

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el
Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Para la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL

Sustentantes:

Lisette Jiménez Calderón 13-1789

Carlos Alberto Piña 13-1591

Asesora:

Ing. Sandra José Clases

Fecha:

18 de Enero del 2018

Santo Domingo, D.N.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy las gracias a Dios por permitirme dar un gran paso en mi vida. Por hacer de mí una persona de bien, implementando buenas acciones en mí. Solo contigo Señor a mi lado pude haber logrado lo que hoy soy y mañana seré.

Agradezco a la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña por aceptarme como estudiante para aprender.

Agradezco a los Maestros por brindarnos un aprendizaje excepcional, gracias a ellos hoy soy una mejor persona con nuevos conceptos de la vida.

Agradezco al Ing. Ramón Tavarez por su preocupación con los estudiantes y profesores porque siempre tiene una respuesta clara y precisa ante los problemas.

Agradezco a nuestra Asesora de tesis Ing. Sandra José Clases con unos conocimientos increíbles y por mantenernos siempre motivados, gracias.

Agradezco a **María Ulloa** por sus servicios brindados.

Agradezco a **mis compañeros** que de una manera u otra aportaron a mi aprendizaje muchas gracias.

Carlos Alberto Piña

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar este objetivo, con todas las bendiciones que he recibido en esta etapa de mi vida, por todas las personas maravillosas que he tenido la oportunidad de conocer y por todas las experiencias y emociones.

A la Universidad Nacional Pedro Henríquez por ser el lugar donde aprendí a amar lo que decidí estudiar, por ser siempre verde.

Al Ing. Ramón Tavarez director de nuestra preciada escuela. Gracias por ser una persona que quiere de verdad compartir sus conocimientos tanto académicos como laborales.

A nuestra asesora Ing. Sandra José Clases por su dedicación y apoyo, gracias por su continua motivación para seguir y ser mejores.

A todos los profesores, les doy gracias a todos aquellos profesionales que no son solo profesores, son amigos, gracias porque por ustedes estamos aquí.

Estoy extremadamente agradecida con mis abuelos Irma Medina, Jovino Calderón por su amor y apoyo, gracias a mis tíos **Manuel** y **Frank** por estar siempre disponible en todo momento.

Agradezco también a los amigos de la familia, Ing. Pablo Moya, Lic. Félix del Rosario, Lic. Freddy Aguasvivas y José Correa, entre otros por su apoyo, motivación y aporte incondicionalmente a mi carrera.

A María Ulloa y Maridalia Espinal por mantener la puerta de la escuela siempre abierta para lo que necesitáramos.

A Samuel González técnico del SGN, por su gran disposición a ayudarnos con todo lo que necesitáramos.

A todos los de Defensa Civil, en especial a **Lorenzo Cabrera, Rafaela Martínez, Ángela Guerrero** y **Angelito** por toda la ayuda que nos ofrecieron en este proyecto.

Por último pero no menos importante, a todos mis amigos y compañeros que hicieron mi experiencia universitaria inolvidable y que también estuvieron preocupados por estar ahí para lo que necesitara. Gracias chicos son los mejores.

Lisette Jiménez Calderón

DEDICATORIA

A mi familia por el gran apoyo moral e incondicional.

A mis amigos por su apoyo y confianza sobre todas las cosas.

A mis padres que me trajeron al mundo y nunca dudaron en que lo lograría.

A aquellos maestros que ejercieron con entrega y dedicación la tarea de enseñarme.

Carlos Alberto Piña

A mi madre Aris Calderón Medina por su inigualable labor como madre, por ser la que lo hace todo y un poquito más para guiarme en el buen camino, apoyándome y confiando en que lo puedo lograr.

A mis hermanos Lisbeth, Scott y Alizée porque cada uno de ellos aportaron para mantenerme motivada, divirtiéndome con sus ocurrencias o acompañándome a altas horas de la noche.

Lissette Jiménez Calderón

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.1. Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.1.1. Formulación del problema | 5 |
| 1.2. Objetivos | 5 |
| 1.2.1. Objetivo general..... | 5 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.3. Justificación | 6 |
| 1.4. Antecedentes..... | 6 |
| 1.5. Alcances y limitaciones de la investigación..... | 9 |
| 1.5.1. Alcance | 9 |
| 1.5.2. Limitaciones | 9 |
| CAPITULO II. MARCO TEÓRICO | 10 |
| 2.1. Marco teórico | 10 |
| 2.1.1. Inundación | 10 |
| 2.1.2. Lluvias intensas | 11 |
| 2.1.3. Riesgo | 11 |
| 2.1.4. Análisis de riesgo | 12 |
| 2.1.5. Mapas de riesgos naturales | 13 |
| 2.1.5.1. Mapas de riesgo..... | 13 |
| 2.1.5.2. Mapas de peligrosidad..... | 13 |
| 2.1.5.3. Mapas de exposición | 14 |
| 2.1.5.4. Mapas de vulnerabilidad | 14 |
| 2.3. Marco contextual | 15 |
| 2.3.1. República Dominicana | 15 |
| 2.3.1.1. Santo Domingo | 16 |
| 2.3.1.1.2. Datos municipales | 17 |
| 2.3.3.1.2.1. Pedro Brand..... | 17 |
| 2.3.3.1.2.1.1. Historia | 17 |
| 2.3.3.1.2.1.2. Calidad y condiciones de vida..... | 17 |
| 2.3.3.1.2.1. Los Alcarrizos | 18 |
| 2.3.3.1.2.1.1. Historia | 18 |
| 2.3.3.1.2.1.2. Calidad y condiciones de vida..... | 20 |
| 2.3.2. Cuenca del Arroyo Lebrón | 21 |
| 2.3.2.1. Geología de la Cuenca Arroyo Lebrón | 22 |
| 2.3.2.1.1. Columna litoestratigrafica Arroyo Lebrón | 23 |
| CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO..... | 24 |
| 3.1. Enfoque de la investigación..... | 24 |
| 3.2. Diseño de la investigación | 24 |
| 3.3. Tipo de investigación | 25 |
| 3.4. Técnicas de investigación | 26 |
| 3.5. Proceso metodológico..... | 26 |
| 3.6. Procedimiento de investigación | 32 |
| 3.7. Método de investigación..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 34 |
| 4.1. Análisis de peligrosidad | 34 |
| 4.2. Análisis de exposición..... | 35 |
| 4.3. Análisis de vulnerabilidad | 36 |
| 4.4. Análisis de riesgo | 40 |
| CONCLUSIÓN..... | 42 |
| RECOMENDACIONES | 44 |
| GLOSARIO | 45 |
| BIBLIOGRAFÍA | 46 |
| ANEXOS..... | 49 |
| Anexo I. Recorrido Urb. Eduardo Brito..... | 49 |
| Anexo II. Recorrido Sector Villa Paraíso | 51 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Relación de la exposición con la permanencia espacial de las personas (Densidad poblacional)..... | 29 |
| Tabla 2: Vulnerabilidad respecto a la agrupación de miembros por vivienda..... | 30 |
| Tabla 3: Relación de la calidad estructural con la vulnerabilidad..... | 31 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Columna litoestratigráfica del Arroyo Lebrón | 23 |
|---|----|

ÍNDICE DE MAPAS

| | |
|--|----|
| Mapa 1: Posición geográfica de la Republica Dominicana | 16 |
| Mapa 2: Cuenca Arroyo Lebrón | 21 |
| Mapa 3: Mapa Geológico de la cuenca Arroyo Lebrón..... | 22 |
| Mapa 4: Peligrosidad ante inundaciones..... | 34 |
| Mapa 5: Exposición ante inundaciones..... | 35 |
| Mapa 6: Vulnerabilidad ante inundaciones..... | 39 |
| Mapa 7: Nivel de riesgo ante inundaciones | 40 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1: Resultados de vulnerabilidad de miembros por viviendas..... | 37 |
| Gráfica 2: Resultados de vulnerabilidad por calidad estructural de las viviendas..... | 38 |

INTRODUCCIÓN

Debido a la posición geográfica del país se tiene gran actividad meteorológica; intensas lluvias, ciclones, huracanes y otros fenómenos son la continua causa de las inundaciones.

Las inundaciones son el desastre natural de mayor ocurrencia a nivel nacional, estas ocasionan considerables pérdidas humanas y económicas. Estas pérdidas aumentan ampliamente a medida que la población crece.

La presente investigación está orientada al estudio de peligro, exposición, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, subcuenca que pertenece a la cuenca del río Isabela. El área de influencia se encuentra comprendida en los municipios Pedro Brand (Pedro Brand y La Guayiga) y Los Alcarrizos (Los Alcarrizos y Palmarejo-Villa Linda).

Para el estudio se partió de la premisa, solo existe riesgo si converge la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, de no existir uno de estos componentes entonces no hay riesgo.

El análisis de cada elemento se llevó a cabo con metodologías que fueran aplicables ante la falta de datos y material base. La medición de peligrosidad se realizó empleando de forma combinada y complementaría el uso de las herramientas: modelo digital de elevaciones (MDE), ArcMap 10.3 y el método histórico. La exposición se evaluó atendiendo a la distribución espacial de la población y la vulnerabilidad acogiendo la cantidad de personas

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

por vivienda y la calidad estructural de esta. Finalmente con los resultados de los análisis se realizó una superposición y se agruparon los valores obtenidos en niveles de riesgo.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La República Dominicana es un país muy vulnerable ante la ocurrencia de desastres naturales debido a su ubicación geográfica. A causa de esto el país es más vulnerable a la amenaza continua de los huracanes, pero el principal afectante son las inundaciones causadas por los frecuentes fenómenos meteorológicos.

En la República Dominicana acontecen inundaciones a lo largo de todo el año (el 52% durante la temporada lluviosa), no siendo el resultado directo y exclusivo de ciclones tropicales (los cuales representarían un 13% del total registrado). Así, de un total de 464 inundaciones registradas en el periodo de referencia (1966-2000), poco más del 50% fueron causadas por precipitaciones propias de la estación lluviosa, y solo el 8,4% a eventos climáticos extremos (tormentas tropicales, huracanes y tornados) (UNISDR, 2012).

La problemática principal de las zonas afectadas por el arroyo Lebrón es que no hay un adecuado uso de suelo, por lo que existe asentamiento de personas en desniveles de la superficie del terreno y en la llanura de inundación del mencionado cauce, teniendo como resultado el constante caso de familias amenazadas por las inundaciones.

Además, tampoco hay datos documentados de las crecidas del arroyo para la elaboración de un registro de inundaciones en la zona.

Las personas que habitan en los sectores Villa Paraíso, Nuevo Amanecer y Eduardo Brito, sectores a la ribera del arroyo, viven expuestas a las inundaciones provocadas por el arroyo Lebrón, estos pobladores afirman que tienen que desalojar de manera temporal sus casas

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. cuando existen avisos de fenómenos meteorológicos (vaguadas, tormentas tropicales, huracanes, etc.) pero lamentablemente estas familias tienen que volver a sus casas o son ocupadas por otras personas de bajos recursos.

El riesgo ante inundaciones se ha venido acrecentando a causa de:

- Crecimiento poblacional.
- Falta de coordinación institucional.
- Carencia del Plan Nacional de Ordenamiento Territorial.

El 27 de Agosto del 2008, el Diario Libre informó que seis comunidades quedaron incomunicadas por la crecida del río Isabela y el Arroyo Lebrón. Además, en el barrio Villa Paraíso más de 400 viviendas fueron afectadas por las inundaciones provocadas por el arroyo (Diario Libre, 2008)

El 5 Oct. 2016, el periódico Metro publicó: “Matthew” no solo trajo fuertes aguaceros en Los Alcarrizos. Se reporta que se encuentran anegadas 15 viviendas en el sector Nuevo Amanecer en el kilómetro 18 de la autopista Duarte a causa de la crecida del Arroyo Lebrón (Metro, 2016).

Recientemente, la Defensa Civil de la provincia de Santo Domingo informó en el informe preliminar No. 26, del 30 de abril 2017, que en el sector Nuevo Amanecer unas siete (7) viviendas anegadas por crecida del Arroyo Lebrón (Defensa Civil, 2017).

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

1.1.1. Formulación del problema

1. ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad de la zona ante inundaciones por intensas lluvias?
2. ¿Cuáles informaciones de la cuenca del arroyo Lebrón sobre inundaciones son relevantes para una debida gestión de riesgos?
3. ¿Cuáles son las áreas inundables capaces de causar daños?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Estudiar la peligrosidad, vulnerabilidad y el riesgo ante inundaciones por intensas lluvias del Arroyo Lebrón.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el nivel de vulnerabilidad de la zona ante inundaciones por intensas lluvias.
- Proporcionar información significativa para la gestión de riesgo.
- Mapear las áreas inundables capaces de producir daño.

1.3. Justificación

Las inundaciones afectan tanto a las personas como al medio ambiente, no sólo perjudica la salud de la población y el medio ambiente, también influye en la economía de un país. Estas provocan en todo el mundo un gran número de muertes, lesiones, enfermedades, pérdidas de recursos y materiales (Inundaciones, s.f).

Después del evento, aumenta el riesgo de enfermedades y peligros ambientales que incrementan el impacto a los seres vivos en las zonas afectadas.

Debido a los efectos anteriormente mencionados que ocasionan las inundaciones aparece la inquietud de hacer un proyecto relacionado al tema que sea de provecho para la sociedad.

Con esta investigación se pretende hacer un aporte al Sistema Integrado Nacional de Información, que tiene como objetivo sistematizar toda la información sobre amenazas y vulnerabilidades ante desastres naturales.

Los estudios de vulnerabilidad, peligro y riesgo no sólo serían un aporte a la Ley de Gestión de Riesgos 147-02. (Art. 19), también permitirán tener cartografía de zonas riesgo ante inundaciones, para su uso en el ordenamiento territorial y uso de suelo.

1.4. Antecedentes

En las últimas décadas, la vulnerabilidad a los impactos de las amenazas naturales ha aumentado en la República Dominicana, muy especialmente como consecuencia de una expansión urbana que podría definirse como rápida y desordenada. En muchos casos no se han tomado en cuenta las medidas preventivas adecuadas en el diseño de la infraestructura

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. y en el desarrollo de la producción de bienes y servicios, así como en su ubicación, en el control de la calidad de la construcción o en su mantenimiento. Debido a la falta de conocimientos sobre el riesgo, se siguen invadiendo áreas peligrosas y sin aplicar las prácticas adecuadas de prevención y mitigación (Comisión Europea, 2009).

En la República Dominicana, severas inundaciones han producido la pérdida de miles de vidas, desplazamientos de personas y deterioro del medio ambiente. Las inundaciones fluviales se producen cuando un río desborda de su cauce habitual por una intensa lluvia en su cuenca de recepción. En este sentido, el sistema fluvial dominicano es muy extenso, con unos 400 ríos y 14 grandes cuencas. Las inundaciones producidas por desbordamiento de ríos y cañadas representaron el 38% del total de inundaciones registradas. Cerca de la mitad se concentraron en la subregión del Cibao Central y en las provincias de Duarte y Montecristi. En general, estas inundaciones se pueden monitorear y alertar con antelación, produciéndose el fenómeno entre unas horas y unos días desde que ocurre la precipitación (dependiendo del desplazamiento de la precipitación y/o de la saturación del suelo) (UNISDR, 2012).

En la República Dominicana existen diversas iniciativas a nivel nacional para estimar las condiciones del riesgo y de la gestión del riesgo como, por ejemplo, los indicadores de progreso que diseñó la UNISDR (2012) para medir la reducción del riesgo de desastres (RRD) y la implementación del Marco de Acción de Hyogo (MAH) o los indicadores del riesgo de desastre y gestión de riesgos del Programa América Latina y el Caribe del BID (UNISDR, 2012).

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

La Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres (UNISDR) (2012), realizó un análisis del riesgo de desastres en la República Dominicana con mapas que ilustran con claridad si una provincia está o no amenazada por algún tipo de eventos, y permiten comparar su grado de amenaza con otras provincias del país aunque no brindan información para acciones concretas de planificación territorial, ni de reducción del riesgo de desastres (RRD) dentro del territorio provincial o regional.

Recientemente, se han estado desarrollando metodologías y herramientas para la creación de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones debido a la relevancia que tiene la prevención a estos desastres que afectan a todo el país.

Roque, Mejía & Díaz (2013) obtuvieron conclusiones sobre los peligros a los que se ve amenazado el sector Nuevo Amanecer utilizando la herramienta Cristal, sector afectado por las amenazas de la contaminación y desbordamiento del Arroyo Lebrón, la degradación del área o ribera del río provocada por el impacto de los asentamientos y las actividades humanas, generando deterioro ambiental.

La investigación realizada por Estanilao & Tsai (2017) en la cuenca del arroyo Dajao, utilizando la metodología cubano-noruega, para la determinación del peligro y vulnerabilidad ante inundaciones por lluvias intensas, fue una investigación no experimental, basada en la recolección de datos e informaciones referentes a eventos anteriores en la zona de estudio, con los cuales crearon mapas de peligro y vulnerabilidad con el sistema de información geográfica (SIG).

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

1.5. Alcances y limitaciones de la investigación

1.5.1. Alcance

Este proyecto tiene el fin de brindar a las instituciones, gubernamentales, no gubernamentales e individuos que trabajan en la gestión de riesgos, cartografías que les permitirán identificar y priorizar zonas de riesgo para la ejecución efectiva de sus acciones.

Además de presentar un análisis geográfico en el que se han cruzado criterios de peligro, exposición y vulnerabilidad en el Arroyo Lebrón, con esto se mostrará un nivel de riesgo ante una amenaza concreta, las inundaciones.

1.5.2. Limitaciones

Esta investigación se limitará al estudio de inundaciones ante intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, no se estudiarán otras dolencias por la que se ven afectadas las comunidades cercanas a este.

Este estudio sólo llevará a cabo mapas de riesgo por inundación abordando la evaluación de la peligrosidad, exposición y el estudio de la vulnerabilidad.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco teórico

El acelerado crecimiento poblacional y los frecuentes desastres naturales, que pueden llegar a abarcar grandes áreas como las inundaciones, son las principales afecciones por la que se ve expuesta Santo Domingo. Esto es una muestra de la relevancia que supone el cumplimiento de la Ley de Ordenamiento Territorial y Uso de Suelo. De acuerdo con Díez-Herrero (2008), los desastres son en la mayoría de los casos previsibles, ya que es posible definir previamente la ubicación de los lugares con mayor riesgo. Para lo cual hay que calcular la probabilidad de que ocurra un determinado fenómeno natural peligroso y la exposición y vulnerabilidad de la población frente a dicho peligro. Los mismos autores mencionan que los mapas de riesgos en la ordenación del territorio suponen la herramienta básica para la predicción, estudio y solución de estos problemas y su empleo es fundamental en la gestión de emergencias.

Antes de adentrarnos en la metodología de estudio de riesgo es necesario conocer algunos conceptos o definiciones para un mayor entendimiento.

2.1.1. Inundación

Una inundación se define como la ocupación del agua de zonas que normalmente están libres de ella. Los procesos de inundación pueden ocurrir bien sea por el desbordamiento de ríos, por el crecimiento de la marea o por eventos como por ejemplo un tsunami que crea una inundación súbita en la zona costera. La principal causa de las inundaciones por

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. desbordamiento son precipitaciones intensas que combinados con condiciones topográficas y del terreno hacen que una zona sea propensa a inundarse (BID & DGODT, 2012).

El peligro de inundación real se genera cuando importantes volúmenes de agua fluyen hacia áreas de terreno concentrándose en cañadas, arroyos, ríos, lagos, presas y lagunas costeras, y en general zonas que no tiene pendiente suficiente o que no tienen la capacidad suficiente para transportar dicha agua (BID & DGODT, 2012).

2.1.2. Lluvias intensas

La lluvia es un término ligado al concepto de precipitación, el cual se define como la caída directa de agua en estado líquido o sólido sobre la superficie terrestre. El término precipitación incluye la lluvia, la llovizna, el granizo y la nieve. No obstante, para efectos de evaluación del riesgo en zonas tropicales se hace referencia únicamente a las lluvias intensas, pues estas constituyen los eventos pluviales más significativos en la hidrología de estas zonas. Las lluvias o precipitaciones intensas desencadenan procesos hidrológicos que pueden llegar a ser catastróficos, como las inundaciones, los deslizamientos o los aludes torrenciales (BID & DGODT, 2012).

2.1.3. Riesgo

De acuerdo con la definición de la UNISDR (2009) el riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

2.1.4. Análisis de riesgo

Díez-Herrero (2008) menciona que para el estudio de las situaciones de pérdidas potenciales, se hace un **análisis de riesgos**, esto es, la descomposición de la situación de riesgo en sus componentes básicas. Estas son fundamentalmente tres:

- **Peligrosidad (P)**, o capacidad del proceso natural de causar daño, bien por su magnitud (intensidad o severidad), dimensión espacio-temporal (área afectada y durante cuánto tiempo), y/o por su frecuencia de ocurrencia (periodicidad).
- **Exposición (E)**, o bienes materiales o personas mostradas al peligro, o sea, susceptibles de verse afectadas por sus efectos; puede ser exposición social (personas) o económica (bienes materiales o vías de servicio).
- **Vulnerabilidad (V)**, o fragilidad intrínseca de los bienes o personas expuestos, esto es, en qué grado pueden verse afectados por el peligro; también puede ser social o económica, y se mide en escalas de 0 a 1, de pérdida nula a total respectivamente, o entre 0 y 100 en escala de porcentaje.

Para que exista riesgo (R) tienen que converger las tres componentes simultáneamente, pues en cuanto no exista peligro, o no exista exposición, o no exista vulnerabilidad, el riesgo será nulo. Esto se expresa habitualmente mediante la denominada ecuación del riesgo, que en su versión simplificada es:

$$\mathbf{R = P \times E \times V}$$

2.1.5. Mapas de riesgos naturales

Los distintos tipos de mapas que se generan en el proceso de análisis de los riesgos naturales se diferencian entre sí, como es lógico, en el tipo de variable o variables cuya distribución espacial representan (Díez-Herrero, 2008).

2.1.5.1. Mapas de riesgo

Para la obtención de los mapas de riesgo es preciso cruzar o superponer los mapas de los elementos o componentes del riesgo: peligrosidad, exposición y vulnerabilidad (Díez-Herrero, 2008).

2.1.5.2. Mapas de peligrosidad

Los mapas de peligrosidad representan la capacidad del proceso natural de producir daños, normalmente mediante los parámetros físico-químicos del mismo (temperatura, energía liberada, profundidad, velocidad, concentración...), su dimensión espacio-temporal (área afectada, duración, tiempos característicos...), y/o la periodicidad del fenómeno (periodos de retorno, frecuencia...). En realidad, no existe un único tipo de mapas de peligrosidad, ni siquiera para cada una de las tipologías de peligros naturales, sino diversos mapas que pueden combinar varios de esos parámetros o elementos, en función de la escala, los métodos de análisis y el ámbito de aplicación. Por ello no hay un acuerdo, salvo excepciones, en los mapas de peligrosidad de los distintos procesos, y cada autor u organismo tiene diferentes criterios al respecto. Y en muchas ocasiones estos mapas de peligrosidad se denominan, erróneamente, mapas de riesgos, a pesar de que no contemplan parámetros de exposición y vulnerabilidad (Díez-Herrero, 2008).

2.1.5.3. Mapas de exposición

Los mapas de exposición representan la distribución espacial de las personas, bienes y servicios expuestos al proceso natural. Por lo tanto, las unidades serán cantidades económicas (bienes y servicios) e individuos (personas); y pueden ser representadas, como el riesgo, en elementos discretos (puntos, líneas y polígonos) o mapas continuos, a partir de datos socioeconómicos (censo, padrón, estadística económica...). A diferencia de los mapas de peligrosidad, los mapas de exposición son comunes y homogéneos para los diferentes procesos y peligros (Díez-Herrero, 2008).

2.1.5.4. Mapas de vulnerabilidad

Los mapas de vulnerabilidad representan, sobre los elementos del mapa de exposición, el grado de fragilidad de cada elemento ante el proceso, expresada en una escala entre 0 (mínima fragilidad o capacidad de pérdida nula) y 1 (máxima fragilidad o capacidad de pérdida total); o entre 0 y 100 en escala de porcentajes. Así como los mapas de peligrosidad son variados y diversos, y los de exposición son prácticamente iguales, los mapas de vulnerabilidad dependen en gran medida del tipo de proceso, existiendo diferentes asignaciones de vulnerabilidad según la tipología del fenómeno (Díez-Herrero, 2008).

La comprensión de los desastres por inundación requiere un análisis de los diversos patrones de vulnerabilidad generados por diferentes circunstancias económicas y políticas. Estas pueden estar ligadas al conjunto de factores que conforman el perfil de acceso de diferentes personas el cual determina su nivel de vulnerabilidad. Esto debe permitir la identificación de la población en riesgo en áreas propensas a las inundaciones (Blaikie, P. Et al. 1996).

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Para la elaboración de los mapas de peligro y vulnerabilidad se tiene que considerar los indicadores, elementos expuestos y su vulnerabilidad ante inundaciones. De acuerdo con UNISDR (2012) no todos los índices o indicadores utilizados para un estudio específico podrán volver a utilizarse en otros estudios que no tengan, por lo menos, el mismo objetivo. En otras palabras, aunque no hay una receta universal para la definición de indicadores o índices, sí hay algunos criterios generales que pueden ayudar a identificarlos, según el objetivo que se quiera alcanzar (UNISDR, 2012).

2.3. Marco contextual

2.3.1. República Dominicana

República Dominicana es un pequeño estado insular, situado en la región del Caribe como se puede ver en el mapa 1. Comparte con Haití la isla, la que se encuentra situada al este de la isla de Cuba y al Oeste de la de Puerto Rico. La extensión dominicana es de 48, 442 km². Su población estimada en el 2010 es de 9 378 818 habitantes y una densidad poblacional de unos 203 habitantes por km² (ONE, 2010).

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.



Mapa 1: Posición geográfica de la República Dominicana

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ATLAS, 2012.

2.3.1.1. Santo Domingo

La provincia Santo Domingo pertenece a la Región Ozama y tiene una extensión territorial de 1,302.2 km². Limita al Norte con la provincia Monte Plata, al Este con la provincia San Pedro de Macorís, al Sur con el Mar Caribe y al Oeste con la provincia San Cristóbal.

Según la división territorial del país, la provincia Santo Domingo está constituida por 7 municipios: Santo Domingo Este, Santo Domingo Oeste, Santo Domingo Norte, Boca Chica, San Antonio de Guerra, Los Alcarrizos y Pedro Brand y 8 distritos municipales: San Luis, La Victoria, La Caleta, Hato Viejo, Palmarejo – Villa Linda, Pantoja, La Guayiga y La Cuaba, (Santo Domingo, s.f).

2.3.1.1.2. Datos municipales

2.3.3.1.2.1. Pedro Brand

Pedro Brand tiene un área de 221.4 km², con un total de 74,016 habitantes y una densidad poblacional de 334 hab/km², según el IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.

Pedro Brand está ubicado en las coordenadas, 18° 34' 0" N Latitud Norte, 70° 5' 28" W Latitud Oeste.

2.3.3.1.2.1.1. Historia

La fundación de Pedro Brand, se remonta a los albores del siglo XIX, con la inmigración del minero californiano Peter Dorse Brand, quien junto a otros compatriotas estadounidenses se radicaron en la zona, atraídos por yacimientos auríferos que había en las márgenes de los ríos Haina e Isabela, los cuales atraviesan la comunidad, el primero al suroeste y el segundo al noreste.

Este inmigrante californiano logró adquirir gran parte del territorio que conforma lo que hoy se conoce como Los Corozos, convirtiéndolo en una gran finca que bautizó con su nombre. Como convirtió parte de esa tierra en cocotero, los lugareños comenzaron a llamar esa posesión como El Coco de Pedro Brand (Pedro Brand, s.f) (En línea).

2.3.3.1.2.1.2. Calidad y condiciones de vida

El municipio de Pedro Brand tuvo para el 2010 un porcentaje de viviendas con techo de asbesto cemento, yagua, cana u otros 0.9%, porcentaje de viviendas con piso de tierra u otros 3.8% y un porcentaje de viviendas con las paredes de tabla de palma, yagua y tejemanil 2.9%.

2.3.3.1.2.1. Los Alcarrizos

Los Alcarrizos cuenta con una superficie de 45.2 km² para el 2010 tenía una demografía de 272,776 habitantes, según el IX Censo Nacional de Población y Vivienda con una densidad poblacional de 6,038 hab/km². Está ubicado en la posición geográfica 18° 31' 0" N Latitud Norte, 70° 1' 0" W Latitud Oeste.

2.3.3.1.2.1.1. Historia

Según el Ayuntamiento Municipal de Los Alcarrizos a principio del siglo XX en la comunidad de Los Alcarrizos hubo una gran actividad ganadera y de producción de cañas para azúcar, que hoy quedan los recuerdos de la vía férrea que atravesaba todo el sureste y este del territorio por donde se desplazaban la maquina o tren con sus vagones cargados de cañas hacia el ingenio azucarero de Haina. Para 1966, Los Alcarrizos tenía una pequeña población concentrada en Los Alcarrizos viejos, en el cual operaba como la principal institución de la zona, La Iglesia San Antonio de Padua, que era dirigida por el sacerdote Pasionista Benito Arrieta, quien hizo sus aportes al desarrollo del territorio. La expansión poblacional de Los Alcarrizos, se inicia a principios de los años 70, cuando el entonces presidente Joaquín Balaguer, empezó a desarrollar grandes proyectos urbanos que dio paso a la primera oleada de inmigrantes hacia Los Alcarrizos al ordenar traslado de personas de diversos sectores de la capital los cuales fueron alojados en terrenos del actual sector de Sávica; junto a esto se destaca el desarrollo de un proyecto de apartamentos denominado hoy sector los multis en el año 1976, siendo el primer proyecto habitacional en la zona construido por el gobierno dominicano, en torno a este se desarrollo todo un núcleo

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. poblacional que dio origen al sector Pueblo Nuevo, que junto a Ciénaga constituyen los sectores con mayor población del hoy municipio de Los Alcarrizos.

La segunda ola de inmigrantes se da a partir del año 1979, luego del huracán David, cuando el entonces presidente Antonio Guzmán Fernández, construye 902 soluciones habitacionales denominada barracones para alojar a damnificados del sector la Ciénaga afectados por el huracán David y la Tormenta Federico;

En torno a los barracones el Instituto Nacional de la Vivienda (INVI) desarrolla el proyecto habitacional de casas dúplex que lleva su nombre, constituyéndose el segundo proyectos desarrollado por el estado con cierto criterio de planificación urbana. Posteriormente durante el Gobierno del Dr. Salvador Jorge Blanco 1982-1986, se lleva a cabo el tercer proyecto habitacional desarrollado por el ejecutivo, el cual fue construido para alojar a las familias que serian desalojadas de la autopista Duarte para dar paso a la ampliación de la misma en el tramo comprendido entre kilometro 9 y kilometro 28.

Junto a los proyectos señalados el gobierno del Dr. Joaquín Balaguer desarrolló el proyecto de vivienda Los Americanos 1991, y dio inicio al proyecto de apartamentos de canto la Rana el cual fue concluido por el presidente Leonel Fernández 1998 y la segunda etapa concluida por el Presidente Hipólito Mejía en el año 2002, en estos tres proyectos se alojaron cerca de 600 familias de las que residían en los Barracones.

Es importante destacar que fuera de estos proyectos e iniciativas de asentamientos humanos llevado a cabo por el gobierno, los demás barrios del municipio surgieron como resultado de la migración campesina que se dio en los años 70 y 80, los desalojos llevado a cabo por los gobiernos balaguerista de los barrios peri centrales del Distrito Nacional a finales de los

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. 80 y principios de los noventas, así como de la ocupación de tierras que dieron origen a sectores como la Piña, chavon, La Fe, Juana Saltitopa, Nuevo Amanecer, Nuevo Horizonte, el tamarindo, Los Progresos, entre otros.

Esto dio origen a un crecimiento y desarrollo horizontal del territorio con barrios desordenados, sin servicios de energía, agua potable, alcantarillado y sin calles. Actualmente los Alcarrizos tiene una población de 272 mil 772 habitantes, sin excluimos la población de los Distritos Municipales de Pantoja y de Palmarejo Villa Linda, tendríamos una población de 206,557 habitantes distribuidos en un territorio de 31 kilómetros cuadrados, que nos ha arroja una población de 6,492 persona por kilometro cuadrado, lo que muestra la alta densidad poblacional del municipio.

Los Alcarrizos fue elevado a la categoría de municipio mediante la Ley 64-05, del 31 de enero del año 2005, pero el ayuntamiento se funda el 16 de agosto del año 2006, cuando son juramentadas las primeras autoridades quienes fueron electos en las elecciones municipales y congresuales celebradas el 16 de mayo de ese mismo año (Historia, s.f)(En Línea).

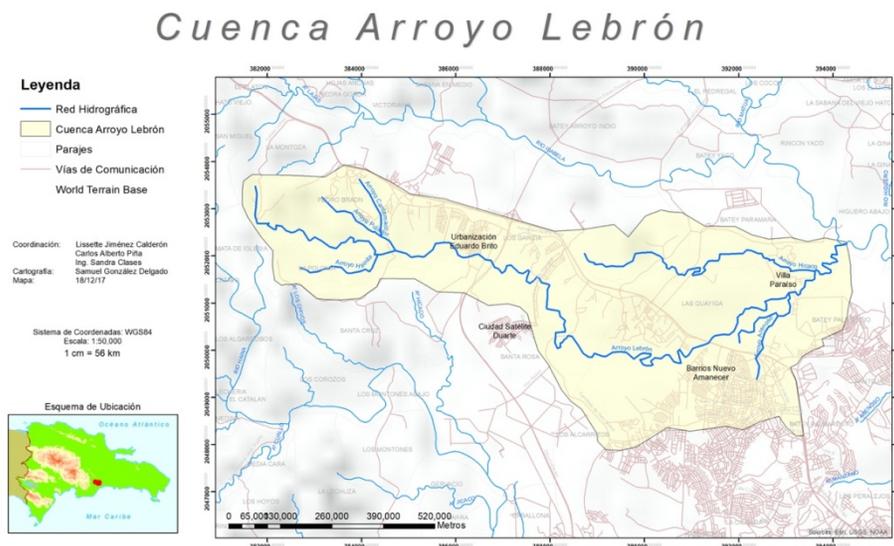
2.3.3.1.2.1.2. Calidad y condiciones de vida

El municipio de Los Alcarrizos el porcentaje de viviendas con techo de asbesto, cemento, yagua, cana u otros fue de un 2.0%, el porcentaje de viviendas con piso de tierra u otros 2.7% y un porcentaje de viviendas con las paredes de tabla de palma, yagua y tejemanil 0.3 % (Censo, 2010).

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

2.3.2. Cuenca del Arroyo Lebrón

La cuenca del Arroyo Lebrón es una sub cuenca del río Isabela, con un área de 38 km² y un perímetro de 35 km. Su arroyo principal es el Arroyo Lebrón, con una longitud de 21 km. Este nace en el puente de ciudad satélite, en el Municipio de Pedro Brand y desemboca en el río Isabela (Roque, Mejía & Díaz, 2013). Los afluentes principales son: el Arroyo Hainita, Arroyo Cantamaco, Arroyo Pujador, Arroyo Arenoso y el de mayor longitud, el Arroyo Hicaco con 15 km.

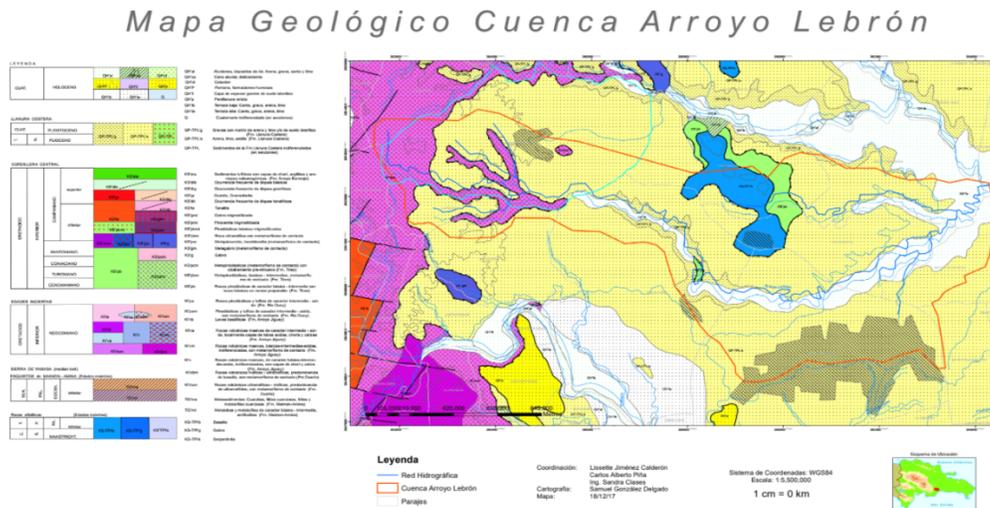


Mapa 2: Cuenca Arroyo Lebrón

Elaborado por: Samuel González

El Arroyo Lebrón comienza en el municipio Pedro Brand y desemboca en el río Isabela en el municipio de Los Alcarrizos como se puede ver en el mapa 2. De este río no se tiene ninguna información documentada.

2.3.2.1. Geología de la Cuenca Arroyo Lebrón



Mapa 3: Mapa Geológico de la cuenca Arroyo Lebrón

Elaborado por: Samuel González

Por redacción propia en base al mapa geológico (mapa 3), al inicio del cauce, el Arroyo Lebrón está constituido por material de roca volcánicas ultramáficas, con predominancia de ultramafitas, con metamorfismo de contacto (Fm. Duarte) del Cretacico inferior, continúa su recorrido con material de terraza baja (Canto, grava, arena y limo) del período Holoceno de la última época del período Cuaternario. Además tiene Metapiroclásticas, basicas - intermedias, metamorfismo de contacto (Fm. Tireo) del Cretacacico inferior de la Cordillera Central.

La cuenca esta compuesto en su mayoría por material de la llanura costera, Gravas con matriz de arena y limo y/o de suelo laterítico (Fm. Llanura Costera). Se puede observar

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. también material de la Cordillera Central, roca piroclásticas de carácter básico-intermedio con lavas básicas en menor proporción (Fm. Tireo), del Cretacico inferior y presencia de basalto de edades inciertas.

2.3.2.1.1. Columna litoestratigrafica Arroyo Lebrón

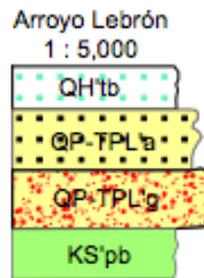


Ilustración 1: Columna litoestratigrafica del Arroyo Lebrón

Fuente: Servicio Geologico Nacional, mapa geológico de los Alcarrizos.

El material más antiguo es la roca piroclástica de carácter básico-intermedio con lavas básicas en menor proporción (Fm. Tireo), seguido de gravas con matriz de arena y limo y/o de suelo laterítico (Fm. Llanura Costera), sucesivo arena, limo, arcilla (Fm. Llanura costera) y el material más reciente es la terraza baja, canto, grava, arena, limo.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de la investigación

El **enfoque cualitativo** se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. El enfoque cualitativo utiliza la recolección de datos sin medición numérica para descubrir o afinar preguntas de investigación en el proceso de interpretación (Sampieri, R. et al, 2014).

Esta investigación es de carácter cualitativo, debido a la falta de datos estadísticos y los datos recoletados, se obtuvieron realizando búsquedas de material bibliográfico y realizando entrevistas a los moradores y al personal de la Defensa Civil encargada del área de estudio que han tenido diversas vivencias y experiencias con desastres naturales.

3.2. Diseño de la investigación

Esta investigación es no experimental según la definición de Sampieri y otros (2014) “podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos”.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

En esta investigación como se mencionó anteriormente no se altera las variables independientes (las inundaciones) sólo se evalúan los sucesos anteriormente ocurridos en el área de estudio y a partir de la evaluación se recolectan los datos e informaciones con el fin de general cartografía de peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo ante las inundaciones por intensas lluvias.

Además el método de investigación de campo fue complemento para la confirmación de los datos obtenidos, debido a que la investigación ameritaba la interacción con los residentes de las zonas y la protección civil para conocer los efectos de las inundaciones.

3.3. Tipo de investigación

Esta investigación de acuerdo al análisis global es del tipo aplicada, como menciona Murillo (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad (Vargas, 2009).

De acuerdo al objetivo, es una investigación de carácter descriptiva porque se tiene como objetivo hacer una representación descriptiva de las variables que inciden en las inundaciones en la cuenca del Arroyo Lebrón.

Acorde con la recogida de datos es una investigación bibliográfica/documental y de campo, puesto que se centra en la búsqueda de datos bibliográficos y la verificación de estos en la zona de estudio.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Con relación al período y secuencia de estudio, el estudio es transversal porque es un estudio de grado del análisis de riesgo realizado en un corto período de tiempo determinado.

3.4. Técnicas de investigación

Las técnicas a utilizar para la recolección de los datos son la investigación documental y la investigación de campo.

Investigación documental

La investigación se apoya en la compilación de documentos bibliográficos formales e informales; Guías, libros de textos, tesis, etc. Materiales esenciales para cimentar y complementar el estudio.

Investigación de campo

Residió en las visitas a zonas con inundaciones documentadas, con el objetivo de observar directamente las áreas afectadas. Las herramientas utilizadas fueron entrevistas abiertas, interacción con los residentes y la defensa civil.

3.5. Proceso metodológico

El proceso metodológico de estudio de riesgo tiene que tener en cuenta tres componentes fundamentales; la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. Estas componentes atienden a una evaluación independiente de cada una. Por un lado la evaluación de la **peligrosidad** a la que el área de estudio está expuesta a una o varias amenazas, en este caso, inundaciones, y del otro, la **exposición** a la que están las personas y/o bienes materiales y la **vulnerabilidad** a la pérdida total o nula de los elementos expuestos.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Antes de seleccionar el método de evaluación de cada factor se realizó una búsqueda bibliográfica de estudios anteriormente realizados. Luego se hizo una recopilación de información: noticias, mapas, estudios realizados, etc., de la cuenca, para definir qué datos son importantes y de cuales se carecen para realizar los estudios.

Después de haberse realizado la búsqueda bibliográfica y la recopilación de datos se seleccionó la metodología para la obtención de mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad.

Análisis de la peligrosidad

En general, los **análisis de la peligrosidad por avenidas e inundaciones** se realizan combinando una serie de métodos que se pueden agrupar en tres grandes grupos: **métodos hidrológicos, métodos geológicos y métodos históricos**. Estos tres principales métodos se complementan unos a otros y además se pueden ver apoyados por otras técnicas, herramientas o fuentes de datos, como por ejemplo datos ecológicos, análisis isotópicos, técnicas estadísticas, herramientas SIG, etc. (Laín Huerta, L. et al., 2009).

Primero se hizo una investigación de eventos documentados, y visitas de campo en la que se hicieron preguntas a los residentes y a los organismos de respuesta ante desastres naturales, la Defensa Civil, y para identificar eventos relativamente recientes. Como resultado solo se encontraron pocas publicaciones de periódicos e informes publicados por el Centro de Operaciones de Emergencia (COE) de las zonas susceptibles a inundaciones.

Debido a que en la revisión geológica sólo se halló cartografía geológica del sitio, insuficiente para la recopilación de información, a fin de alimentar los modelos hidrológico,

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. geomorfológico y paleo hidrológico, no se tomaron estos modelos para la evaluación de peligrosidad de este proyecto.

También se descartó el análisis hidrológico e hidráulico de la cuenca, porque no existen datos de aportes y caudales máximos, probabilidades de excedencia, hidrogramas, tormentas características, estimados de calados y velocidades principalmente, etc.

Por causa de la limitada información sobre la cuenca del Arroyo Lebrón, se realizaron consultas en el Servicio Geológico Nacional, sobre qué otro método se podía utilizar para la obtención de un mapa de peligrosidad con pocos datos y material de base, como respuesta se tuvo, que utilizar el **Modelo Digital de Elevaciones**.

Se procedió a utilizar el Modelo Digital de Elevaciones (MDE) a 30 metros de la República Dominicana se corrió en el programa ARCMAP para detectar las zonas más bajas de la cuenca y el programa brindó las zonas con más amenazadas a inundaciones.

Además se utilizó el método histórico para corroborar las zonas inundables. Esto se hizo buscando información de inundaciones históricas en los periódicos, la web y en instituciones, y realizando entrevistas abiertas a las personas de la zona.

Análisis de exposición

El análisis de exposición comprende evaluar qué tan susceptible está la población y bienes materiales a las secuelas de los desastres naturales. Para este análisis se evaluó un único elemento (**Densidad poblacional**), del cual se trata precisar la distribución poblacional respecto a su disposición espacial sobre el territorio, para en función del nivel de permanencia, definir el grado de exposición asociado a la misma. Se hizo uso del IX Censo

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. Nacional de Población y Vivienda 2010 para la obtención de la densidad poblacional para cada municipio y distrito municipal.

Para la valoración de exposición se ha establecido desde una exposición baja hasta una exposición extrema según la densidad poblacional (Hab/Km²) como se muestra a continuación en la tabla 1.

Tabla 1: Relación de la exposición con la permanencia espacial de las personas (Densidad poblacional (Hab/Km²)).

| EXPOSICIÓN | |
|------------|--------------|
| Baja | Dp<100 |
| Moderada | 101<Dp<500 |
| Alta | 501<Dp<1000 |
| muy alta | 1001<Dp<3000 |
| Extrema | Dp>3001 |

Fuente: Propia

Análisis de vulnerabilidad

Para el análisis de vulnerabilidad se tomaron como indicadores la **cantidad de miembros por vivienda** y la **calidad estructural** de éstas. Se tomó la valoración de vulnerabilidad baja, media y alta como criterio de evaluación de los indicadores.

Con la **cantidad de miembros por viviendas** se representa el porcentaje de viviendas que es más propensa a sufrir daños (pérdida de la vida de las personas que la habitan o lesiones) por la cantidad de miembros que ellas residen ante el fenómeno natural analizado. Por este motivo, se realizó una selección de intervalos de miembros por vivienda determinados

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. frente al total de viviendas habitadas. Los datos necesarios han sido tomados directamente de vol. II del IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 en términos municipales. La segmentación de miembros por viviendas utilizada para el análisis se muestra en la tabla 2 y a partir de estos datos se ha procedido a la obtención del valor final de vulnerabilidad asociado a esta variable a partir los porcentajes relativos a cada clase relacionado al total de vivienda.

Tabla 2: Vulnerabilidad respecto a la agrupación de miembros por vivienda.

| | MIEMBROS POR VIVIENDA |
|----------------------|------------------------------|
| Vulnerabilidad Baja | 1-2 |
| Vulnerabilidad Media | 3-4 |
| Vulnerabilidad Alta | +5 |

Fuente: Propia

De la misma manera que se analizó la cantidad de miembros por viviendas se evaluó la **calidad estructural** de éstas. Se tomaron las características alta, media y baja calidad estructural (ver tabla 3) como tipología de las viviendas. Los datos se obtuvieron de la base de datos del IX Censo Nacional de Población y vivienda 2010 con la herramienta de procesamiento de base de datos, Redatam+SP CEPAL/CELADE. Se le asignó la valoración de vulnerabilidad baja, media y alta a las estructuras de alta, media y alta calidad respectivamente como se observa en la tabla 3.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Tabla 3: Relación de la calidad estructural con la vulnerabilidad.

| | Calidad estructural |
|----------------------|----------------------------|
| Vulnerabilidad Baja | Alta calidad |
| Vulnerabilidad Media | Media calidad |
| Vulnerabilidad Alta | Baja calidad |

Fuente: Propia

Análisis de riesgo

Con los resultados de la peligrosidad, exposición y vulnerabilidad es posible generar el mapa de riesgo atendiendo a la definición dada por Díez-Herrero (2008), que responde a la expresión:

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} \times \text{VULNERABILIDAD} \times \text{EXPOSICIÓN}$$

El análisis fue llevado a cabo mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.3, el cual permite realizar análisis espaciales mediante operaciones algebraicas entre distintos mapas. El SIG proporciona un mapa en el que están representadas diferentes zonas, cada una con un grado de riesgo característico.

Para que el mapa de riesgo resulte fácilmente entendible, se agruparon las zonas en diferentes niveles de riesgo, se ha optado representar el riesgo en cinco niveles: bajo, moderado, alto, muy alto y extremo. Los criterios para incluir las diferentes zonas en cada uno de los niveles han sido:

Riesgo bajo: Todos aquellos valores de riesgo mayores que cero y menores que el asociado a una zona con una peligrosidad baja (1), vulnerabilidad moderada (2), y valor de

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana. exposición moderado (2). Rango de riesgo incluido: De 0,1 a 3.

Riesgo moderado: Todos aquellos valores de riesgo mayores que el rango del riesgo bajo y menores que el asociado a una zona con una peligrosidad moderada (2), vulnerabilidad moderada (2) y valor de exposición moderado (2). Rango de riesgo incluido: De 4-7.

Riesgo alto: Todos aquellos valores de riesgo mayores que el rango del riesgo moderado y menores que el asociado a una zona con una alta peligrosidad (3), vulnerabilidad moderada (2) y valor de exposición moderado (2). Rango de riesgo incluido: De 8-11.

Riesgo muy alto: Todos aquellos valores de riesgo mayores que el rango del riesgo alto y menores que el asociado a una zona con una peligrosidad alta (3), vulnerabilidad moderada (2) y valor de exposición muy alta (4). Rango de riesgo incluido: De 12-23.

Riesgo extremo: Todos aquellos valores de riesgo mayores que el rango del riesgo muy alto. Rango de riesgo incluido: De 24-45.

3.6. Procedimiento de investigación

El primer paso para la elaboración de esta investigación consistió en una búsqueda de información de la zona de estudio en la red (Internet), bibliotecas e instituciones.

A partir de las informaciones obtenidas se realizó otra investigación bibliográfica para la selección de metodología adecuada para el sitio de estudio.

Luego se contactó al Servicio Geológico Nacional (SGN) para realizar preguntas con respecto al proceso metodológico a llevar a cabo por la falta de información.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Inmediatamente después de haberse seleccionado la metodología se visitó a la Defensa Civil, muy específicamente el departamento de operaciones para coordinar las visitas de campo.

Se procedió a las visitas de campo, llevadas a cabo en los sectores Eduardo Brito y Villa Paraíso en el municipio Pedro Brand, en la que se realizaron varias entrevistas abiertas a moradores y personas que trabajan en el entorno para determinar las áreas inundables de las zonas.

Finalmente, se procedió al análisis y elaboración de mapas de los componentes de riesgo aplicando los SIG para indicar el área de riesgo a inundaciones.

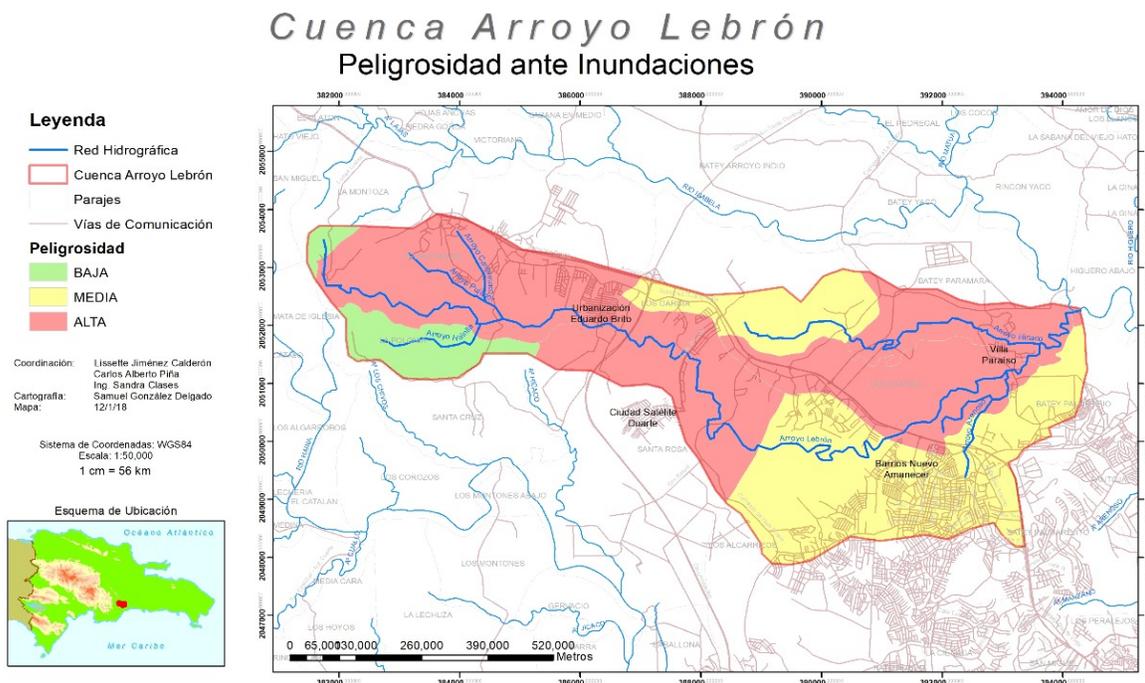
3.7. Método de investigación

La investigación es inductiva, porque no se tomaron informaciones con el fin de evaluar teorías, sino que a partir de los análisis y evaluaciones del trabajo se llega a la conclusión general.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de peligrosidad

Con el uso de las herramientas Modelo Digital de Elevaciones (MDE) y ArcMap se detectaron las zonas con peligrosidad a inundaciones. Las superficies con alta peligrosidad son las zonas más bajas de la cuenca como se puede ver en el mapa 4.



Mapa 4: Peligrosidad ante inundaciones

Elaborado por: Samuel González

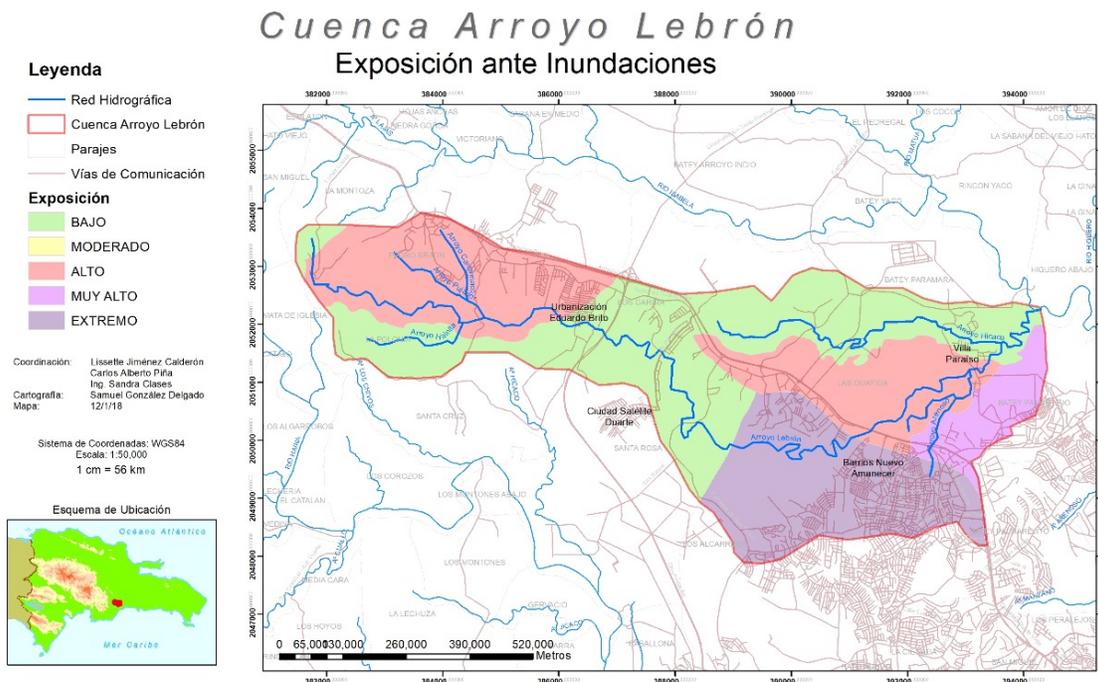
Durante las visitas de campo se confirmó que las zonas que mostraron alta peligrosidad ante inundaciones en el mapa fueran realmente zonas inundables.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Los cascos urbanos Eduardo Brito y Villa Paraíso (Pedro Brand) presentan alta peligrosidad y el sector Nuevo Amanecer (Los Alcarrizos) una pequeña parte del área presenta peligrosidad alta mientras que el área restante tiene peligrosidad media. Entretanto la superficie remanente tiene peligrosidad media y pequeñas áreas de peligrosidad baja.

4.2. Análisis de exposición

Para la elaboración del mapa de exposición se tomó la población como único elemento de representación. Se aplicó como criterio la distribución espacial de las personas (densidad poblacional).



Mapa 5: Exposición ante inundaciones

Elaborado por: Samuel González

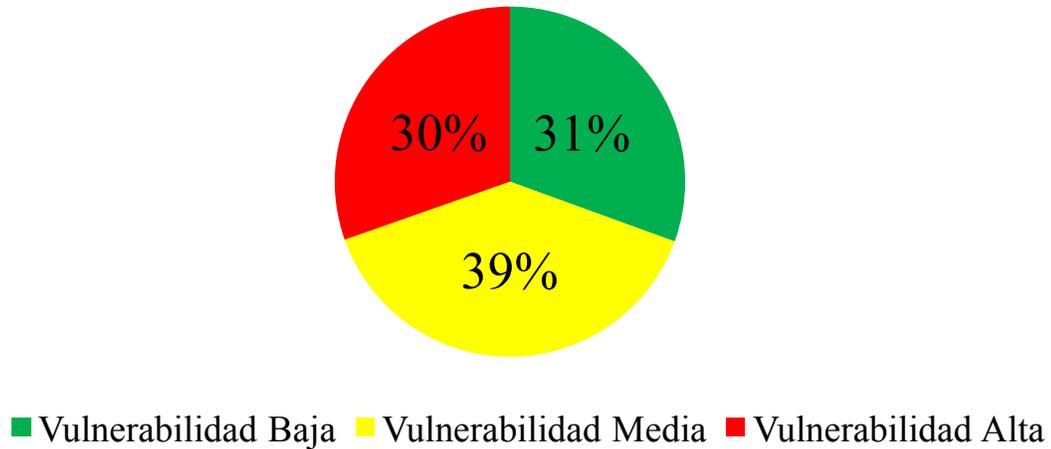
Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Se ha considerado como de baja exposición los valores equivalentes a una densidad poblacional inferior a 100 hab/km². Las zonas con valores de exposición mayores que el rango de baja exposición y menores que el valor equivalente a 500 hab/km² han sido consideradas de grado moderado de exposición. Zonas con valores de exposición mayores que el rango de exposición moderado y menores que el valor equivalente a 1000 hab/ km² han sido consideradas de alta exposición. Valores de exposición mayores que el rango de alta exposición y menores que el valor equivalente a 3000 hab/ km² han sido consideradas de exposición muy alta. Aquellas zonas con un valor de exposición igual o superior al equivalente a 3000 hab/ km² han sido consideradas de exposición extrema.

4.3. Análisis de vulnerabilidad

La vulnerabilidad por cantidad de miembros por vivienda fue evaluada con la metodología mencionada en el capítulo 3 apartado 3.3.3 obteniendo como resultado que 30% de las vivienda tienen una alta vulnerabilidad (+ 5 miembros/vivienda), el 39% vulnerabilidad media (3 - 4 miembros/vivienda) y el 31% vulnerabilidad baja (1-2 miembros/vivienda) (Gráfica 1) de los municipios Pedro Brand y Los Alcarrizos.

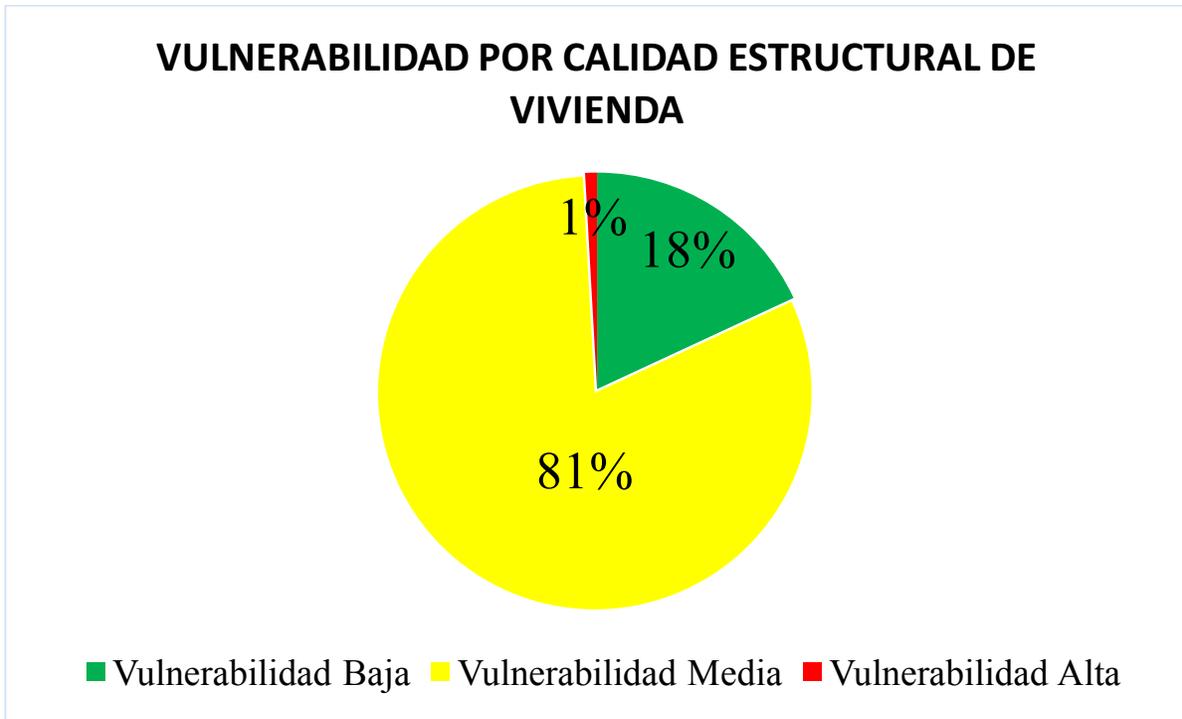
VULNERABILIDAD POR CANTIDAD DE MIEMBROS POR VIVIENDA



Gráfica 1: Resultados de vulnerabilidad de miembros por viviendas

Fuente: Propia

La vulnerabilidad por calidad estructural de vivienda fue evaluada de forma parecida a la vulnerabilidad de cantidad de miembros por vivienda obteniendo como resultado que 1% de las vivienda tienen una alta vulnerabilidad (baja calidad), el 81% vulnerabilidad media (media calidad) y el 18% vulnerabilidad baja (alta calidad) (Gráfica 2) de los municipios Pedro Brand y Los Alcarrizos.

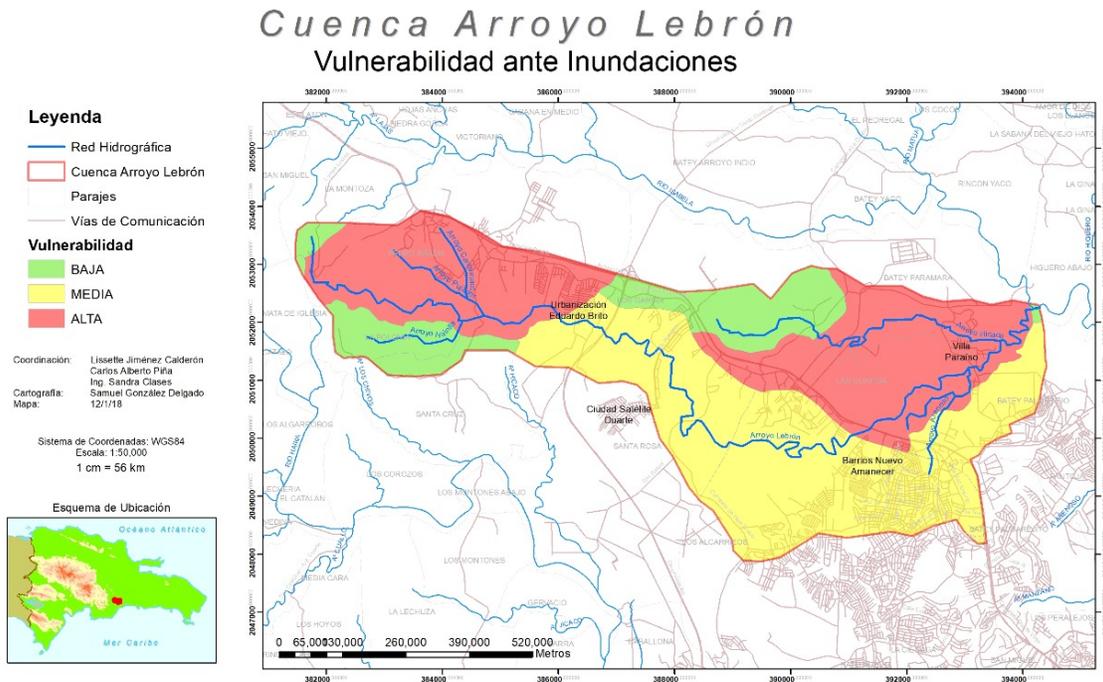


Gráfica 2: Resultados de vulnerabilidad por calidad estructural de las viviendas

Fuente: Propia

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad se ha realizado una ponderación numérica para su posterior representación.

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.



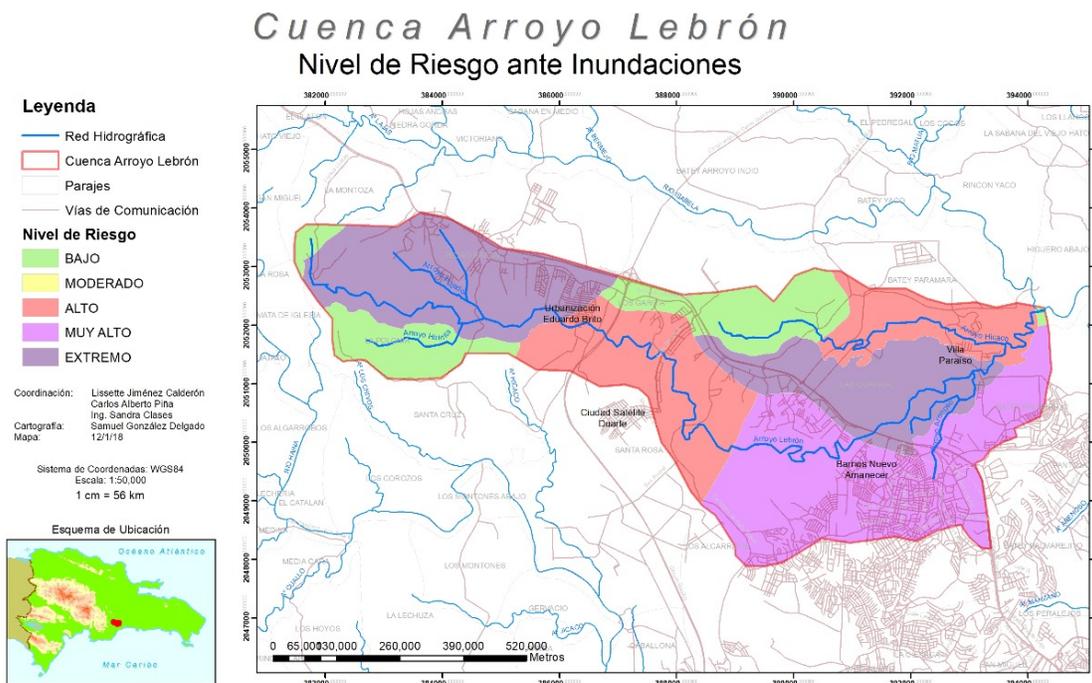
Mapa 6: Vulnerabilidad ante inundaciones

Elaborado por: Samuel González

Se ha delimitado el nivel de vulnerabilidad en la zona de estudio, específicamente en los cascos urbanos: Eduardo Brito, Nuevo Amanecer y Villa Paraíso es altamente vulnerable ante inundaciones en gran medida por la gran cantidad de personas que viven en una sola residencia y la baja calidad estructural que muestran. Mientras que la mayor extensión del terreno tiene vulnerabilidad media y mínimas áreas de vulnerabilidad baja.

4.4. Análisis de riesgo

Después de hacerse la superposición de los mapas de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad, y de agrupar los valores obtenidos en cinco niveles de riesgo, se ha obtenido el mapa de riesgo a inundación por intensas lluvias (ver mapa 7).



Mapa 7: Nivel de riesgo ante inundaciones

Elaborado por: Samuel González

En este mapa se observa que, las áreas con un riesgo extremo y muy alto se concentran en los cascos urbanos (Eduardo Brito, Villa Paraíso y Nuevo Amanecer).

A partir de este mapa se puede determinar que el grado de peligrosidad y exposición de un elemento es más representativo que la vulnerabilidad en la determinación del riesgo.

Observaciones generales

En el proceso de este trabajo han surgido algunos impedimentos, como por ejemplo, la falta de información base de la cuenca del Arroyo Lebrón.

Durante el trabajo de campo se observó la elevada contaminación que tiene el Arroyo Lebrón, la falta de servicio de recolección de aguas residuales, por lo que las personas vierten sus desechos en el río y la falta de calles asfaltadas, estos factores aumentan el riesgo ante los desastres naturales.

Lo más positivo de hacer este proyecto fue la amabilidad y el deseo de colaboración que mostraron las personas que trabajan y son voluntarios en la Defensa Civil porque entendían la importancia que este trabajo representa para ellos y la gestión de riesgo.

CONCLUSIÓN

Se ha determinado que el nivel de vulnerabilidad de la zona de estudio es elevado para las urbanizaciones Eduardo Brito, Villa Paraíso y Nuevo Amanecer, estas zonas son vulnerables a las inundaciones debido a la cantidad de miembro por vivienda y la calidad estructural de la vivienda, entretanto que la mayor área es de vulnerabilidad media y pequeñas áreas de vulnerabilidad baja.

El mapa de peligrosidad evidencia que la mayor superficie de la cuenca es altamente susceptible a las inundaciones, mientras que el mapa de exposición muestra que los residentes de Eduardo Brito y Villa Paraíso están altamente expuestos a la inundaciones y el sector Nuevo Amanecer tiene exposición extrema a las crecidas y la cartografía de vulnerabilidad expone la debilidad alta y media de zonas anterior mente mencionadas para afrontar las avenidas, cada una de estas informaciones son relevantes para las medidas de prevención no estructural (gestión de riesgo).

Las zonas inundables capaces de producir daños son aquellas que presentan desde un alto hasta un extremo riesgo a inundaciones por intensas lluvias, estas zonas son las ya mencionadas Eduardo Brito, Villa Paraíso y Nuevo Amanecer.

Con las elevaciones del terreno fue posible identificar las extensiones de territorios por bajo del nivel del suelo, con alta y media peligrosidad ante inundaciones.

Las zonas con alta vulnerabilidad ante inundaciones son aquellas con mayor porcentaje de viviendas con más de 5 miembros y la baja calidad estructural de éstas. En tanto, que la

Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

mayor extensión del terreno tiene vulnerabilidad media y mínimas áreas de vulnerabilidad baja.

Con el análisis de riesgo se tiene como resultado que el riesgo ante desastres aumenta considerablemente con la exposición de las personas asentándose y expandiéndose en zonas con alta peligrosidad a las crecidas por intensas lluvias.

RECOMENDACIONES

- ✓ Elaboración de un plan de reubicación de los asentamientos de personas en zonas de alto, muy alto y extremo riesgo ante inundaciones.
- ✓ Implementar Plan de Ordenamiento Territorial.
- ✓ Diseño y construcción de drenaje pluvial y sanitario en aquellas zonas en las que no es posible reubicar a las personas.
- ✓ Saneamiento del Arroyo Lebrón en las zonas pobladas.
- ✓ Implementar Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en las zonas con alto, muy alto y extremo riesgo ante inundaciones.
- ✓ Construir albergues con capacidad suficiente que cubran la demanda ante casos de emergencias.
- ✓ Construcción del puente que conecta las urbanizaciones Eduardo Brito I y II.
- ✓ Diseño y construcción de vías de accesos de a las urbanizaciones.
- ✓ Cumplir el artículo Art. 129, Ley 64-00, garantizar una franja de protección obligatoria de treinta (30) metros en ambas márgenes de las corrientes fluviales, así como alrededor de los lagos, lagunas y embalses.

GLOSARIO

Zonas expuestas: Se denomina zonas expuestas a todas aquellas que se encuentran cercana o expuestas a eventos naturales o antrópicos, que pueden afectar no solo los diversos usos del lugar. También una zona vulnerable puede ser si se sitúa en un lugar de movimiento que pueda ocurrir algún deslizamiento de material con gran facilidad.

Desastres: Un desastre es un hecho natural o provocado por el hombre que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en cambios permanentes en las sociedades humanas.

REDATAM: es un sistema computacional amigable e interactivo que facilita el procesamiento, análisis y diseminación web de la información de censos, encuestas, registros administrativos, indicadores nacionales/regionales y otras fuentes de datos.

Modelo Digital de Elevaciones (MDE): Es un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BID, MEPyD & DGODT (2012). Amenazas y Riesgos Naturales República Dominicana. Compendio de Mapas. Santo Domingo, República Dominicana.
2. Blaikie P.(1996) Vulnerabilidad, el entorno social, político y económico de los desastres. Primera Edición: Julio de 1996. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
3. Comisión Europea. (2009). Análisis de riesgos de desastres y vulnerabilidades en la República Dominicana. VI Plan de Acción DIPECHO para El Caribe.
4. Díez & Herrero (2018). Guía Metodológica para la elaboración de cartografías de riesgos naturales en España. Volumen 2. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid, España.
5. Estanilao, L. & Tsai, Y. (2017). Estudio de peligro y vulnerabilidad ante inundaciones por lluvias intensas de la cuenca del arroyo Dajao, Santo Domingo Norte. (Trabajo de grado). Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Santo Domingo, República Dominicana.
6. Historia (Sin fecha). Ayuntamiento de Los Alcarrizos. Recuperado el 12 de Enero del 2018 de <http://www.alcarrizos.gob.do/index.php/2014-11-19-20-28-08/historia>.
7. Inundaciones (Sin fecha). Salud en emergencias y desastres. Ministerio de Salud. Recuperado el 13 de Enero del 2018 de <http://www.msal.gob.ar/salud-y-desastres/index.php/riesgos-de-desastres-en-argentina/principales-amenazas/inundaciones>.

- Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.
8. Laín Huerta, L.(2009). Metodología para la elaboración de cartografía de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Memoria de proyecto METAVENIDAS. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.
 9. Ley 147-02. (2002). Sobre gestión de riesgo. Gaceta Oficial. Santo Domingo, República Dominicana.
 10. Oficina de Defensa Civil. (2017). Informe de situación preliminar No.26. Recuperado de <http://www.coe.gob.do/index.php/noticias/item/122-informe-de-situacion-preliminar-no-26>
 11. ONE (2010). IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Santo Domingo, República Dominicana.
 12. Pedro Brand. (Sin fecha). En Wikipedia. Recuperado el 12 de Enero del 2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/Pedro_Brand.
 13. Rodríguez A. & Rennola M. (2012). Avances y desafíos de la Gestión del Riesgo de Desastres en la República Dominicana. Plan de Acción DIPECHO para el Caribe 2011-2012. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR).
 14. Roque, M, Mejía, Y, & Díaz D. (2013). Vulnerabilidad y medidas de adaptación aplicando la herramienta cristal en sector Nuevo Amanecer, Los Alcarrizos. (Proyecto de diplomado). Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, Santo Domingo, República Dominicana.
 15. Rosario. I. (2016, Octubre 5). Efectos de “Matthew” generan pérdidas a RD. METRO [Santo Domingo, República Dominicana]. Recuperado de <https://www.metrod.do/do/clima/2016/10/05/efectos-e2809cmatthewe2809d-generan-perdidas-rd.html>

- Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.
16. Sampiari, R. & Fernández C. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
 17. Santo Domingo (Sin fecha). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <http://ambiente.gob.do/informacion-provincial/santo-domingo/>
 18. Scharboy, B. (2008, Agosto 27). Guajimía se desborda, destruye tres casas, inunda viviendas. Diario Libre. Recuperado de <https://www.diariolibre.com/noticias/guajima-se-desborda-destruye-tres-casas-inunda-viviendas-NEDL30681>
 19. UNISDR(2009). Terminología Sobre Reducción De Riesgo De Desastres. Recuperado de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
 20. Vargas Cordero, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación, 33 (1), 155-165.

ANEXOS

Anexo I. Recorrido Urb. Eduardo Brito



Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.



Estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones por intensas lluvias en el Arroyo Lebrón, municipio Pedro Brand, Santo Domingo, República Dominicana.

Anexo II. Recorrido Sector Villa Paraíso

