

Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, municipio Maracaibo, Venezuela

Lizetty Díaz-Borrego
Alina Rodríguez-Infante

Resumen

La investigación tuvo como propósito identificar las áreas vulnerables al riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, de la parroquia Francisco Eugenio Bustamante. La metodología aplicada consistió en la exploración de campo para inventariar riesgos de origen natural y antrópico, el análisis de muestras en el laboratorio para evaluar características físico-mecánicas de los suelos y la realización de sondeos geoelectrónicos para determinar la presencia de lentes acuíferas, la profundidad y espesor de los niveles de suelo. Se logró establecer tres áreas con distinto nivel de riesgo (alto, medio y bajo), estando el sector más vulnerable en el extremo noroeste de la comunidad, donde la probabilidad de ocurrencia de inundación es elevada y las personas se encuentran en peligro, tanto en el exterior como en el interior de las viviendas. Se constata que los principales factores que condicionan el riesgo por inundación en este sector están relacionados con las características del suelo, las condiciones hidrológicas, la pendiente del terreno, el socavamiento y la erosión y factores antropogénicos condicionados por la ausencia de ordenamiento territorial.

Palabras clave: estudios de vulnerabilidad y riesgo; riesgo por inundación; ordenamiento territorial; comunidad Pradera Alta; Venezuela.

Flood Risk Assessment in the Community of Pradera Alta, Municipality of Maracaibo, Venezuela

Abstract

The objective of this investigation was to identify the areas susceptible to flooding in the Parish Church Francisco Eugenio Bustamante of the Community of Pradera Alta. The methodology applied involves a site exploration for the identification of natural and non-natural risks, sample lab analyses for the assessment of physical and mechanical characteristics of soils and geo-electric surveys for the identification of aquifers, ground level depth and thickness. Three areas with distinctive risk levels (high, average and low) were identified. The most vulnerable sector is located in the far northwest of the community. The residents are at risk both inside and outside of their homes due to the high probability of flood occurrence. Evidence shows that the main factors contributing to the occurrence of floods in this sector are associated with soil characteristics, hydrological conditions, ground slopes and soil erosion in addition to non-natural factors which are attributed to the lack of territorial planning.

Keywords: vulnerability and risk assessments; flood risk, territorial planning; community of Pradera Alta; Venezuela.

1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones por desbordamiento de los ríos constituyen eventos recurrentes y se presentan como consecuencia de lluvias fuertes o continuadas que superan la capacidad de transporte de los ríos y la capacidad de absorción del suelo, produciéndose la inundación de las tierras adyacentes. Estos eventos ocurren de forma aleatoria en función de los procesos climáticos locales y regionales.

Estadísticamente, los ríos igualan o exceden el nivel medio de inundación cada 2,33 años (Leopold, Wolman & Miller 1964). Los problemas resultantes de los desbordamientos de las corrientes de agua dependen del grado de ocupación humana de la superficie de la cuenca y de la frecuencia con la cual ocurren las lluvias.

En el estado Zulia los riesgos naturales y antrópicos son frecuentes, lo que justifica las numerosas investigaciones que al respecto se han realizado en diferentes municipios y parroquias de este estado, tales como el informe de Borges (2003) que diagnostica y clasifica los riesgos en alto, medio, bajo, tomando en cuenta su intensidad; y el mapa de riesgos naturales y antrópicos en la isla San Carlos del municipio insular Almirante Padilla del estado Zulia, realizado por Labrador (2013). Este mapa fue desarrollado a través de observaciones de campo, análisis de imágenes satelitales de diferentes fechas y comparación con mapas históricos.

En relación con las inundaciones en el municipio Maracaibo se reportan investigaciones que han realizado un aporte importante en el reconocimiento de los principales factores que condicionan el desarrollo del proceso. Tal es el caso de las investigaciones de Acevedo (2008) y Orozco (2013) en la comunidad de Puerto Caballo. Finol (2013) realiza un mapa de zonas vulnerables a inundaciones en el barrio Nectario Andrades Labarca, de la parroquia Idelfonso Vásquez.

La comunidad Pradera Alta es también afectada por este fenómeno y al igual que toda la ciudad de Maracaibo durante los últimos 25 años ha tenido un crecimiento demográfico gigantesco hacia el noroeste, acompañado de una deficiente planificación del ordenamiento territorial. La construcción de infraestructuras no acordes a las amenazas naturales del entorno, y sin las normas establecidas, implica un riesgo socionatural a una población que no tiene conciencia del peligro y donde se asientan los sectores más frágiles de la sociedad ante los desastres naturales, lo que incrementa la vulnerabilidad a estos fenómenos naturales.

Las tierras de la actual comunidad de Pradera Alta formaban parte de granjas abandonadas por sus dueños, lo que motivó que fueran usadas para la

construcción de viviendas. Sin embargo, aún no han sido consolidados los servicios públicos básicos y solo cuentan con servicio de electricidad.

Por otra parte, aproximadamente desde hace ocho años se ha generado inestabilidad del terreno como consecuencia del desnivel topográfico, la perforación de pozos sépticos, la toma clandestina de agua potable y el sistema de canales de aliviadero de la planta construida por Hidrolago, filial de HIDROVEN (casa matriz de Agua Potable y Saneamiento), en el estado Zulia. A lo anterior se suma el hecho de que muchas viviendas se encuentran por debajo del nivel topográfico de las calles, las que en ocasiones son parte de los cauces de escorrentía superficial, condicionando todo ello que durante el ciclo de invierno (período de precipitaciones) se produzcan inundaciones en el sector, estando la comunidad clasificada por Protección Civil como zona potencial de amenaza y riesgo.

Con el objetivo de evaluar el riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, sector 2, del municipio Maracaibo, se procedió a diagnosticar las áreas de amenazas y su vulnerabilidad, caracterizando los fenómenos presentes en la zona de estudio, lo que permitiría diseñar los planes de mitigación de riesgos.

La gestión de riesgos comprende un conjunto de acciones destinadas a transformar los escenarios de riesgos, identificando las potenciales amenazas y vulnerabilidades presentes en el ámbito geográfico, proponiendo métodos de prevención y mitigación para reducir dichos riesgos y fortaleciendo estrategias de preparación y respuesta para afrontar de la mejor manera posible los impactos potenciales (Bataglia 2007).

Los resultados de este proceso continuo de manejo o gestión de riesgos incluyen, según Liñayo y Estévez (2000):

- Medidas para disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), eliminando sus causas, como la intensidad de los fenómenos, la exposición o el grado de vulnerabilidad.
- Medidas de preparación, cuyo objetivo es asegurar una respuesta apropiada en caso de necesidad, incluyendo alertas tempranas oportunas y eficaces, así como evacuación temporal de gente y bienes de zonas amenazadas.
- Medidas de respuesta cuando está sucediendo o ha sucedido un desastre (manejo o gestión de desastres, recuperación, reconstrucción).

En la comunidad Pradera Alta, sector 2, los movimientos de materiales inestables constituyen el principal factor de riesgo ya que los suelos son de

tipo areno-limo-arcillosos poco consolidados, que pierden su estabilidad ante la ocurrencia de precipitaciones de gran intensidad. El fenómeno se potencia, generando inundaciones, debido a la intervención antropogénica, como el desvío y relleno de los cauces de ríos, quebradas y canales, así como la remoción de la capa superficial y modificación topográfica.

La investigación tuvo el propósito de identificar las áreas vulnerables al riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, de la parroquia Francisco Eugenio Bustamante. Para ello cada componente se analiza en forma detallada, determinándose los factores incidentes que son cartografiados en un mapa de riesgo por inundaciones, el cual indica el grado o nivel de peligro, así como su evolución a través del tiempo. En él se puede incluir una propuesta de zonificación territorial, considerándolo para la identificación, tipificación y caracterización de las amenazas presentes en la comunidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrollaron cuatro etapas durante la investigación. La primera inició con los estudios básicos desde la obtención de la información general y de antecedentes en cuanto a la problemática existente. Con la finalidad de conocer las características topográficas y geológico-estructurales del área de influencia, se interpretaron los mapas temáticos existentes de la zona y el plano catastral (planimétrico y altimétrico), a escala 1: 25 000. Ello permitió obtener una visión más amplia sobre las características de los componentes del ecosistema de la localidad.

Una segunda etapa consistió en la exploración de campo, con varias visitas a la jurisdicción, para realizar un censo socioeconómico y un inventario de riesgos naturales, la aplicación de métodos cualitativos para la evaluación y análisis de riesgos que implica el conocimiento preciso de las amenazas, de los elementos en riesgo y de sus vulnerabilidades, basados en la experiencia y observaciones en el sitio de interés, todo esto con la finalidad de delimitar y diagnosticar las zonas afectadas. Al mismo tiempo se evaluó la infraestructura correspondiente al área de estudio con la inspección visual de las construcciones existentes, entrevistas no estructuradas y lista de cotejo, tomas de fotografías y coordenadas geográficas.

En una segunda fase se procedió a la toma de muestras para su análisis de laboratorio, para lo cual se realizaron seis calicatas, según la normativa exigida por la Sociedad de Geotecnista de Venezuela (SGV) y los criterios de calidad establecidos en las normas COVENIN, ASTM y AASHTO. Los resultados de estos ensayos permitieron evaluar las características físicas y mecánicas del suelo. Finalmente se realizó un sondeo geoelectrico (SEV)

con el georresistímetro marca PASI, modelo E2 DIGIT, con la finalidad de detectar la presencia de lentes acuíferas, su profundidad y espesor de los niveles de suelos.

Una tercera y última etapa consistió en el procesamiento, análisis e interpretación de datos obtenidos en la etapa de exploración, delimitándose el área afectada por las inundaciones así como el grado o nivel de amenazas y vulnerabilidad de los diferentes fenómenos identificados y su evolución a través del tiempo.

Para la representación cartografía de los resultados se utilizaron los sistemas Sasplanet versión 13, el Global Mapper, versión 15.2 y el ArGIS, versión 10.1, para las imágenes y los SHP (shapelife) para los mapas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología antes descrita permitió diagnosticar las áreas de amenazas, la vulnerabilidad y la evaluación del riesgo en la comunidad Pradera Alta, localizada geográficamente en el extremo noroeste del lago Maracaibo del estado Zulia en Venezuela.

Como resultado inicial del diagnóstico se determinó que el fenómeno natural que afecta es de origen hidrológico, como proceso primario, basados en los siguientes criterios:

Geomorfológico: la superficie ocupada por la comunidad se caracteriza por presentar pendientes muy bajas, que a su vez se encuentran ubicadas a lo largo de las líneas de drenaje (Figura 1)



Figura 1. Fotos de áreas planas de la zona de estudio y socavamiento en el sitio.

Los aspectos geomorfológicos destacan áreas de socavamiento o erosión moderada, llanuras de inundaciones, escurrimiento difuso o superficial, surcos, pequeños deslizamientos y áreas anegadizas, todos ellos representados en el esquema geomorfológico (Figura 2).

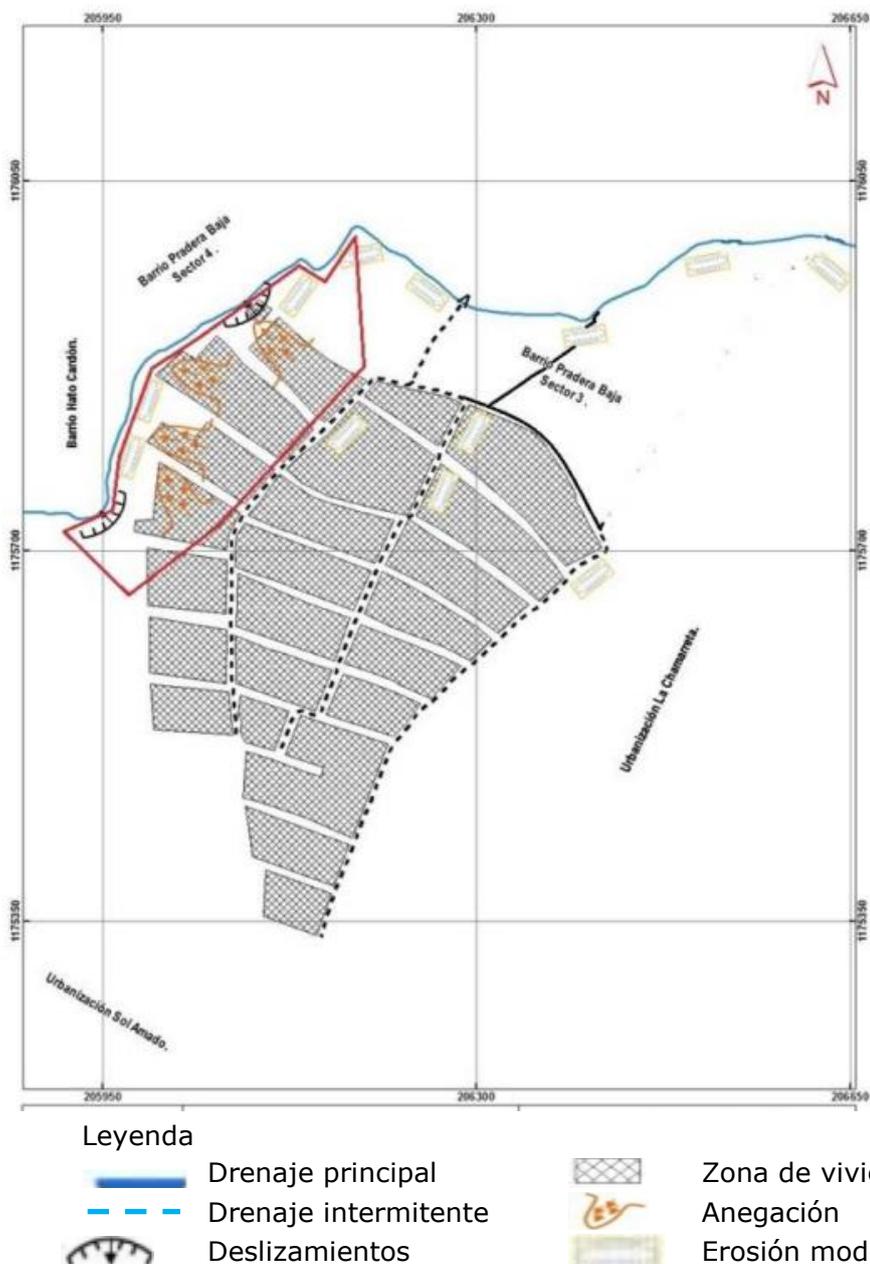


Figura 2. Esquema geomorfológico.

De igual modo, predomina un clima cálido seco, que se caracteriza por ser árido y semiárido, presentando elevadas temperaturas durante todo el año, fuerte evaporación y escasas precipitaciones. La temperatura promedio oscila entre 35 °C y 38 °C; las lluvias varían entre 200 mm y 600 mm anual.

Geológico: los terrenos sobre los cuales se asienta la comunidad están compuestos por depósitos heterogéneos no consolidados, muy erosionables por los flujos torrenciales (Figura 3)



Figura 3. Suelo heterogéneo no consolidado.

Según los resultados obtenidos con el Sondeo Eléctrico Vertical (Tabla 1) la primera capa, que tiene espesor y profundidad de 1,1 m, está constituida de arena con mediana resistividad, indicando que se encuentra seco y sin arcillas. Debajo de esta capa, y con un espesor de 15,9 m, se encuentra una capa completamente arcillosa la cual tiene una resistividad extrema de 1,4 ohm x m. Sigue una tercera capa de alternancia de arenas acuíferas con capas intercaladas de arcilla con un espesor total de 16,4 m y una profundidad de 33,4 m. La cuarta capa está constituida probablemente por una arena bien compactada debido al alto valor de resistividad aparente interpretado (336,9 ohm x m).

Tabla 1. Profundidades del SEV

Sondeo Eléctrico vertical: Pradera Alta							
Medición	AB/2 (m)	MN2 (m)	I (mA)	V (mV)	P.5 (mV)	K	R (Ohm ² m)
1	1,00	0,25	11,5	307,6	0,0	5,8	157,5
2	1,50	0,25	16,5	107,9	0,0	13,7	89,5
3	2,00	0,25	15,1	30,7	0,0	24,7	65,0
4	3,00	0,25	15,0	10,2	0,0	56,1	38,1
5	3,00	0,75	12,9	28,2	0,0	17,6	38,6
6	4,00	0,75	15,9	13,5	0,0	32,3	27,4
7	5,00	0,75	14,9	6,1	0,0	51,1	20,9
8	7,00	0,75	12,3	2,0	0,0	181,4	16,4
9	8,00	0,75	14,4	1,5	0,0	132,8	13,5
10	10,00	0,75	13,9	0,7	0,0	208,2	10,4
11	10,00	2,50	10,7	1,9	0,0	58,9	10,4
12	12,00	2,50	11,3	1,2	0,0	86,5	9,1
13	15,00	2,50	21,6	1,2	0,0	137,4	7,6
14	20,00	2,50	26,1	0,7	0,0	247,4	6,6
15	25,00	2,50	18,6	0,3	0,0	385,7	6,2
16	30,00	2,50	28,0	0,3	0,0	561,5	6,0
17	30,00	7,50	21,0	0,7	0,0	176,7	5,8
18	40,00	7,50	22,0	0,4	0,0	323,3	5,8
19	50,00	7,50	30,0	0,4	0,0	511,8	6,8
20	60,00	7,50	31,9	0,3	0,0	742,2	6,9
21	70,00	7,50	37,7	0,3	0,0	1 014,4	8,0
22	80,00	7,50	102,3	0,7	0,0	1 328,6	9,0
23	100,00	7,50	160,5	0,8	0,0	2 082,6	10,3

Desde el punto de vista geológico, los terrenos estudiados corresponden a la formación El Milagro, la cual tiene lateralmente muchas variaciones litológicas. La capa superficial es fácilmente saturable ya que tiene poco más de un metro de espesor y profundidad, alcanzando esta la capa arcillosa impermeable que no permite su drenaje. Este factor causa inundaciones en áreas topográficamente deprimidas del sector 2 de Pradera Alta durante los periodos de lluvia.

El acuífero que se encuentra debajo de la capa arcillosa no interfiere localmente con la problemática de la comunidad, la cual se ve afectada únicamente por la falta del drenaje superficial y por la topografía donde las comunidades se encuentran ubicadas.

La descarga de fluidos, como por ejemplo las aguas negras en el subsuelo a través de pozos sépticos, ubicados en áreas topográficamente más altas, es razón suficiente para crear una escorrentía internamente en la capa superficial y manifestarse permanentemente en las zonas topográficamente más bajas.

Como solución al problema se puede sugerir la realización de una red de cloacas canalizadas hacia el sector La Chamarreta, con dirección paralela al sistema natural de drenaje superficial que se observa en el territorio (disposición del canal natural), tal como se muestra en la Figura 4.

Sondeo Eléctrico Vertical: Pradera Alta				
Secuencia Electrostratigráfica Interpretada				
Capa n.	Profond. (m)	Espesor (m)	Resistiv. (Ohm*m)	Litotipo Probable
1	1,1	1,1	150,6	Arena superficial
2	17,0	15,9	1,4	Arcilla
3	33,4	16,4	56,7	Alternancia de Arena acuífera con capas de arcilla
4	Indefinida	Indefinido	336,9	Arena bien compactada

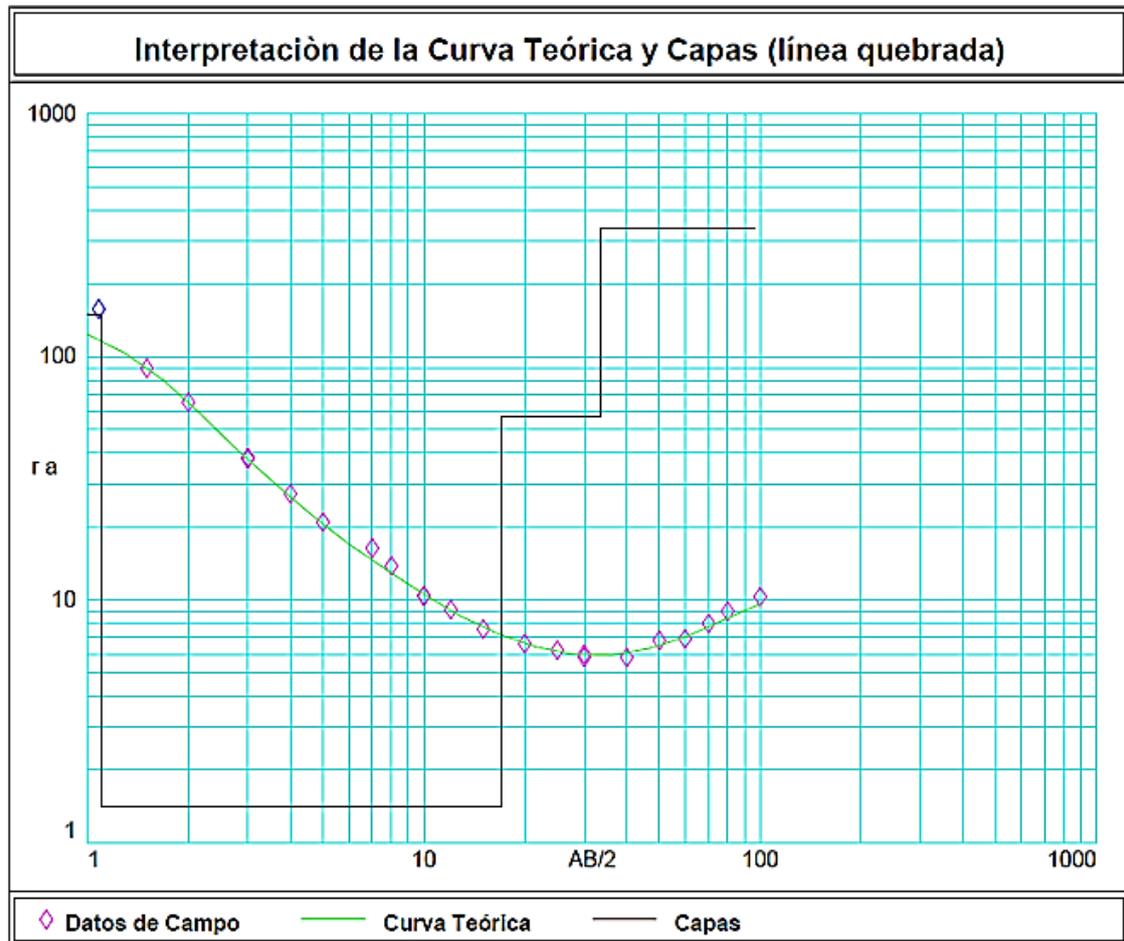


Figura 4. Sondeo e interpretación de la curva y capas. Fuente: Malandrino (2012)

Hidrológico: áreas anegadizas o áreas con suelos reteniendo altos niveles de humedad y cotas de máxima inundación marcadas en algunas viviendas (Figura 5)



Figura 5. Áreas anegadizas cerca del drenaje principal.

En general, el patrón de drenaje del área de estudio está estrechamente ligado a la estructura del área. La forma de drenaje localizada se caracteriza por ser permanente y de tipo meandriforme, de forma subparalela, con tendencia a ramificarse con otros drenajes intermitentes o hilos de agua que pueden considerarse como drenajes debido a que en periodo de

Infraestructura: Un aspecto que se tuvo en cuenta fue que en la construcción de algunas viviendas se utilizó material de relleno mal compactado, observándose la alteración y descomposición de los mismos. Igualmente las viviendas están construidas de forma inadecuada e insegura.

Las viviendas se construyeron con láminas de cinc y bloques. Estas edificaciones y la vialidad en el entorno presentan agrietamientos o evidencias de asentamiento o desplazamiento y según la vulnerabilidad asociada a edificaciones se define en función de las características constructivas de cada una y de los daños observados en ellas (Figura 7)



Figura 7. Tipos de vivienda de la comunidad Pradera Alta sector 2.

Definidos los límites y tipología de los fenómenos, así como las áreas con comportamiento crítico, se definieron los niveles de riesgo a inundaciones siguientes:

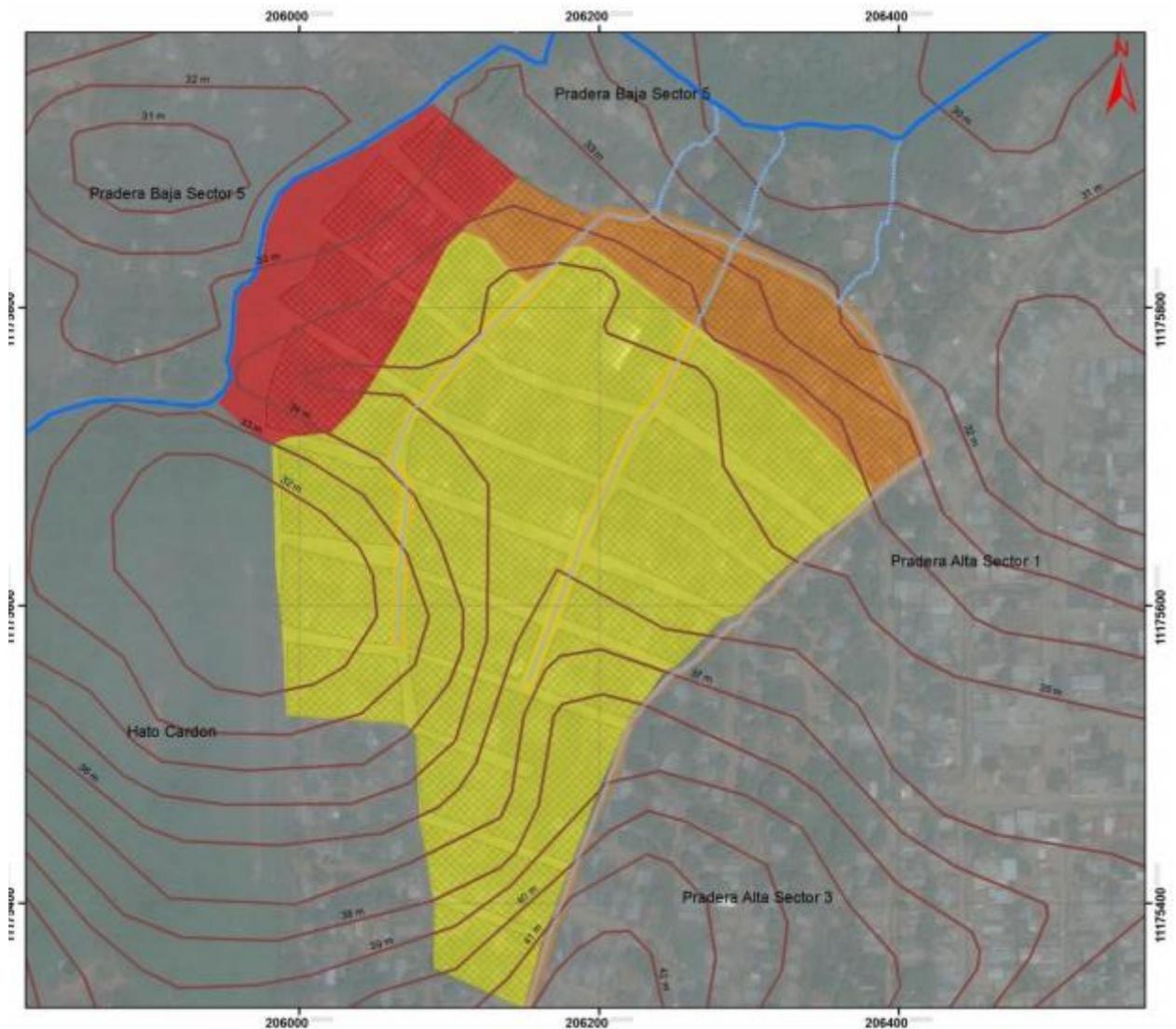
Riesgo bajo: se incluyen aquellos sectores alejados de las márgenes del drenaje, a más de 50 m de distancia del cauce principal y con una diferencia de altura entre 5 m y 10 m con respecto al mismo, donde los procesos hidrológicos influyen con menor afectación e intensidad, siendo débil el peligro para las personas y las viviendas.

La zona de bajo riesgo se encuentra hacia el sureste del sector 2 de la comunidad Pradera Alta, representada con el color amarillo que es una zona denominada de sensibilización, de acuerdo con la Ley Orgánica de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

Riesgo medio: Áreas con distancias de entre 25 m y 50 m del drenaje, con diferencias altitudinales con respecto al cauce, que varían entre 3 m y 5 m. Las personas están en peligro al exterior de las viviendas, pero no, o casi no, al interior. Las viviendas pueden sufrir daños, pero no destrucción repentina, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar, donde daños severos pueden reducirse con medidas de precaución apropiadas. Esta zona se encuentra ubicada hacia el norte de la comunidad, representada con el color anaranjado, conocida

como zona denominada reglamentación, de acuerdo con la Ley Orgánica de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos.

Riesgo alto: Sectores cercanos al drenaje, que presentan restricciones asociadas a sitios críticos de desborde del mismo, y que son zonas de impacto directo, asociadas a distancias menores a 25 m de este, con cotas muy cercanas a las de su cauce (entre 0 y 3 m de diferencia altitudinal). Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una probabilidad de ocurrencia elevada y las personas, en este caso, están sobre todo amenazadas al exterior de las viviendas. Esta zona se encuentra ubicada hacia el noroeste del área de estudio, representada con el color rojo y es una zona denominada prohibición, de acuerdo con la Ley Orgánica de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. En esta área la construcción de las viviendas no es favorable, ya que están cercanas al drenaje principal y pueden inundarse en periodos de precipitaciones y sequía (Figura 8).



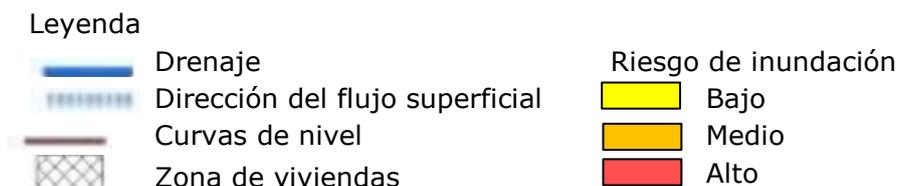


Figura 8. Mapa de riesgo por inundación de la comunidad Pradera Alta sector 2.

4. CONCLUSIONES

- Se identificaron las áreas de amenazas y vulnerabilidad por inundaciones en la comunidad Pradera Alta sector 2, municipio Maracaibo, determinándose que el vertido directo de las aguas residuales sin control alguno tiene una influencia directa sobre el balance del nivel freático, más aún cuando hay suelos permeables y zonas de poca pendiente ($< 5\%$), en donde predominan los procesos verticales de escurrimiento (percolación) sobre los horizontales (drenaje superficial), lo que se incrementa con el periodo de intensas precipitaciones.
- Los principales factores que condicionan el riesgo de inundación en el sector están relacionados con las características del suelo, aspectos hidrológicos, la pendiente del terreno, el socavamiento y erosión, así como los factores antropogénicos, favorecidos por ausencia de ordenamiento territorial.
- En el área ocupada por la comunidad se establecieron tres sectores con diferentes niveles de riesgo, encontrándose en el extremo noroeste de la comunidad el sector más afectado, donde la probabilidad de ocurrencia del fenómeno es elevada y las personas se encuentran en peligro, tanto en el exterior como en el interior de la vivienda.

5. REFERENCIAS

- ACEVEDO, R. 2008: *Zonificación de riesgos naturales y antrópicos del sector Puerto Caballo, de la parroquia Idelfonso Vásquez, municipio Maracaibo, estado Zulia*. Tesis de grado. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. 48 p.
- BATAGLIA, M. A. 2007: Vulnerabilidad educativa, política e institucional en comunidades afectadas por las inundaciones de llanuras: aspectos fundamentales para la gestión y la gobernabilidad. Disponible en: <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo10/archivos/vulnedl08.pdf>
- BORGES, R. 2003: Diagnóstico y zonificación de riesgos naturales y antrópicos en la parroquia Coquivacoa (municipio Maracaibo- estado Zulia). Informe. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo.

- FINOL, R. 2013: Mapa de zonas vulnerables a inundaciones en el barrio Nectario Andrades Labarca, parroquia Idelfonso Vásquez, municipio Maracaibo, estado Zulia. Proyecto Comunitario. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. 55 p.
- LABRADOR, E. 2013: *Mapa de riesgos naturales y antrópicos en la isla San Carlos del municipio insular Almirante Padilla del estado Zulia*. Trabajo Especial de Grado. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. 69 p.
- LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G. & MILLER, J. P. 2012: *Fluvial processes in geomorphology*. Courier Corporation.
- LIÑAYO, A. & ESTÉVEZ, R. 2000: Algunas consideraciones para la formulación de una política nacional en materia de gestión de riesgos y desastres. Ministerio de Ciencia y Tecnología-Programa de Gestión de Riesgos y Reducción de Desastres. Caracas.
- OROZCO, L. 2013: *Elaboración de un mapa de riesgos socionaturales en la comunidad Playa Miami, sector Puerto Caballo, municipio Maracaibo, parroquia Idelfonso Vásquez, estado Zulia*. Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo. 38 p.

Lizetty Díaz-Borrego, lizettyjdiazb@hotmail.com

Licenciada en Educación Mención Geografía, Profesora Asistente,
Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo, Venezuela.

Alina Rodríguez-Infante, rinfante@ismm.edu.cu

Dra. Ciencias Técnicas. Profesora Auxiliar
Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico
Moa, Holguín, Cuba