 1985; Avellán, 2009; Pérez *et al.*, 2009) y depósitos provenientes de la caldera Apoyo, tefra Apoyo Superior descrita por Kutterolft *et al.*, (2007).

f) *Zona VI Graben el Aeropuerto*

Esta zona está representada por la presencia del Graben Aeropuerto, limitado por la falla Aeropuerto al Este, con un escarpe de 10 a 12 metros, con longitud ~15 km y extendiéndose por debajo del lago de Managua, con movimiento $N3^{\circ}E\pm 6^{\circ}$, una inclinación promedio subvertical y el sentido del movimiento normal oblicuo y al Oeste por la falla Cofradía con longitud proyectada de aproximadamente 40 km y un escarpe de ~ 15 m, con rumbo promedio de $N4.2^{\circ}E\pm 13^{\circ}$ (Cowan *et al.*, 2000, 2002). Esta estructura consiste en un sistema de fallas normales escalonadas, que se desplazan de forma descendente hacia el Oeste. Se cree que la costa oriental del lago de Managua, anómalamente recta, está controlada por la proyección hacia el Norte de este sistema de fallas (INETER, 1997).

La altitud de esta zona varía entre 40 a 100 m.s.n.m y la pendiente entre 1 a 8 grados disminuyendo hacia el lago Xolotlán, en la zona de los conos de escoria la pendiente es de 8 a 24 grados, su densidad de disección vertical es de menos o igual a 20 m y con orientación de laderas N y NE.

Se caracteriza por depósitos aluviales y lacustres al Norte y cerca del lago de Managua y por la presencia de la toba Masaya y coladas de lavas de composición basáltica-andesíticas, provenientes de la caldera Masaya (Bice, 1985; Kutterolft *et al.*, 2007).

g) Zona VII Los Madrigales

Zona de piedemonte bajo, de origen volcánico, con poca presencia de elementos estructurales notables. Con altitudes entre 100 a 200 m.s.n.m y pendientes que oscilan entre 1 a 4 grados en toda la zona, con disección vertical oscilando entre 20 y 80 m y orientación preferencial de laderas Norte y Noreste.

En esta zona se observa el depósito de la formación Managua, caracterizado por la toba Masaya, descrita por Bice (1985).

h) Zona VIII Las Cuchillas

Geomorfológicamente se clasifica como premontañas, con algunos rasgos elípticos en su configuración y se encuentra al Noroeste del escarpe denominado Las Nubes. Con altitudes que oscilan entre 400 a 800 m.s.n.m., con pendientes entre 8 a 45 grados aproximadamente, una orientación preferencial de laderas Norte, Noreste y Sur con una disección vertical entre 80 y mayor o igual a 140. Se presentan depósitos de la Formación Las Sierras, secuencia de depósitos ignimbríticos y tefra Fontana (Girard y van Wyk Vries 2005; Kutterolft *et al.*, 2007).

i) Zona IX San Isidro

Geomorfológicamente se clasifica como un piedemonte alto, con evidencias esculturales de la actividad tectónica reciente, como la prolongación de la falla Centroamérica. La altitud varía entre 300 a 600 m.s.n.m y las pendientes oscilan entre 8 a 24 grados, la densidad de disección vertical es de 40 a 80 m, con orientación de laderas preferente al Norte y Noreste.

Esta zona se caracteriza por la Formación Las Sierras, compuesta por intercalaciones de depósitos de ignimbrita, oleadas y flujos piroclásticos y tefra y la formación Managua (toba

Masaya y triple capa Masaya) inter-estratificada con flujos de detritos (Kutterolft *et al.*, 2007; Woodward Clyde Consultants, 1975).

j) Zona X Cedro Galán – Monte Tabor

Esta zona está representada por un piedemonte bajo, con sectores de planicie entre las zonas XI, IX y II. Presenta rasgos estructurales poco notables en el relieve representado por la falla Wheeloch (Álvarez, 2002). Las pendientes oscilan entre 4 a 16 grados aproximadamente con altitudes entre 300 a 600 m.s.n.m. con disección vertical entre 20 y 40 m y orientación de laderas dominante al Norte.

Los depósitos característicos de esta zona pertenecen a la Formación Nejapa, constituidos por oleadas piroclásticas pertenecientes a la secuencia Nejapa y la tefra Apoyeque superior de la Formación Chiltepe (Avellán, 2009).

k) Zona XI Berlín

Caracterizada por una premontaña controlada por la falla Mateares, con estructura asimétrica, con macropendiente oriental muy pronunciada y una macrovertiente occidental muy suave. Las altitudes oscilan entre 400 a 600 m.s.n.m con pendientes entre 4 a 24 grados con densidad de disección entre 60 a ≥ 140 m y orientación de laderas al Norte y Noreste.

Litológicamente se encuentra constituida por flujos de detritos e ignimbritas de la Formación Las Sierras (Kutterolft *et al.*, 2007).

l) Zona XII Costa del Lago

Esta zona se caracteriza por una planicie baja, con altitudes de 40 m.s.n.m y pendientes de 1 y 4 grados. Con orientación de laderas preferencial al norte y una disección vertical menor o igual a 20 m. Caracterizada por depósitos fluviales y lacustres.

Capítulo IV. Vulnerabilidad del municipio de Managua

En este capítulo se presenta el cálculo del índice de vulnerabilidad social ante inundaciones en el municipio de Managua. En este sentido, se entiende a la vulnerabilidad como la probabilidad de que en una comunidad expuesta a una amenaza natural o antropogénica se ocasionen daños humanos y materiales, en función del grado de fragilidad de su infraestructura, vivienda, actividades productivas, organización, sistema de alerta, desarrollo político e institucional (CEPAL, 2005).

La vulnerabilidad puede analizarse desde diferentes perspectivas ya sea física, social, política, tecnológica, cultural, educativa, ambiental e institucional, reflejada en la magnitud del daño (CEPAL, 2005), pero lo cierto es que la vulnerabilidad en general es un factor que contiene varios elementos, no sólo lo referido a los aspectos sociales o institucionales, sino a las posibilidades de reacción del sujeto afectado (Gomáriz, 1999).

En este capítulo se analiza la vulnerabilidad física, la cual según Wilches-Chaux (1993), está relacionada con la ubicación física de grandes o pequeños asentamientos en zonas de riesgo físico, condiciones técnicas-materiales de ocupación o aprovechamiento del ambiente y los recursos que se encuentra a disposición de la población. Generalmente, está relacionada con las condiciones de pobreza que marca el perfil de estas comunidades y la falta de opciones para una ubicación menos riesgosa.

4.1. Tipología de Viviendas

De manera inicial se analizaron las condiciones o características de población, vivienda y extensión cada distrito del municipio (Tabla 4.1). La Alcaldía de Managua ha dividido al municipio por tipología (tabla 4.2), tomando como base los rasgos de la vivienda, entorno urbano, materiales de construcción, predominio y ubicación. Dicha tipología se describe a continuación.

Tabla 4.1. Extensión territorial, población y viviendas por distrito Censo 2005 (INIDE, 2005).

Distrito	Población	Extensión Km ²	Vivienda	
			Total	Ocupada
Distrito II	119,568	18.05	25,106	23,639
Distrito III	30,296	83.35	40,936	37,027
Distrito IV	146,537	15.88	29,099	27,260
Distrito V	208,863	82.61	45,180	41,430
Distrito VI	272,702	73.52	57,011	52,909
Sin viviendas	404	-----	-----	-----
Total	777,966	273.41	197,332	182,265

1. *Residencial Aislada A:* Localizadas en la periferia de la ciudad en las zonas altas y de óptimas condiciones naturales (clima, paisaje tranquilidad). Representan el 0.43% del total de viviendas, que son construidas con técnicas adecuadas y poseen todos los servicios. Ejemplos: Altos de Santo Domingo, Las Colinas, Santa Mónica, entre otros (ALMA, 2007, 2009).

2. *Residencial Aislada B:* Representan el 0.73% del total de vivienda, localizadas en trece barrios ubicados al oeste y sur de la Laguna de Tiscapa, construidas con mampostería. Ejemplo: Las Palma, El Carmen, Reparto Serrano, Los Robles, etc. (ALMA, 2007, 2009).

3. *Residencial en Serie:* Construidas con mampostería y concreto, poseen todos los servicios, y conforman 36 barrios, los cuales representan el 8.27% del total de viviendas en Managua. Ejemplo: Altamira d'Este, El Dorado, Linda Vista, etc. (ALMA, 2007, 2009).

4. *Tradicional:* Son viviendas agrupadas en 32 barrios, ubicados en ambos extremos del centro histórico de la ciudad y representan el 12.7% del total de viviendas, conservan el estilo de construcción de los años 50 y 60 con materiales como bloque, madera, piedra

cantera etc., y los servicios de infraestructura están llegando al final de su vida útil. Ejemplo, Monseñor Lezcano, Campo Bruce, Santa Ana, etc. (ALMA, 2007, 2009).

5. *Popular Aislada*: Ubicadas mayormente al este y oeste de la ciudad, conformada por 68 barrios, representando el 24.6% del total de viviendas, construidas por gestión del propietario con madera y mampostería, en la mayoría de los casos cuenta con todos los servicios, faltando en algunos casos la pavimentación de calles. Ejemplo: Martha Quezada, Rigüero Norte, Domitila Lugo, etc. (ALMA, 2007, 2009).

6. *Popular en Serie A*: Comprenden el 9.56% total de viviendas, localizadas en 37 barrios, especialmente en el sector oriental de la ciudad, donde se emplean sistemas constructivos de mampostería y concreto; presentan todos los servicios. Ejemplos, Don Bosco, Máximo Jerez, Colonia 10 de Junio, Colonia Centroamérica, etc. (ALMA, 2007, 2009).

7. *Popular en Serie B*: Son construidas con mampostería, posterior al terremoto del 72, poseen todos los servicios básicos, se localizan al Este de la ciudad y representan el 5.67% del total de viviendas distribuidas en 10 urbanizaciones. Ejemplos, Llamas del Bosque, Batahola Norte, Villa Libertad, etc. (ALMA, 2007, 2009).

8. *Urbanización Progresiva*: Programa habitacional que surge en los años 80 que posee un diseño urbano acorde a los requerimientos urbanísticos mínimos, posee servicios básicos, representan actualmente el 15.96% del total de viviendas distribuidas en 135 barrios, donde se destaca el sector central, por tener urbanizaciones progresivas de pequeñas dimensiones (San Sebastián, Cristo del Rosario, etc.), y en la periferia. Ejemplo, William Díaz, Hilario Sánchez, Georgino Andrade, etc. (ALMA, 2007, 2009).

9. *Asentamientos Humanos Espontáneos*: Viviendas reducidas a partir de tomas ilegales de terrenos baldíos a lo interno de la trama urbana cuyas características son: dimensiones reducidas, pésimo estado físico y precariedad de los materiales de construcción utilizados (residuos de materiales de obra, Zinc, Madera, plásticos, cartón, etc.). Se encuentran dispersos en la trama urbana con predominio en la costa del lago de

Managua, constituyen el 22.08% de viviendas distribuidas en 273 barrios. En su mayoría poseen servicios básicos agua potable y energía eléctrica pero de forma ilegal, carecen totalmente de drenaje pluvial, alcantarillado sanitario, recolección de basuras. Ejemplo: Gaspar García Laviana, Aldo Chavarría, Villa Japón, Anexo Leningrado, etc. (ALMA, 2007, 2009).

Tabla 4.2. Consolidación de datos tipológicos por distritos (ALMA, 2009).

Total de Barrios por Tipología	Distrito II	Distrito III	Distrito IV	Distrito V	Distrito VI	Total
Residencial Aislada A	-----	8	2	15	14	39
Residencial Aislada B	5	12			5	22
Residencial en serie	9	9	9	32	4	63
Tradicional	5	2	4	-----	-----	11
Popular Aislada	4	10	17	26	11	68
Popular en serie A	2	3	10	8	-----	23
Popular en serie B	5	-----	-----	1	-----	6
Urbanización Progresiva	22	23	15	11	35	106
Asentamiento Humanos Espontáneos	55	77	44	67	70	313
Tipología sin definir	3	24	5	72	16	120
Sectores	19	73	19	72	46	229
Comarcas	-----	8	-----	12	2	22

4.2. Caracterización de los distritos del municipio de Managua

El municipio de Managua políticamente estaba dividido en siete distritos, seis urbanos y uno rural, cada distrito a cargo de un delegado distrital nombrado por el Alcalde (Galeano, 2000). Para enero del 2000, se estableció la ley 329 llamada ley “*creadora de los Municipios de Ciudad Sandino y el Crucero*” publicada en la gaceta oficial No. 7, decretando la separación del municipio de Managua, nombrando el distrito VII como municipio de El Crucero, con un área superficial de 210 km² y el distrito I municipio de Ciudad Sandino con una extensión territorial de 51.11 km², quedando integrado el municipio de Managua por los distritos II, III, IV, V y VI, con un área de 289 km² (Normas Jurídicas de Nicaragua, 2000).

a) *Distrito II*

El distrito II se localiza en el sector noroccidental de la ciudad de Managua (orillas del lago Xolotlán) y es una de las áreas más representativas del antiguo centro de la capital, con características netamente urbanas, carece de áreas comarcales, rurales y su estructura urbana ha alcanzado los niveles máximos de cobertura en su crecimiento, por lo que se considera un distrito consolidado (Tabla 4.3) (Icaza, 2008). Con una extensión de 18.05 km² es el distrito que presenta la menor población de Managua con 119,568 habitantes, que corresponden 56,494 hombres, mujeres un total de 63,074 y con 25,106 de viviendas particulares (INIDE, 2005).

Este distrito cuenta con 69 centros de educación distribuidos en 20 preescolares, 26 preescolares primarias, 14 preescolares primaria y secundaria, 5 secundarias y 2 primarias. De estos 69 centros, 19 son estatales, 4 privados subvencionados y 47 privados. Además 57 centros presentan condiciones óptimas de luz, ventilación, mobiliario adecuado y seguridad y 12 de estos centros no poseen las condiciones antes mencionada o carecen de una de ellas (Icaza, 2008).

En lo que respecta al sector salud, tiene 32 centros de asistencia entre hospitales públicos y privados, clínicas privadas, centros de salud y puestos médicos. El personal que atiende los centros de asistencia pública es de 166 médicos incluyendo especialistas, 403 enfermeras y 196 auxiliares de enfermería (Icaza, 2008).

En este distrito se encuentra la refinería de petróleo, igualmente se localizan otras industrias, actividades de servicios y comercio, como planta generadora de energía eléctrica, aceitera, supermercados, gasolineras, etc., (ALMA, 2005). También se encuentra la Laguna de Asososca que actualmente es utilizada como fuente de agua potable, abasteciendo al 8% de la población de Managua. Asimismo, se ubica el principal botadero municipal; este representa una de las mayores afectaciones de contaminación del territorio, además de contar con el único Estadio Nacional.

Tabla 4.3. Tipología por barrios que conforman el distrito II (con base en ALMA, 2005).

Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Resid. Aislada "B"	Las Palmas	Motastepe	Popular en serie A	Francisco Morazán	
	Colinas Mántica	Jardines de		San Antonio	
	El Carmen	Managua			
Resid. en serie	Valle Dorado	Linda vista Sur	Popular en serie B	Llamas del Bosque	Batahola Sur
	Las Brisas	Los Arcos		Batahola Norte	Complejo
	Linda Vista Norte	Loma Verde (El Seminario)		Los Madroños	Minusválido
	Miraflores				
Tradicional	Monseñor	Cristo del Rosario	Urb. Progresiva	Rafael Ríos	
	Lezcano	San Sebastián		Juan E. Menocal	Sector Santa Ana (M. Bejarano)
	Javier Cuadra	Santa Ana		Miraflores	Alfredo Silva
				Reparto España	
				Daniel Chavarría	
				Carlo Ulloa	
Urb. Progresiva	Oscar Róbelo 1 y 2	Cuba Darío	Urb. Progresiva	San Sebastián	Modesto Bejarano
	Selfida Miranda	Acahualinca		Cristo del Rosario	Damnificados del
	Francisco y Ramón Sánchez	Aserrió		La Cruz	Huracán Joan
		Alemania		Julio Buitrago Norte y Sur	Edgard Lang
		Democrática		Dignidad 4 de Mayo	Sector
		18 de Mayo		Manuel Olivares	
		Monseñor Lezcano			
	William Díaz				
Popular Aislada		Acahualinca	Asentamiento Humano Espontáneo	Rafael Ríos	Área verde Bo. Cuba
		Bo. Cuba, Rubén Darío		Linda Vista Sur	El Rastro
		Martha Quezada		San Pedro	Este de Enabin
		Linda Vista Centro		Bella Vista anexo	Área verde
				Anexo Juan E. Menocal	Alfredo Silva
		Oeste Batahola Sur	Casco Urbano		
			San Sebastián		
Asentamiento Humano Espontáneo	Anexo Las Brisas (Los Martínez)	Detrás Jorge Navarro	Asentamiento Humano Espontáneo	Norte Daniel Chavarría	La Bolsa Olivares
	Anexo Linda Vista Norte	La Chureca		Pepe y Pepito	Anexo Edgard Lang
	Anexo Los Arcos	Correo Central		Área verde U.P.	Sur de Cristo del
	Los Martínez	Área Verde Julio Buitrago		España Dinamarca	Rosario
	Área Verde	San José Bóer		Este de Alfredo Silvas (Rieles)	Polo Sur
	Danilo Chavarría	El Bóer		Manchester	(William Díaz)
	Batahola Sur I y II (Embasa)	Motastepe		Ferrocarril	
		Área Comunal el Cortijo		Bajos de Acahualinca	
		Área Verde			
		Manuel			

b) *Distrito III*

Este distrito se ubica al suroeste de la ciudad de Managua. Con un área de 83.35 Km² es el distrito más extenso, cuenta con una población de 189,819 habitantes correspondiendo a 90,621 hombres y el resto mujeres. Asimismo, existen 40,936 viviendas (INIDE, 2005). Cuenta con 5 hospitales, 2 centros de salud, 2 clínicas privadas, 6 puestos médicos. Además se atribuyen 229 médicos, 485 enfermeras. En el sector educación está formado por 11 universidades, 12 institutos, 58 escuelas (Icaza, 2008).

Uno de los principales problemas de este distrito es que en él se encuentra la mayoría de los asentamientos espontáneos, y zonas destinadas a residenciales, debido que en la parte Suroeste y Sureste del mismo se presentan espacios de terrenos baldíos (Tabla 4.4). A consecuencia de ello no hay el equipamiento suficiente para abastecer a la población.

Tabla 4.4. Tipología por barrio del distrito III (con base en ALMA, 2005).

Tipología	Nombre del barrio	Nombre del Barrio	Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del barrio
Residencial Aislada A	Bell Air	Marcell Pallais	Tradicional	Altagracia	
	Las Acacias 1 y 2	(Santa Isabel)		San Pablo	
	Los Robles Planes de Altamira 1 y 3	Planetarium			
Residencial Aislada B	Belmonte	Monserrat	Popular Aislada	Andrés Castro	San Pedro
	Bolonia	Reisel		Camilo Ortega	Sierra Maestra
	Bosques de Bolonia	Reparto San Juan		(Torre Molina Los Martínez)	Villa Roma
	Frawley	Roma		Pilar Norte	Vista hermosa
	Lomas de Guadalupe	San Patricio		Pilar Sur	
	Lomas de	Tiscapa		San Judas	
Residencial en serie	Casa Fontana		Asentamiento Humano Espontaneo		Los Fonseca
	Colonia Independencia			Ayapal	Los Laureles
	Las Flores (La Cañada)			Edgard Munguia	Los Trejos
	Lomas de San Juan			Esperanza	Luis Alfonso
	Lomas de Ticomo			Jonathan González	Velásquez 1 y 2
	Lomas del Sur			Marvin Marin	
	Lomas de San Ángel			Mirna Ugarte	Memorial
	San Martin			Nora Astorga	Sandino
	Santa Fe			Recreo Sur	Nejapa
				Sierra Maestra (Recreo 1)	Norte de Enel
				Arges Sequeira	Omar Torrijos
				Buena Vista	Pantanal 2
				Carlos Núñez	Pinolero (Costado Oeste y Héros

Capítulo IV

				Mártires de San Judas)		
Asentamiento Humano Espontaneo	Anexo colonia Independencia	Costado Recreo Sur	E.	Asentamiento Humano Espontaneo	Héroes y Mártires de Ayapal	San Francisco de Asís (El Rifle)
	Anexo Esperanza	Costado Recreo Sur	N.		Hialeah 1, 2, 3, Holanda	Santa Ana (25 Aniversario)
	Anexo Lomas de Buenos Aires 1 y 2	Costado Recreo Sur	O.		Jonathan González 4 y 5	San José de la Cañada
	Anexo Torres Molina (Camilo Ortega)	Costa O. Pilar Costado Enrique	S.		Jorge Cassaly La Tomatera La Zacatera	Frawley S. Golfo Pérsico
	Aquiles Morales (Sordomudo)	El Bóer El Bosque			Leonardo García Jara	Herlinda López Héroes de San Judas
	Cesar Jerez Costado E. Bertha Calderón	Enrique Bermúdez 380			Lomas de Buenos Aires	Tierra Prometida
	Casimiro Sotel	E. de Villa Roma 4 Villa Nueva Villa Roma 4			Lomas de San Judas Plaza España (Costado Sur Plaza España)	Villa Argentina 1 y 2 Carolina 2
Urbanización Progresiva	Germán Pomares (Nejapa)	Martin Luther King		Urbanización Progresiva	Anexo San Juan Bertha Calderón (El Prado)	1 y 2 Jonathan González 1, 2 y 3
	Germán Pomares (Ticomo)	Marvin Marín			Carlos Calero Edgard Munguía 1 y 2	La Esperanza Leonel
	Nora Astorga Recreo Norte	Montoya 1 y 2 25 Aniversario			Enrique Smith San Ignacio (Waslala 1 y 2)	Rugama
	René Cisneros					

c) Distrito IV

El distrito IV es el más pequeño de Managua, con una extensión de 15.88 km²; cuenta con una población de 146,537, que pertenecen 60,089 hombres y 77,448 mujeres. Para el año 2005 estaba conformado por 29,099 viviendas (INIDE, 2005).

Los servicios de mayor demanda poblacional son salud y educación. En el sector educación se cuenta con 23 escuelas, 10 institutos, 34 pre-escolares, 8 escuelas de comercio y 2 universidades. En el Sector salud existen 2 hospitales, 3 centros de salud, 8 puestos médicos y 58 clínicas privadas (Icaza, 2008).

Es un Distrito netamente urbano, carece de áreas rurales y su desarrollo ha alcanzado niveles de máxima cobertura, en cuanto a la proyección de crecimiento (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Tipología del distrito IV (ALMA, 2005).

Tipología	Nombre de Barrios	Nombre del Barrio	Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Residencial Aislada B	Largaespada Serrano		Residencial en serie	San Lucas Jardines de	Santa Clara Ciudad Jardín Bello Horizonte
Tradicional	Campo Bruce (Rigoberto López P.) Sajonia San José Oriental Los Ángeles		Popular Serie A	Pedro J. Chamorro Colonia Managua Leonel Rugama (Col. Militar) Edgard Lang (Col. Militar) Román Manrique (La Mecatera) La tenderí	Silvio Mayorga Hogar Propio Blas Real Espinales (Col. Militar) Maestro Gabriel Cristian Pérez (Col. Salvadorita)
Popular Aislada	Riguero Norte Domitila Lugo Selim Shide (El Tempisque) Benedicto Valverde (Quinta Nina) San Luis Norte La Tejera Largaespada Venezuela	Ducualí Santa Rosa Iro de Mayo San Cristóbal María Auxiliadora El Paraisito San Luis Sur Larreynaga Costa Rica El Edén	Urbanización Progresiva	Hilario Sánchez Domitila Lugo (Sta. Clara) Selim Shide (El Tempisque) Carlos Reyna Oscar Turcios Parque Mirador Tiscapa Francisco Meza Jorge Dimitrov (Cristo Rey) Campo Bruce (Rigoberto López P.)	Nueva Libia Iero de Mayo Unión Soviética Paula Corea Román Manrique San José Oriental Bello Horizonte (6ta etapa) El Paraíso Héroes y Mártires de Batahola
Asentamiento Humano Espontáneo	Benedicto Valverde Las Torres Hilario Sánchez Norte Pedro J. Chamorro	Área verde y comunal Cristo Rey Plaza del Sol Este Hospital Bautista	Asentamiento Humano Espontáneo	Gaspar García Laviana (costado N-E) Detrás de Cine América	Sajonia Santo Domingo Buenos Aires Sector 19 de Julio
Asentamiento Humano Espontáneo	Pedro J. Chamorro. Domitila Lugo (Pista costera) Enrique Smith	Detrás de ENABUS Área comunal en U.P. Iro de Mayo	Asentamiento Humano Espontáneo	Los Ángeles (Chico Pelón) San Luis Sur Carlos Reyna (Pista costera) En U.P. Selim Shible	Rucfa (Buenos Aires) Costado oeste Rucfa Candelaria Área Comunal Francisco Meza

d) *Distrito V*

Con un área de 82.61 km², el distrito V, es el segundo con mayor extensión (después del Distrito III), con una población de 208,863 habitantes donde 98,979 son hombres y el resto mujeres. Este distrito cuenta con 45,180 viviendas (Tabla 4.6) (INIDE, 2005).

En el ámbito del sector salud, está integrado por dos hospitales, 5 centros de salud y 17 puestos médicos. En el aspecto educacional se localizan 6 CDI (Centro de Desarrollo Infantil), 39 preescolares, 44 escuelas, 3 universidades, 12 institutos de secundarias, 2 escuelas de comercio y 15 escuela técnicas (Icaza, 2008).

Tabla 4.6. Tipología del distrito V (con base en ALMA, 2005).

Tipología	Nombre del barrios	Nombre del Barrio	Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Residencial Aislada A	Lomas de Santo Domingo	Las Praderas	Residencial Aislada B	Pancasan (Col. Los Robles)	Anexo
	Altos de Santo Domingo	El Mirador		Altamira y Bosques de Altamira	Jardines de Veracruz
		Santa Mónica			El Dorado
		Las Colinas			Planes de Altamira
Popular Aislada	Germán Pomares	Liberia	Popular Aislada	Schick No. 3	Eduardo
	René Polanco (Open No.1)	Habana Los Campos		Sócrates Sandino	Contreras (Santa Elisa)
	Schick No. 4 (Enrique Gutiérrez)	Revolución (Col. Periodista)		Cuba Libre	Schick No. 1 (Macaraly)
	Omar Torrijos (Santa Emilia)	14 de junio (La Luz)		Salomón Moreno	La Fuente (Ariel Darce)
	Reparto Aguilar	Riguero		Reparto Schick No.2 (Ángel Valentino Barrios)	Adolfo Reyes
	Complejo Miguel Ángel Ortiz	Reparto Cuadra		Santa Margarita	México
	Habana o María			Santo Domingo	Santa Barbará (Eduardo Matamoros)
	Santa Julia				
Tradicional	Altagracia		Popular en serie B	José Isaías Gómez	
	Duzzy				
	San Pablo				
Popular en serie A	Colonia Centroamérica	Proyecto piloto	Urbanización Progresiva	Alfredo Nobel	Villa Amor
	Máximo Jerez	10 de junio		Germán Pomares II	28 de Mayo
	Nicarao	Colombia		Georgino Andrade	Omar Torrijos
	14 de Septiembre	Don Bosco		Walter Ferreti 1 y 2	Farabundo
				Grenada	Martí
		22 de Enero (La Cascada)	Anexo Las Sierritas		
			La Morita		
			(Los Madroños)		

Comarcas	Esquipulas Las Jaguitas Santo Domingo San Antonio Sur	San Isidro de la Cruz Verde Jocote Dulce	Urbanización Espontánea	Domingo Matus Sócrates Sandino Blanca Segovia Nicaragua Libre	Lomas de Centroamérica Madres Mártires de Pantasma
Urbanización Espontánea	Walter Ferreti Augusto Cesar Sandino Fernando Manzanares Grenada II (Olof Palme)	Eddy Mayorga Jardines de Veracruz 11 de Mayo Farabundo Martí	Urbanización Espontánea	Pablo Ubeda Pista El Dorado Carlos Fonseca Santa Margarita Santa Julia 18 de Mayo	José Santos López U.P. Grenada Aldo Chavarría Hasbani Francisco Solórzano

e) *El distrito VI*

El distrito VI se encuentra ubicado al este de la ciudad, es considerado uno de los distritos más importantes del municipio, ya que en él se ubica el único aeropuerto internacional de Nicaragua. Sin embargo, a pesar de que posee un alto índice de desarrollo industrial, almacenamiento y transporte, se encuentra restringido al desarrollo urbano por la presencia del aeropuerto (área de restricción aérea) y la zona acuífera que abastece gran parte del servicio de agua potable de Managua. Es el distrito que presenta la mayor población de Managua con 272,702 habitantes, donde un poco más de la mitad son mujeres (143,384) y el resto hombres; cuenta con un total de 57,011 viviendas (INIDE, 2005).

En lo referente al sector salud, cuenta con 21 puestos de salud, es decir el mayor número en relación con los otros distritos, además de 3 centros de salud y un hospital. En lo referente a la educación tiene 106 escuelas con los niveles de pre-escolar, primaria y secundaria y 3 universidades (Icaza, 2008).

En lo que se refiere a la economía, la mayor concentración de industrias se encuentra localizada en la carretera Norte, entre ellas se destacan la Siemens, Tabacalera, Zona Franca Industrial, Laboratorios Ramos. Igualmente tiene 132.4 km de calles, pistas y avenidas importantes, de las cuales 57.9 km. están revestidas y 74.5 km sin revestir (ALMA, 2005).

Capítulo IV

Asimismo, está clasificado como uno de los distritos de mayor contaminación ambiental debido a su desarrollo habitacional desordenado en su extremo oriental y es el más densamente poblado, concentrando el mayor número de colonias populares, urbanizaciones progresivas y asentamientos espontáneos del municipio (Tabla 4.7), lo cual provoca, que los servicios de infraestructura resulten insuficientes tanto en cobertura como en capacidad.

Tabla 4.7. Tipología del distrito VI (con base en ALMA, 2005).

Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Tipología	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Residencial en serie	Xolotlán		Popular serie A	Municipalidad I	Villa
	Las Mercedes			Reparto Mantica	Fraternidad
	Rubenia			Unidad de Propósito	Curva Sabana Grande
				Rafaela Herrera	Villa Flor
				Villa Progreso	Iro de Mayo
				Rubén Darío	Villa Libertad
				9 de Junio	Villa San Jacinto Libre
Popular Aislada	José Dolores Estrada	Mombacho	Popular serie B	Sol de Libertad (América No.1)	Villa Venezuela (América No.4)
	Carlos Sánchez	Los López		Villa Revolución (América No.3)	José Benito Escobar (América No. 2)
	La Primavera	(Anexo Villa Rev.)			
	Camilo Chamorro	Waspán Sur (Reparto Alina)			
	Los Laureles	Sabana Grande			
	El Bosque Norte y Sur	Bertha Díaz			
Urbanización Progresiva	Nubuconodossor	Oswaldo	Urbanización Espontánea	Sol de Libertad	Anexo Laureano
	Nueva Esperanza	Manzanares		Villa Austria	Mairena
	Ramón Sánchez	Villa Bulgaria		Walter Ferrey (Waspán Norte)	Los Chaguüites
	Jorge Ulises Cardoso	Villa Austria		Anexo Texaco	Tramo Pista
	Waspán Norte	Anexo Waspán		Zona N° 9	Anexo Waspán
	Vallarta	Laureano		Unid. de Propósito	Anexo Waspán
	Héroes y Mártires de La Primavera	Mairena		Germán Pomares	10 de Enero
	14 de Septiembre	Anexo Villa San Jacinto		El Rodeo	Tangará
		Anexo Villa Fraternidad		El Rodeíto	Villa
		Reparto Segovia		Monte Fresco	Revolución
		Villa Reconciliación		Escuela Quemada	Este de Villa
				Contiguo a Miguel Gutiérrez	Fraternidad
				Manzanares.	Villa Laureano
				Pista Camilo Soto	M.
		Eduardo Ordoñez	8 de Marzo		
		Concepción de María	Villa Japón		
Urbanización Progresiva	Jorge Cassalys	Georgino	Urbanización Progresiva	Anx. Leningrado	14 de Febrero
	Quinta Pacheco	Andrade		Ciudadela	19 de Febrero
	Carlos Núñez	Mártires de		Nicaragua	Jorge Salazar
	Anx. Unidad de Propósito	Ayapal		Norte Iro de Mayo	Arlen Siu
	Unid. de Propósito II	4 de Noviembre		Oeste Enrique Shmith	Zona 14 (Anexo Los Laureles)

Germán Pomares	(Villa Holanda)	25 de Febrero	Anexo Manuel
Jimmy Vásquez	Enrique	Sur de Villa	Fernández
Bertha Díaz	Schmidt	Venezuela	Villa Libertad
Oscar Lino Paz Cuba	Las Alemanias	Omar Torrijos	San Cristóbal
Carlos Marx	Arlen Siu	Alemania	Los Cortés
	Anexo Villa	Villa Venezuela	Camino del Río
	Libertad	Ana María	
		Canadá	

4.3. Distribución espacial de la pobreza

El INIDE, realizó un estudio de pobreza extrema municipal, a través del método de necesidades básicas insatisfechas (NBI), con los datos del Censo Nacional de población y vivienda del 2008. El método NBI se basa en la identificación de un nivel mínimo de satisfacción de necesidades básicas que permite dimensionar la pobreza a través de indicadores estructurales agregados como: hacinamiento, vivienda inadecuada, servicios insuficientes (agua y saneamiento), baja educación y dependencia económica.

Hacinamiento: se refiere al espacio de alojamiento en la vivienda según el número de miembros por hogar.

1. *Vivienda inadecuada:* se refiere al nivel de calidad de los materiales de construcción de las paredes, techo y pisos de la vivienda.
2. *Servicios insuficientes:* se refiere a los hogares que no cuentan con una fuente adecuada de agua y un sistema adecuado de eliminación de excretas.
3. *Baja educación:* Mide el acceso a los servicios de educación básica, por parte de los niños que se encuentran en edad escolar.
4. *Dependencia económica:* Se refiere a calificar simultáneamente el nivel educativo del jefe del hogar, así como el acceso al empleo de sus miembros, mediante la construcción de una tasa de dependencia laboral.

Con base en los indicadores antes mencionados, se construyó un índice agregado, que califica a los hogares de acuerdo a la noción de pobreza. Los criterios para la estratificación de los hogares implican que todos los hogares que tienen satisfechas las cinco necesidades

básicas son considerados *no pobres*; los que tienen descubierta una necesidad básica, se definen como hogares *pobres no extremos*; los que tienen dos o más necesidades básicas descubiertas, se consideran *hogares pobres extremos*.

A partir de este índice se elaboró el mapa de pobreza extrema municipal partiendo del cálculo de dos variables: 1. los hogares en condición de pobreza extrema al interior de los barrios y comarcas del municipio (incidencia) y 2. su distribución con respecto al total de hogares en pobreza extrema del municipio (distribución). Ambos conceptos, incidencia de pobreza y distribución de la pobreza, son aspectos o variables a medir y se calculan de la siguiente manera:

- Incidencia de la pobreza extrema: Se calcula el número de pobres extremos como una proporción de la población total y se determina la proporción de la población cuyo número de necesidades básicas insatisfechas es superior a dos NBI.
- Distribución de la pobreza extrema: es la contribución de cada barrio, comarca a la pobreza extrema del municipio, se identifica el número de hogares y población que se encuentran en la condición de pobreza extrema.

El mapa de pobreza extrema muestra los porcentajes de pobreza extrema de cada barrio y/o comarcas agrupadas en cuartiles. La metodología de los cuartiles permite ordenar el conjunto de datos en orden ascendente y calcular puntos de corte que dividen a las observaciones en cuatro estratos utilizando los porcentajes de la incidencia de la pobreza extrema, de manera que cada división contenga el 25% de los datos; esta división está conformada por la proporción de hogares en situación de pobreza extrema que se clasifican en las siguientes cuatro categorías:

1. *Pobreza severa*: considera a todos los barrios o comarcas que se encuentra por encima del tercer cuartil de los hogares de pobreza extrema.
2. *Pobreza alta*: considera a los barrios o comarcas que se encuentren por encima del segundo cuartil, pero por debajo del tercer cuartil de los hogares en pobreza extrema.

3. *Pobreza media*: barrios o comarcas que se encuentren por encima del primer cuartil pero por debajo de los hogares en pobreza extrema.

4. *Pobreza baja*: todos los barrios o comarcas que se encuentren por debajo del primer cuartil de los hogares en pobreza extrema.

A partir de este índice se elaboró el mapa de pobreza extrema municipal con base en el cálculo de dos variables. La primera, para representar los hogares en condición de pobreza extrema al interior de los barrios y comarcas del municipio, y la segunda en función de la distribución de las mismas, con respecto al total de hogares en pobreza extrema del municipio. El mapa resultante muestra los porcentajes de pobreza extrema de cada barrio y/o comarcas agrupadas en cuartiles (Figura 4.1).

De acuerdo con el mapa elaborado en el municipio de Managua, la pobreza severa no se sitúa en la periferia urbana sino que aparece discontinua y difusa a lo largo de la trama urbana entremezclada con otros rangos. Los altos costos de lotes urbanos y de los materiales de construcción y de la misma construcción hacen inaccesible una vivienda óptima para esta población.

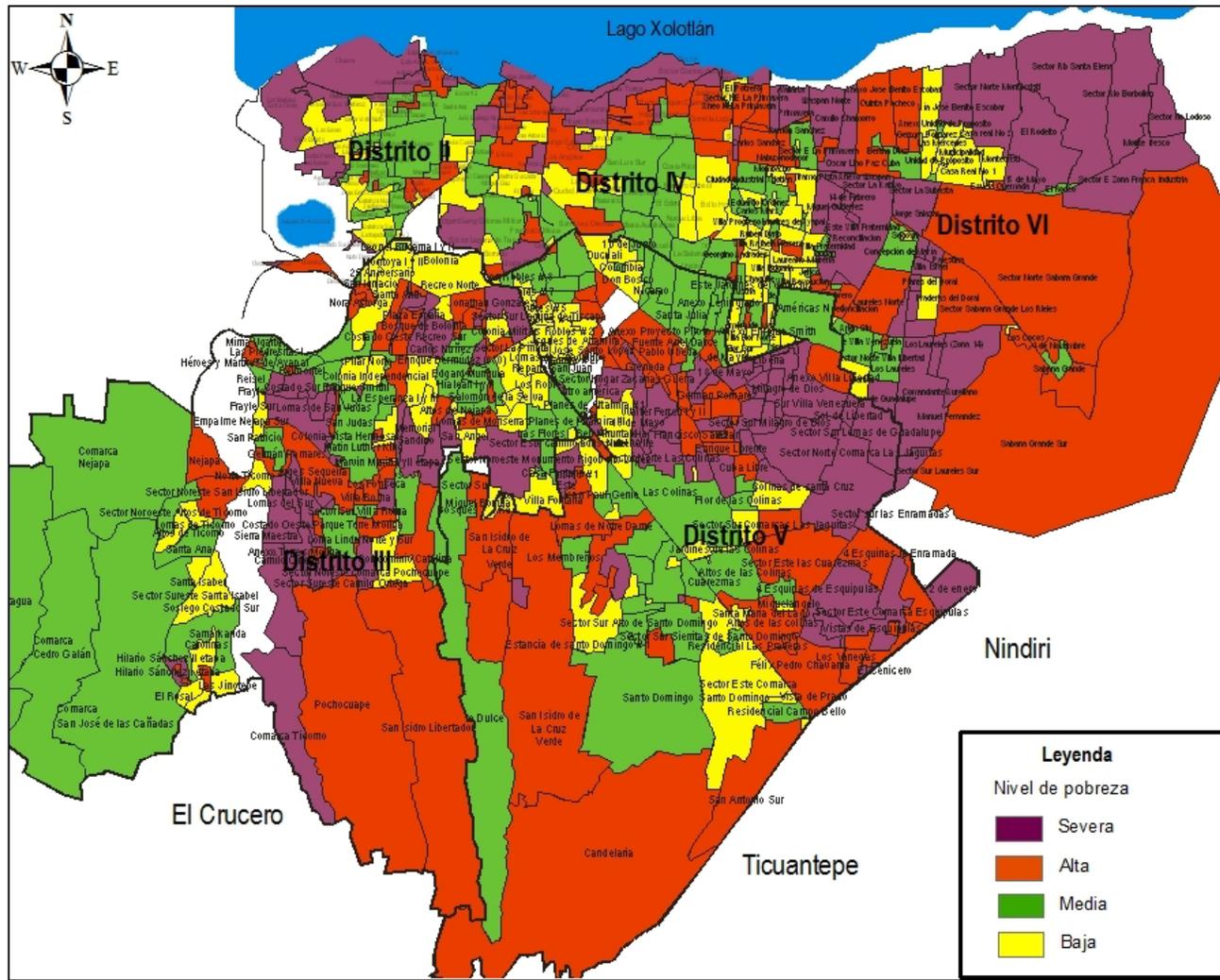


Figura 4.1. Mapa de niveles de pobreza extrema del municipio de Managua (elaboración propia, INIDE, 2008).

4.4. Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones por el método de componentes principales.

El análisis de vulnerabilidad en el municipio de Managua se elaboró con base en la aplicación del método de *componentes principales*. Esta técnica tiene por objeto representar un conjunto de variables observadas en un grupo de individuos o elementos, por un menor número de variables, construidas mediante combinaciones lineales de las originales. Este concepto puede asociarse a la búsqueda de una variable lineal de un número reducido de dimensiones que tengan la propiedad de representar adecuadamente la nube de puntos que se tiene en el espacio de las k-variables. Por ejemplo, con variables de alta dependencia es frecuente que un pequeño número de nuevas variables (más del 80 por 100 de las originales) expliquen la mayor parte (más del 80 por 100 de la variable original). Esta técnica se atribuye a Hotelling³ (1933), aunque sus orígenes se encuentran en los ajustes ortogonales por mínimos cuadrado introducidos por K. Pearson⁴ (Peña Sánchez, 1992).

La ventaja de esta representación se centra en que cuando las variables están muy correlacionadas entre sí, se puede representar la nube de puntos adecuadamente con un menor número de variables. Esta metodología fue utilizada por Castilla (2007), con el objetivo de determinar el grado de marginación de la población de la Sierra Norte y Noreste de Puebla, México, tomando como referencia el censo de los años 1990 y 2000, del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), las variables utilizadas fueron: la educación, vivienda, distribución de la población y la cantidad de población económicamente activa.

³ Harold Hotelling, fue un matemático estadístico. Es conocido por todos los estadísticos debido a la plaza de distribución de la t-Hotelling y su uso en estadísticas de hipótesis y regiones de confianza.

⁴ Karl Pearson (1857-1936), científico británico, inventor de contraste que lleva su nombre y uno de los fundadores de la Estadística en el siglo XIX. Sus trabajos sobre ajustes ortogonales precedieron el análisis de componentes principales.

Hernández Moreno (2011), utilizó esta técnica para determinar el riesgo por procesos de remoción en masa (PRM), en Motozintla de Mendoza, Chiapas, México. En ese caso se tomaron en cuenta las variables de población de 0–14 años, población de 60 años y más, población sin derechohabiencia a servicios de salud, población de 8 a 14 años que no sabe leer y escribir, población de 5 años que no asiste a la escuela, población de 15 años y más, analfabeta, viviendas particulares habitadas con piso de tierra, viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada a la red pública, drenaje y energía eléctrica, viviendas particulares habitadas sin ningún bien.

Borja (2003), también determinó la vulnerabilidad a través de este método, utilizando el censo de INEGI, 2000, tomando 12 variables de población y vivienda que reflejaban el grado de vulnerabilidad de las comunidades de Zacapoaxtla, Puebla, México.

Garnica (2003), elaboró para el municipio de Tecolutla el análisis de vulnerabilidad, con 17 variables que incluyen población, empleo y viviendas, tomadas del XII censo de población y vivienda de INEGI 2000, y de los sistemas SCINCE y CONTAR-ITER 2000, reflejando el grado de susceptibilidad de las diferentes comunidades que forman parte del municipio.

Por otro lado Chardon (1998), analizó el crecimiento urbano y los riesgos naturales relacionado con la vulnerabilidad global en Manizales, Andes Colombia. En este estudio se tomaron en cuenta 15 variables, de las cuales son siete factores naturales: 1) experiencias pasadas con respecto a desastres; 2) procesos erosivos; 3) pendiente del terreno; 4) intensidad de Mercalli del sismo de 1979; 5) zonas inundables; 6) rellenos previos a la construcción; 7) obras de corrección de las vertientes. Asimismo, se consideraron ocho factores socioeconómicos: 1) carácter marginal de los barrios; 2) nivel socioeconómico de la población; 3) densidad neta; 4) organización comunitaria; 5) infraestructura y puestos de socorro; 6) el grado de accesibilidad del barrio a la red vial; 7) zonas educativas; 8) ubicación de las estaciones de gas y gasolina.

Los indicadores sociales y económicos utilizados para el desarrollo de este análisis fueron tomados del VIII Censo de población y IV de viviendas, INIDE 2008. Estos índices fueron distribuidos para los 520 barrios y comarcas que delimitan los distritos del Municipio de

Managua. Posteriormente estos índices se proyectaron en un mismo sistema de coordenadas geográficas de cada barrio que conforma el municipio. No obstante en esta distribución espacial algunos barrios y/o comarcas se encuentran dentro de un mismo polígono, y es debido a eso que en algunos casos no se logró obtener un resultado preciso por barrio o comarca.

Estos indicadores son:

1. *Población.*

Población menor de 15 años

Se eligió este rango debido a que los niños son los más vulnerables a padecer epidemias (dengue, leptospirosis, cólera, malaria, problemas respiratorios entre otros), desnutrición y abuso sexual y/o verbal en los albergues. Debido a la falta de información que presenta el censo del 2005, no se incluyó la variable de analfabetismo y de personas mayores a 60 años.

2. *Vivienda.*

- No presentan servicios de agua potable.
- Con techo inadecuado.
- No presenta servicio de luz eléctrica.
- Piso de tierra.

Se tomaron en cuenta estos indicadores de vivienda debido a que las condiciones inadecuadas que presentan, así como las condiciones de seguridad tanto social como de su construcción caracteriza a una población de ingreso económico bajo. A consecuencia se establecen en zonas de alto riesgo, por lo que la población no presenta la capacidad de recuperarse por sí misma al momento de ser afectada por un fenómeno meteorológico o de otra naturaleza.

3. Hogar

- Con 3 o más personas por dormitorio (hacinamiento).
- Sin servicio de recolección de basura.
- Personas con discapacidad.
- Con actividad económica.
- Sin servicio higiénico.

Se suman estos indicadores a las inadecuadas características de las viviendas debido a que el espacio insuficiente, la quema de basura, la escasa ventilación, caracterizan hogares insalubres y como consecuencia son susceptibles a enfermedades de vías respiratorias, piel, entre otros, lo que aumenta su vulnerabilidad.

Con el objetivo de elaborar un análisis de vulnerabilidad social ante inundaciones para el municipio de Managua, se consideraron los indicadores antes señalados, ya que permiten identificar las características en que se encuentra la infraestructura de las viviendas, además de los servicios básicos.

Los resultados de este análisis se plasmaron en un mapa a escala 1:50,000, mismo que puede ser utilizado como insumo base para la planificación, preparación y capacitación de los recursos humanos y materiales necesarios en los barrios que se localizan en zonas de riesgo ante inundaciones.

4.5. Método de componentes principales

Las variables empleadas fueron: de población menor de 15 años, viviendas que no presentan servicios de agua potable, servicio de luz eléctrica, techo inadecuado, piso de tierra, hogares con 3 o más personas por dormitorio, sin servicio de recolección de basura, personas con discapacidad, con actividad económica y sin servicio higiénico. Estas 10 variables se estandarizaron en *Excel* a través de la siguiente fórmula: *Estandarización = LogN (Índices de cada barrio + 1.5)*. Luego se corrió el resultado de cada factor

estandarizado en el programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), para la obtención de una matriz de componentes (Tablas 4.8 y 4.9).

Tabla 4.8. Método de extracción de componentes principales.

Componentes	Valores iniciales			Extracción de componentes		
	Total	% de varianza	% Acumulativo	Total	% de varianza	% acumulativo
1	7.036	70.356	70.359	7.036	70.359	70.359
2	1.116	11.162	81.521	1.116	11.162	81.521
3	0.648	6.484	88.004			
4	0.349	3.493	91.497			
5	0.295	2.954	94.452			
6	0.214	2.139	96.590			
7	0.190	1.897	98.487			
8	0.069	0.692	99.179			
9	0.049	0.488	99.666			
10	0.033	0.334	100.00			

Tabla 4.9. Matriz de componentes principales.

Variables	Componente
Población menor de 15 años	0.914
Sin luz eléctrica	0.794
Sin agua potable	0.814
Piso de tierra	0.899
Techo inadecuado	0.654
Sin servicio higiénico	0.841
Con 3 o más personas por dormitorio	0.932
Sin servicio de recolección de basura	0.798
Con personas con discapacidad	0.841
Con actividad económica	0.865

Con base en los resultados los resultados obtenidos se representaron en un mapa con cinco rangos de vulnerabilidad social para el municipio de Managua. Estos rangos se clasificaron en vulnerabilidad muy alta, alta, media, baja y muy baja (Figura 4.2).

Vulnerabilidad Muy Baja

Los barrios identificados con vulnerabilidad muy baja (Tabla 4.10) presentan condiciones de infraestructura adecuada (piso, techo), así como todos los servicios necesarios en las viviendas (servicio de luz, agua potable, recolección de basura, bajo o nulo grado de hacinamiento) y se encuentra dentro del rango de pobreza extrema baja y media, lo que indica que son viviendas que presenta mayor ingreso económico. Estos barrios se encuentran principalmente sobre la carretera a Masaya, donde se concentran la mayoría de las zonas residenciales y en dentro de la trama urbana en menor proporción.

Tabla 4.10. Barrios con índice de vulnerabilidad muy baja.

Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Complejo hab. Che Guevara	Colonia Mantica
La bolsa No. 1	18 de Mayo
Sector camino de oriente	Bell Air
Las Flores	Tiscapa
Lomas de Guadalupe	Sector Norte Condominio
Sector Noroeste Rigoberto López	Roma
Pérez	Casa Fontana
Este camino las Nubes	Reparto Segovia
Villa Japón	El Bosque Norte y Sur
Curva de Sabana Grande	

Vulnerabilidad Baja

La vulnerabilidad baja involucra los barrios tipológicamente clasificados dentro de las residencial en serie, residenciales aislada B, popular aislada, popular en serie A, tradicionales, urbanización progresiva y asentamiento humano espontaneo (ver sección 4.1) (Tabla 4.11). Según el INIDE (2005) están clasificados dentro de un rango de pobreza baja a media y severa en algunos casos. Estos rangos se observan igualmente sobre las pistas

Capítulo IV

principales como carretera a Masaya, carretera Norte y dispersos dentro de la trama urbana del municipio.

Tabla 4.11. Barrios con índice de vulnerabilidad baja.

Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
S Cristo del Rosario	Francisco Morazán	Carlos Núñez	Sierritas de Santo Domingo
La Bolsa No. 2	La Reforma	Sector Hosp. El Retiro	Santo Domingo
Damnificados del huracán Joan	San Antonio	S Plaza España	Jimmy Vásquez
Valle Dorado	William Díaz	Piedrecitas	Las Mercedes
Linda Vista N	El Carmen	Belmonte	Texaco
Manuel Olivares	Las Palmas	Costado S Enrique Smith	Urbanización Montecristi
Edgar Lang	Anexo Edgar Lang	Enrique Smith	N Montecristi
Jardines de Managua	Reparto España	El Bóer costado N	Escuela Quemada
Carlos Ulloa	Oscar Róbelo	El Pilar N	Línea Férrea
O Batahola S	Motastepe	Bosques de Bolonia	Francisco Aguilar
Las Piedrecitas	David Tejada	Leonardo García Jara	Mombacho
Daniel Chavarría	N Daniel Chavarría	Costado O Naciones Unidas	Contiguo a la Miguel Gutiérrez
San Ignacio	Recreo N	Los Robles	Héroes y Mártires de Ayapal
Sector NE Rotonda Rubén Darío	Sector Sur Laguna de Tiscapa	Planes de Altamira No. 3	Rafaela Herrera
La Piñata	Colonia Militar Tiscapa	Villa Fontana	Villa Fraternidad (Este villa Fraternidad),
Casimiro Sotelo	El Bosque	San Juan	Tangará
Lomas de Monserrat	Costado Norte Enel	Anexo San Juan	Villa Feliz
San Ángel	Sector Oeste comarca San Ángel	Lomas de San Ángel I etapa	Rubenia
Reicel	Las Carolinas	Miguel Bonilla	Rubén Darío
Frawley Sur	Costado Sur Pista Juan Pablo II	Suroeste pista Juan Pablo II	El Chagüite
Colonia Independencia	Vista Hermosa	San Pedro	Jericó
Los Martínez	E San Judas	Aquiles Morales (Sordomudo)	19 de Julio (5 de Diciembre),
Reparto el Sosiego	Sosiego costado S	SE Santa Isabel	N 1ro de Mayo
Reparto Samarkanda,	Los Cocos	Maecell Pallais Checa (Santa Isabel),	Ciudadela de Nicaragua
Lomas de Ticomo	NO altos de Ticomo	Erlinda López	18 de Agosto
Planes de Altamira No. 1	Jardines de Santa Clara	E Jardines de Sta Clara	villa Canadá

Capítulo IV

Jardines de Santa Clara	Slim Shible (El Tempisque)	Riguero N	Ana María
Hilario Sánchez	San Luis N	Gaspar García (La Tejera)	Comandante Aureliano
Candelaria, Parrales Vallejo	Maestro Gabriel	Cristian Pérez	Casa Real No. 1
Tenderí	Román Manrique	La Mecatera	Las Alemanias
Plaza del Sol	Oscar Turcio	Colonia Managua	Quinta Pacheco
Nueva Libia	Nueva Libia pista Larreynaga	Enrique Smith	Las Cuarezmas
Sector costero del lago	Colonia los Robles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Pedro Joaquín Chamorro	San Pablo
Habana (Campos)	México	Máximo Jerez	Los Palmares
10 de Junio	Paula Corea	Ducuali sector sur	N Santo Domingo
Colombia	Don Bosco	Nicarao	Barrio Nuevo
Santa Margarita	La Mascota	Cuadra	16 de Marzo
Santa Barbará	Santa Julia	Eduardo Contreras	Altos de Santo Domingo
Fernando Manzanares	El Dorado	SO Camino de Oriente	Germán Silva
Portal el Carmen	residencial Puntaldía	los Madroños II	El Mirador
Anexo Cruz del Paraíso	N pista rural de Circunvalencia	Finlandia (Rubén Darío),	Sector Sur pista Jean Paul Genie
Che Guevara	Las Colinas	Sector NO rotonda Jean Paul Genie	Las Lomas
Sector los Membreños			

Vulnerabilidad Media

Dentro de este rango se incluyen la tipología de urbanización progresiva, asentamientos humanos espontáneos, popular aislada, popular en serie A y comarcas. Asimismo, hogares con rangos de pobreza extrema entre severo, altas, medias y en algunos casos baja. Dentro de este rango se localizan la mayoría de los barrios, dispersos dentro de la trama urbana y en los extremos del municipio (Tabla 4.12).

Tabla 4.12. Barrios con índice de vulnerabilidad media.

Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Habana o María	San Sebastián	El Rastro	Alemania Democrática
Farabundo Martí	Rubén Darío	E Enabin	Rafael Ríos
Revolución	Pantanal	Las Brisas	Cuba
14 de Junio la Luz	Silfida Miranda	Francisco y Ramón Sánchez	los Arcos

Capítulo IV

San Cristóbal	Sector Paseo las Brisas	Linda Vista S	Dignidad 4 de Mayo
Francisco Meza	San José (Boer),	San Pedro	Martha Quezada
terrazza Ciudad Jardín	Polo Sur	Javier Cuadra Gallegos	Batahola N
Ciudad Jardín	Los Madroños	Dinamarca	Miraflores
El Paraisito	Pepe y Pepito	El Seminario	Juan Emilio Menocal
San José Oriental	Loma Verde	Batahola sur	Motastepe
Larreynaga	Sector Residencial USA	Bolonia (Montoya 1 y 2),	Nora Astorga
El Edén	Santa Ana (25 Aniversario),	Golfo Pérsico	Enrique Bermúdez (380),
Anexo María Auxiliadora la Sabana	Jonathan González IV etapa	Héroes y Mártires de Ayapal	Edgard Munguía
María Auxiliadora	San Francisco de Asís el Rifle	anexo la Esperanza	Pilar S
Ducualí	costado O Pilar S	Lomas de San Juan	Marvin Marín I y II
Meneses (Venezuela).	Sector S Marvin Marín	Luis Alfonso Velásquez I etapa	Sector Noroeste pista Suburbana
Costa Rica (Blandón),	Los Trejos	Luis Alfonso Velásquez II etapa	Holanda (Costado Norte Luis Alfonso Velásquez),
Iro de Mayo	Loma de Buenos Aires	Anexo Loma de Buenos Aires	SE Camilo Ortega
Unión Soviética Enabus	Villa Roma	Villa Roma IV etapa	S Villa Roma IV etapa
Cauce Unión Soviética	Omar Torrijos	Arges Sequeira	S Memorial Sandino
Unión Soviética	Martin Luther King	Los Fonseca	Jorge Cassel
Detrás del cine América	Villa Nueva	Lomas del S	O parque Camilo Ortega
Anexo Bello Horizonte 6ta etapa	Buena vista	Nejapa	Altos de Nejapa
Bello Horizonte	Comarca Ticomo	Hilario Sánchez I y II	Carolinas
Pista Tipitapa-el Tempisque	Santa Clara (costa del Lago),	Cauce de Santa Clara	San Luis N
El Tempisque (Slim-Shide),	Carlos Reyna (Pescadores),	San Luis S	Domitila Lugo (Santa Clara),
14 de Septiembre	Omar Torrijos	Anexo Omar Torrijos	Jardines de Veracruz
Anexo Jardines de Veracruz	Leningrado,	Anexo Leningrado	sector sur Lomas de Guadalupe
S Villa Venezuela	Anexo Villa Venezuela	Vista Xolotlán	O 28 de Mayo (Eddy Mayorga),
14 de Mayo	El Dorado	Isaías Gómez	Bosque y Planes de Altamira 1 y 2
Altamira de E	José Santos López	Silvia Ferrufino	Georgino Andrades

Capítulo IV

Proyecto Piloto	Anexo Proyecto Piloto	La Morita	Isalu
Héroes y Mártires de Pantasma	Sector 17 (Grenada),	Adolfo Reyes	Olof Palme
22 de Enero	Centroamérica	Zacarias Guerra	Las Lomitas
Grenada	Francisco Salazar	Enrique Lorete	Bariloche
Blanca Arauz	Blanca Segovia	Ángel Valentino Barrios	Enrique Gutiérrez
René Polanco	Pablo Úbeda	H. y M. Marcali	Hasbani
28 de Mayo	13 de Mayo	Cuba Libre	Salomón Moreno
Altos de las Colinas	E las Cuarezmas	S Miguel Ángelo	Los Corteses
E Esquipulas	Vistas de Esquipula	4 esquinas de Esquipulas	Carlos Fonseca
Liberia	Augusto Cesar Sandino	Anexo Augusto Cesar Sandino	Colinas S
Acoma	Flor de las Colinas	E las Colinas	NO las Colinas
Lomas de las Colinas	Cedros de las Colinas	N las Colinas	O comarca las Colinas de Santa Cruz
N Colinas de Santa Cruz	Colinas de Santa Cruz	Anexo Enrique Smith	José Dolores Estrada
N José Dolores Estrada	Eduardo Ordoñez (José Dolores Estrada),	Nueva Esperanza	Oscar Paz Cuba
Bertha Díaz	Unidad de Propósito	Anexo unidad de Propósito No. 1	Anexo unidad de Propósito No. 2
E Villa José Benito Escobar	Monte Fresco	E Waspan sur	La Kativo
14 de Febrero	Concepción de María	N ciudad Industrial Xolotlán	Ciudad Industrial Xolotlán
E Portezuelo	Carlos Marx	Oswaldo Manzanares	Villa Progreso
Villa Fraternidad	San Jacinto Libre	Villa Esperanza y Reconciliación	Arnoldo Alemán No. 1
19 de Febrero	Villa Austria	Bulgaria	8 de Marzo
Américas No.1	Laureano Mairena	Anexo Laureano Mairena	N villa Flor N
Villa Flor N y S	Anexo N villa Flor N	Enrique Smith,	25 de Febrero
Arlen Siu	E villa Venezuela	Los Laureles	Zona 14 los Laureles
N Villa Libertad	N los Laureles	Palestina	Canadá SE
Cocos	Sabana Grande S	S Sabana Grande	Valle Gotel
Camino del Rio	N Sabana Grande,	Comarca Sabana Grande	UP 4 de Noviembre
Waspan S	Anexo Waspan	Tramo pista Anexo Waspan	El Bosque (el Roble),
El Rodeo	Colonia 15 de Mayo (UNA).		

Vulnerabilidad Alta

Son barrios que presentan una mala disposición de infraestructura y se encuentran tipológicamente caracterizados por asentamientos humanos espontáneos, urbanización tradicional, urbanización progresiva, popular aislada y comarcas (Tabla 4.13). Igualmente según el INIDE (2005), están dentro del rango de pobreza extrema severa y alta y en algunos casos pobreza extrema media. Este rango se observa en los extremos de los distritos, a orillas del lago Xolotlán y en algunos casos dentro de la trama urbana.

Tabla 4.13. Barrios con índice de vulnerabilidad alta.

Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Costado O Rucfa el Cocal	Jorge Dimitrov	Santa Rosa	Pista Tipitapa-Santa Clara
Riguero	El Chorizo (pista el Dorado),	SE rotonda Cristo Rey	Sol de Libertad
Anexo Villa Libertad	Milagro de Dios	S Milagro de Dios	Domingo Matus
Buenos Aires	Ariel Darce (la Fuente),	Nicaragua Libre	Walter Ferreti
12 de Octubre	La Finquita	18 de Mayo	Sócrates Sandino
Anexo Sócrates Sandino	Germán Pomares	Aquí Nicaragua	Naciones Unidas
Esquipulas	Cenicero	Los Vanegas	Félix Pedro Chavarría (S Esquipulas)
Arlen Siu N	E 31 de diciembre (Sabana Grande los Rieles)	Gertrudis Áreas	Praderas del Doral
Planes del Doral	31 de Diciembre	Villa Venezuela (Américas No. 4)	Anexo No. 1 Américas No. 4
Omar Torrijos	El Bosque N	Georgino Andrade	Pista Camino Solo No. 1 y No. 2
Villa Libertad	Lomas de Guadalupe	Villa Israel	los laureles N
Jorge Salazar	La Subasta	Villa Revolución (Américas No. 3)	Los López (anexo villa Revolución),
Rio Santa Elena	Jorge Ulises Cardosa	Ramón Sánchez	E zona Franca Industrial
Villa Vallarta	O Vallarta	Rio Borbollon	Rio Lodoso
14 de Septiembre	Walter Ferreti (Waspan N)	José Benito Escobar (Américas No. 2)	Anexo José Benito Escobar
Potrero (anexo la Primavera)	E la Primavera	La Primavera (Carlos Sánchez)	Nuboconodosor
4 esquinas las	NE la Primavera	Héroes y Mártires la	Anexo N la Primavera

Capítulo IV

Enramadas NE y S las Jaguitas	S comarca las Jaguitas	Primavera E comarca Enramadas	(El Chorizo), S las Enramadas
Largaespada	Costado O Hospital Bautista	Hogar Propio	Campo Bruce
Los Ángeles	Lomas de Chico Pelón	Buenos Aires (19 de Julio)	Costado O Rucfa Buenos Aires
Candelaria Rubén Darío	Santo Domingo	Santo Domingo E	Calvario
villa Pedro Joaquín Chamorro	Barricada	Las Torres	Benedicto Valverde (Quinta Nina)
Chiquilistagua	Héroes y Mártires de San Judas	San Judas	Pinolero (costado oeste H. y M. San Judas)
Leonel Rugama	San Martin	Comarca Nejapa	Comarca Cedro Galán
La Esperanza I y II	Camilo Ortega	SE valle Ticomo	San José de la Cañada
Recreo costado N y S	E Recreo S	Tierra Prometida	Anexo colonia Independencia
Andrés Castro	René Cisneros	Memorial Sandino	Costado O Recreo S
Costado E Bertha Calderón	Jonathan Gonzales	Jonathan Gonzales V etapa	Recreo S
El Cortijo	Altagracia	25 Aniversario	Bertha Calderón
Los Martínez Sector O	Julio Buitrago N y S	El Bóer	Monseñor Lezcano
E Alfredo Silva	Chureca	Anexo las Brisas (los Martínez),	Anexo Linda Vista N
Modesto Bejarano	Acahualinca	Bajos de Acahualinca	Alfredo Silva
La Cruz	Cristo del Rosario	Manchester	Santa Ana N y S
El Rodeito			

Vulnerabilidad Muy Alta

Dentro de este rango se encuentran los barrios que presentan un alto porcentaje de viviendas con mala calidad de materiales de construcción; estos están clasificados tipológicamente como urbanizaciones progresivas, popular en serie B, asentamientos humanos espontáneos y comarcas. Este rango se observa al Sur del y Este del área (Tabla, 4.14). Asimismo, se caracterizan por presentar rangos de pobreza extrema entre severa altas y medias.

Tabla 4.14. Barrios con índice de vulnerabilidad muy alta.

Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio	Nombre del Barrio
Hieleah I, II, III y IV Etapa	Instituto Salomón de la Selva	Sierra Maestra	NE Ticomo
Anexo Torres Molinas (Camilo Ortega),	Comarca San Isidro Libertador	Pochocuape	NE Comarca Pochocuape
NE San Isidro Libertador	E comarca Monte Fresco	Hotel Barcelo	San Isidro de la Cruz Verde
Combatiente Desconocido	Los Ladinos	Las Viudas	San Antonio
Candelaria	Ciudadela de Nicaragua	Jocote Dulce	Santo Domingo
E Comarca Santo Domingo	S Sierritas Santo Domingo	Villa Reconciliación	S Villa Reconciliación
Manuel Fernández (Laureles Sur),	Sector S Laureles S	N Laureles S	Arnoldo Alemán
María Dolores Alemán	Camilo Chamorro (Horizonte N)	Zona 9 Camilo Chamorro	Hugo Chaves

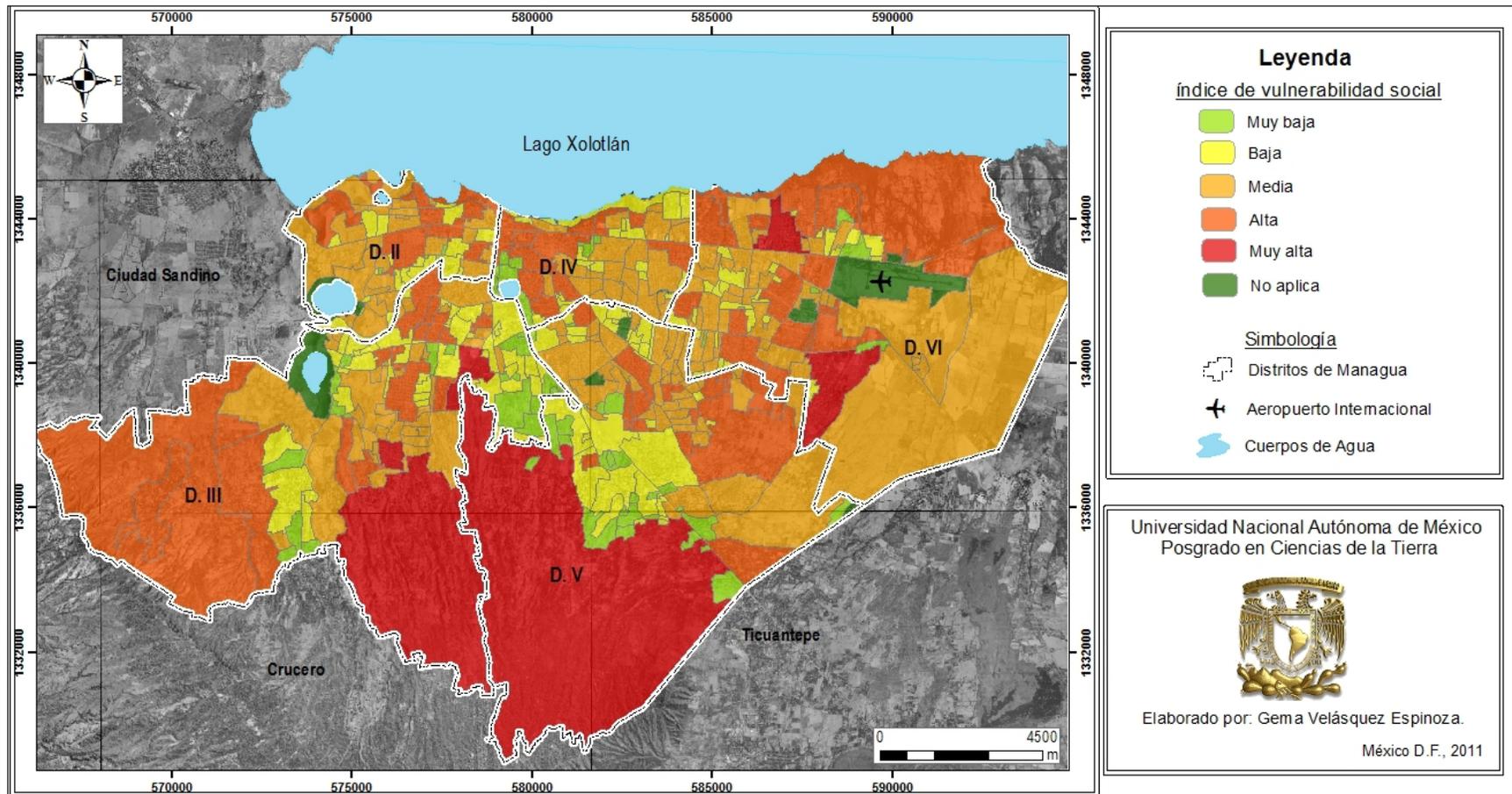


Figura 4.2. Mapa de Índices de Vulnerabilidad Social del Municipio de Managua.

Capítulo V. Análisis del cambio del uso de suelo en el municipio de Managua

Las actividades humanas se han convertido en la causa principal de las transformaciones ambientales y el crecimiento de las ciudades, expresado en un significativo desequilibrio en el ambiente, aminorando la zona forestal, agrícola y transformado el paisaje natural, reflejado en la aceleración de algunos fenómenos como la erosión del suelo, la contaminación, la inundaciones entre otros, ya sea a escalas locales, regionales o globales.

En Latinoamérica el crecimiento urbano y el desarrollo histórico, se vuelven factores agravantes de la vulnerabilidad debido a que las edificaciones exhiben un hábitat precario y marginal, además se desarrollan en espacios expuestos a ciertas amenazas de origen natural (actividad volcánica, deslizamientos, inundaciones, proceso de remoción en masa, etc.); a esto se le añade una inapropiada construcción de las viviendas, y la alteración paulatina de la exposición al riesgo, así como el incremento del número de personas y bienes expuestos (Alcántara-Ayala *et al.*, 2005; Chardon, 1998).

Con la finalidad de cuantificar esta dinámica urbana se han realizado diferentes estudios que se apoyan en el uso de imágenes de satélite. Este proceso de detección de cambios se basa en la capacidad de medir cambios temporales, involucrando el uso de datos multi-espectrales para discriminar áreas de cambio en la cobertura de suelo (Aguirre y Salmerón, 2010).

En dicho tenor, Vázquez y Rocha (2007) realizaron un análisis de los cambios de cobertura del suelo producidos por la expansión urbana de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, a partir de imágenes del satélite Landsat de 1990 y 2000.

Oliva y colaboradores (2010), utilizaron esta metodología para determinar los patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la Sierra Norte de Puebla, por medio de dos imágenes de satélite Landsat de 1988 y 2003, a través de una clasificación supervisada y una matriz de detección de cambios.

Galiano *et al.*, (2009), realizaron un análisis de cambio de usos de suelo en la Vega de Granada por medio de imágenes Landsat TM, aplicando un método híbrido de corrección absoluta, basado en el código de transferencia radiactiva MODTRAN 4.

Pinedo *et al.*, (2007), llevaron a cabo un análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México, a través de imágenes Landsat TM de los años 1993 y 2003. Asimismo, López - García, (2007) utilizó imágenes Spot5 del 2006 y 2007, para el análisis de cambio de la cobertura forestal en la reserva de la biosfera Mariposa Monarca, México.

5.1. Historia del crecimiento urbano del municipio de Managua

Nicaragua, como el resto de los países latinoamericanos, exhibe asociaciones entre las modalidades de asentamientos humanos formales regulados y los asentamientos informales precarios, a partir de la cual, se estructuran entramados urbanos típicos, construidos en un alto porcentaje bajo estándares considerados de vivienda, infraestructura y servicios, en condiciones de pobreza (CEPAL, 2002 y 2006).

En Nicaragua, este proceso de urbanización se vio reforzado por desastres y conflictos armados internos, que empobrecieron al país. En la ciudad de Managua, en la década de los años 50, el crecimiento urbano era de manera compacta, siguiendo una trama ortogonal (Figura 5.1). Según Ramírez (2008), algunos historiadores como Félix Belly (Francés), Pablo Levy (Francés), Benford Pim (Real Armada Inglesa) y Carl Schelzer (Inglés), relataban que entre los años 1857 a 1871 a pesar de que Managua había sido declarada en 1852 capital de la República, no era más que una aldea, de aproximadamente de 2.4 km², constituida por una población entre 6,000 a 10,000 habitantes.

Managua entre 1860 y 1940 se desarrolló demográficamente y espacialmente a consecuencia del desarrollo de la producción del café e industrialización, añadiéndose los campesinos del norte del país que migraron debido a la guerra revolucionaria. En 1899 se estimaba una población de 38,662 habitantes distribuidos en 143 hectáreas. Después del sismo de 1931 los barrios de Managua continuaron poblándose y extendiéndose en la

periferia del área urbana y al borde del lago Xolotlán, en terrenos no aptos para uso habitacional formándose numerosos barrios como Acahualinca Norte, David Tejada, Quintanina, entre otros (Hardy, 2003).

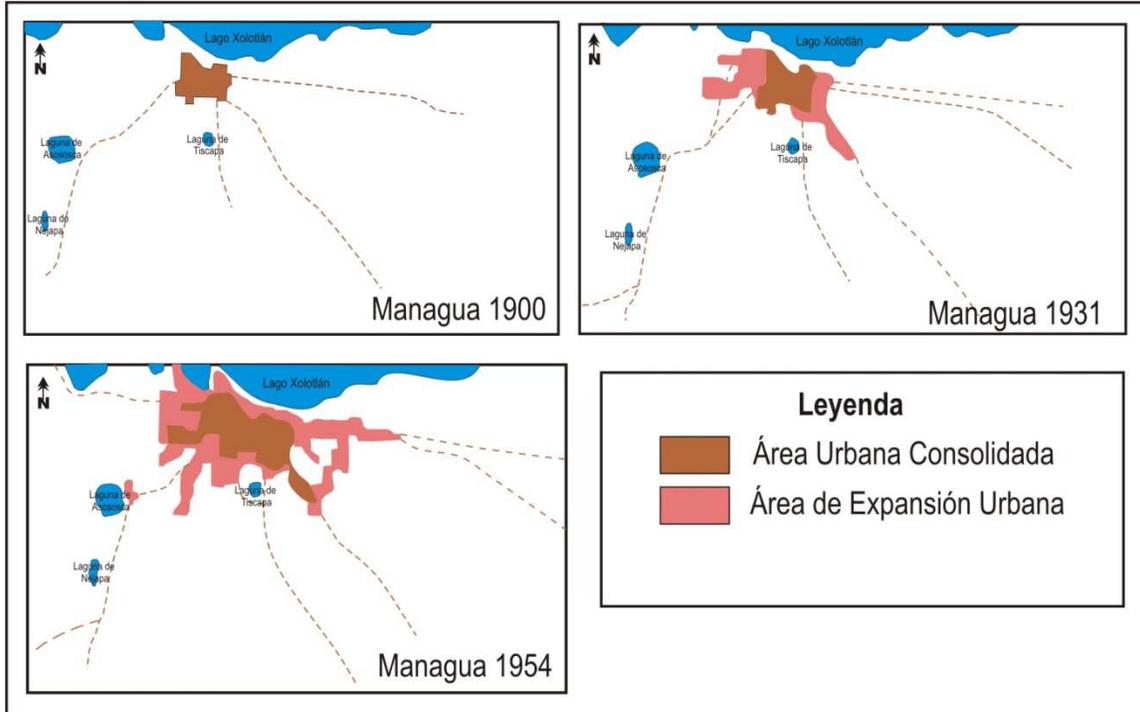


Figura 5.1. Crecimiento urbano de la ciudad de Managua 1900, 1954 y 1931 (Modificado de Barahona, 2002).

En los años setenta Managua era una de las capitales más dinámicas de la región, lo cual convirtió a Nicaragua en el país más urbanizado de Centroamérica. Esta dinámica urbana se vio afectada por el sismo del 23 de diciembre de 1972, que destruyó el área del centro de la ciudad. Esta área fue declarada por Somoza como lugar de alto riesgo para construir, basándose en el plan realizado por técnicos mexicanos en 1973, en el que se recomendaba la dispersión máxima de la población para evitar daños en caso de una nueva catástrofe. A causa de este decreto la población se reubicó en la periferia de la ciudad, extendiéndose al sureste y suroeste (Icaza, 2008, Hardy, 2003, CEPAL, 2002).

La mayoría de las viviendas construidas después de este sismo se restauraron con materiales de mala calidad. Asimismo, las viviendas de los refugios provisionales, ubicados en la periferia de la ciudad se transformaron en viviendas permanentes de millares de

habitantes de la ciudad, con grandes deficiencias en los servicios y equipamientos municipales (Hardy, 2009).

Entre el periodo de 1972-1977 el crecimiento urbano de Managua había alcanzado un 22% de su totalidad, conservando algunos terrenos baldíos dentro de la superficie urbana; esta situación transformó la ciudad en un conjunto de extensos barrios dispersos, por lo que se remarcó el proceso de diferenciación socio-espacial (Hardy, 2003) (Figura 5.2).

A partir del triunfo de la revolución sandinista, en Managua se registró un acelerado crecimiento demográfico, a causa de la creación de empleos relacionados principalmente a los numerosos proyectos de reconstrucción física de la ciudad y reactivación de la economía. Las invasiones a los terrenos baldíos no se efectuaron en la periferia, sino dentro de la trama urbana y las ruinas de la infraestructura del sismo de 1972 (Hardy, 2003; CEPAL, 2006).

La mayoría de los habitantes de estos nuevos barrios procedían de otros barrios de Managua y otros provenientes de distintos lugares de la región. Las últimas urbanizaciones progresivas que se crearon fueron dirigidas a los desmovilizados del periodo de la guerra al final de la década de 1980. Estos programas de urbanizaciones progresivas implementadas por el gobierno sandinista disminuyeron la diferencia socio espacial que existía en la ciudad (Hardy, 2003; ALMA, 2003, CEPAL, 2006). A inicios de los años noventa, con la llegada de los liberales al poder se disminuyeron los programas implementados por el gobierno anterior y los proyectos se destinaron principalmente a las construcción de viviendas para las clases medias y altas (PAAEM, 2001).

A finales de 1990, la Comisión Europea financió un programa de construcción de viviendas dirigido a familias de bajos ingresos, respondiendo a la voluntad del gobierno de reinvertir en el centro de Managua destruido en 1972 (Hardy, 2003 y 2009). Entre estos barrios destaca San Sebastián, Candelaria, las Torres, San Luis Norte, Santo Domingo, Sajonia, Buenos Aires, entre otros. Aunado a esto se formaron asentamientos humanos espontáneos como el anexo Edgard Lang, anexo las Brisas (los Martínez) (PAAEM, 2001)

Para el año 2000 el Programa de Atención a los Asentamientos Espontáneos de Managua, (2001) contabilizó un total de 70 asentamientos en el sector Nor-central de la ciudad y a inicios del 2001 se añadieron 16 más con 10,440 lotes, ocupando un área aproximada de 311.87 hectáreas con un lote promedio de 163.2 m² y una densidad domiciliar de 6.75 hab/viviendas.

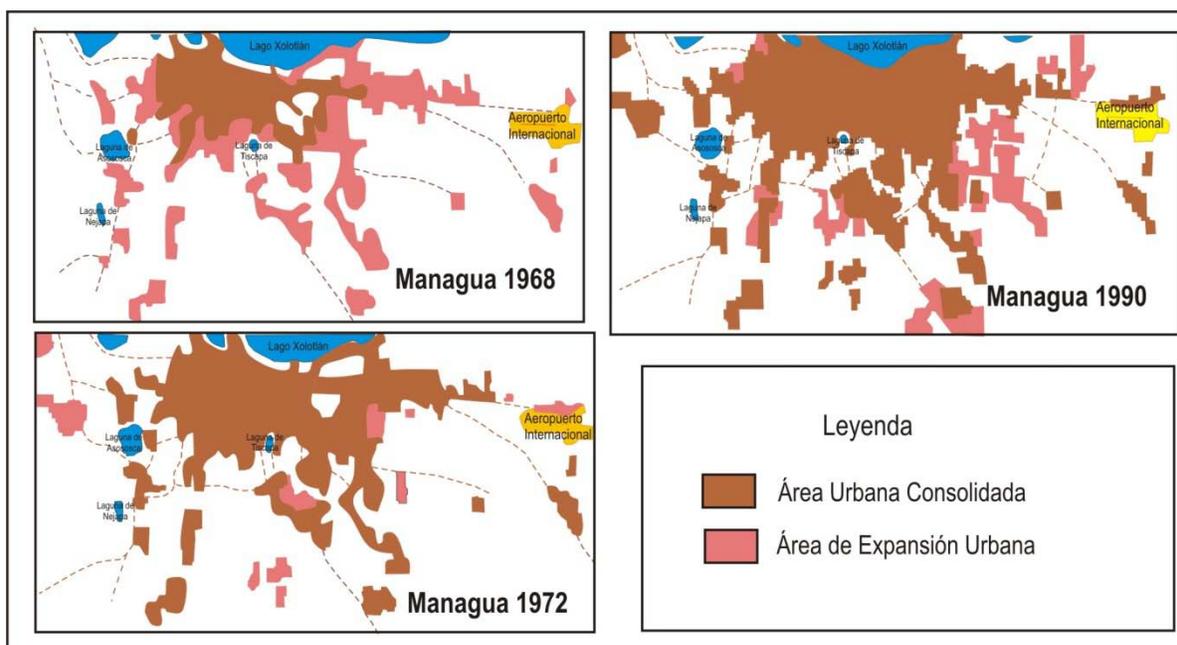


Figura 5.2. Crecimiento urbano de la ciudad de Managua 1968, 1972 y 1990 (Modificado de Barahona, 2002).

A consecuencia de lo antes mencionado, la población total del país aumentó 32% entre el periodo de 1972 y 2005 (INIDE, 2005); razón por la que el área urbanizada se ha extendido rápidamente de forma dispersa y con menores niveles de ingreso a pesar de su dinámica urbana acelerada.

5.2. Metodología

Existen diversas metodologías para la identificación de cambio de uso de suelo, entre ellas el uso de imágenes multi-temporales, mismo que está en función de la relación de los parámetros a utilizar, las variables involucradas, y la escala del trabajo. En áreas urbanas el uso de las imágenes de satélite ofrece considerables ventajas para la generación, cuantificación y validación de los datos, por lo que es factible definir e identificar entidades espaciales relevantes, cambios de usos de suelo, patrones de crecimiento, entre otros (Vázquez y Rocha, 2009).

El análisis de los cambio en la cobertura del suelo del presente trabajo se realizó mediante la recopilación de información referente al crecimiento histórico de la mancha urbana del municipio de Managua, además de la revisión cartográfica del uso de suelo y vegetación existente, preparado por el Ministerio Agropecuario Forestal (MAGFOR), para todo el país en el 2000. De acuerdo con esta información se contabilizaron para el municipio de Managua: 92.73 km² de pasto, 31.81 km² de cafetales, 16.035 km² de bosque latifoliado abierto, 0.37 km² de bosque latifoliado cerrado, 0.36 km² de vegetación herbácea, 77.201 km² de vegetación arbustiva, 94.27 km² de zona urbana, 5.9 km², de suelo sin vegetación, 49.446 km² de suelo ocupado para agricultura y 25.15 km² de barbecho forestal (Figura 5.3).

Posteriormente se procedió a realizar un análisis de uso del suelo a través de imágenes SPOT5, del 2004 y 2010, proporcionadas por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El procedimiento incluyó la verificación de que dichas imágenes se encontraran georeferenciadas y en el sistema de coordenadas UTM, zona 16, datum WGS84; para corroborar esto se comparó con el ortofotomapa del área, que presenta las mismas características de las imágenes. Luego se procedió con el recorte del área o polígono de interés a través del programa ENVI 4.3, tomando como base las coordenadas extremas del área.

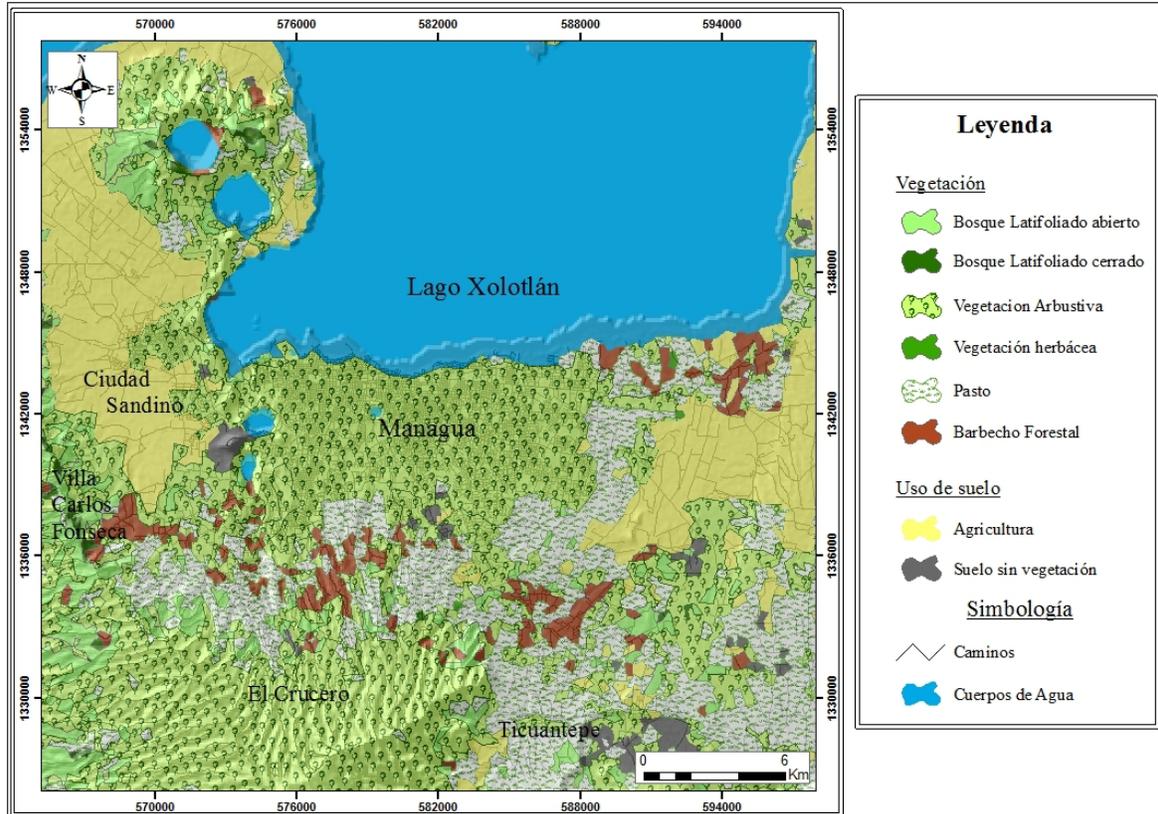


Figura 5.3. Mapa de uso de suelo y vegetación (MAGFOR, 2000).

Se definieron las clases de cobertura y uso de suelo para las dos imágenes con el fin de utilizarlas en la elaboración de los ROI o áreas de interés, considerando 7 clases espectrales: 1. cuerpo de agua, 2. área urbana, 3. vegetación arbustiva, 4. barbecho forestal (tierra labrantía que no se siembra durante uno o más años), 5. suelo desnudo, 6. agricultura, 7. pasto (tabla 5.1). En esta etapa se usaron algunos elementos auxiliares como el ortofotomapa, y una imagen pancromática (5 m); igualmente se realizaron algunos compuestos de falso color (321) para discriminación de cobertura con vegetación (342), además del conocimiento previo del área.

Enseguida se procedió a realizar una clasificación supervisada a través del algoritmo de máxima probabilidad (*maximum likelihood*); se probaron diferentes algoritmos y este es el que mejor se ajustó al área de interés. Este tipo de clasificación es el más empleado en teledetección debido a que se ajusta con más rigor a la disposición original de los datos (Chuvieco, 2002). Posteriormente, se realizó un reconocimiento de campo de las diferentes

coberturas de suelo que se clasificaron tomando como referencia 64 puntos de control y finalmente se efectuó un análisis de precisión a partir de la matriz de confusión y de la clasificación para determinar el grado de exactitud del proceso de las imágenes y el grado de fiabilidad del mapa final.

Tabla 5.1. Categoría de las clases de uso del suelo por medio de las imágenes SPOT 5 y mapa de uso de suelo y cobertura vegetal del MAGFOR, 2005.

Coberturas determinadas (SPOT 4004 Y 2010)	Cobertura del mapa forestal (MAGFOR, 2005)
Cuerpo de agua	Cuerpo de agua
Área Urbana	Área urbana
Vegetación arbustiva	Vegetación arbustiva Bosque latifoliado abierto Bosque latifoliado cerrado Cafetales Vegetación herbácea
Barbecho forestal	Barbecho forestal
Suelo desnudo	Suelo desnudo
Agricultura	Agricultura
Pasto	Pasto

5.3. Precisión de la clasificación

La evaluación de la precisión de esta información se efectuó comparando 2 fuentes de información; la primera, el mapa obtenido de la información digital de las imágenes de satélite y el segundo, la información de referencia que comprendió la cartografía topográfica a escala 1:50,000, ortofotomapa y los puntos de control adquiridos en el campo.

A partir de esta información se realizó una tabla denominada “matriz de confusión”. En esta matriz las columnas indican las clases de referencia (verdad terrestre) y las filas las categorías deducidas de la clasificación de las imágenes, por lo que se obtiene una matriz cuadrada de $n \times n$, para cada año (Tabla 5.2 y 5.3). La importancia de estas matrices de confusión es la capacidad para plasmar los conflictos que surgen entre categorías. De esta forma no solo se conoce la fiabilidad global de la clasificación, sino también la exactitud conseguida para cada una de las clases, así como los conflictos entre ellas (Chuvieco, 2002).

Tabla 5.2. Matriz de confusión obtenida para una clasificación supervisada de una imagen SPOT 2004 e información auxiliar.

	Referencia							Total	Exactitud Usuario	Error Comisión n	Exactitud Usuario %	Error Comisión %
	1	2	3	4	5	6	7					
1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	100	0
2	0	38	0	2	1	2	0	43	0.88	0.12	88	12
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	100
4	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	100	0
5	0	0	0	1	2	0	0	3	0.66	0.34	66	34
6	0	0	0	0	0	10	0	10	1	0	100	0
7	0	0	0	1	0	1	1	3	0.33	0.67	33	67
Total	3	38	0	4	3	13	1	64				
Exactitud productor	1	1	0	0.5	0.66	0.7	1					
Error Omisión	0	0	1	0.5	0.34	0.2	0					
Exactitud productor %	100	100	0	50	66	76	100					
Error Omisión %	0	0	100	50	34	24	0					

Los números de 1 al 7 hacen referencia a la clasificación de suelo: 1. Cuerpo de agua, 2. Área urbana, 3. Vegetación arbustiva, 4. Barbecho forestal, 5. Suelo desnudo, 6. Agricultura y 7. Pasto.

Tabla 5.3. Matriz de confusión obtenida para una clasificación supervisada de una imagen SPOT 2010 e información auxiliar.

	Referencia							Total	Exactitud usuario	Error Comisión	Exactitud Usuario %	Error Comisión %
	1	2	3	4	5	6	7					
1	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	100	0
2	0	38	0	2	3	0	0	41	0.92	0.08	92	8
3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	100
4	0	0	0	0	0	3	0	3	0	1	0	100
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	100
6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	100	0
7	0	0	0	4	0	8	1	13	0.076	0.924	7.6	92.4
Total	3	38	0	4	3	13	1	62				
Exactitud productor	1	1	0	0	0	0.076	1					
Error Omisión	0	0	1	1	1	0.924	0					
Exactitud productor %	100	100	0	0	0	7.6	100					
Error Omisión %	0	0	100	100	100	92.4	0					

Los números de 1 al 7 hacen referencia a la clasificación de suelo: 1. Cuerpo de agua, 2. Área urbana, 3. Vegetación arbustiva, 4. Barbecho forestal, 5. Suelo desnudo, 6. Agricultura y 7. Pasto.

A partir de la matriz de confusión se generó otra medida estadística que permitió validar numéricamente los resultados de las distintas clasificaciones. La medida que se utilizó consistió en el cálculo de la fiabilidad global de cada mapa 2004 y 2010 respectivamente, los cuales se determinaron mediante los elementos de la diagonal con el total de puntos muestreados:

$$F = \sum_{i=1, n} X_{ii} / \sum_{i=1, n} \sum_{j=1, n} X_{ij}$$

De la fórmula anterior se tiene que para los datos de la imagen SPOT 2004, la fiabilidad estimada fue del 87% y para la SPOT 2010, la fiabilidad se estimó en 69%. Lo que indica que la imagen SPOT, 2010, obtuvo mayor error en su clasificación.

5.4. Resultados

Como producto de la metodología antes mencionada para el procesamiento de las imágenes SPOT 5 en el programa ENVI 4.3, se obtuvieron dos mapas con coberturas de uso de suelo para el 2004 y 2010 del municipio de Managua (Figura 5.4 y Figura 5.5). Tomando en cuenta la matriz de confusión y la precisión global de las imágenes del 2004 y 2010, los resultados indican que en la primera imagen el cuerpo de agua, el área urbana, el barbecho forestal, el suelo desnudo y la agricultura, expresan una alta precisión tanto del productor como del usuario, esto indica que estas clases se logran clasificar sin cometer grandes errores de confusión.

Sin embargo, para la imagen del 2010, se obtiene gran precisión tanto para el usuario como el productor entre la clasificación del área urbana y cuerpos de agua. En la clasificación de agricultura, refleja gran precisión para el usuario pero no para el productor, esto es a causa que existe una confusión entre esta categoría, la de pastos y barbecho forestal. Asimismo se da una confusión entre la categoría de suelo desnudo y área urbana.

Esta metodología de clasificación supervisada, es efectiva para el análisis de crecimiento urbano y cambio de uso de suelo, lo que constituye una herramienta de gran utilidad para la elaboración de este grupo de cobertura. La baja precisión para la imagen del 2010 estuvo ligada a la ubicación de los píxeles en el límite entre el área urbana y suelo desnudo, así

como entre los cultivos, pastos y barbecho forestal. Posteriormente, se realizó una comparación de extensión de suelo para ambas fechas donde se refleja el crecimiento urbano que ha experimentado el área de estudio en un periodo de 6 años (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Cubierta de suelo para 2004 y 2010.

Clases	2004		2010	
	Extensión (Km ²)	%	Extensión (Km ²)	%
Área Urbana	126.97	29	140.07	32
Pasto	100.47	23	144.17	33
Vegetación arbustiva	57.34	13	103.60	23
Barbecho forestal	31.69	7	9.79	2
Suelo desnudo	11.63	3	0.16	0
Agricultura	77.53	18	3.62	1
Cuerpo de agua	33.24	7	37.90	9
Total	438.87	100	439.31	100

Los resultados indican que para el 2004 la mancha urbana tenía una extensión de 126.97 km² y en el 2010 una extensión de 140.07 km². Lo que confirma que el municipio de Managua continúa teniendo un crecimiento urbano en ascenso, pero no tan acelerado como lo que sucedió después del terremoto de 1972 y los años 80. Igualmente se puede señalar que el crecimiento urbano es responsable de la disminución de la cubierta agrícola y arbustiva. Estos resultados no se reflejan en la tabla 5.4, con respecto a la imagen del 2010, debido a que se tuvo menor precisión en la distinción de las categorías de zonas arbustivas, pastos y barbecho forestal.

El crecimiento urbano que experimenta la ciudad actualmente ha originado un cambio en el uso del suelo de la ciudad disminuyendo la cubierta forestal y agrícola favoreciendo a la impermeabilización de los suelos y proporciona un aumento en la escorrentía superficial y en el volumen de agua que transita a través de la red de drenaje y desemboca al lago Xolotlán. Este desarrollo urbano ha ampliado las zonas y o barrios que son afectados por las lluvias en invierno, principalmente los barrios y/o asentamientos ubicados en las orillas de los cauces, en la planicie de inundación y en las partes bajas o valles, generando considerables pérdidas materiales y humanas en invierno.

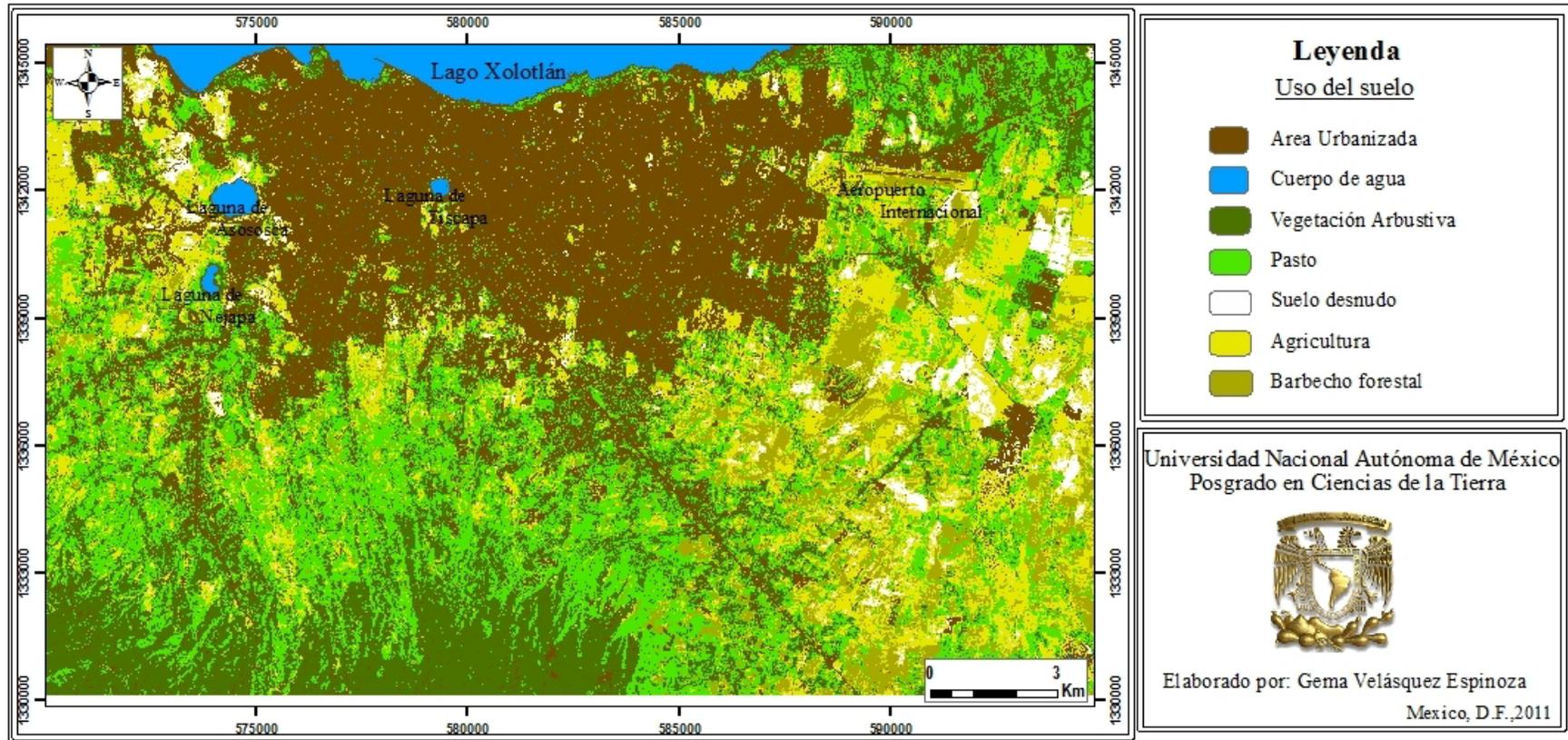


Figura 5.4. Uso del suelo del municipio de Managua, 2004.

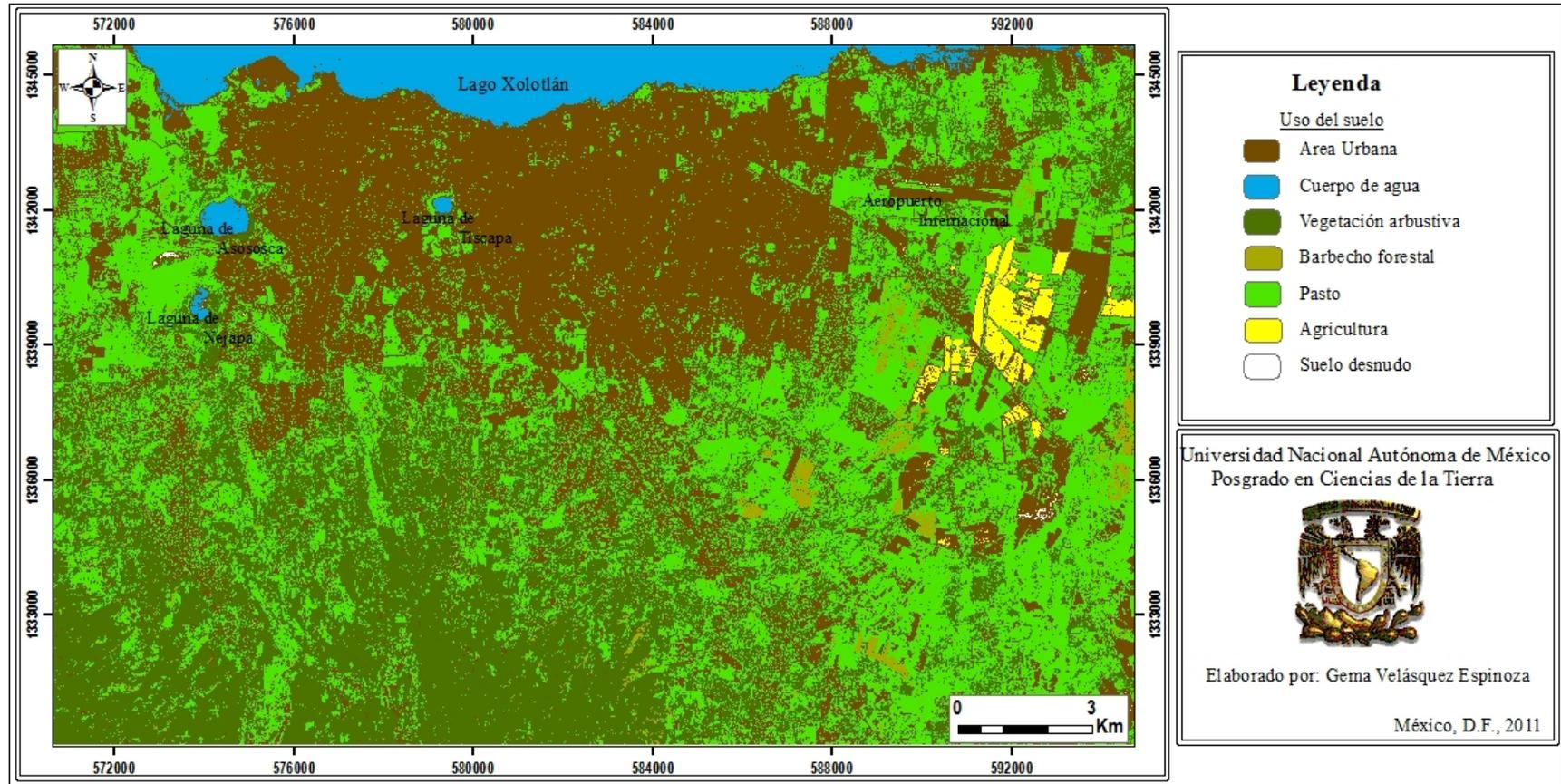


Figura 5.5. Uso del suelo del municipio de Managua, 2010.

VI. Zonificación de inundaciones

Las inundaciones son consideradas como uno de los fenómenos de mayor impacto en el ámbito mundial, debido al efecto que ocasionan en grandes extensiones territoriales densamente pobladas (Garnica y Alcántara-Ayala, 2004; Alcántara-Ayala, 2010). Históricamente, los valles y planicies han sido ocupados por asentamientos humanos y de alguna u otra manera la convivencia entre la naturaleza y la sociedad no se había visto afectada tan recurrentemente como en la actualidad. Sin embargo, el incremento demográfico y el proceso de ocupación de las planicies de inundación se ha intensificado en gran medida, por lo que las inundaciones, que en principio no eran más que un fenómeno hidromorfológico natural, se han convertido en el riesgo de mayores dimensiones a nivel mundial (Pérez, 2005).

Nicaragua no ha sido la excepción a este tipo de fenómenos, desde 1960 al 2010 se han registrado 18 inundaciones y 15 tormentas tropicales en el territorio, lo cual ha ocasionado un total de 4,365 muertes, 2,136,399 afectados y se han generado pérdidas de 7,259.18 millones de dólares (EM-DAT). De los 33 fenómenos hidrometeorológicos registrados en el territorio nicaragüense, 2 inundaciones y 2 tormentas tropicales, impactaron directamente al municipio de Managua. Las consecuencias incluyeron un total de 114, 565 afectados, 14 muertos y pérdidas económicas de 2.5 millones de dólares en 4 años consecutivos (tabla 6.1).

Tabla 6.1. Reportes históricos de Inundaciones y tormentas que afectaron Managua (EM-DAT).

Categoría	Año	Total de Muertos	Total Afectados	Pérdidas (US\$ millones)
Inundación	12/09/1999	11	107,105	0.5
Huracán Keith	29/9/2000	1	2300	1
Huracán Isidore	22/09/2002	2	300	1
Inundación	26/05/2010		4,860	

INETER (2003) realizó un estudio de amenaza por inundaciones en el municipio de Managua y sus alrededores, basado en la recopilación de información de los diferentes estudios efectuados en el área (Estudio de manejo del sistema pluvial de la ciudad de Managua a nivel de diseño preliminar en 1986; Estudio de factibilidad del programa de

manejo de la cuenca sur del lago de Managua; Plan contingente ante inundaciones del municipio de Managua elaborado por defensa civil, etc), análisis geológico - geomorfológico, análisis del modelo digital del terreno y de pendiente para complementar la información de las zonas susceptibles a inundaciones. Toda esta información se integró en una base de datos (estándar de ArcGis en formato Access).

A partir de esta metodología se identificaron 3 niveles de amenaza: alta media y baja (Figura 6.1). De acuerdo con dichos resultados, las inundaciones con grado de amenaza alta ocurren en los barrios: Hialeah I, II, III, y IV, anexo Las Brisas, Manchester, Candelaria Rubén Darío, Villa Pedro Joaquín Chamorro, Walter Ferreti (Waspan Norte), El Potrero La Primavera, Sector El Rodeíto, Sector Zona Franca Industrial, Villa Israel, Villa Revolución, José Benito Escobar, Germán Pomares, Walter Ferreti, 18 de Mayo, Ariel Darce, Sector Las Jaguitas, Naciones Unidas, entre René Cisneros y Recreo Sur, Memorial Sandino, Las Brisas Los Martínez, Bajos de Acahualinca, Carlos Reyna Los Pescadores, Batahola Sur, Sector Pista Sub-urbana, Grenada, Héroes y Mártires de Pantasma, Concepción de María, Sector del Jonathan González y Sector Hospital el Retiro, las Piedrecitas, Costado Sur Pista Juan Pablo II, Rigüero Norte, Jardines de Santa Clara, Sector Costa del Lago. Estos barrios son afectados cada año por las lluvias de invierno.

El rango de amenaza media se concentra en los alrededores de los cauces y canales de la red de drenaje principal que atraviesan el municipio de Managua con dirección Norte - Sur, debido al desbordamiento de los mismos. El nivel de amenaza baja se presenta principalmente en la parte Sur, Oeste y Este del municipio.

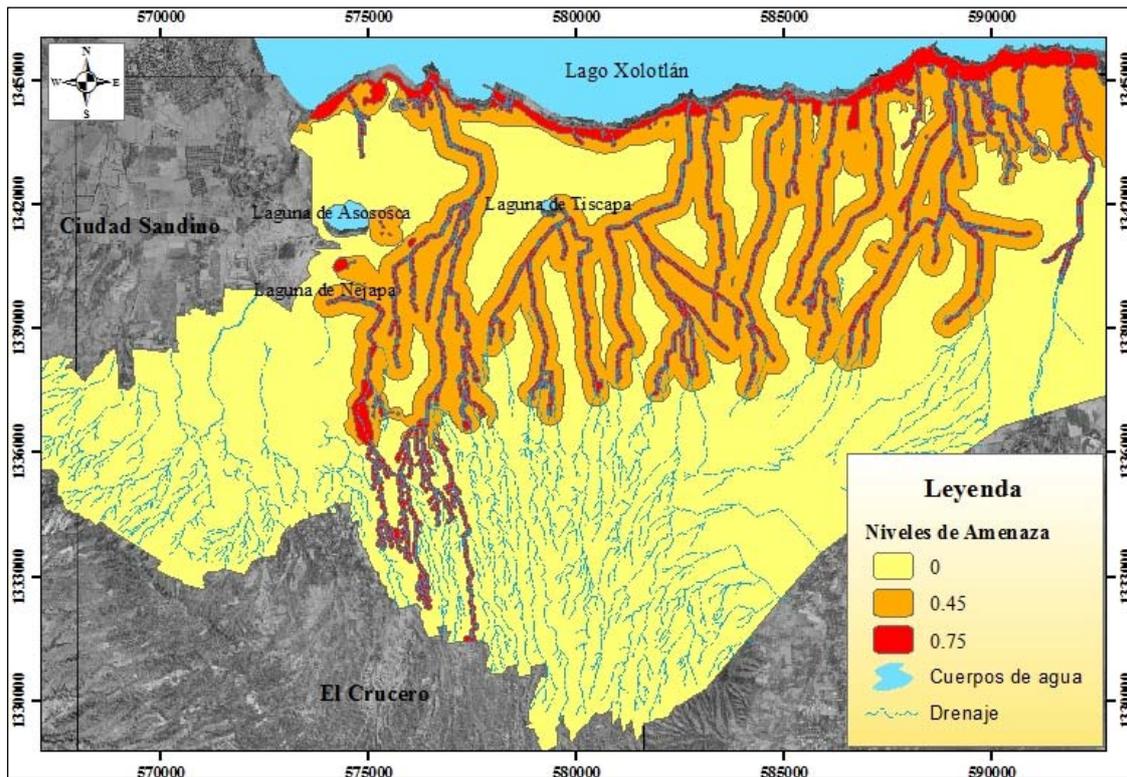


Figura 6.1. Mapa de amenaza por Inundación (Modificado de la base de datos de Geoespacial de INETER, 2003).

6.1. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo, se basó en la propuesta de Baró Suarez (2010), la cual involucra un método directo enfocado a la prevención y orientación de la planeación estratégica de gestión a inundaciones. Este método consiste en la estimación de daños directos en zonas habitacionales, lo cual es de gran relevancia para el caso de Managua.

La metodología consistió en recopilación bibliográfica en instituciones como la Alcaldía de Managua, Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), Defensa Civil, Catastro Fiscal e INETER, con la finalidad de obtener información referente a los valores unitarios de las viviendas y de los bienes existentes en ella. También se empleó la información digital disponible en los medios de comunicación (periódico, página web del estado y radios), y se adquirieron las cartas topográficas 1:50,000 de Managua.

El trabajo de campo consistió en realizar un reconocimiento del área de interés, por lo que se visitaron 26 barrios con grado de amenaza alta y algunos puntos críticos que el INETER (2003) señala en su estudio. Igualmente se visitaron algunas familias que fueron afectadas por las lluvias del invierno del 2010. Los barrios que se visitaron fueron Anexo las Brisas, Batahola sur, Motastepe Las Piedrecitas, Villa Nueva, Memorial Sandino, Hialeah, Candelaria Rubén Darío, Carlos Reyna Los pescadores, Las Torres, Pedro Joaquín Chamorro, Jardines de Santa Clara, Villa Vallarta, Villa Revolución, Concepción de María, Palestina, Sabana Grande, Curva a Sabana Grande, Laureles Norte, Las Jaguitas, Naciones Unidas, Walter Ferreti, Grenada, Ariel Darce, El Dorado y Germán Pomares II etapa.

6.2. Régimen de precipitación

En función de la distribución temporal de la precipitación en el municipio de Managua, se analizó la serie de datos de precipitación disponible de 1958 a 2008, correspondiente al observatorio meteorológico del Aeropuerto Internacional. El régimen de precipitación media anual más alto en un periodo de 50 años fue identificado para los años de 1973, 1988, 1996 y 1998.

Para 1973 se estimó una precipitación media anual de 145.2 mm y una precipitación media mensual de 361.8 y 430.3 para los meses de agosto y octubre respectivamente. En 1988 se consideró una precipitación media anual de 140 mm y una media mensual de 346.4 y 392.7 para los meses de junio y octubre; el incremento de la precipitación media mensual del mes de octubre fue causada por el huracán Joan. Para 1996 se estimó una precipitación media anual de 134.1 mm y una media mensual de 282.3 y 315.6 mm correspondientes al mes de julio y octubre; la alta precipitación de la media mensual del mes de julio se debió al huracán Cesar. Para 1998 se estimó una precipitación media anual de 130.5 mm donde la media mensual más alta fue de 836.4 mm en el mes de octubre, la cual estuvo relacionada al paso del huracán Mitch (Figura 6.2).

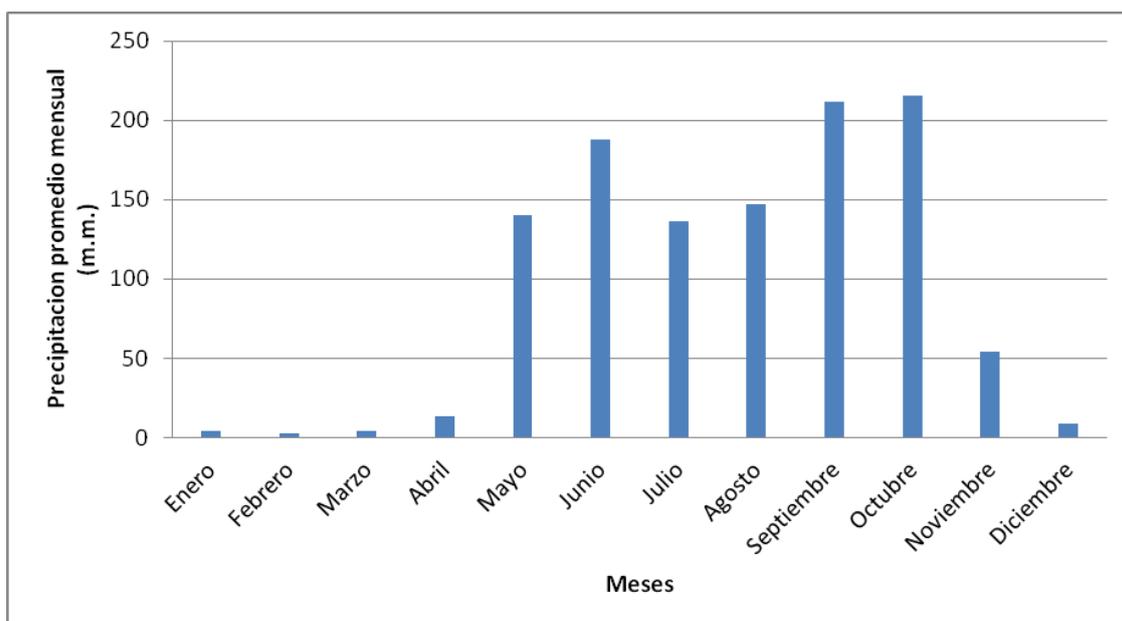


Figura 6.2. Precipitación media mensual de 1958 – 2008.

El régimen de precipitación anual en el área de interés varía entre 800 a 1000 mm. Tomando en cuenta los datos de precipitación del periodo de 1958 – 2008 en los meses de invierno se presentaron 9 años con condiciones secas (1963, 1965, 1972, 1976, 1986, 1989, 1990, 1992 y 2006) y 27 años que registraron un rango mayor a 1000 mm anuales (1958, 1960, 1962, 1964, 1966, 1968, 1969, 1971, 1973, 1975, 1980, 1981, 1982, 1987, 1988, 1993, 1995, 1996, 1998, 1999, 2002, 2003, 2005, 2007 y 2008).

a) *Precipitación Máxima probable*

La frecuencia de una inundación puede ser calculada mediante el uso de técnicas estadísticas y probabilísticas basadas en los registros históricos, de tal forma que es posible predecir eventos que pueden presentarse con periodos de retorno de 10, 20, 50 y más años. Este tipo de análisis es utilizado principalmente para la planeación urbana, construcción de presas y de estructuras de comunicación (Garnica y Alcántara-Ayala, 2004).

Tomando como base la distribución de Gumbel, para el cálculo de periodos de retorno y la información meteorológica disponible del observatorio el Aeropuerto, en este trabajo se calculó la precipitación máxima anual para los periodos entre 1958 – 2008, donde la precipitación máxima anual sobresaliente ocurrió en 1998, seguido de 1958 y 1982 (Tabla 6.2 y figura 6.3).

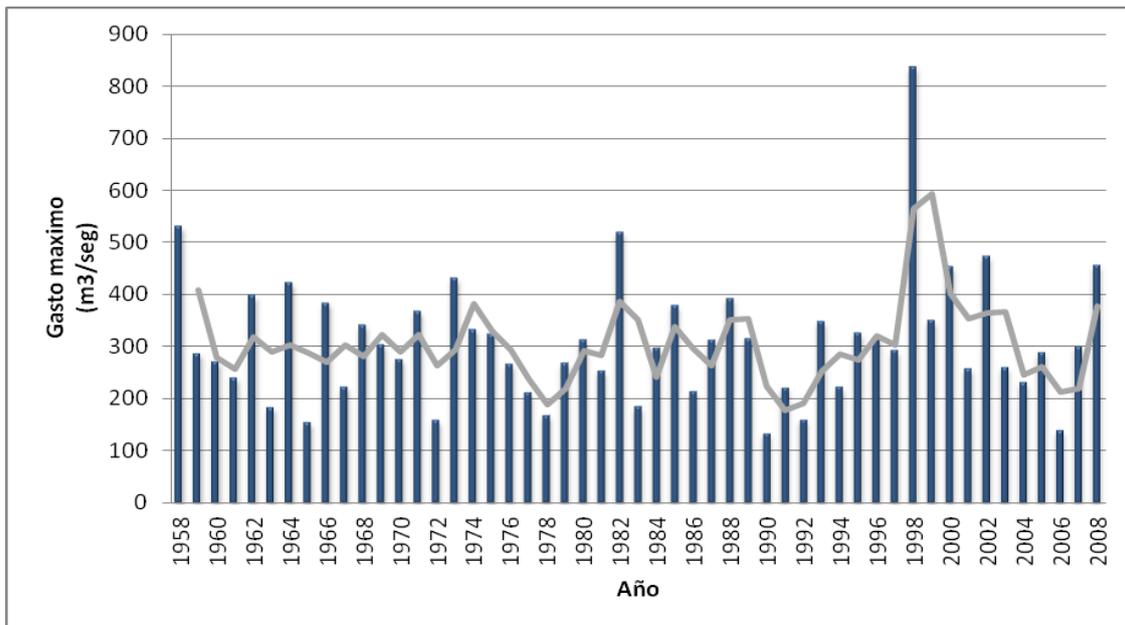


Figura 6.3. Precipitación máxima anual desde 1958 – 2002 del observatorio el Aeropuerto.

Con el objetivo de conocer el comportamiento de las precipitaciones del municipio de Managua, se calcularon las precipitaciones máximas para periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 500 y 1000 años, para los datos registrados en el observatorio El Aeropuerto, a partir de la siguiente ecuación de Gumbel:

$$Q_{max} = [Q - (SQ/SN)] [y_n + \ln \ln (Tr/Tr - 1)]$$

Donde:

Q max = precipitación máxima (mm) para un periodo de retorno determinado

Q = Precipitación media anual en m.m.

SQ = Desviación estándar de la precipitación máxima anual.

Sn y yn = Se obtiene a partir del número de datos de la serie (No. de datos 51; yn = 0,5489 y Sn = 1,1623).

Lnln = logNat del LogNat de tr.

Tr = Total de la serie + 1/ serie.

De acuerdo con las estimaciones de la precipitación máxima para el municipio de Managua, la precipitación máxima para un periodo de retorno de 2 años es de 277.26 m.m., mientras que para un periodo de retorno de 10 años, es de 475.98 m.m y para uno de 50 años, 650.19 m.m. De manera adicional, las estimaciones para periodos de retorno de 100 y 1000 años fueron de 723.84 m.m y 967.21 m.m respectivamente (tabla 6.3).

Tabla 6.3. Periodos de retorno calculados para el observatorio Aeropuerto.

Periodo de retorno (años)	Precipitación máxima estimada (mm)
2	277.26
10	475.98
50	650.19
100	723.84
500	894.04
1000	967.21

Cabe destacar que en el municipio de Managua la precipitación máxima con periodos de retorno entre 500 a 1000 años, han representado la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias, tales como el caso del huracán Mitch en 1998.

Tabla 6.2. Precipitación Máxima mensual del Observatorio Aeropuerto.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Máximos
1958	0,0	0,0	32,0	0,0	184,3	530,5	170,9	83,0	156,1	204,5	75,1	1,2	530,5
1959	0,3	2,0	0,2	0,0	44,2	224,4	72,5	82,8	146,5	286,8	17,7	0,8	286,8
1960	9,1	2,1	0,2	3,8	130,5	212,4	193,2	270,8	183,6	263,3	50,1	1,0	270,8
1961	1,1	0,3	0,0	0,0	8,4	240,9	170,1	40,3	240,2	152,4	90,5	20,6	240,9
1962	9,1	0,0	3,5	3,3	7,8	258,8	105,0	193,9	207,7	397,7	15,5	7,5	397,7
1963	5,8	0,8	0,0	1,5	17,0	183,0	86,6	106,9	156,5	110,0	86,7	8,5	156,5
1964	1,7	0,0	0,4	32,9	136,3	422,2	207,0	154,2	91,8	340,8	27,4	5,8	422,2
1965	4,8	0,5	0,4	0,0	130,5	129,2	85,3	97,0	130,2	153,8	35,0	9,5	153,8
1966	0,0	0,0	0,0	0,2	149,8	383,8	220,3	137,1	203,1	238,4	13,9	37,0	383,8
1967	2,2	0,2	2,6	0,6	3,8	222,7	119,5	51,1	192,8	123,7	91,3	13,7	222,7
1968	8,3	0,0	0,0	0,7	207,2	228,3	74,6	103,4	267,9	341,1	25,9	9,2	341,1
1969	5,6	0,0	0,0	21,7	94,3	252,0	104,2	262,7	255,7	302,7	64,1	5,5	302,7
1970	5,9	1,4	7,2	13,0	98,0	95,6	128,2	203,5	275,9	116,9	111,3	25,1	275,9
1971	17,1	1,5	0,0	0,2	226,1	137,3	207,5	132,4	367,3	159,6	22,8	21,6	367,3
1972	4,9	0,2	0,0	0,0	158,2	81,6	79,8	100,0	116,1	79,7	46,0	3,2	158,2
1973	0,1	0,3	0,0	3,9	212,0	182,1	267,3	361,8	239,9	430,3	37,5	7,7	430,3
1974	15,2	0,5	0,1	0,0	105,8	148,3	50,3	140,1	331,8	64,4	3,6	8,7	331,8
1975	17,1	0,0	0,0	0,0	207,2	241,3	137,8	198,6	324,5	182,0	56,3	0,2	324,5
1976	0,8	0,6	3,0	0,2	21,1	156,7	57,3	152,0	69,5	265,3	14,2	3,7	265,3
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	84,0	210,2	56,7	74,0	94,9	134,9	155,8	2,2	210,2
1978	1,1	0,0	0,0	29,3	167,9	121,9	160,9	161,0	152,4	148,3	31,6	33,7	167,9
1979	4,2	0,0	0,0	14,0	43,1	268,8	135,5	158,2	238,4	162,1	23,4	11,0	268,8
1980	5,0	0,0	0,0	0,0	164,9	199,1	154,3	146,9	189,5	312,7	202,6	1,0	312,7
1981	0,0	2,1	91,2	6,1	195,7	203,2	140,9	175,7	252,0	153,3	74,2	12,7	195,7
1982	7,3	9,8	3,0	12,4	519,4	199,0	118,0	44,8	219,1	190,0	29,3	0,8	519,4
1983	0,5	27,9	4,0	24,8	56,8	138,2	125,3	116,6	184,2	92,9	31,0	4,5	184,2
1984	1,9	0,6	0,1	0,5	63,2	230,5	221,1	149,9	296,5	132,6	54,2	0,3	296,5
1985	0,0	0,9	0,4	14,7	307,2	127,6	110,1	163,6	114,4	379,4	37,6	4,9	379,4
1986	0,5	3,0	0,0	0,0	213,3	85,5	107,0	148,4	122,7	58,6	32,9	2,3	148,4
1987	6,0	0,0	0,9	0,0	70,7	153,3	311,4	167,7	228,4	128,7	5,3	30,4	311,4
1988	2,0	3,2	0,0	3,8	104,5	346,4	220,8	302,7	276,8	392,7	12,9	13,8	392,7
1989	0,4	0,0	0,0	0,0	5,4	130,0	118,3	82,9	315,7	54,7	50,6	22,7	315,7
1990	1,2	0,9	0,0	3,7	89,7	114,1	103,9	114,9	85,3	100,9	132,3	8,6	132,3
1991	1,8	2,3	0,0	0,5	203,2	152,4	75,2	106,6	187,4	221,1	26,1	2,9	221,1
1992	0,3	0,0	0,0	0,0	86,7	159,0	119,4	62,2	143,3	114,4	4,1	16,0	143,3
1993	1,3	0,0	0,0	29,2	347,3	101,1	104,7	287,2	345,3	112,6	85,2	1,4	347,3
1994	2,9	0,6	2,7	129,1	83,2	49,3	95,2	79,9	167,7	222,0	143,2	10,2	222,0
1995	0,0	0,0	16,0	115,6	20,6	212,3	112,3	326,1	297,4	202,6	43,9	13,4	326,1
1996	21,3	0,0	5,3	0,0	240,8	221,6	282,3	116,6	275,9	315,6	127,1	2,1	315,6
1997	5,8	0,5	0,4	1,3	14,1	291,7	57,5	82,3	99,3	246,2	63,3	0,0	291,7
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	50,6	117,9	100,5	119,2	229,8	836,4	91,6	19,7	836,4
1999	4,1	56,5	6,9	37,2	45,2	141,5	195,9	168,6	348,9	192,1	56,7	0,3	348,9
2000	2,7	0,2	0,1	4,3	72,8	118,1	103,0	63,5	452,7	121,8	12,7	5,2	452,7
2001	0,6	1,7	0,0	0,0	122,7	79,4	103,5	173,4	256,4	102,8	21,2	0,3	256,4
2002	2,3	1,4	0,0	0,5	473,7	98,4	106,3	154,9	237,0	130,8	18,6	0,8	237,0
2003	1,1	0,0	9,1	113,7	211,4	260,7	100,0	100,6	151,6	176,6	99,0	5,8	260,7
2004	6,9	0,2	1,2	0,0	162,7	140,3	112,2	77,1	62,1	231,7	24,6	0,2	231,7
2005	0,1	0,0	0,0	31,1	289,2	220,1	105,3	196,2	238,7	243,2	70,8	0,4	289,2
2006	8,1	0,2	2,7	0,1	40,2	138,2	136,4	74,6	130,9	105,0	44,2	2,7	138,2
2007	0,0	0,0	0,8	25,8	251,9	108,7	140,3	292,0	219,6	300,0	61,3	11,5	300,0
2008	2,0	0,7	2,4	3,4	226,1	126,3	276,8	125,7	213,0	455,6	7,2	0,3	455,6

6.3. *Riesgo por Inundaciones*

Cuando se originaron los primeros asentamientos humanos, estos se desarrollaron en las zonas aledañas a cuerpos de agua, por lo que fue inevitable con posterioridad enfrentar problemas de inundaciones. Con el transcurso de los años, particularmente en la actualidad, a esta situación se ha sumado la degradación del medio ambiente (deforestación, erosión etc.), lo cual ha modificado la respuesta hidrológica de las cuencas y se ha dado lugar al incremento en el número y la magnitud de las inundaciones. Lo anterior obedece particularmente a que el volumen de agua retenido en la parte alta de las cuencas es menor y el escurrimiento hacia las llanuras es mayor (CENAPRED, 2004).

De acuerdo con el CENAPRED (2004), las inundaciones pueden clasificarse según su origen de la siguiente manera:

Inundaciones Pluviales: Se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, logrando permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte (por ejemplo de la parte alta de la cuenca). Estas precipitaciones son a causa de ciclones tropicales, lluvias orográficas, lluvias invernales y lluvias convectivas.

Inundaciones fluviales: Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos. En este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada. El volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se darán en los ríos con más desarrollo o que lleguen hasta la planicie costera.

Inundaciones costeras: Se presentan cuando el nivel medio del mar asciende debido a la marea que permite que este penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno.

Inundaciones por falla de infraestructura: Si la capacidad de las obras destinadas para protección es insuficiente, la inundación provocada por la falla de dicha infraestructura será mayor que si no existieran obras, esto se da a causa de un diseño escaso mala operación, falta de mantenimiento o término de la vida útil de la obra.

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas. Básicamente se han definido dos grupos: inundaciones lentas e inundaciones rápidas. En las cuencas cuya respuesta hidrológica es lenta se generan avenidas en un tiempo relativamente largo (varias horas o días), mientras que las inundaciones rápidas se forman en poco tiempo (desde unos cuantos minutos, hasta un par de horas) (CENAPRED, 2004).

Con base en la morfología, la infraestructura pluvial (cauces), la incorporación de los puntos críticos propuestos por el INETER (2003) y las observaciones de campo realizadas en este trabajo, se elaboró el mapa de riesgo por inundación del municipio de Managua; para ello se determinaron tres niveles: bajo, medio y alto (Figura 6.12).

a) Riesgo Bajo

Esta categoría se caracteriza por presentar una morfología de piedemonte volcánico de alto a bajo y cadenas pre-montañosas tectonizadas. Muestra pendientes que oscilan entre 8 y 45 grados, con profundidades de disecciones verticales entre 60 a 120 metros. Considerando lo antes mencionado esta zona presenta problemas de erosión acelerada causando arrastre de sedimentos hacia las partes más bajas del área.

El problema que presenta esta zona es de erosión acelerada a causa de la deforestación originada por el aumento de la mancha urbana que se extiende hacia la parte alta de la cuenca. Este problema de erosión dificulta la capacidad del volumen de agua pluvial que presentan los cauces o infraestructura pluvial en la parte baja de la cuenca, al cual se adhiere el problema de falta de mantenimiento y limpieza.

Tomando en cuenta los indicadores sociales, esta zona presenta los rangos de vulnerabilidad muy alta y alta principalmente, debido a que esta zona se encuentra dentro del límite urbano y se caracteriza por estar conformada por comarcas y algunos asentamientos humanos espontáneos.

b) Riesgo Medio

Esta zona se caracteriza por presentar una morfología de planicies altas a medias de origen acumulativo y con rango de pendiente entre 1 y 8 grados y profundidad de disección vertical entre 20 y 40 metros. En esta zona se da la mayor influencia de cauces y canales de la red de drenaje; en ellas, la mayor parte de inundaciones recurrentes son ocasionadas por los desbordamientos de dichas infraestructuras.

Dentro de este nivel se encuentran incluidos la mayoría de los barrios; su vulnerabilidad social varía desde muy baja hasta muy alta, pero en general las familias y/o hogares afectados son los que se asientan a orillas de los cauces, los cuales están dentro de los niveles de vulnerabilidad alta y muy alta. Ejemplo de esta situación son los barrios Camilo Ortega, Anexo Camilo Ortega (Zapatera) Grenada, Laureles Norte, Hialeah, entre otros (Figura 6.4, 6.5 y 6.6).



Figura 6.4. Anexo Camilo Ortega. Las lluvias del invierno del 2010 erosionaron la calle principal dejando incomunicada a la población.



Figura 6.5. Barrio Camilo Ortega, familias asentadas en las orillas del cauce.



Figura 6.6. Las lluvias del invierno del 2010 erosionaron el cauce, por lo que se obstruyó una de las pistas del barrio Laureles Nortes.

En este nivel se encuentran también las partes planas de la unidad morfotectono - volcánica denominada el graben el aeropuerto. Esta zona presenta pendientes ≤ 1 y la escorrentía proveniente del límite Este -denominada falla Mateare-, cubre gran parte de la planicie y la principal fuente económica es la siembra de frijol, maíz, maní, ajonjolí, entre otros (Figura 6.7).



Figura 6.7. Calles afectadas por las lluvias en el invierno del 2011.

c) Riesgo alto

Dentro de este nivel de riesgo alto se encuentra la planicie baja acumulativa fluvial y lacustre con pendiente entre 1 a 4 grados, profundidad de disección vertical menor a 20 metros. Se delimitó este rango por los criterios morfológicos antes mencionados y tomando como referencia la cota máxima que alcanzó el lago Xolotlán con la precipitaciones originadas por el huracán Mitch en 1998, siendo la precipitación máxima anual reportada en 50 años en el área.

En esta categoría se encuentran los barrios con vulnerabilidad social muy alta, alta y media por ejemplo el barrio Candelaria, comarca los Chagüites, las Torres, Anexo las Brisas los Martínez y el barrio Manchester. El barrio Manchester fue cubierto totalmente, por el lago Xolotlán en el invierno del 2010 y 96 familias (712 personas), fueron evacuadas al Centro de Albergue Gadala Marina (Figura 6.8).

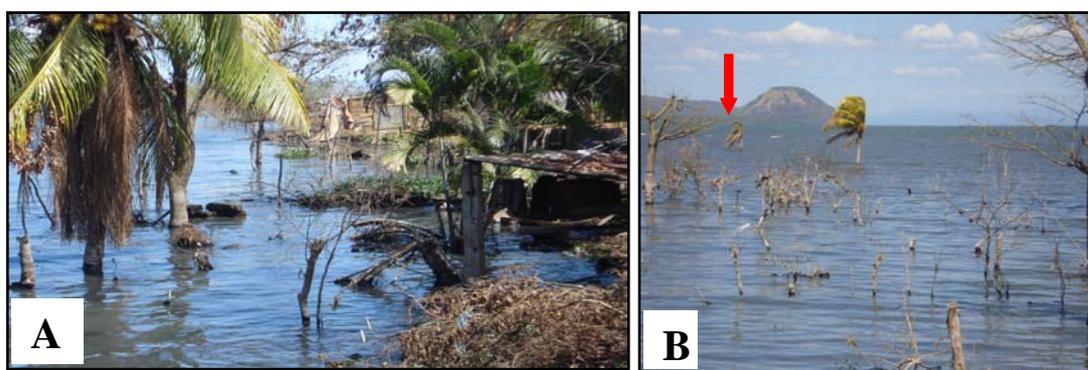


Figura 6.8. **A.** Se observan las únicas casas del barrio Manchester que quedaron después del invierno del 2010. **B.** La flecha indica el límite de extensión del barrio Manchester.

Con los datos obtenidos en campo se comprobó que en los barrios que se encuentran dentro de este nivel de riesgo, el lago llegó a cubrir casas a una profundidad entre 1.3 metros y 60 cm. Sumado a esto, las familias que están asentadas en los bordes de los cauces también están en zona de riesgo de derrumbes debido a los procesos erosivos existentes, a pesar de que ha tratado de realizar el reforzamiento de las paredes del cauce con neumáticos (Figura 6.9, 6.10 y 6.11).



Figura 6.9. A. Comarca el Chagüite, la flecha indica la altura máxima del nivel de las aguas del lago en la casa. B. Barrio Candelaria, la flecha indica la altura donde llegó el nivel del lago Xolotlán por las lluvias del invierno del 2010.



Figura 6.10. Viviendas del barrio las Torres, ubicadas en el límite del cauce que drena al lago Xolotlán.



Figura 6.11. **A - B.** Reforzamiento de los muros con vigas de concreto y neumáticos.

En esta zona el riesgo no sólo es por las lluvias, sino también por enfermedades como alergias, enfermedades respiratorias, dengue, entre otras, que afectan a la población durante el invierno, además de los problemas en la infraestructura de alcantarillado pluvial que drena al lago Xolotlán.

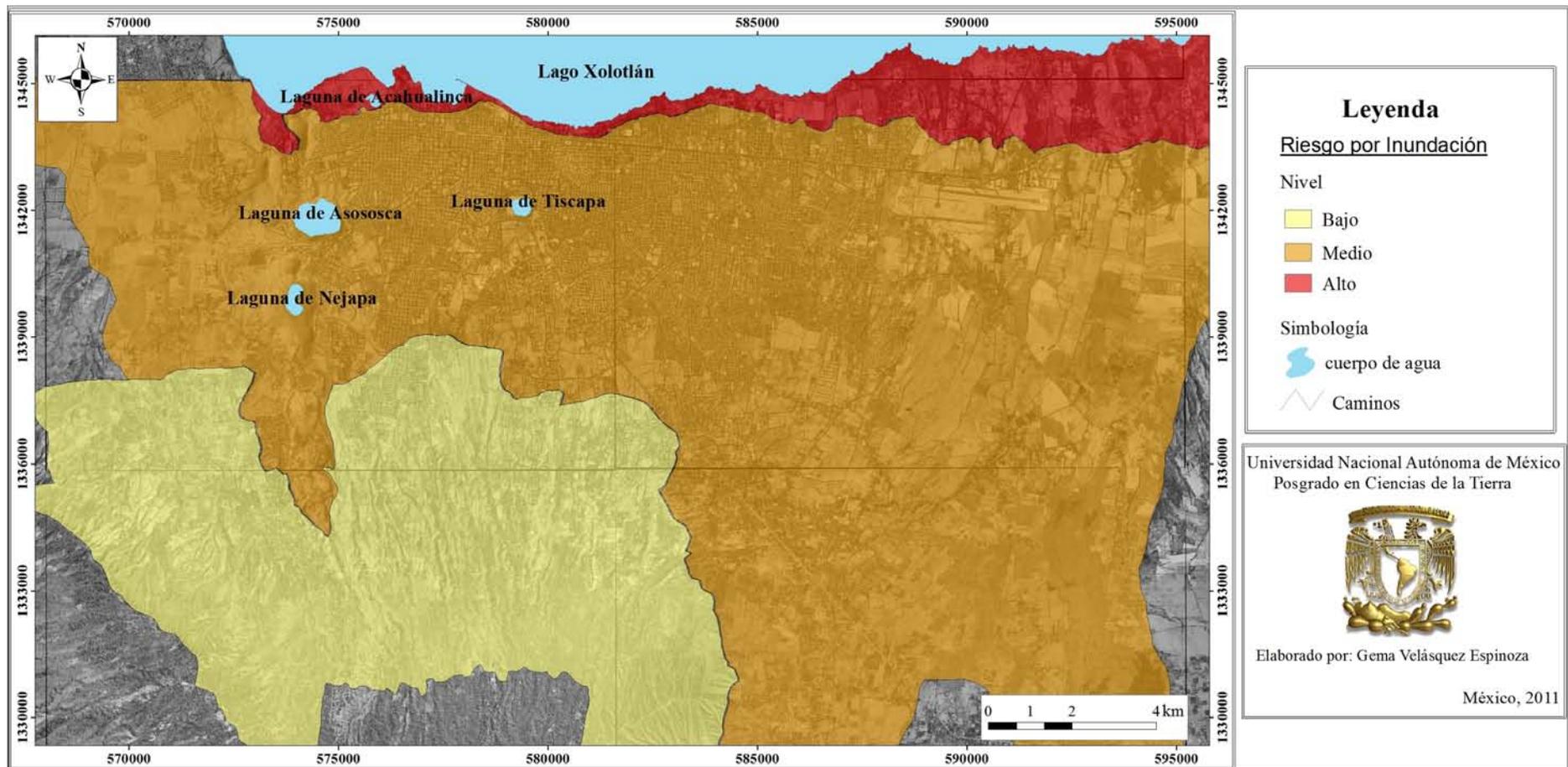


Figura 6.12. Mapa de riesgo por inundaciones en el municipio de Managua.

6.4. Estimación de daños directos provocados por las inundaciones.

El análisis de los daños producidos por inundaciones se clasifican en cuatro tipos: daños directos, indirecto, tangibles, intangibles y de incertidumbre. Para la estimación de daños provocados por inundaciones en este trabajo, se tomaron como referencia los daños directos que son los que se relacionan con las pérdidas producidas por el contacto físico con el agua y se suelen valorar por medio de los costos de reposición, reparación o rehabilitación de los bienes afectados (Baró, 2010)

La metodología utilizada es la propuesta por Baró (2010), en la cual se representa la integración de la función daño económico – profundidad de la inundación, para el territorio mexicano (Baró *et al.*, 2011). Para la aplicación de esta metodología, se consideraron las características de las zonas habitacionales, entre las que se incluyó nivel de pobreza (INIDE, 2008), el grado de vulnerabilidad social, y el salario mínimo por día correspondiente al 2011 (Comisión Nacional de Salarios Mínimos, 2011) (Tabla 6.4).

Además el valor unitario de las construcciones según su valor de mercado aproximado por m² y su tipología. La tipología presentada para este apartado se define según el material de construcción (paredes de zinc, madera, bloques, piso de tierra, ladrillo, etc.) que presenta la vivienda, número de cuartos, baños, sala, comedor y terraza (ALMA) (Tabla 6.5). Asimismo, fue incorporada la información sobre los bienes muebles existentes, en las viviendas (EIGH, 2006-2007), y por último, los datos correspondientes a la altura a la cual el agua puede entrar en las viviendas (60 cm a 1.3 m), esta última se obtuvo mediante las visitas de campo realizadas en el área de estudio.

Tabla 6.4. Salario mínimo de cada uno de los sectores de la economía nacional 2011-2012 (Comisión Nacional de Salario Mínimo, 2011).

Sector	Diario (Córdobas)	Mensual (Córdoba)
Agropecuario	66.82	2,004.76
Pesca	103.54	3,106.36
Minas y canteras	122.30	3,669.03
Industria Manufacturera	91.56	2,746.96
Industrias a régimen fiscal	103.08	3,092.58
Micro y pequeña Ind-artesanal y turística nacional	78.31	2,349.55
Electricidad, gas y agua, comercio, restaurante y hoteles, transporte, almacenamiento y comunicaciones	124.9	3,747.16
Construcción, establecimientos financieros y seguros	152.39	4,571.90
Servicios comunitarios, sociales, domésticos y personales	95.46	2,863.98
Gobierno central y municipal	84.92	2,547.66

Tabla 6.5. Valores estimados de mercados de la vivienda según su tipología habitacional (ALMA).

	Valor aproximado de mercado (C\$/M ²)	Ejemplo
Tipología No.1	74.000	
Tipología No.2	102.00	
Tipología No. 3	209.00	
Tipología No. 4	299.00	

Tipología No.5	419.00	
Tipología No. 6	549.00	
Tipología No. 7	689.00	
Tipología No. 8	1020.00	

Para obtener la curva de daños potenciales en las zonas habitacionales, en el área de estudio, solo se incluyeron viviendas y/o barrios que se encuentran en la zona de riesgo alto. Debido a la falta de información de la altura máxima de la lámina de agua que se obtiene en las viviendas ubicadas en los límites de los cauces (grado de riesgo medio).

Con base en la información de nivel de pobreza, vulnerabilidad social y tipología habitacional, se estimaron los salarios mínimos promedio de los sectores industrial manufacturera, electricidad, gas y agua, comercio, restaurante y hoteles, transporte, almacenamiento, comunicaciones, servicios comunitarios, sociales, domésticos, personales y gobierno central y municipal. Los resultados obtenidos fueron de un total de 99.21 córdobas diarios y 2976.44 córdobas mensuales (Tabla 6.6).

Tabla 6.6. Estimación de salarios mínimos según la tipología de la vivienda y su grado de marginación.

Nivel de Pobreza	Grado de vulnerabilidad social	Tipología de la vivienda	Salario mínimo (promedio mensual en córdobas)
Pobreza Severa	Vulnerabilidad alta	No. 1	≤ 1- 2
Pobreza Alta	Vulnerabilidad media	No. 2	1 – 2
Pobreza Media - baja	Vulnerabilidad baja	No. 3	2-4

Con base en la información anterior y tomando en cuenta la encuesta de gastos e ingreso de las viviendas según su nivel de pobreza (EIGH 2006-2007), se prosiguió con la estimación de los bienes muebles (radio, equipo de sonido, cocina con horno y sin horno, televisor, refrigerador de 8, 9 y 10 pulgadas, abanico de mesa y de piso, plancha eléctrica, equipo de DVD, camas matrimoniales y unipersonales y licuadora), y su costo promedio derivados de tres almacenes o casas comerciales (Gallo más Gallo, Tropigas y Verdugo) y dos mercados populares (Mercado Roberto Huembés y Oriental).

Una vez definidos los bienes muebles y sus costos se determinó el porcentaje de afectación de estos bienes muebles en función del nivel que puede alcanzar la lámina de agua dentro de la vivienda; los niveles de las alturas de lámina de agua definidas fueron de 0.6 m, 1 m y 1.5 m. Lo anterior con el objetivo de obtener un parámetro más aproximado del costo del daño producido con el contacto directo con el agua por cada bien mueble presentado en cada zona habitacional, para finalmente obtener el costo total. A continuación se presenta el proceso de construcción de los diferentes tipos de curvas para la clase de vivienda con vulnerabilidad alta, media y baja del nivel del riesgo alto correspondiente al área de estudio.

a) Zonas habitacionales ubicadas en barrios con vulnerabilidad social alta

Para la estimación de las curvas de daños potenciales en estas zonas habitacionales se determinaron primeramente los bienes muebles promedio existentes en esta clase de viviendas y se les asignó un precio unitario (precio promedio obtenido del mercado Oriental y Roberto Huembés) para obtener el costo total de todos ellos. Posteriormente se estableció la altura de la lámina de agua, para definir el porcentaje de afectación que podría tener cada uno de los bienes muebles de las viviendas (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. Porcentaje de afectación por inundación de bienes muebles de las viviendas de grado de vulnerabilidad alta.

Bienes en la vivienda	Precio promedio unitario (córdobas)	Altura de la lámina de agua (metro)		
		0.6	1	1.5
Radio/ Grabadora	1,450	10	100	100
Cocina sin horno de 2 y 4 quemadores	350	0	90	100
Equipo de Sonido	3,500	10	100	100
Televisor	3,500	0	90	100
Refrigeradora	6,000	80	100	100
Abanico (pequeños y grandes)	550	50	90	100
Plancha eléctrica	300	0	90	100
Camas matrimoniales	1,500	100	100	100
Camas personales	800	100	100	100

Con respecto a los electrodomésticos y cocinas sin horno es necesario indicar que estos se colocan encima de una mesa, repisa o estante de aproximadamente entre 80 cm a 1 metros del suelo y los conectores entre una altura 0.7 m o más debido al uso de extensiones eléctricas. Sin embargo, las camas y refrigeradora están al nivel del suelo y son dañados desde el momento que inicia la inundación.

Una vez asignados los porcentajes de afectación (Tabla 6.8), se calculó el valor del daño correspondiente a cada bien mueble. El monto obtenido se dividió por el número de viviendas habitadas que existe en cada barrio para obtener el valor de los daños para una vivienda y finalmente, se obtuvo para cada altura de lámina de agua, el monto de los daños económicos en una vivienda ubicada en un barrio con vulnerabilidad alta, valorada en número de salarios mínimos. Una vez obtenido estos datos se construyó la gráfica donde el eje ‘x’ corresponde a los valores de altura de lámina de agua y en el eje ‘y’ los daños económicos en unidades del salarios mínimo promedio por día (Figura 6.13).

Tabla 6.8. Costos de los daños en córdobas provocados por las inundaciones de las viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social alta.

Nombre del barrio	Altura de lámina de agua (m)		
	0.6	1	1.5
Villa Vallarta	4,130	9,038	9,411
Sector O. Vallarta	4,366	9,350	9,723
Rio Borbollon	4,331	9,293	9,667
Rio Lodoso	4,360	9,336	9,710
Rio Santa Elena	4,638	10,478	10,900
Jorge Ulises Cardoso	4,369	9,448	9,832
Ramón Sánchez	4,356	9,366	9,741
Sector E. zona Franca Industria	4,422	9,599	9,985
José Benito Escobar	4,309	9,249	9,621
Anexo José Benito Escobar	4,814	10,634	11,044
Anexo N. La Primavera (El Chorizo)	4,313	9,263	9,636
El Potrero (Anexo La Primavera)	4,341	9,311	9,685
Las Torres	4,308	9,257	9,629
Benedicto Valverde (Quinta Nina)	4,309	9,249	9,621
Manchester	4,310	9,261	9,633
Acahualinca	4,310	9,252	9,624
Bajos de Acahualinca	4,361	9,372	9,751
Chureca	4,327	9,299	9,672
Anexo Las Brisas (Los Martínez)	4,310	9,254	9,626
Los Martínez sector O.	4,329	9,293	9,666
Costos máximo (C\$)	4,814	10,634	1,104
Costos mínimos (C\$)	4,130	9,038	9,411
Costos más probables (C\$)	4,366	9,430	9,809
Max (No. de S.M.)	49	107	112
Min (No. de S.M.)	42	91	95
MP (No. de S. M.)	43	94	97

No. de S. M. = Número de salarios mínimos del 2011.

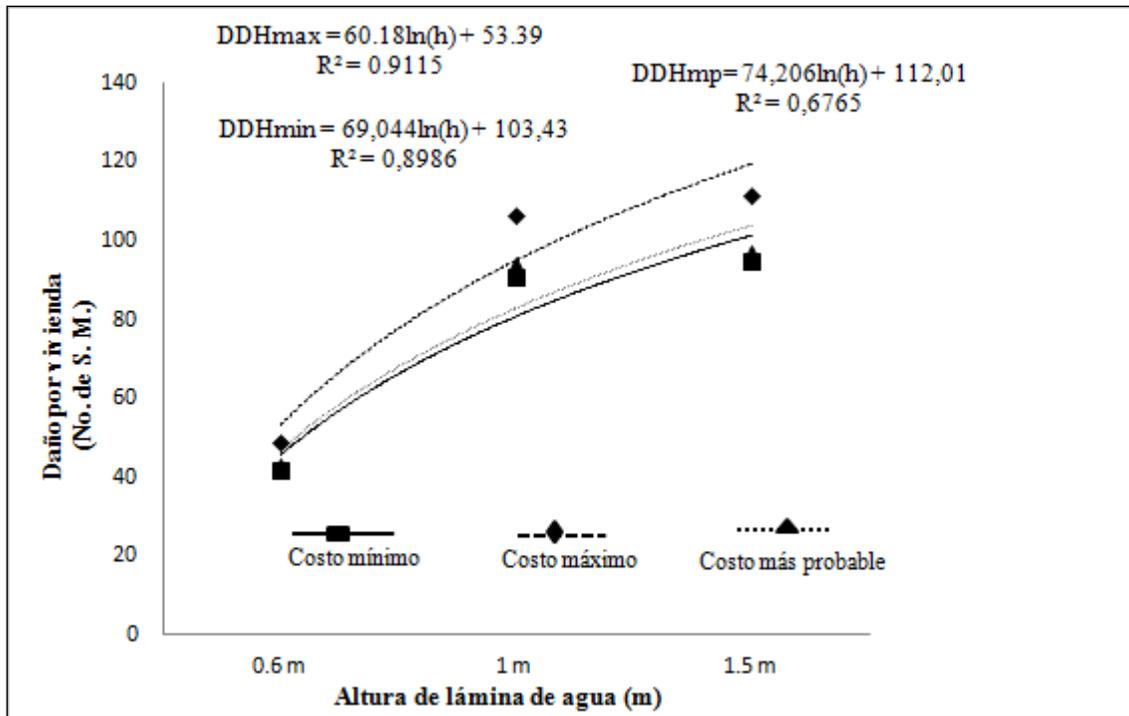


Figura 6.13. Curva de daños potenciales en zonas habitacionales con un índice de vulnerabilidad alto.

Tomando en cuenta esta gráfica se obtuvo el coeficiente de determinación (R^2), que en este caso correspondió a un ajuste logarítmico con un coeficiente de determinación de 0.9 para el costo máximo, 0.89 para el costo mínimo y 0.67 para el costo más probable. Esta ecuación de modelo logarítmico permitió calcular los daños potenciales directos, expresados en número de salarios mínimos diarios para una altura de lámina determinada (Tabla 6.9).

La gráfica demuestra que a medida que va aumentando el nivel de la lámina de agua en la vivienda se incrementa el costo de los daños de los bienes muebles hasta finalizar con el daño completo de las estructuras de las viviendas lo que significa una afectación del 100%.

Tabla 6.9. Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales.

Vulnerabilidad social	Ecuación	R ²
Alta	DDHmax = 81.467ln (h) + 112.34	0.91
	DDHmin = 69.044 ln (h) + 103.43	0.89
	DDHmp = 74.206 ln (h) + 112.01	0.67

Donde:

R² = Coeficiente de determinación.

DDHmax = Daños directos en zonas habitacionales. Costo máximo

DDHmin = Daños directos en zonas habitacionales. Costo mínimo.

DDHmp = Daños directos en zonas habitacionales. Costos más probables.

h = Altura de la lámina de agua.

El valor del coeficiente de determinación R², demuestra cuánto es de representativa la ecuación para interpretar los datos, de manera que un valor próximo a 1 indica que la ecuación puede expresar, en un alto porcentaje, el comportamiento de estos datos (Baro, 2010).

b) Zonas habitacionales ubicadas en barrio con vulnerabilidad social media

El tipo de cálculo de la curva de daños potenciales para viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social media fue el mismo que el anterior proceso, a diferencia de que en esta categoría de vulnerabilidad se incluyó un electrodoméstico (equipo de DVD o VHS) más y los costos variaron. En este caso se tomó un promedio de los costos tomados de los mercados y almacenes comerciales.

En la tabla 6.10 se presenta la relación de bienes muebles y el precio promedio unitario de cada uno de estos, así como el porcentaje de afectación para las diferentes alturas de lámina de agua determinada (0.6 m, 1m, 1.5 m). Posteriormente se obtuvo el valor de los daños (en

córdobas) ocasionado por las inundaciones de los bienes muebles y su equivalencia en número promedio de salarios mínimos diarios para el año 2011 (Tabla 6.11).

Tabla 6.10. Porcentaje de afectación por inundación de bienes muebles de las viviendas de grado de vulnerabilidad media.

Bienes en la vivienda	Precio promedio unitario (córdobas)	Altura de la lámina de agua (metro)		
		0.6	1	1.5
Radio/ Grabadora	3,850	0	90	100
Cocina sin horno de 4 y 2 quemadores	709	0	90	100
Equipo de sonido	5,097	0	80	100
Televisor	3,198	0	90	100
Refrigeradora	6,743	80	100	100
Abanico (pequeños y grandes)	608	50	90	100
Equipo de DVD	1,226	0	0	100
Plancha eléctrica	404	0	90	100
Camas matrimoniales	4,201	100	100	100
Camas personales	3,350	100	100	100

Tabla 6.11. Costos de los daños en córdobas provocados por las inundaciones de las viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social media.

Nombre de barrios con vulnerabilidad social media	Altura de lámina de agua (m)		
	0.6	1	1.5
Sector paseo Las Brisas	78,965	169,871	186,002
Anexo Santa Clara (Costa del Lago)	1,674,626	3,549,463	3,872,826
Cauce de Santa Clara	145,874	302,721	329,817
José Dolores Estrada	2,686,090	5,697,675	6,216,574
Norte José Dolores Estrada	192,984	408,345	445,813
Eduardo Ordoñez (José Dolores Estrada)	231,388	488,716	532,891
Carlos Reyna los Pescadores	758,575	1,787,852	1,953,737
Costo máximo (C\$)	2,686,090	5,697,675	6,216,574
Costo mínimo (C\$)	78,965	169,871	186,002
Costo más probable (C\$)	460,770	979,399	1,069,159

Máximo (No. de S. M.)	27,075	57,430	62,661
Mínimo (No. de S. M.)	796	1,712	1,875
Más probable (No. de S. M.)	4,644	9,872	10,777

Tomando en cuenta estos datos se elaboraron las curvas de daños potenciales por inundación para las viviendas que comprenden los barrios que se encuentran dentro del índice de vulnerabilidad medio (Figura 6.14), donde se obtuvo para cada curva un ajuste logarítmico, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.94 para la curva de costo máximo, 0.94 para costos mínimos y 0.94 para costo más probable (tabla 6.12).

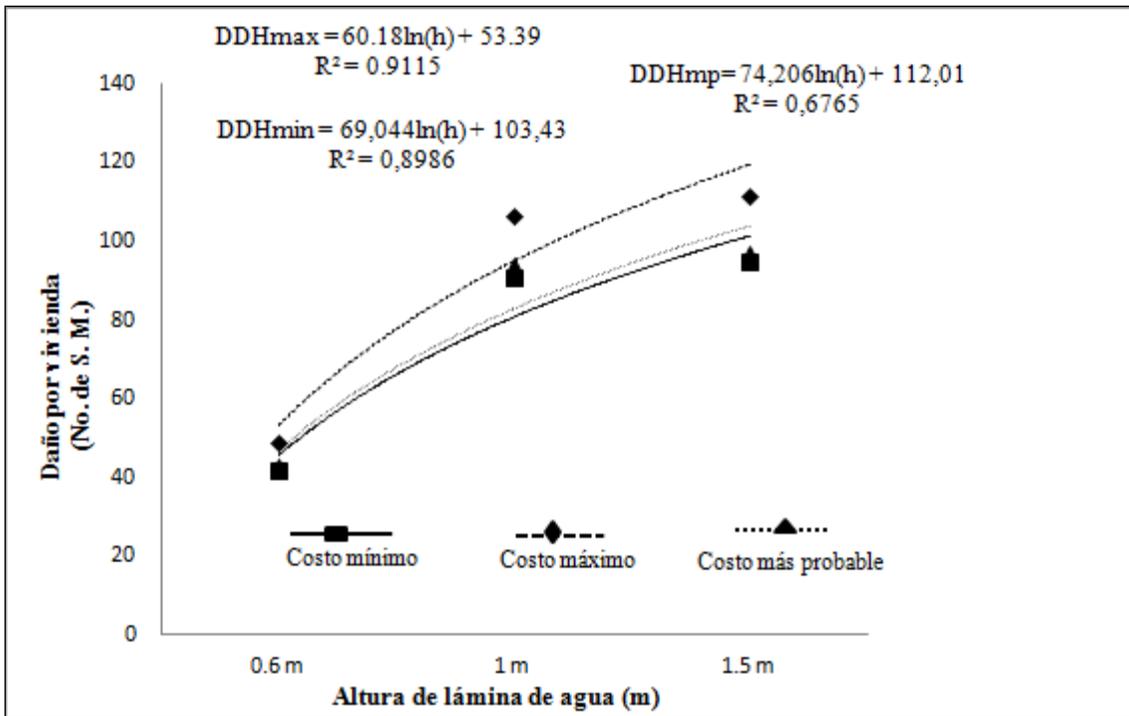


Figura 6.14. Curvas de daños potenciales por inundación para un índice de vulnerabilidad medio.

Tabla 6.12. Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales.

Vulnerabilidad social	Ecuación	R²
Medio	$DDH_{max} = 33619 \ln (h) + 28976$	0.94
	$DDH_{min} = 1018.7 \ln (h) + 852.58$	0.94
	$DDH_{mp} = 5793.5 \ln (h) + 4970.8$	0.94

Donde:

R^2 = Coeficiente de determinación.

DDH_{max} = Daños directos en zonas habitacionales. Costo máximo

DDH_{min} = Daños directos en zonas habitacionales. Costo mínimo.

DDH_{mp} = Daños directos en zonas habitacionales. Costos más probables.

h = altura de la lámina de agua.

c) Zonas habitacionales ubicada en barrios con índice de vulnerabilidad bajo

Para construir la curva de daños potenciales para viviendas dentro de este nivel de vulnerabilidad se utilizó la misma metodología. La única variable diferente fue que la cocina que se consideró es de 4 quemadores con horno, además de que se incluyó otro electrodoméstico (licuadora), ya que este tipo de hogares tienen un mejor ingreso económico y por consiguiente se estimó una mayor cantidad de bienes muebles.

En la tabla 6.13 se presenta la relación de bienes muebles, el costo unitario de cada uno de estos y el porcentaje de afectación para las diferentes alturas de lámina de agua (0.6 m, 1 m, 1.5m). Asimismo, se incluye el valor o costos de estos daños (en córdobas) en las viviendas y su relación en número de salarios mínimos diarios de los barrios que se encuentran dentro de este rango de vulnerabilidad baja (Tabla 6.14).

Tabla 6.13. Porcentaje de afectación por inundación de bienes muebles de las viviendas con grado de vulnerabilidad baja.

Bienes en la vivienda	Precio promedio unitario (córdobas)	Altura de la lámina de agua (metro)		
		0.6	1	1.5
Radio/ Grabadora	3,850	0	90	100
Cocina de 4 quemadores con horno	4,762	70	100	100
Equipo de sonido	5,097	0	80	100
Televisor	3,198	0	90	100
Refrigeradora	6,743	80	100	100
Abanico (pequeños y grandes)	608	50	90	100
Equipo de DVD	1,226	0	0	100
Plancha eléctrica	404	0	90	100
Licuada	1,048	0	90	100
Camas matrimoniales	4,201	100	100	100
Camas personales	3,350	100	100	100

Tabla 6.14. Costos de los daños en córdobas provocado por las inundaciones de las viviendas ubicadas en barrios con vulnerabilidad social baja.

Nombre del Barrio con índice de vulnerabilidad baja	Altura de lámina de agua (m)		
	0.6	1	1.5
La Bolsa No. 2	783,762	1,521,012	1,842,963
Sector Costero del Lago	329,171	638,165	772,229
Jardines de Santa Clara	1,096,351	2,131,923	2,586,616
Sector Jardines de Santa Clara	204,625	392,927	472,282
Sector E. Jardines de Santa Clara	290,666	560,122	675,950
Costo máximo (C\$)	1,096,351	2,131,923	2,586,616
Costo mínimo (C\$)	204,625	392,927	472,282
Costo más probable (C\$)	335,215	452,823	781,919
Máximo (No. de S. M.)	11,050	21,488	26,072
Mínimo (No. de S. M.)	2,063	3,961	4,760
Más probable (No. de S. M.)	3,370	4,564	7,881

Una vez obtenidos los resultados de estas tablas, se prosiguió a graficar la curva de daños potenciales por inundación (Figura 6.15), ajustando un modelo logarítmico con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.99 para la curva que muestra los costos máximos, 0.99 para la curva de costos mínimos y finalmente 0.83 para la curva de costos más probables (Tabla 6.15).

Tabla 6.15. Ecuaciones obtenidas de las curvas de daños potenciales directos en zonas habitacionales.

Vulnerabilidad social	Ecuación	R^2
Bajo	$DDH_{max} = 13823 \ln(h) + 11281$	0.99
	$DDH_{min} = 2485.4 \ln(h) + 2110.2$	0.99
	$DDH_{mp} = 3840.7 \ln(h) + 2980.8$	0.83

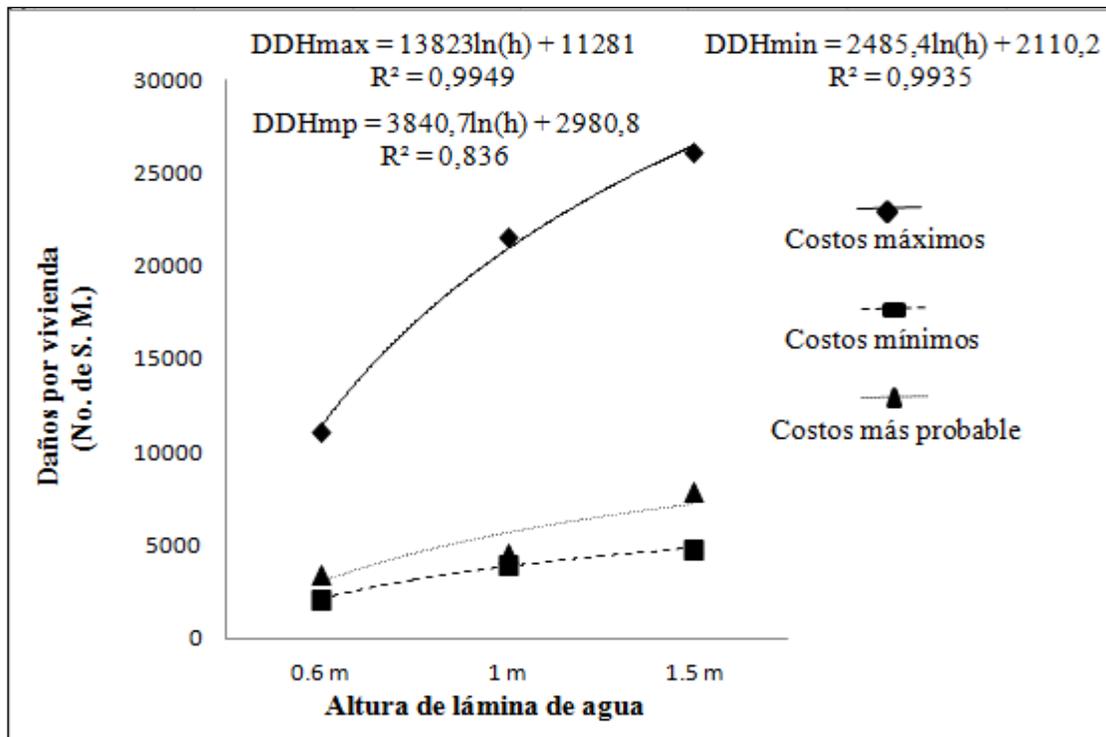


Figura 6.15. Curvas de daños potenciales por inundación para un índice de vulnerabilidad bajo.

Tomando como base las curvas para los diferentes niveles de vulnerabilidad (alta, media y baja), se estimaron los costos máximos, mínimos y más probables ocasionados por daños directos en una vivienda con alturas de láminas de 0.6 m, 1 m, y 1.5 m. 1

Posteriormente estos valores se multiplicaron por la cantidad de viviendas afectadas y por el número de salarios mínimos correspondientes al 2011, como se expresa en la tabla 6.17.

Tabla 6.17. Costo máximo, mínimo y más probable de los daños ocasionados por las inundaciones en salario mínimo y córdobas para alturas de laminas de 0.6, 1 y 1.5 m.

Altura de lámina (m)	Índice de vulnerabilidad	Fórmula	No. de viviendas	Número de Salarios Mínimos (S.M.)	Córdobas
0.6		$DDH_{max} = 81.467 \ln(0.6) + 112.34 = 70.72$	6,038	42,7007	4,236,3400.1
		$DDH_{min} = 69.044 \ln(0.6) + 103.43 = 68.16$		411,550.08	40,829,883.4
		$DDH_{mp} = 74.206 \ln(0.6) + 112.01 = 74.10$		447,415.8	44,388,121.5
1	<i>Vulnerabilidad alta</i>	$DDH_{max} = 81.467 \ln(1) + 112.34 = 112.34$		678,308.92	67,295,027.9
		$DDH_{min} = 69.044 \ln(1) + 103.43 = 103.43$		624,510.34	61,957,670.8
		$DDH_{mp} = 74.206 \ln(1) + 112.01 = 112.01$		676,316.38	67,097,348.0
1.5		$DDH_{max} = 81.467 \ln(1.5) + 112.34 = 145.3$		877,321.4	87,039,056
		$DDH_{min} = 69.044 \ln(1.5) + 103.43 = 131.4$		793,393.2	78,712,539.3
		$DDH_{mp} = 74.206 \ln(1.5) + 112.01 = 142.09$		857,939.4	85,116,169.8
0.6		$DDH_{max} = 33619 \ln(0.6) + 28976 = 11802.5$	808	9,536,420	946,108,228.2

		$DDH_{min} = 1018.7 \ln(0.6) + 852.58 = 332.2$	268,417.6	26,629,710
		$DDH_{mp} = 5793.5 \ln(0.6) + 4970.8 = 2011.3$	1,625,130.4	161,229,186.9
1	<i>Vulnerabilidad media</i>	$DDH_{max} = 33619 \ln(1) + 28976 = 28976$	23,412,608	2,322,764,839.6
		$DDH_{min} = 1018.7 \ln(1) + 852.58 = 852.5$	688,820	68,337,832.2
		$DDH_{mp} = 5793.5 \ln(0.6) + 4970.8 = 4970.8$	4,016,406.4	398,467,678.9
1.5		$DDH_{max} = 33619 \ln(1.5) + 28976 = 42607.3$	34,426,698.4	3,415,472,748.2
		$DDH_{min} = 1018.7 \ln(1.5) + 852.58 = 1265.6$	1,022,604.8	101,452,622.2
		$DDH_{mp} = 5793.5 \ln(1.5) + 4970.8 = 7319.8$	5,914,398.4	586,767,465.2
0.6		$DDH_{max} = 13823 \ln(0.6) + 11281 = 4219.8$ 245	1,033,851	102,568,357.71
	<i>Vulnerabilidad baja</i>	$DDH_{min} = 2485.4 \ln(0.6) + 2110.2 = 840.5$	205,922.5	20,429,571.2
		$DDH_{mp} = 3840.7 \ln(0.6) + 2980.8 = 1018.8$	249,606	24,763,411.26
1		$DDH_{max} = 13823 \ln(1) + 11281 = 11281$	2,763,845	274,201,062.4
		$DDH_{min} = 2485.4 \ln(1) + 2110.2 = 2110.2$	516,999	51,291,470.7
		$DDH_{mp} = 3840.7 \ln(1) + 2980.8 = 2980.8$	730,296	72,452,666
1.5		$DDH_{max} = 13823 \ln(1) + 11281 = 16885.7$	4,136,996.5	410,431,422.7
		$DDH_{min} = 2485.4 \ln(1) + 2110.2 = 1217.9$	298,385.5	29,602,825.4

Tomando en cuenta las estimaciones de los costos de los bienes muebles afectados por las diferentes alturas de láminas se puede tener un valor aproximado por barrio o vivienda derivado de los daños (en córdobas) originados por una inundación. Asimismo, es factible obtener una estimación del valor total de los daños pre y post evento al momento de realizar un análisis para la prevención y mitigación del desastre.

Como se logra apreciar la propuesta metodológica de valoración económica de los daños potenciales tangibles provocados por una inundación en México presentada por Baró (2010), resultó aplicable para el municipio de Managua, gracias a la cual fue posible estimar los daños tangibles directos provocados por una inundación en zonas habitacionales localizadas en el rango de amenaza alta. Sin embargo, no se determinaron los daños directos en zonas agrícolas y daños totales habitacionales y zonas agrícolas por falta de información apropiada para dicho cálculo. Esto no implica que no sea posible obtener buenos resultados para este tipo de áreas. Esta metodología puede ser aplicada en otras zonas de la República de Nicaragua siempre y cuando se cuente con la información mínima requerida para este tipo de evaluación.

Discusión

Los desastres originados por fenómenos hidrometeorológicos son cada vez más recurrente a nivel mundial. Esta situación ha generado cuantiosas pérdidas humanas y materiales. Estos fenómenos hidrometeorológicos están fuertemente relacionados con el espacio geográfico, así como con la dinámica geomorfológica. De manera particular estos desastres están interrelacionados al incremento demográfico que genera el desarrollo de asentamiento humanos a orillas de cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, etc.).

Actualmente a nivel mundial existen muchas investigaciones centradas en las inundaciones en zonas urbanas, así como de sus consecuencias directas e indirectas. Entre los ejemplos de las mismas se pueden destacar las realizadas en La Trinidad, al noroeste de Nicaragua, a partir del análisis geomorfológico (Furdada *et al.*, 2008); en Tecolutla, Veracruz, México aplicando criterios morfológicos y análisis estadísticos complementado con técnicas de percepción remota (Garnica y Alcántara, 2004); en Brasilia donde se aplicó una metodología basada en el uso de curvas de nivel de daños por inundación en los sectores de vivienda comercio y servicios (Nascimento *et al.*, 2007); y en la cuenca Lerma-Chapala, México, donde se aplicó un modelo matemático para la estimación del costo más probable generado por una inundación (Baró *et al.*, 2011). Este tipo de técnicas utilizadas para el análisis de inundaciones en zonas urbanas fue aplicado en el municipio de Managua debido a que es una zona donde frecuentemente se generan desastres concernientes a este tipo de amenaza.

Los elementos morfométricos, estructurales y tectónicos fueron cardinales para realizar el análisis morfológico del municipio de Mangua. Este municipio se encuentra bajo la influencia tectónica del Graben de Managua constituido por numerosas fallas activas locales y regionales, conos, cráteres, maares, etc., estructuras y formas que modelan el relieve del área. A partir de este análisis morfológico, así como de la información recopilada en gabinete y la obtenida en campo se determinaron doce zonas morfotectono – volcánicas, las cuales se utilizaron como base para la elaboración de la cartografía de riesgos a inundaciones.

Además de los factores geológicos activos y pasivos que le han dado origen a su morfología, a lo largo de su historia se ha producido un proceso de urbanización acelerado obligado por los problemas políticos (conflictos armados internos), desastres y migración del campo a la ciudad derivada del proceso de industrialización y la revolución en los años 80. Es a consecuencia de su historia que el área ha experimentado un cambio de uso de suelo acelerado, debido a que las zonas planas o valles y las costas del lago Xolotlán que antes se utilizaban para agricultura, actualmente están poblados por numerosos barrios y asentamientos humanos espontáneos. Aunado a ello es importante señalar que la parte alta de la cuenca ha sido deforestada debido a la expansión urbana de las clases sociales altas y medias, lo que evidentemente ha generado la alteración de la dinámica de la cuenca (impermeabilización) y ha conllevado al mal manejo del uso del suelo.

Todo lo anterior ha favorecido el aumento de la escorrentía superficial, por lo que se genera un incremento en el caudal de los cauces que drenan al lago. De igual manera, el sistema de alcantarillado que conforma la red de drenaje del municipio de Managua presenta deficiencia tanto en su capacidad como en su mantenimiento, lo que induce el aumento de la vulnerabilidad ante inundaciones en la época de invierno.

Debido a la historia de la evolución de la trama urbana del municipio de Managua y su morfología, se realizó un análisis de vulnerabilidad social ante inundaciones tomando como referencias los elementos principales de infraestructura de las viviendas y las características de la población y hogares generada por el censo del 2005, a partir de lo cual fue posible determinar cinco rangos de vulnerabilidad disgregados en la mancha urbana.

Lo anterior con el propósito de tener un aproximado de las curvas de costos probables de daños en las zonas habitacionales generado por las inundaciones. Cabe señalar sin embargo que esta metodología solamente se aplicó en los barrios que se encuentran en la llanura de inundación del lago Xolotlán, debido a que éstos son los más afectados por las lluvias durante la época de invierno o bien por ondas y/o tormentas tropicales, huracanes, etc.

Los datos obtenidos de los costos probables por inundación son sólo estimaciones, ya que cuando han ocurrido desastres, algunas familias han sido evacuadas antes de perder todos

sus bienes muebles. En este ejercicio tampoco fue posible incluir los daños estructurales ocasionados al puerto Salvador Allende, plaza Carlos Fonseca, Concha Acústica, estaciones de re-bombeo del lago, etc.

A pesar de que en el área las precipitaciones máximas registrada en 50 años han sido generadas por el huracán Mitch y que existe un estudio de amenaza por inundaciones elaborado por el INETER del municipio de Managua, cada año la población del área es afectada por las lluvias de invierno provocando pérdidas humanas y materiales. Tal situación está relacionada con el hecho de que la zona de alta amenaza a inundaciones fue delimitada considerando una distancia del máximo histórico del nivel del lago, pero actualmente esta distancia no es suficiente para disminuir el riesgo, además de que los habitantes de estos barrios ubicados en la llanura de inundación del lago, muchas veces no conocen un plan de prevención y mitigación, ni tampoco los albergues que corresponden a su barrio en caso de emergencia.

Actualmente se declararon inhabitables las zonas costeras comprendidas dentro de la cota 42.76 m.s.n.m., la extensión afectada es de 6.82 km², conformada por nueve asentamientos humanos espontáneos del distrito I, 11 barrios/ asentamientos humanos espontáneos del distrito II, cinco barrios del distrito IV y 11 barrios que conforman el distrito VI. Sin embargo, a pesar de la existencia de dicho decreto, de acuerdo con algunos medios informativos (La prensa, Nuevo Diario, etc.) existen cientos de familias ubicadas en la llanura de inundación del lago y los cauces, de los cuales presumiblemente ya habían sido reubicados en albergues o nuevos terrenos.

Con el actual gobierno de izquierda, muchos de los habitantes que se encontraban en albergues a causa del invierno del 2010, fueron beneficiados con nuevas propiedades, ubicadas en el municipio de ciudad Sandino y terrenos baldíos al Este del casco urbano. Estas áreas estaban destinadas para la agricultura y se caracterizan por presentar pendientes < 1° grado, denominada en este trabajo como zona VI (zona morfotectono – volcánica del aeropuerto). El límite de esta zona, es un escarpe de falla llamado Mateares, donde la

escorrentía superficial de dicha estructura drena a las partes bajas para luego desembocar al lago Xolotlán.

Conclusiones

En el presente trabajo se delimitaron doce zonas morfotectono – volcánicas, tomando como base los elementos morfoestructurales y morfométricos que caracterizan el área de estudio. Dicha delimitación puede ser utilizada como base para futuros estudios geomorfológicos.

Otro aporte significativo fue la elaboración del mapa de vulnerabilidad social del municipio, el cual es una herramienta importante para los tomadores de decisiones al momento de la elaboración de un plan para prevención y mitigación, y gestión de riesgo de desastre asociado a amenazas hidrometeorológicas.

La elaboración del mapa de riesgo a inundaciones, es una pieza importante para delimitar los barrios que son más susceptibles a inundaciones, así como también un insumo primordial en el ordenamiento territorial. Actualmente es evidente que las zonas susceptibles a inundación se han expandido en gran medida en comparación con la zonificación de la amenaza elaborada por el INETER (2003).

La metodología utilizada para el cálculo de los daños económicos provocados por una inundación en las zonas habitacionales ubicadas en la llanura de inundación del lago Xolotlán, es una herramienta útil para la estimación de los posibles costos de daños, pre y post desastre. Este instrumento es de gran beneficio para las instituciones gubernamentales tanto locales como regionales, encargadas en la gestión de riesgo en el municipio de Managua.

Recomendaciones

1. Realizar estudios detallados en cada zona morfotectono– volcánica establecida con la finalidad de definir con mayor precisión la geomorfología de Managua.
2. Elaborar un estudio geomorfológico detallado en la llanura de inundación del lago Xolotlán.

-
3. Efectuar estudios posteriores a detalle relacionados con el análisis de vulnerabilidad social, en el cual sea factible contar con información local y poder realizar dicho análisis a nivel de barrio.
 4. Realizar un inventario de bienes muebles por vivienda e incluir infraestructura vial ubicada dentro del rango de amenaza alta para poder generar la estimación exacta de costos por daños asociados a inundaciones.
 5. Realizar un estudio detallado de la afectación de los cultivos para poder generar escenarios de costos por daños derivados de inundaciones.

Bibliografía

- Aguirre, R., y Salmerón, O. (2010), “Detección de cambio de uso del suelo y vegetación, Atlas Regional, del impacto derivado de las actividades petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz, México”. UNAM, Instituto de Geografía, SEMARNAT, pp.41.
- ALMA (2003), “Ficha Municipal del Municipio de Managua, Nicaragua”.
<http://www.inifom.gob.ni>
- ALMA (2005), “Características generales del Municipio de Managua por distrito”.
- ALMA (2007), Conceptos de tipología habitacional de los asentamientos humanos del municipio de Managua, pp 1-3.
- ALMA (2009), “Datos poblacionales de barrios y distritos”. Dirección General del Medio Ambiente y Urbanismo, Departamento de planeamiento Urbano, Managua, Nicaragua.
- ALMA “Valor estimado de mercado por m² según tipología constructiva”, Catastro Municipal, Managua.
- Alcántara-Ayala, I. (2002), “Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries”. *Geomorphology* 47, 2002, pp 107-124.
- Alcántara-Ayala, I., Esteban – Chávez O., y Parrot J.F. (2005), “Landsliding related to land-cover change: A diachronic analysis of hillslope instability distribution in the Sierra, Norte, Puebla, Mexico.” *CATENA*, pp. 14.
- Alcántara-Ayala, I. (2010), *Disasters in Mexico and Central America: A Little bit more than a Century of Natural Hazards*, Elsevier, *Developments in earth surface processes*, Vol. 13, ISSN: 0928-2025, pp. 75-97.
- Álvarez, A. *et al.*, (1999). El Huracán Mitch en Nicaragua, *Crónicas de desastres Huracanes Georges y Mitch 1998*, pp. 191-235.
- Álvarez, A. (2002), “Estudio geológico para el reconocimiento de fallas superficiales (planchas topográficas San Isidro La Cruz Verde y Esquipulas)”. Informe INETER. Managua, Nicaragua.

-
- Avellán, D. (2009), “Tefroestratigrafía de la parte occidental de Managua, Nicaragua: Evolución de las estructuras volcánicas de Ticomo, Nejapa y Asososca.” Tesis de maestría, Instituto de Geofísica, UNAM-México.
- Avellán, D. *et al.*, (2011), “Stratigraphy, geomorphology, geochemistry and hazard implications of the Nejapa Volcanic Filed, western Managua, Nicaragua”, *Journal Volcanology and Geothermal Research*, (en proceso de publicación).
- Barahona, M. (2002), “La expansión del área metropolitana de Managua, Nicaragua”. Ponencia presentada al seminario centroamericano sobre aperturas económicas. Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente (PNUMA).
- Barquero, I., Wheelock, R., *et al.*, (2000), “Desastres Naturales de Nicaragua”. Guía para conocerlos y prevenirlos, edición HISPAMER, Managua, pp. 278, ISBN: 99924-33-56-6.
- Baró, S. (2010), “Conceptualización, desarrollo y validación de una metodología para la valoración económica de los daños potenciales tangibles provocados por una inundación, Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Filosofía y Letras, Posgrado en Geografía, pp. 164.
- Baró, S. *et al.*, (2011), “Costos más probables de daños por inundación en zonas habitacionales de México” (En proceso de publicación).
- Banco Central de Nicaragua (2008), “Memoria Anual”. Managua, Nicaragua.
- Bice, D. (1985), “Quaternary volcanic stratigraphy of Managua, Nicaragua: Correlation and source assignment for multiple overlapping pliniana deposits”. *Geological Society of America Bulletin*, Vol. 96, pp. 553-566.
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I., Wisner, B. (1996), “Vulnerabilidad, El entorno social político y económico de los desastres”, LA RED.
- Borja R., C. (2003), “Análisis de susceptibilidad y riesgos asociados a procesos de remoción en masa en Zacapoaxtla, Puebla, México”. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, pp. 120.
- Cardona, O. (1993), “Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo”. LA RED. 1-15 pp.

-
- Cardona, O. (1996), “El manejo de riesgos y los preparativos para desastres: Compromiso institucional para mejorar la calidad de vida”. LA RED. Desastre modelo para Armar, colección de piezas de un rompecabezas social, Ed. Elizabeth Mansilla, p. 128-142.
- Cardona, O. (2001), “La Necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: Una crítica y una revisión necesaria para la gestión”. LA RED.
- Castilla, T., J. (2007), “Indicadores de vulnerabilidad a desastres en las Sierras Norte y Noreste de Puebla”. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Filosofía y Letras, Mayo 2007.
- Castillo, M., E. (1992), “Estudio Agroecológico de la región III y su aplicación al desarrollo agropecuario”. Agencia finlandesa para el desarrollo internacional (FINNIDA).
- Carr, M., *et al.*, (2003), “Volcanism and geochemistry in Central America: Progress and problems”. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 138, pp. 153-173.
- Chardon, A. (1998), “Crecimiento urbano y riesgo naturales: Evaluación de la vulnerabilidad global en Manizales, Andes de Colombia”, *Desastres y sociedad*, No. 9, año 6, pp. 2-22.
- Chuvieco, E. (2002), “Teledetección ambiental, la observación de la tierra desde el espacio”, ed. Ariel S. A., ISBN: 84-344-8047-6.
- Chávez, V.,M., Hansen, F., y Quesada, D. (1973), “Isosistas de Managua, Terremoto del 23 de diciembre”. Catastro e Inventario de Recursos Naturales, Ministerio de economía, industria y comercio, Managua.
- CENAPRED (2004), “Inundaciones”, Serie: Fascículos. ISBN: 978-970-821-002-7.
- CEPAL (1982), “Nicaragua: Las Inundaciones de Mayo de 1982 y sus repercusiones sobre el desarrollo económico y social del País”.
- CEPAL (1996), “Los efectos del huracán Cesar sobre el desarrollo de Nicaragua en 1996”, versión en Español.
- CEPAL (2002), “Reformas económicas, medio ambiente y urbanismo”. p. 103.

-
- CEPAL (2005), “Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originadas por amenazas socio-naturales, Santiago de Chile”., pp. 15-1, 138 pp.
- CEPAL (2006), “Estrategia municipal para la intervención integral de asentamientos humanos espontáneos de Managua, Nicaragua”. p. 118.
- CIERA (1983), “El fenómeno de la tercerización de la economía en Nicaragua”.
- CIERA-UNRISD (1984), “Distribución y consumo popular en Managua”.
- Comisión Nacional de Salario Mínimo (2011), “Aplicación de los salarios mínimos aprobados por la comisión nacional de salario mínimo”, acuerdo ministerial JCHG-06-08-11, Ministerio del trabajo.
- Cruz, M. (1990), “Características climáticas del departamento de Managua”. Dirección de Aplicaciones de Meteorología, INETER.
- Dévoli, G. (2002), “Reseña de los estudios geológicos recopilados para el proyecto de las fallas geológicas de Managua”. Informe, INETER, Managua, Nicaragua.
- De Franco, S. (1979), “Sector Informal Urbano en Nicaragua”, Tesis Doctoral, Wisconsin University.
- DeMets, Ch. (2001), “A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central America volcanic arc”. Geophysical Research Letters.
- ECLAC (1999), “Nicaragua: Assessment of the Damage caused by hurricane Mitch, 1998, Implications for economic and social development and for the environment”.
- EIGH (2006-2007), “Encuesta ingreso y gastos de los hogares”, Banco central de Nicaragua, pp. 290.
- EM-DAT (2011), The International Disaster Database, Center for Research on the Epidemiology of Disaster-CRED, <http://www.emdat.be/search-details-disaster-list>
- ERN (2008), “Evaluación de Riesgos Naturales, América Latina, Enfoque Integral para el Análisis probabilística del Riesgo, Nicaragua”.
- ERN (2009), Aplicación del sistema de indicadores de Riesgo de Desastres y de Gestión de riesgo 2005 – 2007, Indicadores de riesgo de desastres y gestión de riesgo (BID-IDEA-ERN), Programa para América Latina y el Caribe, Nicaragua.

-
- Espinoza, F. J. (2007), "Neotectónica de la falla Nejapa, porción oeste del graben de Managua, Nicaragua". Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 83.
- Frischbutte, A. (2002), "Structure of the Managua Graben, Nicaragua, from remote sensing images", *Geofísica Internacional*, Vol. 41, Num. 2, pp 87-102.
- Freundt, A., Kutterolf, S., Wehrmann, H., Schmincke, H., Strauch, W. (2006), "Eruption of the dacite to andesite zoned Mateare Tephra, and associated tsunamis in lake Managua, Nicaragua", *Journal Volcanology and Geothermal research*, Vol., 149, pp 103-123.
- Freundt, A., Hartmann, A., Kutterolf, S., Strauch, W. (2009), "Volcaniclastic stratigraphy of the Tiscapa maar crater walls (Managua, Nicaragua): implications for volcanic and seismic hazards and Holocene climate changes", Springer-verlag. DOI: 10.1007/s00531-009-0469-6.
- Furdada, G., Calderón, L., Marques, M. (2008), "Flood hazard map of La Trinidad (NW Nicaragua) method and results", *Nat Hazard* 45, pp. 183 – 195, DOI:10.1007/s11069-007-9156-8.
- Garnica, R. (2003), "Riesgos por inundaciones e inestabilidad de laderas en el Municipio de Tecolutla, Veracruz, México", (Tesis de licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Filosofía y Letras, colegio de geografía, p. 151 (pp 175).
- Garnica, R., Alcántara-Ayala, I. (2004), Riesgo por Inundación Asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del rio Tecolutla, Veracruz, *Investigaciones geográficas*, No. 055, pp. 23 – 45, ISSN: 0188-4611.
- García, A. (1993), "Enfoques teóricos para el estudio histórico de los desastres naturales", *Los desastres No son Naturales*, LA RED, p.128.
- Galiano, R. *et al.*, (2009), "Análisis de cambio de usos del suelo en la Vega de Granada correcciones radiométricas y evaluación del cambio", pp. 205-208, XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección.
- Galeano, T. (2000), "Apuntes sobre la Historia de Managua", ed. Aldilá, 280 pp.

-
- Girard, G., Van Wyk Vries, B. (2005), “The Managua Graben and Las Sierra-Masaya volcanic complex (Nicaragua); pull-apart localization by an intrusive complex: results from analogue modeling”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, pp 37-57.
- Gomáriz E. (1999), “Genero y Desastres: Introducción conceptual y criterios operativos”. La crisis del Huracán Mitch en Centroamérica, Costa Rica, Fundación Genero y Sociedad (GESO), p. 20. (247 pp)
- Guerrero, J. (1964), “Monografía de Managua”, Universidad Nacional Autónoma de Managua (UNAN).
- Hardy, S. (2003), “Processus de fragmentation urbaine et risques dits “naturels” dans La Ville de Managua (Nicaragua) ”, These de doctorat nouveau regimé en geographie.
- Hardy, S. (2009), “Modificar la definición del riesgo para la que la investigación sea verdaderamente aplicable, demostración a partir del caso de Managua”, *TRACE* 56, diciembre, 57-75 pp.
- Hecht, G. (1988), “Estudios químicos de las fuentes de agua para el abastecimiento de Managua con especial consideración de contenido de boro y fenoles”, Instituto Nicaragüense de estudios territoriales, Dirección de estudios básicos, Departamento de hidrogeología.
- Hernández, Moreno,G. (2011), *Procesos de Remoción en masa en Motozintla de Mendoza, Chiapas*, (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía, pp 90-91 (137 p.)
- Hernández, J. R. y Ortiz P., Arturo M. (2005), “Análisis morfoestructural de las cuencas hidrográficas de los ríos Sabana y Papagayo (Tercio medio-inferior), estado de Guerrero, México”, *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, Núm. 56, pp 7-25.
- Hernández, J. R. (2008), “Principios de fotointerpretación geomorfológica”, Instituto de Geografía UNAM.
- Icaza, L. (2008), “Características de los distritos del Municipio de Managua”, Dirección General del Medio Ambiente y Urbanismo, Alcaldía de Managua.
- IEA-MARENA (2001), “Informe del estado del Ambiente en Nicaragua”.

-
- INIDE (2005), “VIII Censo de población y IV vivienda”. Censo Nacionales Población, vivienda y hogar, Nicaragua.
- INIDE (2008), “Managua en Cifras”, Nicaragua.
- INETER (1997), “Microzonificación sísmica de Managua”, Reporte No. 3, Estudio de integración de datos geológicos geodésicos, sísmicos y geotécnicos en Managua, Nicaragua.
- INETER (1998), “Mitch Vs las lluvias provocadas durante el periodo de afectación de otros huracanes”.
- INETER (1999), “Características e impactos meteorológicos del Huracán Mitch en Nicaragua”, Dirección de Meteorología y Recursos Hídricos, Revista Internacional de Ciencias de la Tierra, ISSN: 1.131-9.100
- INETER (2003), “Base de datos de SIG-Geo-riesgo”, Managua, Nicaragua.
- JICA (1993), “Estudio sobre el proyecto de abastecimiento de agua en Managua”, Informe principal, Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados, Kokusai Kogyo, Co., Ltd, Tokyo.
- Kutterolf, *et al.*, (2007), “Late Pleistocene to Holocene temporal sucession and magnitudes of highly – explosive volcanic eruptions in west-central Nicaragua”, Journal of Volcanology and Geothermal research, Vol. 163, pp 55-82.
- Kuang, S. (1973), “Un estudio de campo del terremoto de Managua”, Informe No. 20, Catastro e Inventario de Recursos Naturales, División Geología, Managua, Nicaragua.
- Largaespada, J. (2008), “Fotos de Managua antes del terremoto y ahora en el siglo XXI”.
- La Femina, P., *et al.*, (2002), “Bookshelf faulting in Nicaragua”, Geological Society of America, Vol., 30, No., 8, pp. 751-54.
- Lavell, A. (1993), “Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: Un encuentro inconcluso”, Los desastres no son naturales ed. Andrew Maskrey LA RED, pp. 111-125.
- Lavell, A. (1999), “Un encuentro con la verdad: Los desastres en América Lantina durante 1998”, Artículo publicado en Anuario político y social de América Latina, Núm. 2. Secretaría general de la FLACSO.

-
- Lavell y Mansilla (2003), “Glosario de términos y nociones relevantes para la gestión del riesgo”, Anexo 1, Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América Central CEPREDENAC-PNUD Proyecto COPASA-GTZ.
- Lavell, A. (2005), “Antecedentes, formación y contribución al desarrollo de los conceptos, estudios y la práctica en el tema de los riesgos y desastres en América latina: 1980-2004”. La Red, p. 11.
- Lago, A. (1976), “Short-Term Post-Earthquake bus transit planning in Managua”, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Printed in the Netherlands, pp. 135-152.
- López – García (2007), “Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006-2007)”, Fondo para la conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN), México, D.F.
- MARENA/INAFOR (2002), “Guía de especies forestales de Nicaragua”, Orgut Consulting AB, 1era edición, Managua, Editora de Arte, S.A, 304 pp.
- Marshall, J. (2007), “the Geomorphology and Physiographic Provinces of Central America”, Central America: Geology, Resources and Hazard, Eds. Bundschuh & Alvarado pp 16-18.
- MAGFOR (2005), “Proyecto de Innovación y Aprendizaje en Forestería Sostenible”, (PROFOR), Banco Mundial (BN) e Instituto Nacional Forestal (INAFOR), Valoración Forestal Nicaragua, 2000, Ed. 1. Managua, Nicaragua, pp 190.
- Macías, M., J. (1993), “Perspectiva de los estudios sobre desastres en México”, Los desastres no son naturales, LA RED Mansilla, E. (1996), “Notas para una reinterpretación de los desastres”, Desastres Modelo para Armar, colección de piezas de un rompecabezas social, LA RED, p. 58.
- Mocellin, J. y Rogge, J. (1996), “Algunas dimensiones culturales, educativas y de salud mental de las características psicosociales de los desastres”, Desastres: Modelo para armar, colección de piezas de un rompecabezas social, LA RED, pp. 176-192.
- Morales, A. (2011), entrevista verbal, Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER), departamento de sismología.
- Montgomery, S., Heillemann, Ch. (1979), “Estudios hidrogeológico del área de las lagunas de Nejapa, Asososca y Acahualinca”, Republica de Nicaragua.

-
- Nascimento, N., *et al.*, (2007), The assessment of damage caused by floods in the Brazilian context, *Urban Water Journal*, vol. 4, No. 3, pp. 195 – 210.
- Normas Jurídicas de Nicaragua (2000), Ley creadora de los municipios de Ciudad Sandino y el Crucero, Ley No. 329, aprobada el 15 de diciembre de 1999.
- Núñez, O. (2000), ‘La economía popular asociativa y autogestionaria’, Managua, Nicaragua, 3era edición, pp. 287.
- Oliva, E., *et al.*, (2010), ‘Patrones espaciales de cambio de cobertura y uso del suelo en el área cafetalera de la Sierra Norte de Puebla’, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, Núm. 72, pp. 23-38.
- Pardo, N. (2008), ‘Estratigrafía e historial eruptiva del maar Asososca, Nicaragua’, (Msc. Thesis), México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pp 181.
- PAAEM (2001), ‘Diagnostico y propuesta preliminar de intervención de los asentamientos espontáneos de los sectores Nor-central y Sur Occidental’, Oficina de vivienda y Asentamientos Humanos, Managua.
- Peña, D. (1992), ‘Estadística. Modelos y métodos. 2. Modelo lineales y series temporales’, Madrid, Alianza, pp. 458-460. (745pp).
- Pereira, R. (2007), ‘Recopilación de la Información sobre la Biodiversidad de Nicaragua’.
- Pérez, M. (2005), ‘Reseña de: Aguaceros, aguaduchos e inundaciones en áreas urbanas alicantinas’, Universidad de Murcia, Eds. Gil O., Olcina C. y Amóros, R., *Papeles de Geografía*, No. 41-42, ISSN: 0213-1781, pp. 252-255.
- Pérez, W., and Freundt, A. (2006), ‘The youngest highly explosive basaltic eruptions from Masaya Caldera (Nicaragua): Stratigraphy and hazard assessment In’: Rose, W. I. Bluth, G. J. S. Carr, M.J. Ewert, J., Patino, L. C., Vallance, J. W. (Eds.), *Volcanic Hazards in Central America*, Geological, Society of America, Special Publication, pp 189-207.
- Pineda J., *et al.*, (2009), ‘Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación, en investigaciones geográficas’, *Boletín del Instituto de Geografía*, núm. 69, México, UNAM, p 34. Dirección URL:

-
- <http://www.ejournal.unam.mx/rig/RIG069/RIG000006903.pdf>, [consulta: 10 de junio 2011].
- Pinedo, A., Pinedo, A., Quintana, M., Martínez, S. (2007), “Análisis de áreas deforestadas en la región centro-norte de la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México”. Medio Ambiente y desarrollo sustentable, TECNOCiencias, vol. I, No. 1.
- Ramírez, S. (2008), “El recuerdo de Managua en la memoria de un poblano”, PAVSA, 320 pp.
- ReliefWeb (2011), “Briefing kit for UN country team in Nicaragua, 2010 September, Nicaragua: Inundaciones – Informe de No. 1, 2, 3, 4 y 5(<http://reliefweb.int/node/369226>)
- RENSIS II (2008), Evaluación de la Amenaza Sísmica en Centro-América. CEPREDENAC-NORSAR.
- Rivera, G. (2010), “Hydrogeological characterization of the Western part of Managua, Nicaragua, (Licentiate Thesis), Engineering Geology, Lund University, Sweden. ISBN:978-91-976848-5-9.
- Romero, G., Maskrey, A. (1993), “Como entender los desastres Naturales”, Los desastres No son Naturales, LA RED.
- Rozanski, K. (1999), “Water balance of lake Xolotlán: Assesment of groundwater inflow and outflow rates using isotope data”, Final report, IAEA technical Co-operation Project NIC/8/010, Vienna.
- Rupke, L., *et al.*, (2002), “Are the regional variation in Central American Arc lavas due to differing basaltic versus peridotitic slab sources of fluids?”, Geological Society of America, Vol., 30, No., 11, pp 1035 – 1038.
- Sanahuja, R. (1999), “El daño y la evaluación del riesgo en América central: Una propuesta metodológica tomando como caso de estudio a Costa Rica”, LA RED. PP 9-28.
- Secretaria de Obras Publicas (1973), Informe geológico del macro- sismo del 23 de diciembre de 1972, México.
- SINAPRED (2000), “Ley 337 y su Reglamento”, Aporte Preliminar.
-

-
- SINAPRED (2005a), “Datos sobre la tormenta tropical STAN y comisión sectorial de trabajo”, Informe, Managua.
- SINAPRED, (2005b), “Informe Huracán Beta”, Informe, Managua.
- Smith, O. (1994), “Perú, 31 de mayo, 1970: Quinientos años de desastre”. Desastres y Sociedad, Especial: Tragedia, cambio y desarrollo, LA RED, No.2, p. 4.
- Toscana, A. (2006), “Los paisajes del desastre”. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM), Facultad de Filosofía y letras.
- Vázquez, V. y Rocha, W. (2009), “Análisis de los cambios de cobertura de suelo derivados de la expansión urbana de la zona Metropolitana de la ciudad de México, 1990-2000”, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 68, pp. 85-101.
- Wilches-Chaux (1993), “Vulnerabilidad global”, LA RED. Los desastres no son naturales, compilador: Andrew Maskrey, pp. 11-39. <http://www.desenredando.org>.
- Woodward Clyde Cosultants (1975), “Investigation of Active faulting in Managua, Nicaragua & vicinity”, Vice Ministerio de Planificación urbana gobierno de la República de Nicaragua, Volumen I.