

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Estudio de peligro y vulnerabilidad ante inundaciones por intensas lluvias de la cuenca  
del Arroyo Manoguayabo, Santo Domingo Oeste

**Para la obtención del título de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Sustentantes:**

Patricia Kristal Beltré Castillo

Rony de los Santos de la Cruz

**Asesora:**

Ing. Sandra José Clases

**Fecha:**

15 de Enero del 2018

**Santo Domingo, D.N.**

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, ese ser indescriptible, autor de mi existencia y de aquellas personas que forman parte importante de mi vida, gracias por permitirme vivir este logro de muchos que tengo pensado cumplir.

**A mi madre**, el ser más maravilloso de mi vida, quien ha sabido entender todas mis altas y mis bajas no solo durante estos cuatro años, si no durante toda mi vida. Quien nunca me ha condicionado en cuanto a mis decisiones y quien siempre me ha dado su apoyo incondicional en todo.

**A mi padre**, también el ser más maravilloso que me ha dado Dios, mi modelo a seguir, mi apoyo durante estos cuatro años, mi gran motivación en la vida.

**A toda mi familia, pero en especial a Leydi Beltré, Clibel Beltré, Maritza Rodríguez y Rubén Martínez**, por saber comprender mis momentos de estrés y por apoyarme cuando lo necesite.

**A mis mejores amigas, Nicole Ortiz, Idelquis Bone, Cesarina Femminis y Yolenny Castillo** por nunca faltar cuando las necesité.

**A mi Team Melaza**, el grupo de amigos que me supo acoger desde el inicio del proceso, brindándome siempre con una sonrisa la solución a muchos de mis problemas.

**A mi compañero de tesis Rony De Los Santos**, por poner un voto de confianza en mí y sobre todo por entenderme durante este proceso.

**A la Ingeniera Sandra José Clases**, nuestra asesora, quien puso todo su empeño para ayudarnos a concluir nuestro trabajo de grado.

A **María Ulloa** y el **Ing. Ramón Tavarez**, por su disposición a ayudar en todo momento.

**Y por último te agradezco a ti Jhonattan Domínguez**, por nunca faltarme durante estos cuatro años, por ser mi bastón y por tus palabras de aliento aun durante este proceso de culminación de mi tesis.

**Patricia K. Beltré**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por no abandonarme en cada paso que doy, sin él este trabajo no hubiera sido posible.

**A mi madre, Ventura de la Cruz**, porque le debo gran parte de mi educación, la cual me ha brindado con mucho amor, buscando siempre por mi bienestar de manera desinteresada.

**A mi padre, Pedro de los Santos**, porque con mucho amor y entrega me ha brindado el sustento y apoyo moral para que alcance las metas que me proponga.

**A mis hermanos, Jorge y Yanil**, por creer en mí y por darme siempre su apoyo.

**A mis compañeros del Team 902**, Carlos Novas, Elías Parra, Marlon Pérez, Janluc Parra, Manuel Rodríguez, Saudy Comas, Saúl Espino, Martín Rodríguez, Steven González, Ronald Zaldívar, Ismael Ramírez, Isaac Guerrero, Jake Montes de Oca, Eduardo Díaz, Federick de la Cruz, Wáncer Herrera, quienes considero mis hermanos de otra madre ya que pude contar con la ayuda desinteresada de cada uno de ellos en momentos determinantes y por los incontables momentos de alegría que disfrutamos juntos. De manera especial a Víctor Díaz quien ya no está con nosotros pero su recuerdo vivirá para siempre.

**A mis compañeros del Team Melaza**, por brindarme su amistad durante todo mi camino universitario y por ser personas que suman bastante a mi vida en lo personal y lo académico.

**A mis amigos Saudy Comas y Saúl Espino,** con quienes compartí, la mayor parte del trayecto, porque nos apoyamos en todo momento sin esperar nada a cambio, porque el éxito de uno siempre ha sido el éxito de todos.

**A mi compañera de tesis y gran amiga Patricia Beltré,** por ser una excelente persona, compañera y estudiante, gracias por confiar en mí en este proceso.

**A la Ing. Sandra José Clases,** por su entrega y disposición de ayudar a los demás, sin su gran capacidad como profesional y su calidad como persona este trabajo no hubiera sido posible.

**A personas muy especiales en mi vida con las que siempre puedo contar** como Romana de la Cruz, Carina de la Cruz, Carlita de la Cruz, Manuel Cruz, Lisa Cruz, Elvin Beato y Karen Beato.

**Rony de los Santos de la Cruz**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres, Gabino Beltré y Ana Luisa Castillo**, por su amor y comprensión.

**A los hermanos que me dio la UNPHU, Gilsy Cleto, Jhonattan Domínguez, Yu Wen Tsai, Yudelis González, Liliana Estanilao, Juan Arámbolo, Saúl Espino, Rony de los Santos**, quienes siempre estuvieron abiertos a darme una mano con lo que necesitara y a compartir todos sus conocimientos conmigo.

**A la Defensa Civil, especialmente a Pedro Valenzuela**, por su ayuda incondicional a cambio de nada. Gracias en particular también a Tony Marte.

**Al Servicio Geológico Nacional** por ayudarnos en la conclusión de nuestro trabajo de grado.

**A todos esos profesores** que pusieron su granito de arena para hacer esto posible.

**Patricia K. Beltré**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres**, porque se esforzaron con mucho amor para que todo este proceso fuera posible.

**A mi familia**, por su presencia en mi vida y apoyo incondicional durante mi trayecto personal y académico.

**A todos mis amigos**, que de alguna manera han aportado en mi desarrollo como estudiante y como ser humano

**A esos profesores**, que he llegado a considerar como amigos por su entrega a la enseñanza y por su calidad de persona.

**Al Servicio Geológico Nacional, principalmente a Samuel González** por ayudarnos en la conclusión de nuestro trabajo de grado.

**A la Defensa Civil, principalmente a Pedro Valenzuela**, por su vocación de ayudar a los demás y por brindarnos sus conocimientos que fueron vitales para la realización de esta tesis.

**Rony de los Santos de la Cruz**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Formulación del problema .....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4 Justificación .....	4
1.5 Antecedentes.....	5
1.5.1 Antecedentes teóricos .....	5
1.6 Alcance y limitaciones.....	7
1.6.1 Alcance .....	7
1.6.2 Limitaciones .....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Vulnerabilidad.....	9
2.1.1 Vulnerabilidad al cambio climático .....	10
2.1.2 Componentes de la vulnerabilidad .....	10

2.2	Lámina de precipitación.....	13
2.2.1	Intensidad de precipitación.....	15
2.2.2	Hietograma .....	17
2.2.3	Gasto.....	18
2.2.4	Hidrograma.....	18
2.3	Periodo de retorno (Tr) .....	19
2.4	Inundaciones .....	19
2.4.1	¿Por qué ocurren las inundaciones?.....	20
2.4.2	Clasificación de las inundaciones.....	21
2.4.3	Consecuencias de los procesos de crecida e inundación .....	29
2.5	Cuenca hidrográfica.....	34
2.5.1	Escorrentía .....	34
2.6	Marco Conceptual.....	35
2.7	Marco Contextual .....	36
2.7.1	Sobre el Río Haina .....	36
2.7.1.1	Ubicación geográfica y división política administrativa .....	36
2.7.1.2	Zonas Hídricas de Importancia .....	37
2.7.1.3	Zonas de vida .....	38

2.7.1.4	Zonas Inundables .....	40
2.7.1.5	Unidades de Recursos para la Planificación de los Suelos (URP) .....	41
2.7.2	Sobre el Arroyo Manogwayabo .....	44
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....		47
3.1	Enfoque de la investigación .....	47
3.2	Tipo de investigación .....	48
3.3	Técnicas de investigación .....	49
3.3.1	Análisis bibliográfico: .....	49
3.3.2	Trabajo de gabinete: .....	49
3.3.3	Trabajo de campo: .....	49
3.4	Método de investigación .....	50
CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSION.....		51
4.1	Evaluación de la amenaza .....	51
4.2	Evaluación de la Peligrosidad .....	52
4.2.1	Evaluación de las variables.....	54
4.3	Evaluación de la Vulnerabilidad .....	55
4.3.1	Vulnerabilidad Humana .....	55
4.3.2	Vulnerabilidad Social .....	56

4.3.3 Vulnerabilidad Económica .....	58
4.3.4 Vulnerabilidad Física .....	58
4.3.5 Vulnerabilidad Sanitaria .....	60
4.3.6 Vulnerabilidad Ambiental .....	61
Resultados: .....	63
CONCLUSIÓN .....	66
RECOMENDACIONES .....	67
GLOSARIO .....	68
BIBLIOGRAFÍA .....	69
ANEXOS .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LA LLUVIA SEGÚN SU INTENSIDAD EN 24H.....	16
TABLA 2. CATÁLOGO DE EVENTOS OCURRIDOS EN EL MUNICIPIO.....	51
TABLA 3. PUNTOS CRÍTICOS.....	66

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. VALOR DE PONDERACIÓN PARA CADA CAUSA.....	54
CUADRO 2. VALOR DE PONDERACIÓN PARA LA CANTIDAD DE VECES QUE SE PRODUCE UN EPISODIO.....	55
CUADRO 3. CATEGORÍA DE PELIGROSIDAD PARA INTERVALOS.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD.....	11
FIGURA 2. EJEMPLO DE UN PLUVIÓMETRO .....	14
FIGURA 3. EJEMPLO DE UN PLUVIÓGRAFO .....	14
FIGURA 4. IMAGEN DEL RADAR METEOROLÓGICO DE CANCÚN, Q. ROO QUE MUESTRA AL HURACÁN IVÁN, CATEGORÍA V EN LA ESCALA SAFFIR – SIMPSON.....	16
FIGURA 5. EJEMPLO DE UN HIETOGRAMA.....	17
FIGURA 6. EJEMPLO DE HIDROGRAMA .....	18
FIGURA 7. PROCESO Y FORMACIÓN DE LAS INUNDACIONES.....	21
FIGURA 8. PRECIPITACIÓN DEBIDA AL EFECTO CONVECTIVO .....	24
FIGURA 9. EFECTO DEL INCREMENTO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR.....	25
FIGURA 10. ZONAS DE VIDA DE LA CUENCA DEL RÍO HAINA .....	39
FIGURA 11. ZONAS INUNDABLES DE LA CUENCA DEL RÍO HAINA.....	41
FIGURA 12. UNIDADES DE RECURSOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	43
FIGURA 13. CASA AISLADA DEBIDO A LOS RELLENOS DE MATERIAL EN LAS CALLES.....	46
FIGURA 14. ESCOMBROS EN LAS CAÑADAS .....	46
FIGURA 15. CONDICIÓN DE LAS VIAS DE ACCESO .....	57
FIGURA 16. CONDICIÓN DE LAS VIVIENDAS .....	59

FIGURA 17. AGUAS ESTANCADAS..... 61

FIGURA 18. CONTAMINACIÓN DE LOS AFLUENTES..... 62

## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1. UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL ARROYO MANOGUAYABO .....	44
MAPA 2. PELIGROSIDAD ANTE INUNDACIONES DE LA CUENCA DEL ARROYO MANOGUAYABO.....	63
MAPA 3. VULNERABILIDAD TOTAL EN LA CUENCA DEL ARROYO MANOGUAYABO .....	64

# INTRODUCCIÓN

Desde el inicio registrado de la historia hidrográfica de la República Dominicana uno de los principales problemas que afecta a cientos de comunidades son y han sido las inundaciones las cuales son causadas en su mayoría por los fenómenos naturales a los cuales la isla se ve frecuentemente expuesta por su ubicación geográfica. Según el Servicio Geológico Nacional las altas precipitaciones, la acumulación de desechos orgánicos e inorgánicos, las propiedades físicas del suelo, los asentamientos humanos, la producción agrícola a orillas de ríos y cañadas, y el relieve de la zona son elementos que contribuyen a las inundaciones en toda la geografía del país.

Las múltiples inundaciones relacionadas con las intensas lluvias, tanto en territorios urbanos como rurales han provocado la pérdida de vidas humanas y ocasionado costosos daños materiales a lo largo del tiempo, esto sugiere que existe la necesidad de realizar estudios de peligro y vulnerabilidad, principalmente en las cercanías a las masas de agua.

Este es un estudio enfocado a la cuenca del Arroyo Manogayabo que pertenece a una de las más importantes de la República Dominicana, específicamente del Río Haina. El mismo fue dividido en varias zonas o parajes para así dar un indicio de cuales zonas son más vulnerables a que ocurra una inundación, para así catalogarlas y darle prioridad para cualquier implementación de una solución a futuro.

El objetivo de esta investigación es definir las variables de peligrosidad y vulnerabilidad que afectan al municipio. Realizar el análisis de cada una de ellas con la finalidad de identificar las áreas geográficas susceptibles de sufrir daño en caso de que la peligrosidad se haga realidad.

# **CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Planteamiento del problema**

Un 60 % del territorio de República Dominicana es vulnerable a las inundaciones y de ese porcentaje, entre el 60 y el 70 % está también en situación de riesgo ante posibles deslizamientos de tierra (El Nacional, 2012).

La gran problemática que presenta el Arroyo Manogwayabo, que se encuentra ubicado en el sector que lleva el mismo nombre, Santo Domingo Oeste, se define por las grandes inundaciones que se presentan cuando se producen fuertes lluvias, provocando así que los afluentes entren en las zonas habitadas de la población, de igual modo impiden el paso vehicular e incomunica los sectores de Hato Nuevo y el Batey Bienvenido.

Héctor de la Mota Rosa, residente en Arroyo Bonito, dijo que esa ha sido una de las comunidades más afectadas, donde el río se ha llevado decenas de reses, incluyendo ocho de su propiedad (Matuk, 2007).

Además de los daños provocados a las viviendas por las crecidas del arroyo también se producen daños a las calles que originan lagunas en la gran mayoría de estas, en las cuales albergan mosquitos que aumentan el índice de enfermedades a la población.

Moradores de Juan Guzmán indicaron que desde hace 13 años padecen la inclemencia del Arroyo Manogwayabo donde luego de cada lluvia se incomunican con el resto de los sectores aledaños y luego que bajan las aguas de sus calles, deben obtener camiones de relleno para volver a transitar por las mismas (El Caribe, 2017).

Las zonas más afectadas, que generalmente quedan aisladas, son las comunidades Juan Guzmán, Bellas Colinas, Arroyo Bonito, Tanque Azul, el Control de Manogwayabo, La

Mina, El Manglar de Bienvenido, en Hato Nuevo los sectores El Primavera, Los Trinitarios, La Esperanza, Arroyo Piedra y Buenas Noches.

## **1.2 Formulación del problema**

- ¿Cuáles parámetros contribuyen a que la cuenca del Arroyo Manoguayabo sea inundable?
- ¿Qué tan vulnerable son las zonas próximas al Arroyo Manoguayabo?
- ¿Determinar cuáles son los barrios que se encuentran más expuestos a las crecidas del Arroyo Manoguayabo?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Estudiar los peligros y la vulnerabilidad que provocan las inundaciones por intensas lluvias.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar los parámetros que contribuyen a que la cuenca del Arroyo Manoguayabo sea inundable.
- Estimar el nivel de vulnerabilidad de las zonas cercanas a la cuenca.
- Evaluar los barrios que se encuentran más expuestos de la cuenca del Arroyo Manoguayabo.

## **1.4 Justificación**

En la República Dominicana los factores determinantes de la precipitación pluvial son el relieve, los frentes polares, la convección, los huracanes y las ondas del Este, la mayoría es consecuencia de la ubicación geográfica del país (Marcano, 2009). Cuando uno de estos factores provoca intensas lluvias (como es el caso de los huracanes) los ríos, los arroyos o las cañadas tienden a inundarse o desbordarse provocando daños en los sectores aledaños a los mismos.

Las inundaciones traen consecuencias negativas para la economía del país, las comunidades que sufren los efectos de las inundaciones requieren grandes sumas de dinero para reconstruir la infraestructura. De igual forma pueden causar daños a las tierras agrícolas ya que una saturación prolongada del suelo dificulta la producción de cultivos.

Los desbordamientos también aumentan el riesgo de transmisión de enfermedades ya que las aguas de una inundación pueden contaminarse debido al arrastre de desechos.

Estos problemas mencionados anteriormente son razones que indican que la República Dominicana requiere de estudios de vulnerabilidad y peligrosidad debido a inundaciones en las diferentes cuencas. Se utilizará el método científico en esta investigación, fundamentándose en los antecedentes y datos específicos, ocasionados en el sector determinado de estudio, para así poder determinar el grado de vulnerabilidad y cuáles son los factores más determinantes por los que se produce la inundación de la zona.

El propósito de este estudio es dar auxilio a las autoridades para que puedan tomar las precauciones de lugar, además servir apoyo a otras investigaciones para que el sector

sea afectado por las inundaciones en la menor magnitud posible ante de la llegada de cualquier evento catastrófico.

## **1.5 Antecedentes**

### **1.5.1 Antecedentes teóricos**

Cuba inició desde 1959 una labor dirigida a eliminar las causas de fondo que crean los riesgos de desastres en la sociedad, al desarrollarse un proceso revolucionario con un carácter eminentemente social. Este ha estado encaminado a elevar la calidad de vida y protección de la población cubana, mediante una distribución más equitativa de los recursos, el ejercicio del derecho a la educación, a la salud, a la cultura, al trabajo, a la seguridad social, el desarrollo científico técnico y la creación de capacidades científicas, todo lo cual ha repercutido en la mejora de las condiciones de vida y la eliminación de la pobreza extrema.

Al inicio de la década de los 60 del siglo pasado, se vislumbra una estrategia de reducción de desastres y la conformación de un sistema de defensa civil, en el que la población, el conocimiento y la adecuada coordinación y cooperación entre todos sus componentes han constituido y constituyen sus principales fortalezas. Dicha estrategia ha estado en un continuo desarrollo y perfeccionamiento considerando las nuevas exigencias, logros e insuficiencias del desarrollo económico y social, los avances en la materia y los compromisos establecidos a partir de los acuerdos internacionales para la reducción de los desastres.

En los últimos años, el incremento de la frecuencia y los impactos de los peligros de desastres están incidiendo en la condiciones de riesgos de desastres y obstaculizando el desarrollo sostenible. Entre éstos peligros se encuentran los de origen natural,

fundamentalmente los hidrometeorológicos y los que se originan como consecuencia del cambio climático, ambos con efectos devastadores para la sociedad y el medio ambiente. ( Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014)

Según (Andrés Díez Herrero, Gerardo Benito Fernández y Julio Garrote Revilla, 2011) la provincia de Toledo está representada prácticamente toda la casuística de tipologías de inundaciones, a excepción de las litorales o costeras ligadas a la dinámica marina.

Entre los tipos de inundaciones continentales o terrestres destacan:

- Inundaciones por desbordamiento de ríos principales durante crecidas en las grandes cuencas fluviales; consisten en un aumento lento y gradual del caudal de estas corrientes, que supera la capacidad de evacuación del cauce, inundando la llanura colindante, en un efecto que puede durar varios días.
- Avenidas torrenciales en pequeños arroyos, gargantas y barrancos; consiste en un aumento súbito del caudal (tiempo base de minutos u horas), con elevadas velocidades de la corriente y alta capacidad de arrastre de sólidos.
- Anegamiento por encharcamiento in situ en zonas llanas y endorreicas y/o elevación de la superficie freática por encima de la superficie del terreno o anegando sótanos y bodegas.

Según (Liliana Estanilao y Yu Wen Tsai, 2017) uno de los elementos significativos que constituyen en la vulnerabilidad estructural es la gran cantidad de viviendas con mal criterio constructivo y en mal estado. En cuanto a la vulnerabilidad social, la característica más relevante es la cantidad de personas expuestas en las diferentes zonas de peligro; la existencia de comunidades que, aunque no estén muy cerca de los

márgenes del arroyo y tienen un nivel de percepción de peligro bajo, tienden a ser afectadas en gran envergadura.

En cuanto al riesgo de inundación se determina que el municipio Castañuelas es 100% vulnerable ya que se inunda en su casi totalidad, no cuenta con refugios, por lo que la población en los momentos que se desatan los eventos hidrometeorológicos se trasladada a los refugios de Villa Vázquez y demás localidades de la provincia. La crecida del río Yaque del Norte, deja incomunicada a Loma de Castañuelas con los demás parajes.

Para períodos de retorno altos, y mediante un sistema de alerta temprana, es posible generar planes de acción ante una inundación inminente. Esto se propone como un complemento y no como una alternativa a otras medidas de adaptación, para eventos de gran magnitud, cuyo período de recurrencia excede aquel que ha determinado el diseño de obras o planes reguladores. Un sistema de alerta temprana sería capaz de detectar cuando se empieza a desarrollar una tormenta de magnitud importante; al dar aviso a las autoridades, se entrega una ventaja para ejecutar planes de prevención y de ayuda a la comunidad. Esto, complementado con mapas de inundación como los estimados en este trabajo, permitirá planificar eficientemente. (Javiera del Carmen Pérez Jara, 2011)

## **1.6 Alcance y limitaciones**

### **1.6.1 Alcance**

Esta investigación presentará sólo los mapas de vulnerabilidad y peligrosidad ante inundaciones causadas por las intensas lluvias, lo que incluye la cuenca hasta su desembocadura con la cuenca del río Haina. La cuenca del Arroyo Manogwayabo,

abarca diferentes parajes, como son: Hato Nuevo, Caballona, Buenas Noches, Manogwayabo, Los Alcarrizos, entre otros.

### **1.6.2 Limitaciones**

El proyecto en estudio sólo se limitará en el uso de una guía metodológica para la elaboración de mapas de riesgo, esta guía tiene un carácter normativo metodológico para orientar el procedimiento, el contenido y los aspectos más relevantes a considerar en la elaboración de los mapas de riesgo, es aplicable a diferentes escalas del territorio.

Durante la investigación se presentaron ciertas limitaciones, como son:

- Escasez de información de parte de las instituciones.
- Dificultad para acceder a algunos puntos de la cuenca.
- Limitada información referente a la cuenca.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad puede definirse como la capacidad disminuida de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse de los mismos. Es un concepto relativo y dinámico. La vulnerabilidad casi siempre se asocia con la pobreza, pero también son vulnerables las personas que viven en aislamiento, inseguridad e indefensión ante riesgos, traumas o presión.

La exposición de las personas a riesgos varía en función de su grupo social, sexo, origen étnico u otra identidad, edad y otros factores. Por otra parte, la vulnerabilidad puede adoptar diferentes formas: la pobreza, por ejemplo, puede resultar en que las viviendas no puedan resistir a un terremoto o huracán, y la falta de preparación puede dar lugar a una respuesta más lenta al desastre, y con ello a más muertes o a un sufrimiento más prolongado.

La otra cara de la moneda es la capacidad, que puede describirse como los recursos de que disponen las personas, familias y comunidades para hacer frente a una amenaza o resistir a los efectos de un peligro. Estos recursos pueden ser físicos o materiales, pero también pueden encontrarse en la forma en que está organizada una comunidad o en las aptitudes o atributos de las personas y/o las organizaciones de la misma (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja).

### **2.1.1 Vulnerabilidad al cambio climático**

Según (El libro de la vulnerabilidad, Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad, 2016) el concepto de vulnerabilidad al cambio climático nos ayuda a comprender mejor las relaciones causa/efecto detrás del cambio climático y su impacto en las personas, sectores económicos y los sistemas socio-ecológicos. El enfoque a la vulnerabilidad se basa en la definición más utilizada proporcionada por el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Éste se refiere a la vulnerabilidad como: “el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos climáticos. La vulnerabilidad es una función del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático y la variación a la que un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad de adaptación”.

### **2.1.2 Componentes de la vulnerabilidad**

Según (El libro de la vulnerabilidad, Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad, 2016) existen cuatro componentes claves que determinan si, y en qué medida, un sistema es susceptible al cambio climático: la exposición, la sensibilidad, el impacto potencial y la capacidad de adaptación. (Ver Figura 1).

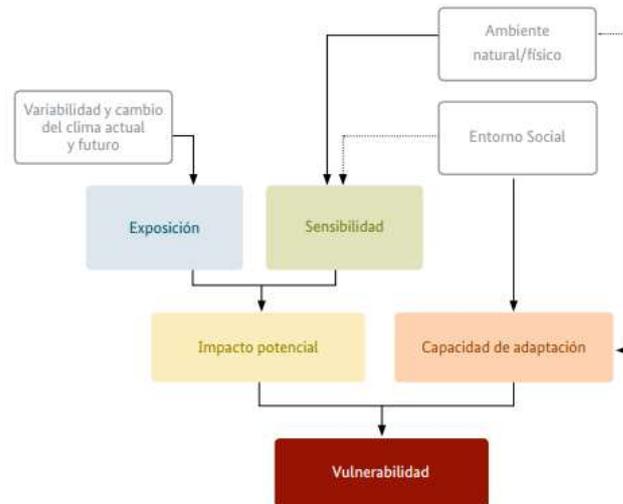


Figura 1. Componentes de la vulnerabilidad

Fuente: El libro de la vulnerabilidad, Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad

La exposición al cambio climático, y la sensibilidad de un sistema a la misma, determinan el impacto potencial. Sin embargo, la vulnerabilidad a este impacto depende también de la capacidad de adaptación del sistema

### 2.1.2.1 Exposición

De todos los componentes que contribuyen a la vulnerabilidad, la exposición es el único directamente vinculada a los parámetros del clima, es decir, al carácter, la magnitud, la rapidez del cambio y la variación en el clima. Los factores típicos de exposición incluyen la temperatura, la precipitación, la evapotranspiración y el balance hídrico climático, así como los eventos extremos, como fuertes lluvias y la sequía meteorológica. Los cambios en estos parámetros pueden ejercer mayor presión adicional sobre los sistemas, por ejemplo, eventos de lluvia intensa, aumento de la temperatura, cambio del pico de lluvia de junio a mayo.

### **2.1.2.2 Sensibilidad**

La sensibilidad determina el grado en que un sistema está adverso o benéficamente afectado por la exposición a un cambio climático dado. La sensibilidad se forma típicamente por atributos naturales y/o físicos del sistema, incluyendo la topografía, la capacidad de los diferentes tipos de suelo para resistir la erosión, tipo de cobertura terrestre. Pero también se refiere a las actividades humanas que afectan a la constitución física de un sistema, como los sistemas de labranza, manejo del agua, agotamiento de recursos y presión de la población. Como la mayoría de los sistemas se han adaptado a la situación actual, por ejemplo, la construcción de presas y diques, sistemas de riego, la sensibilidad ya incluye la adaptación histórica y reciente. Los factores sociales tales como la densidad de la población deben ser considerados sólo como sensibilidades si contribuyen directamente a un impacto del clima específico.

### **2.1.2.3 Impacto potencial**

La exposición y la sensibilidad en combinación determinan el impacto potencial del cambio climático. Por ejemplo, los eventos fuertes de lluvia (exposición) en combinación con fuertes pendientes y suelos con alta susceptibilidad a la erosión (sensibilidad) darán lugar al desgaste y modelación de la corteza terrestre (impacto potencial). Los impactos del cambio climático pueden formar una cadena de impacto más directo, por ejemplo la erosión, a impacto indirecto, por ejemplo, reducción en el rendimiento, la pérdida de los ingresos, que se extiende desde la esfera biofísica a la esfera social. En muchos países en desarrollo, la dependencia directa de los recursos naturales significa que el vínculo entre los impactos biofísicos del cambio climático y las actividades humanas y el bienestar es particularmente fuerte.

#### **2.1.2.4 Capacidad de adaptación**

Según el (El libro de la vulnerabilidad, Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad, 2016) la capacidad de adaptación se define como “la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades, o para hacer frente a las consecuencias”. Consecuentemente, considera el enfoque que la capacidad de adaptación es un conjunto de factores que determinan la capacidad de un sistema de generar e implementar medidas de adaptación. Estos factores se relacionan en gran medida con los recursos disponibles de los sistemas humanos y sus características y capacidades socioeconómicas, estructurales, institucionales y tecnológicas.

## **2.2 Lámina de precipitación**

La precipitación que ocurre en una zona no es constante y el escurrimiento que se genera depende en gran medida de la extensión donde tiene lugar y de sus características (tamaño, pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, etc.). Si alguien preguntara cuánto llovió durante una determinada tormenta, la respuesta puede variar, ya que depende de la medición en cada sitio, de acuerdo con la ubicación que tenga dentro de la zona donde está lloviendo.

Es por eso que la precipitación se caracteriza como una altura o lámina; de esta manera es posible comparar la altura de la lluvia en diferentes puntos de una cuenca, o bien, obtener un promedio; también, al ser una variable independiente del área, permite convertir la lluvia en volumen precipitado para cualquier sub-área dentro de la cuenca que se esté estudiando.

Los aparatos que miden la lluvia, pluviómetros (Figura 2) o pluviógrafos (Figura 3) la expresan como láminas de lluvia, y es de interés particular en el tema de las inundaciones, conocer la cantidad de precipitación que se acumula en duraciones, generalmente, menores a un día. En ocasiones la lluvia se expresa en volumen por unidad de área, normalmente, litros por m<sup>2</sup>, lo cual es equivalente a expresarlo en mm (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014).

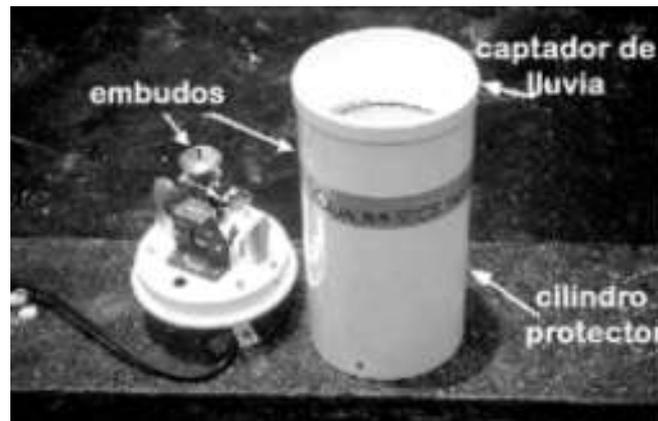


Figura 2. Ejemplo de un pluviómetro

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres



Figura 3. Ejemplo de un Pluviógrafo

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

La diferencia entre un pluviógrafo y un pluviómetro, es que el primero cuenta con un mecanismo para producir un registro continuo de la precipitación, mientras que el segundo solo indica la cantidad de lluvia acumulada en 24 h, sin definir su patrón durante la tormenta.

### **2.2.1 Intensidad de precipitación**

La cantidad de lluvia que se precipita en cierto tiempo es conocida como la intensidad de la precipitación (altura de precipitación por unidad de tiempo). Sus unidades son mm/h, mm/día, etc.

Un pluviógrafo, o el medidor de lluvia electrónico, es el instrumento ideal para registrar la lluvia, ya que al medir la intensidad de ésta, es posible saber cuándo y cuánto llovió en cada instante, durante una tormenta.

Otra forma de medir la intensidad de la lluvia es mediante el radar meteorológico (Figura 4), que además brinda información referente a la distribución espacial de la intensidad de la lluvia. Actualmente en México existen radares de este tipo, operados por la Unidad del Servicio Meteorológico Nacional (USMN), que resultan especialmente útiles en el monitoreo de ciclones tropicales.

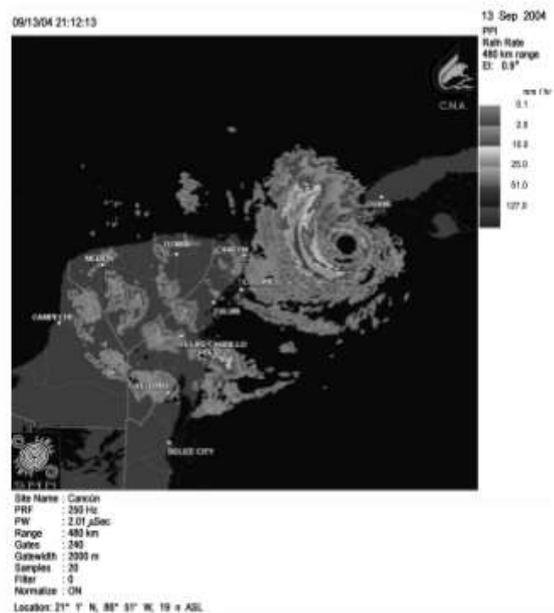


Figura 4. Imagen del radar meteorológico de Cancún, Q. Roo que muestra al huracán Iván, categoría V en la escala Saffir – Simpson

Fuente: USMN

La USMN lleva a cabo el pronóstico y la medición de lluvia en todo México, para lo que utiliza una cierta convención en la clasificación de la lluvia. Es así que en su boletín meteorológico general, tanto la precipitación pronosticada como la registrada, corresponden a la intensidad en 24h, y la clasificación que usa de acuerdo con dicha intensidad es la que me muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de la lluvia según su intensidad en 24h

CLASIFICACIÓN	INTENSIDAD
<b>Lluvias intensas</b>	Lluvia mayor de 70mm
<b>Lluvias muy fuertes</b>	Lluvia entre 50 y 70mm

<b>Lluvias fuertes</b>	Lluvia entre 20 y 50mm
<b>Lluvias moderadas</b>	Lluvia entre 10 y 20mm
<b>Lluvias ligeras</b>	Lluvia entre 5 y 10mm
<b>Lluvias escasas</b>	Lluvia menor de 5mm

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

### 2.2.2 Hietograma

Es una gráfica de barras que muestra la variación de la altura o de la intensidad de la precipitación en intervalos de tiempo, usualmente una hora.

En la Figura 5 se muestra el registro de un pluviógrafo, expresado como lluvia acumulada.

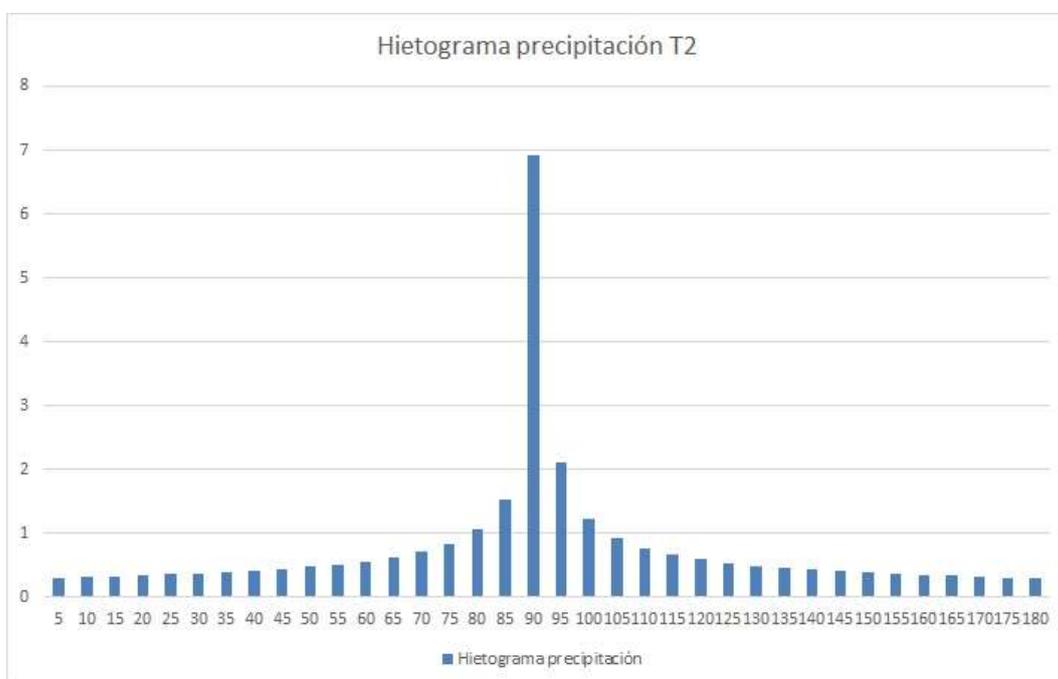


Figura 5. Ejemplo de un hietograma

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

### 2.2.3 Gasto

Es la cantidad de escurrimiento que pasa por un sitio determinado en un cierto tiempo, también se conoce como caudal. Este concepto se usa para determinar el volumen de agua que escurre en un río; sin embargo, su uso más importante se refiere al diseño de obras de infraestructura hidráulica. Las unidades comúnmente empleadas son metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), cuando se trata de grandes caudales, como cuando se mide el escurrimiento en los principales ríos del país, o litros por segundo (lps) usado frecuentemente para pequeños caudales, por ejemplo, en dotaciones de agua potable para las comunidades.

### 2.2.4 Hidrograma

Es la representación gráfica de la variación continua del gasto en el tiempo (Figura 6). Para cada punto del hidrograma se conoce el gasto que está pasando en el sitio de medición. El área bajo la curva de esta gráfica es el volumen de agua que ha escurrido durante el lapso entre dos instantes.

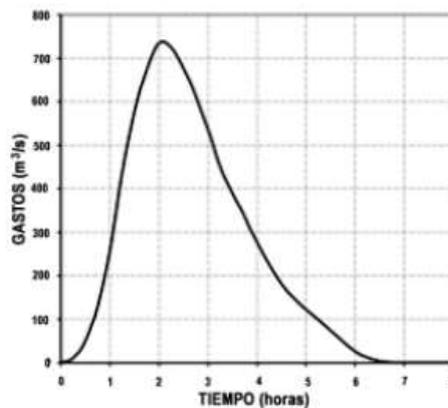


Figura 6. Ejemplo de Hidrograma

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

### **2.3 Periodo de retorno (Tr)**

Es el tiempo que, en promedio, debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud. Normalmente, el tiempo que se usa son años, y la magnitud del evento puede ser el escurrimiento, expresado como un cierto gasto, una lámina de precipitación o una profundidad de inundación. Se subraya que el evento analizado no ocurre exactamente en el número de años que indica el periodo de retorno, ya que éste puede ocurrir el próximo o dentro de muchos años.

En las normas de diseño de obras hidráulicas se han propuesto periodos de retorno específicos para dimensionar obras de protección contra inundaciones, por ejemplo, para el diseño de sistemas de drenaje urbano se utiliza comúnmente 10 años y para obras de excedencia de presas se usa 10,000 años.

### **2.4 Inundaciones**

Según él (Inventario Nacional de Humedales México, 2012) una inundación es una acción de cubrir de agua una superficie, por ascenso del nivel de una corriente fluvial, lago o mar. Puede ser un proceso periódico como el que ocurre en una planicie de inundación, o esporádico. Estado en que el flujo de un río no cabe en su cauce normal, produciéndose un total encharcamiento de la llanura de inundación. Encharcamiento natural de terrenos en grandes extensiones durante los s de aguas altas. Inmersión bajo el agua de una zona terrestre, que normalmente no está cubierta por la misma, debido a un cambio relativamente rápido del nivel de la masa de agua en cuestión. Gran cobertura de tierra por agua, que resulta por olas de tormenta o de marea, que inundan porciones de la zona costera. Incremento del nivel del agua en un lago, debido a la construcción de una presa con aumento de escurrimientos lago arriba.

Se entiende por inundación al evento que debido a la precipitación, oleaje, marea de tormenta o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua de los ríos o el mar mismo, generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay y, generalmente, daños en la población, agricultura, ganadería e infraestructura (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2014).

#### **2.4.1 ¿Por qué ocurren las inundaciones?**

Aún antes de la aparición del hombre sobre la Tierra, el entorno físico mantenía un equilibrio: el agua que llovía en las zonas montañosas bajaba por los cauces e inundaba las zonas bajas, para luego volver a su estado inicial.

Posterior a la aparición del hombre se desarrollaron asentamientos humanos en las zonas aledañas a los cuerpos de agua trayendo consigo, cuando se desborda una corriente, problemas de inundaciones. Adicionalmente, la degradación del medio ambiente, tal como la deforestación, la erosión, etc., modifica la respuesta hidrológica de las cuencas, incrementando la ocurrencia y la magnitud de inundaciones. (Ver Figura 7).

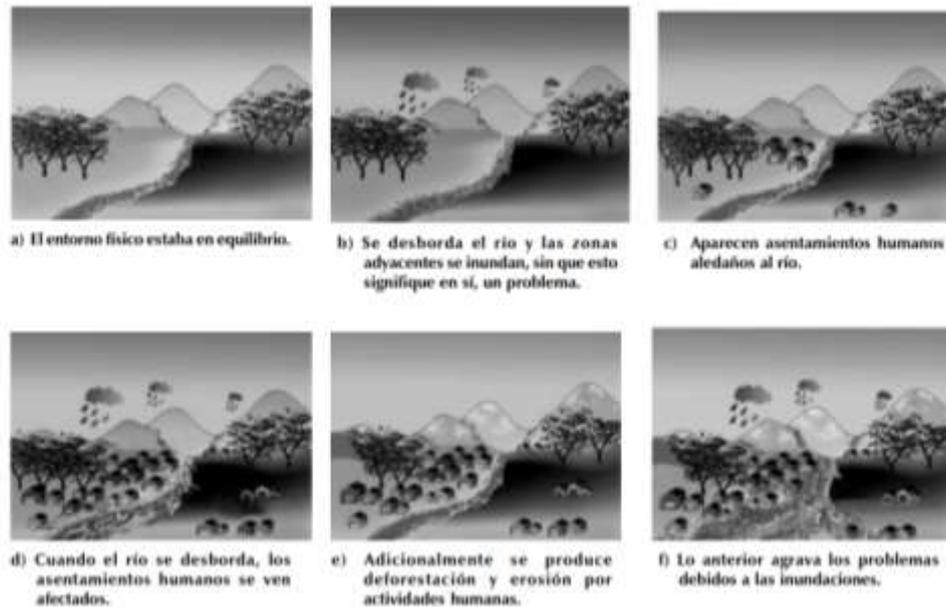


Figura 7. Proceso y formación de las inundaciones

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

La modificación del terreno en las cuencas, cambio en los usos del suelo, produce daños cada vez más considerables por efecto de las inundaciones, debidos a que:

- ✓ Se producen crecientes mayores que las que habían ocurrido, avenidas históricas, cuando las cuencas eran naturales o la degradación del medio ambiente era mínima.
- ✓ El tiempo que debe transcurrir para que los efectos de una inundación sean percibidos por la población ha disminuido, provocando que en ocasiones la respuesta de las autoridades y de la población se vea comprometida.

## 2.4.2 Clasificación de las inundaciones

### 2.4.2.1 De acuerdo con su origen

En este punto se trata de identificar la causa de la inundación. Los principales tipos son:

#### **2.4.2.1.1 Inundaciones pluviales**

Son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días.

Su principal característica es que el agua acumulada es agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte, por ejemplo de la parte alta de la cuenca.

##### **2.4.2.1.1.1 Causas de la precipitación**

El vapor de agua, al condensarse en las capas altas y frías de la atmósfera, se transforma en nubes que se presentan en diversas formas: cúmulos, cirros, estratos y nimbos; de acuerdo con el contenido de vapor de agua que se condensa, se convierte en gotas de agua. Al estar suficientemente grandes aumenta su peso y velocidad, haciendo que se precipiten hacia el suelo en forma de lluvia.

Los principales mecanismos a través de los que se genera la precipitación son:

#### **✓ Ciclones tropicales**

Al transportar grandes cantidades de humedad, los ciclones tropicales pueden provocar tormentas de larga duración, del orden de varios días y abarcar grandes extensiones.

#### **✓ Lluvias orográficas**

Se originan con las corrientes de aire húmedo que chocan con las barreras montañosas, provocando su ascenso y consecuente enfriamiento, lo que da lugar para su condensación y, como resultado, la ocurrencia de precipitación en el lado por donde sopla el viento, barlovento, hacia las montañas.

El relieve representa un importante factor en la distribución de las lluvias, ya que actúa como una barrera o un modificador de la dirección del viento. Usualmente esta distribución de la precipitación es muy irregular entre las dos vertientes de una misma cadena montañosa, sobre todo cuando su eje es más o menos perpendicular a la dirección de los vientos húmedos dominantes.

✓ **Lluvias invernales (frentes fríos)**

Consisten en el desplazamiento de frentes de aire frío procedentes de la zona del Polo Norte.

✓ **Lluvias convectivas**

Las lluvias convectivas tienen su origen en el calentamiento de la superficie terrestre, ya que algunas áreas de la superficie de la tierra absorben mejor que otras los rayos solares, por ello, el aire en contacto con esas “zonas cálidas” llega a calentarse más que en los alrededores, lo que da lugar a corrientes verticales con las que asciende el aire caliente húmedo.

Estas corrientes al llegar a la capa de la tropósfera, se enfrían rápidamente, produciéndose la condensación del vapor de agua y formándose nubes densas, por lo general del tipo cúmulos o nubes macizas. Se presentan en áreas reducidas ya que el ascenso y descenso de las corrientes sólo muestran un espacio local. (Ver Figura 8).



Figura 8. Precipitación debida al efecto convectivo

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

#### **2.4.2.1.2 Inundaciones Fluviales**

Se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie de terreno cercano a ellos.

A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada.

Es importante observar que el volumen que escurre sobre el terreno a través de los cauces, se va incrementando con el área de aportación de la cuenca, por lo que las inundaciones fluviales más importantes se darán en los ríos con más desarrollo (longitud) o que lleguen hasta las planicies costeras.

### 2.4.2.1.3 Inundaciones Costeras

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

La marea de tormenta es generada por los vientos de los ciclones tropicales sobre la superficie del mar y por la disminución de la presión atmosférica en el centro de estos meteoros. Por su parte, el oleaje en el océano puede ser provocado por diferentes factores; sin embargo, su causa más común es el viento. La suma de los efectos de ambos fenómenos, puede causar importantes estragos. (Ver Figura 9)

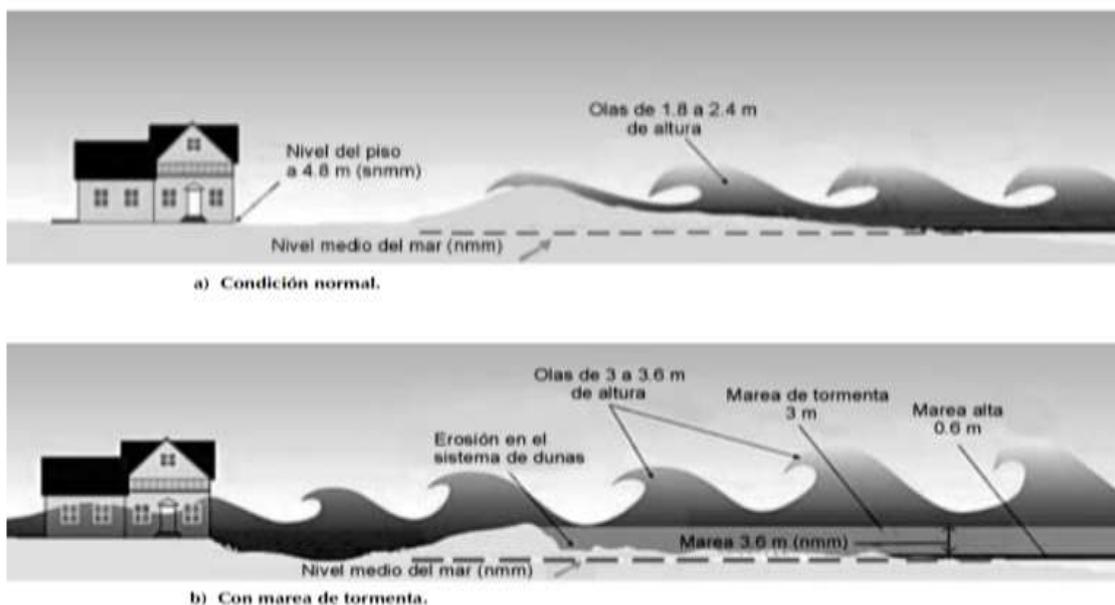


Figura 9. Efecto del incremento del nivel medio del mar

Fuente: Centro Nacional de Prevención de Desastres

### 2.4.2.1.4 Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica

Existe una causa que puede generar una inundación, aún más grave que las antes mencionadas: si la capacidad de las obras destinadas para protección es insuficiente, la

inundación provocada por la falla de dicha infraestructura será mayor que si no existieran obras.

En el caso de presas de materiales sueltos (tierra y roca), es particularmente importante evitar el desbordamiento de éstas, ya que en caso de que ocurra, en pocas horas, provocaría su propia destrucción y el gran volumen de agua almacenado en su embalse sería descargado de manera súbita, de modo que esa descarga repentina provocaría considerables fuerzas de arrastre, superando la capacidad del cauce y provocando daños muchas veces mayores a los ocasionados sin la existencia de la obra.

Eventualmente, dichas obras pueden presentar fallas en su funcionamiento hidráulico debido a diferentes factores:

✓ **Diseño Escaso**

Algunas causas de un diseño escaso son la falta de información hidrológica en la cuenca o de la climatología misma que afecta la región. Otra causa es el empleo de criterios o metodologías inapropiadas u obsoletas para el diseño de las obras.

✓ **Mala Operación**

Este caso se refiere, básicamente, a las presas con compuertas. Las posibles alternativas son:

- ❖ Cuando la compuerta de una presa se abre más de lo necesario y las descargas a través del vertedor producen una cantidad de agua mayor a la que puede conducir el cauce aguas abajo, se provoca el desbordamiento del río y, en consecuencia, una inundación.

- ❖ Cuando dicha compuerta no se abre lo suficiente para dejar pasar la crecida, tratando de almacenar el mayor volumen de agua y posteriormente su capacidad es insuficiente, el agua sube de nivel más allá de lo diseñado y pone en peligro la estabilidad de la cortina.

- ✓ **Falta de mantenimiento o término de la vida útil de la obra**

Este puede ser el caso de muchas estructuras pequeñas, principalmente bordos de protección y algunas presas de principios del siglo pasado.

De acuerdo con la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CNA), las presas Dolores (La Ventilla), en San Luis Potosí y El Capulín, en Zacatecas, fueron construidas hace más de 100 años. En ambos casos, las cortinas de las presas tenían deficiencias de operación y defectos estructurales, ya que antes de su falla se encontraban muy azolvadas y con filtraciones en algunas zonas del cuerpo de las cortinas.

#### **2.4.2.2 Por el tiempo de respuesta de la cuenca**

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas. Básicamente se han definido dos grupos: inundaciones lentas e inundaciones rápidas. Lo anterior significa que en cuencas cuya respuesta hidrológica es lenta se generan avenidas en un tiempo relativamente largo (del orden de varias horas o días); en ellas ocurren principalmente daños materiales. Mientras que cuando la inundación se forma en poco tiempo (desde unos cuantos minutos, hasta un par de horas) se llama inundación súbita, causando, principalmente, la pérdida de vidas humanas en zonas pobladas.

#### **2.4.2.2.1 Inundaciones Lentas**

Al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, esto es, cuando el suelo no puede seguir absorbiendo más agua de lluvia, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado.

Este efecto se presenta comúnmente en zonas donde la pendiente del cauce es pequeña y, por ende, la capacidad de los ríos disminuye considerablemente provocando desbordamientos que generan inundaciones en las partes aledañas.

#### **2.4.2.2.2 Inundaciones Súbitas**

Las inundaciones súbitas son el resultado de lluvias repentinas e intensas que ocurren en áreas específicas. Pueden ocasionar que pequeñas corrientes se transformen, en cuestión de minutos, en violentos torrentes capaces de causar grandes daños.

Las zonas urbanas son usualmente sitios donde se presenta este tipo de avenidas, como consecuencia de la “cubierta impermeable” formada artificialmente por los edificios y calles, así como por la deforestación. Debido a ello, el agua no puede infiltrarse y prácticamente todo el volumen precipitado se convierte en escurrimiento.

Así, donde antes una tormenta humedecía la tierra y regaba la hierba y los árboles, ahora bastan unos cuantos minutos para generar una avenida que arrastra todo lo que encuentra a su paso.

La diferencia entre inundaciones lentas e inundaciones súbitas es el tiempo que tardan en manifestarse los efectos desde que comienza a llover hasta que se genera el escurrimiento. Una manera de caracterizar este tiempo es mediante el llamado “tiempo de concentración”, que es una característica de cada cuenca.

### **2.4.3 Consecuencias de los procesos de crecida e inundación**

#### **2.4.3.1 Efectos en el medio natural**

Una crecida es mucho más que una punta de descarga fluvial. Unas horas de crecida pueden modificar más el paisaje que decenas de años de esorrentía normal (ROSSELLÓ, 1972). Estamos por tanto ante un proceso geomórfico decisivo en la dinámica de los sistemas fluviales, que afecta tanto a los cauces como a las áreas potencialmente inundables (terrazas fluviales holocenas o históricas, abanicos aluviales funcionales, llanos de inundación, deltas, bordes de albuferas, depresiones endorreicas, depresiones kársticas). Las repercusiones a veces se dejan notar tras varias crecidas sucesivas, con cierto tiempo a escala geológica (MATEU, 1990).

Ahora bien, una mayor punta de crecida o una mayor descarga por unidad de área no equivale necesariamente a mayor potencia o mayor efectividad geomórfica (BAKER y COSTA, 1987), ya que además de la descarga líquida intervienen variables como los caracteres de la cuenca, la velocidad media, la pendiente, el calado medio o la concentración de sedimentos.

Las principales consecuencias en el medio abiótico de los procesos de crecida e inundación son:

- ❖ La activación de procesos de vertientes en la cuenca como resultado de las fuertes precipitaciones: acarcavamientos, piping, deslizamientos, etc. Se

registran igualmente complejos procesos en conos de deyección (progradación), glaciares y terrenos llanos como las terrazas fluviales (escorrentía en manto).

- ❖ Como consecuencia de todos estos procesos se movilizan grandes cantidades de materiales sólidos desde la cabecera de la cuenca. La carga sólida forma parte de los outputs de avenida, dificulta la circulación del caudal líquido (turbidez) e incrementa el poder erosivo de la corriente (LAGANIER, 1990).
- ❖ Hay una aceleración en los cauces de los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Predominan los procesos de erosión, tanto en las orillas como en el fondo del lecho, durante el ascenso y punta de las aguas, conforme aumenta la profundidad de la corriente, pero con el descenso, cuando su velocidad y profundidad disminuyen, se depositan los materiales (sedimentación diferencial) con un balance final muy similar al inicial.
- ❖ La principal consecuencia geomórfica de las crecidas es la formación y procesos en los llanos de inundación. El desbordamiento genera allí corrientes anárquicas, redistribuciones de materiales y numerosas microformas de relieve.

El resultado son acumulaciones de gravas, inicios de nuevos cauces, encharcamientos, profundos socavones, corrimientos de tierras, arranque de árboles, elevación de diques naturales de ramas y materiales arrastrados, etc.

Cuando las aguas quedan encharcando el terreno durante largos periodos de tiempo se produce la sedimentación por decantación de los materiales finos que el río transportaba en suspensión.

- ❖ Variaciones en la geometría y trazado de cauces, desde la migración lateral hasta la consecución de cortas y aperturas de nuevos cauces por desbordamiento de

diques naturales. Para que se produzcan estas drásticas variaciones es preciso que la crecida sea voluminosa y persistente.

- ❖ Se pueden producir modificaciones de trazado en confluencias y desplazamientos de las desembocaduras fluviales en el litoral.
- ❖ Hay efectos geológicos indirectos que se dan a posteriori y que se deben a los cambios bruscos en el nivel freático: movimientos en masa, efectos sumidero, hundimientos, etc. Las aguas que inundan la llanura de inundación terminan por infiltrarse recargando y renovando los acuíferos aluviales, o bien se evaporan con el tiempo.

Las consecuencias en el medio biótico son enormes. La muerte y arrastre de innumerables seres vivos, animales y vegetales, convierte a las crecidas e inundaciones en procesos de gran importancia en el control demográfico de muchas especies.

Por otro lado, las crecidas renuevan el ambiente fluvial y los hábitats, favoreciendo la regeneración de los ecosistemas. Muchas especies no podrían sobrevivir si no hubiera crecidas periódicas. Por este motivo es recomendable una política de gestión de sistemas fluviales que permita crecidas e inundaciones periódicas con objeto de restablecer el equilibrio de los ecosistemas alterados por la supresión total de oscilaciones de caudal que puede comportar la regulación.

En muchas ocasiones las consecuencias descritas son agudizadas por factores antrópicos que actúan como riesgos inducidos o mixtos:

- ❖ La rotura de una presa provoca un incremento del volumen, velocidad y punta de la crecida.

- ❖ El represamiento por obstrucción de puentes o infraestructuras transversales al cauce produce inundación aguas arriba del obstáculo.
- ❖ Defensas y tramos encauzados dirigen las aguas de crecida y los efectos contra los tramos desprotegidos aguas abajo.
- ❖ La ruptura de una defensa implica un proceso de inundación en situación de outflow o desparramamiento, ya que la obra elevaba el nivel de la corriente por encima del nivel del terreno inundable.
- ❖ Vías de comunicación y diques conducen, desvían o retienen las aguas de avenida, y dificultan la evacuación posterior de las mismas en la fase de descenso de caudal, prolongando en el tiempo la inundación.
- ❖ Los procesos de impermeabilización del terreno (urbanización) incrementan la escorrentía, y con ello el volumen y velocidad de la crecida.
- ❖ La ocupación de la llanura de inundación para actividades económicas limita su función como superficie de laminación de la crecida.
- ❖ La deforestación, el cultivo, los movimientos de tierras en obras, la extracción de áridos, la remoción de escombros, provocan incrementos del caudal sólido.
- ❖ El arrastre por las aguas de crecida de elementos antrópicos contaminantes genera contaminación de cauce y riberas en amplios tramos.

#### **2.4.3.2 Efectos en el medio humano**

Crecidas e inundaciones constituyen fenómenos físicos y socio-económicos que afectan las actividades humanas y a su vez son modificadas por ellas, de manera que

protagonizan una de las relaciones más paradigmáticas del hombre y su entorno natural (MATEU, 1990).

Hay que destacar la existencia de varias consecuencias de estos procesos beneficiosas para el hombre: el incremento de la fertilidad del suelo, la limpieza de cauces, la renovación de aguas estancadas, la renovación de acuíferos aprovechables o el riego con aguas de avenida en zonas deficitarias.

Sin embargo, las consecuencias son, en su mayor parte, negativas, y pueden estructurarse en tres grandes bloques:

- ❖ Daños en infraestructuras: vías de comunicación, sistemas de telecomunicación, viviendas, instalaciones industriales, edificaciones agrícolas, puentes, defensas, presas, azudes, estaciones de aforo, redes de agua potable, conducciones enterradas, aterramiento de embalses, canales y acequias, etc.
- ❖ Repercusiones en actividades humanas: paralización de actividad por la inundación (corte de comunicaciones y energía), pérdidas económicas directas e indirectas en el sector privado y en el público, gastos económicos en reparaciones, limpieza general y ayudas de emergencia, incremento del paro y retroceso de la prosperidad general, conflictos de propiedad, efectos psicológicos y sociológicos (percepción individual y colectiva del riesgo), epidemias y problemas de salud pública por expansión de contaminantes, corte del agua potable, falta de abastecimiento, aguas estancadas, etc.
- ❖ Pérdida de vidas humanas, tanto directa como indirecta.

## **2.5 Cuenca hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica es una porción de terreno delimitada geográficamente por divisoras de aguas, que corresponden a las cimas de las colinas o montañas que rodean los terrenos y sus componentes coluvio-aluviales ladera abajo. Las cuencas son producto de procesos geomorfológicos. Entre ellos, se incluyen patrones geológicos locales y modificaciones sufridas en la superficie del terreno por procesos fluviales y tectónicos, que se pueden interpretar en mapas cartográficos o fotografías aéreas, mediante análisis fisiográfico. (Manejo Y Conservación de Suelos, 2001)

### **2.5.1 Escorrentía**

La escorrentía es el exceso de agua lluvia que cae en un sector de una cuenca, o en toda la cuenca, y que escurre hacia quebradas, arroyos, lagos y mares. Las cuencas hidrográficas son la cuna de la escorrentía local. Están delimitadas por divisorias de aguas que corresponden a las cimas más altas que rodean sectores depresionales. Su amplitud depende del efecto de los ríos sobre los terrenos adyacentes, en función de su caudal, material que arrastran en suspensión e intensidad de las lluvias que caen dentro de la cuenca.

La escorrentía de una cuenca es modificada por varios factores, como el relieve, el clima, la fisiografía, la geología, el uso de la tierra, la forma, su tamaño y la capacidad de infiltración de los suelos (Manejo Y Conservación de Suelos, 2001).

#### **2.5.1.1 Proceso de escorrentía**

El agua de lluvia satisface inicialmente las demandas hídricas del suelo y el ambiente atmosférico que rodea los cultivos: temperatura, humedad relativa, lluvia, radiación solar y viento. Por efecto de las cinco variables citadas se produce la transpiración de las

plantas vía estomas y la del agua de la del suelo. Simultáneamente, infiltración de agua en el suelo, parte de la cual almacena en sus horizontes 0 estratos; dependiendo de su textura, estructura, tipos de poros y contenido de materia orgánica.

Cuando la precipitación pluvial ha cubierto todas las demandas, ocurre la escorrentía superficial. El proceso se desarrolla así: Inicialmente, forman pequeños empozamientos en diferentes sectores del terreno, especialmente en áreas micro-depresionales de laderas (sean de cultivos, de pastos o de áreas forestales).

Cuando el exceso de lluvia supera la capacidad de almacenamiento del suelo, el agua fluye en sentido longitudinal de la pendiente (aguas abajo). El exceso de agua que desborda los sectores micro-depresionales y que fluye hacia cauces más bajos se denomina agua de escorrentía.

## **2.6 Marco Conceptual**

**Parámetros que contribuyen a la inundación** son los elementos importantes desde los cuales se pueden examinar las causas que provocan la inundación (pueden ser naturales, no naturales y mixtas) y los factores contribuyen a su agravio (ya sea una infiltración pobre del terreno, un mal funcionamiento de las infraestructuras hidráulicas, el transporte sólido que arrastre el río, etc.) (GAMA, 2016)

**Zona Vulnerable:** Es una zona que tiene una alta susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. (Moreno Palacios & Bermúdez Ordoñez, 2016)

## **2.7 Marco Contextual**

### **2.7.1 Sobre el Río Haina**

#### **2.7.1.1 Ubicación geográfica y división política administrativa**

Según (Silva, 2016) el río Haina tiene una longitud de 82 km, un área de 564km<sup>2</sup> y un ancho medio de la cuenca de 6.88 km.

Geográficamente está enmarcada entre los paralelos 18° 24' 50" N, en el Puerto de Haina, que es el punto más meridional de la cuenca, y 18° 48' 30" N, en la Loma Alto de la Paloma, nacimiento del río Los Guanaitos y que es el punto más septentrional de la cuenca, y entre los meridianos 69° 58' 05" O , en Santo Domingo Oeste, que es el punto más oriental de la cuenca y 70° 19' 45" O, en la Loma Zumbador, nacimiento del río y que es el punto más occidental de la cuenca (Radio Educativa Dominicana)..

Nace en la Loma El Zumbador de las Lomas de Maimón, en la Cordillera Central la cual se encuentra ubicada en el centro de la isla de la Española, alineada NW-SE, que se extiende a lo largo de 200 km en territorio Dominicano (Silva, 2016); se dirige hacia el este y luego de su confluencia con el río Los Guanaitos gira hacia el sureste siguiendo un curso serpenteante, próximo a la Autopista Duarte, con grandes sinuosidades y meandros pronunciados hasta desembocar en el Mar Caribe, al oriente del municipio Bajos de Haina, a 14 km al oeste del río Ozama (Radio Educativa Dominicana).

La mayoría, y principales, afluentes se originan en la Cordillera Central y se unen por la derecha al Haina. Algunos de esos afluentes son los ríos Duey, Isa y Carballo, y los arroyos Catarey, Jibaná (o Jibana), Sosúa, Galán, Medina, Cuayo y Dasa; al río Isa se le une Mana o Maná (al cual se le ha unido el Maiboa o Majiboa) por lo que

frecuentemente se le llama Isa-Mana. Por la izquierda se le une el río Los Guanaitos, también llamado simplemente Guanaito y que nace en el Alto de la Paloma en la Cordillera Central, y el río Básima, que se origina en la vertiente norte de El Pílon en la sierra de Yamasá y los arroyos Novillero, Madrigal, Manogwayabo y Guajimía (que se une al Haina próximo a la desembocadura), entre otros. Algunos de estos arroyos presentan en la actualidad una mínima corriente, excepto luego de fuertes temporales; el arroyo Guajimía, ahora considerado como una simple cañada, se ha convertido en una cloaca al descubierto transportando gran cantidad de contaminantes y basura sólida.

Políticamente la cuenca del río Haina se encuentra casi en su totalidad dentro de la provincia de San Cristóbal. Cubre una pequeña parte de la provincia de Santo Domingo, constituyendo la frontera entre las provincias de San Cristóbal y Santo Domingo. Limita con varias cuencas hidrográficas, siendo las principales las de los ríos Ozama e Isabela, Nizao, Nigua y Arroyo Itabo

### **2.7.1.2 Zonas Hídricas de Importancia**

La cuenca puede dividirse en partes o zonas hídricas de importancia, las cuales son:

**2.7.1.2.1 Cuenca Alta**, desde el nacimiento del río hasta su confluencia con el río Los Guanaitos a la altura de 215 metros sobre el nivel del mar. Los principales afluentes en esta zona son los ríos Duey y Los Guanaitos. Sus máximas elevaciones son 1,445 m, el punto más alto de la cuenca, en la Loma Zumbador, Cordillera Central, donde el Haina parte aguas con el río Majoma, de la cuenca del Nizao; y 856 m en la Loma Rancho de Yagua, Sierra de Yamasá, donde el Haina parte aguas con el río Ozama.

**2.7.1.2.2 Cuenca Media**, que va desde la confluencia con el río Los Guanaitos hasta poco antes de la confluencia con el arroyo Cuayo, a la altura de 50 metros sobre el nivel del mar. Los principales afluentes son los ríos Básima y, sobre todo, Isa (o Isa-Mana). Los puntos más altos son Loma de Arroyo Grande (1,286 m), donde el Haina parte aguas con el río Mahomita, de la cuenca del Nizao, y Loma Novillero, Sierra de Yamasá, donde el Haina parte aguas con el río Isabela, de la cuenca del Ozama.

**2.7.1.2.3 Cuenca Media o Zona Hídrica Terminal**, terminal que se forma en el último tramo del río Haina, previo a su desembocadura en el Mar Caribe. Sus elevaciones máximas apenas alcanzan 70 m en el margen izquierdo (Los Alcarrizos), divisoria topográfica entre los ríos Haina e Isabela; y 230 m en el Cerro El Guano en la divisoria topográfica del Haina con el río Nigua.

### **2.7.1.3 Zonas de vida**

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la cuenca del río Haina tiene 4 zonas de vida, como se ve en la Figura 10.

**2.7.1.3.1 Bosque húmedo Subtropical**, localizado en la cuenca baja del río desde Madrigal hasta la desembocadura en el mar. Aquí las lluvias acusan un patrón de distribución muy irregular, con una época seca definida.

**2.7.1.3.2 Bosque muy húmedo montano bajo**, los niveles de precipitación son mayores y casi nunca se presenta época de sequía. Esta zona de vida ocupa las laderas y montañas más empinadas de la Cordillera Central, particularmente las cabeceras de los ríos Isa, Mana, Duey, Haina y Guanaito.

**2.7.1.3.3 Bosque muy húmedo subtropical**, cubre toda la cuenca media y parte de la alta, particularmente todo el valle de Villa Altigracia, con

precipitaciones que rebasan el 60% de la evaporación potencial media anual. Las lluvias, aunque frecuentes, también acusan un patrón muy irregular de caída a lo largo del año. Prácticamente no existe época seca definida.

#### 2.7.1.3.4 Bosque muy húmedo de transición a bosque pluvial subtropical

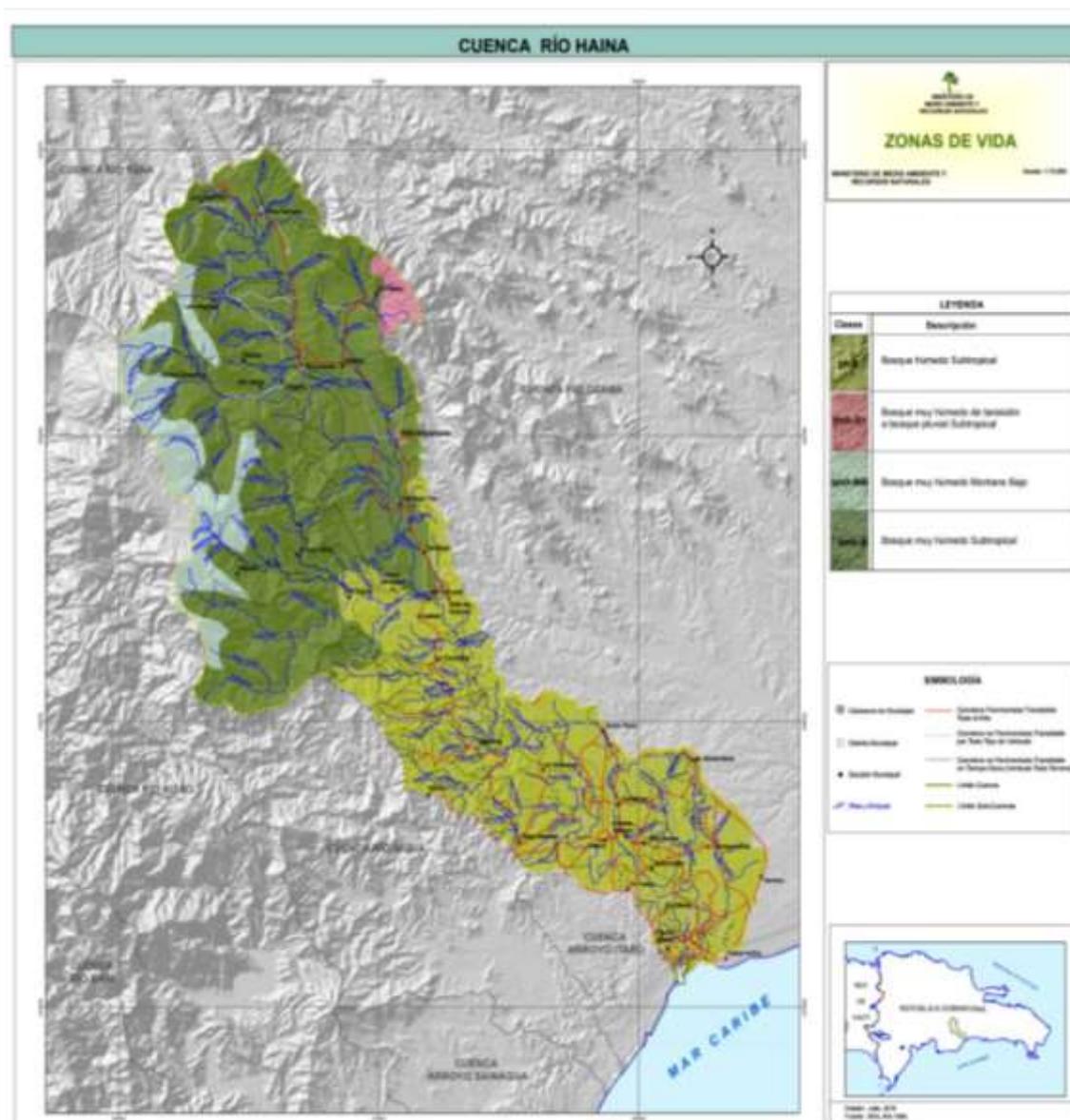


Figura 10. Zonas de Vida de la Cuenca del Río Haina

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

#### **2.7.1.4 Zonas Inundables**

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, las zonas inundables de la cuenca del Río Haina como se puede ver en la Figura 11, son las siguientes:

- Pino Herrado
- Guananito
- Básima
- Catarey
- Hormigo Tres
- Los Montones
- Santa Rosa
- Bienvenido

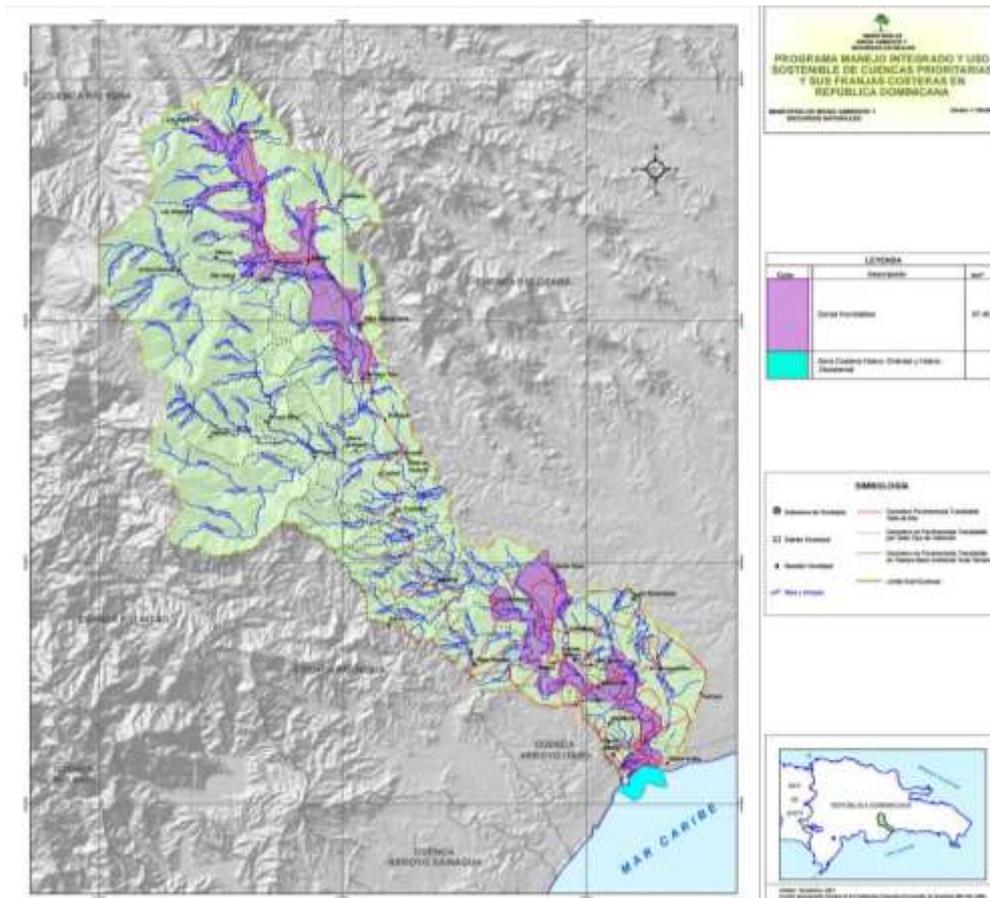


Figura 11. Zonas Inundables de la cuenca del Río Haina

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

### 2.7.1.5 Unidades de Recursos para la Planificación de los Suelos (URP)

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, existen seis (6) clases de suelo como se puede observar en la Figura 12.

#### 2.7.1.5.1 Clase 3

El material subyacente está constituido por rocas calizas. El clima corresponde a un bosque húmedo subtropical, con una pluviometría anual que varía entre 1500 y 2000 mm y con temperatura media anual que varía entre 25 y 27°C. La vegetación natural es de bosque húmedo subtropical.

#### **2.7.1.5.2 Clase 11**

El material subyacente está constituido por caliza coralina. El clima es húmedo con una estación seca durante el primer trimestre. Con precipitación anual entre los 1000 y 1500 mm, una temperatura media anual que oscila entre los 22 y 27°C. La vegetación fue aparentemente bosque de hojas anchas.

#### **2.7.1.5.3 Clase 23**

El material subyacente es caliza coralina. El clima es húmedo con precipitación anual que varía entre los 1000 y 1400 mm, con temperatura media anual de 26 a 27°C, siendo casi uniforme durante todo el año. La vegetación nativa fue bosque húmedo subtropical de hojas anchas.

#### **2.7.1.5.4 Clase 26**

Se encuentra localizada en el valle del municipio de Constanza. El material subyacente está constituido por sedimentos. El clima es húmedo. La precipitación anual varía de 1000 a 1300 mm y la temperatura anual de 17 a 20°C. La vegetación natural corresponde a bosque húmedo montano bajo.

#### **2.7.1.5.5 Clase 40**

Esta unidad ocupa áreas montañosas de las cordilleras Central y Oriental, y de la Sierra de Samaná. El material subyacente está formado por rocas ígneas y metamórficas. El clima es húmedo; la precipitación anual varía de 1300 a 2000 mm y la temperatura oscila entre los 21 y 24°C. La vegetación natural corresponde a Bosque Húmedo Subtropical.

2.7.1.5.6 Clase 45

El material subyacente es caliza coralina. El clima es relativamente seco con precipitación anual de 1000 a 1200 mm y la temperatura media anual es de 25 a 27°C. Los suelos dominantes en esta unidad están clasificados como Ustropepts típicos y Ustropepts fluvénticos.

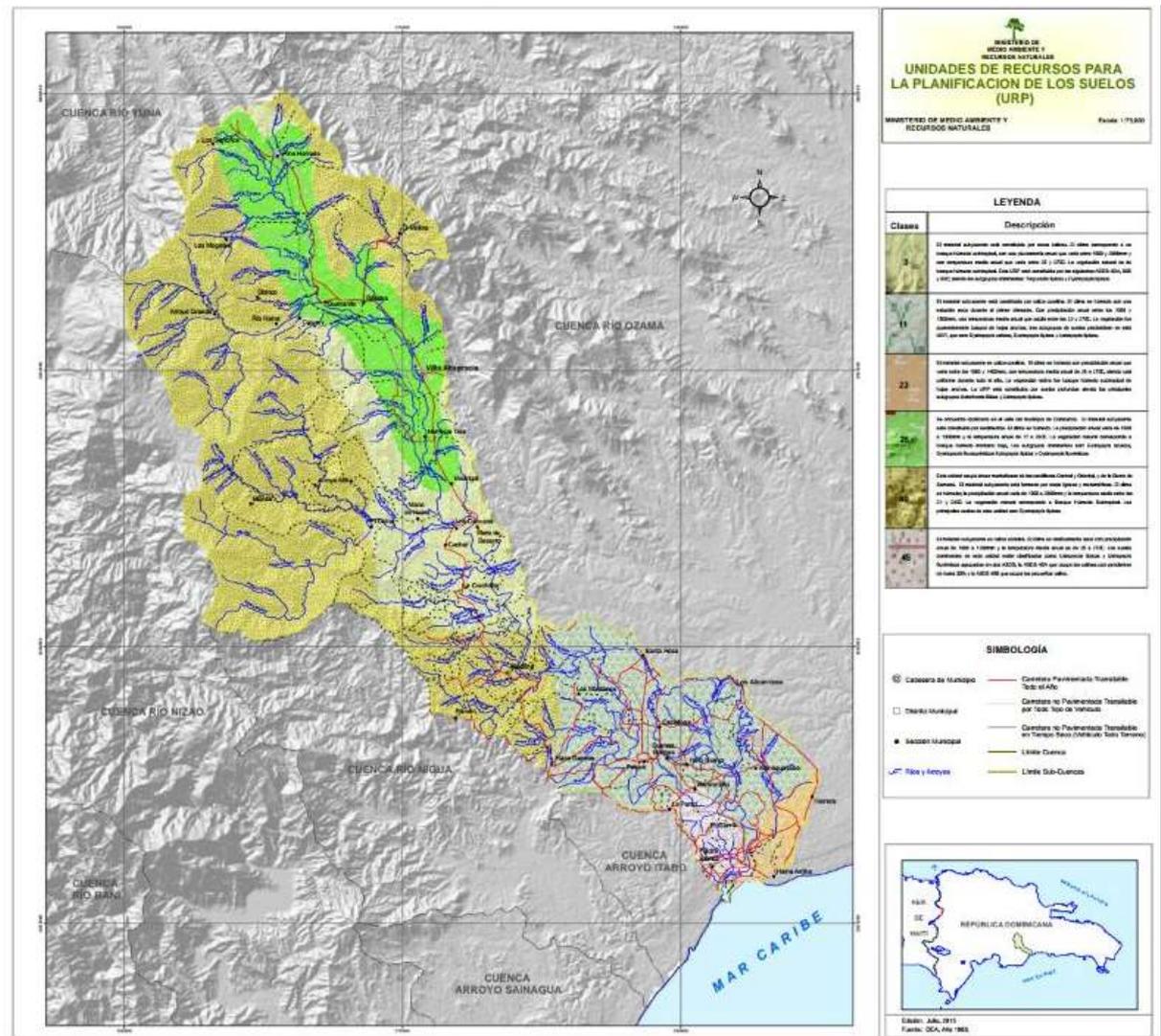


Figura 12. Unidades de Recursos para la Planificación de los Suelos

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales



Guazimar desembocando en el Haina a los 12 msnm con una latitud de 18.476831 y una longitud de -70.013289.

El nombre del arroyo fue bautizado por el mismo nombre del sector donde este se encuentra, el cual debe su etimología a una población extensa de árboles de guayabo alrededor del río. En esta zona al existir muchas pendientes pronunciadas, lo cual cuando se manifestaba la lluvia las personas que cruzaban esta zona tendían a deslizarse, por lo tanto se apoyaban de las ramas de los árboles de guayabo, es por eso que "Manoguayabo" proviene de "Mano", la cual utilizaban para sostenerse y "guayabo" que es el árbol del cual se hacían soporte.

Cuando hay precipitaciones intensas todos estos arroyos se represan y las inundaciones en el sector y zonas aledañas a ríos, lagunas, cañadas y arroyos son inevitables.

Como se puede observar en la figura 13, la causa mayor por la cual la cuenca produce inundaciones en ciertos sectores de Santo Domingo Oeste se debe al relieve de la zona, a las bajas pendientes a la que se encuentran las viviendas, estando así más expuestas a daños debido a las fuertes precipitaciones que eventualmente se presentan. Por esto, el suelo también se ha visto afectado de tal modo que tiene un nivel de infiltración muy bajo, por dicha razón cuando llueve en el suelo se quedan grandes depósitos de agua que duran inclusive semanas para desaparecer.



Figura 13. Casa aislada debido a los rellenos de material en las calles

Fuente: Propia

Otra de las razones por la cuales se ven afectadas ciertas comunidades es por la cantidad exagerada de escombros y basura (Figura 14) que se ubican a lo largo de las cañadas, en los afluentes del arroyo y hasta en el mismo arroyo, pues obstruyen un cauce, que genera el desbordamiento de todo este caudal y se anega una importante zona con agua.



Figura 14. Escombros en las cañadas

Fuente: Propia

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Enfoque de la investigación**

El enfoque cualitativo, por lo común, se utiliza primero para descubrir y refinar preguntas de investigación que pueden generar hipótesis. No necesariamente, se prueban esas hipótesis. Con frecuencia se basa en métodos de recolección de datos sin medición numérica, sin conteo.

Las investigaciones cualitativas son guiadas por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de información, porque no las presuponen, sino que las derivan del trabajo de campo, a medida que lo van realizando. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y, después, para refinarlas y responderlas, o probar hipótesis, si se generaron durante el proceso. La investigación se mueve dinámicamente en una ida y vuelta entre los “hechos” que se van observando y su interpretación, en ambos sentidos (Gómez, 2006).

Esta investigación se considera cualitativa, ya que la recolección y el análisis de los datos obtenidos se realizó utilizando documentación bibliográfica, la observación en el campo y los conocimientos de los habitantes de la zona que por su experiencia ante los fenómenos naturales pudieron aportar bastante a la investigación.

Al final, con esos datos obtenidos es que se procede a la generación del mapa de susceptibilidad ante inundaciones por lluvias intensas y luego se identifica la vulnerabilidad ante las inundaciones del área de estudio, se estima de manera cualitativa la vulnerabilidad de la zona, por estas razones se debe realizar visitas continuas, con el

apoyo de algunos cuestionarios para obtener ciertos datos del lugar, de ahí se obtiene con más exactitud los resultados que presenta en el mapa.

### **3.2 Tipo de investigación**

De acuerdo al análisis global la investigación es aplicada debido a que la misma se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren (Proyectoorue's blog, 2009). Esta tesis puede servir de apoyo inmediato para que las instituciones correspondientes puedan poner en práctica las posibles soluciones.

Esta investigación es descriptiva, ya que según (Marín Villada, 2008) caracteriza un objeto de estudio o una situación concreta, señala, sus particularidades y propiedades. Sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio.

Se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo (Universidad Pedagógica Experimental Libertador, 2016). Los datos de esta investigación han sido obtenidos en forma directa de la realidad es decir a partir de datos originales.

Esta investigación se considera del tipo transversal porque fue realizada en un lapso determinado del eje del tiempo.

### **3.3 Técnicas de investigación**

Las técnicas utilizadas fueron en base a las indicaciones otorgadas por la metodología utilizada que fue "Guía metodológica para la elaboración de los mapas de riesgo", las cuales fueron divididas en los siguientes tres puntos:

#### **3.3.1 Análisis bibliográfico:**

Se realizaron consultas de diversas fuentes que se encontraban orientadas al tema, como son libros, revistas, páginas webs, artículos del periódico, entre otros, los cuales sirvieron como fuente de conocimiento para desarrollar correctamente el tema.

#### **3.3.2 Trabajo de gabinete:**

Se realizaron levantamientos de los diferentes sucesos que han provocado daños a las zonas cercanas al Arroyo, de los asentamientos poblacionales que se han identificado como vulnerables y la consulta de estadísticas oficiales de instituciones gubernamentales, como son: Servicio Geológico Nacional (SGN), Defensa Civil de la República Dominicana (departamento de operaciones), Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA)

#### **3.3.3 Trabajo de campo:**

Siguiendo los pasos y las fases que indica la metodología usada, se llevaron a cabo recorridos de campo en los cuales se tomaron puntos de observación en el terreno, fundamentalmente puntos críticos, que son aquellos lugares que han sido afectados de manera severa por los eventos ocurridos. Además se realizaron levantamientos fotográficos de dichos puntos y se hicieron encuestas a los moradores de la zona, las

cuales fueron de ayuda para el llenado de las fichas y matrices de vulnerabilidad y peligrosidad.

### **3.4 Método de investigación**

El método de investigación utilizado fue el lógico inductivo ya que este parte de lo particular a lo general, es decir, que la investigación se realizó a través de informes y documentos que podrían llamarse particulares, para luego llegar a una conclusión la cual se podría llamar general. Además, es una inducción incompleta debido a que los elementos del objeto de investigación no pudieron ser numerados y estudiados en su totalidad, sino que se tomó un valor representativo para su estudio.

## CAPÍTULO IV. RESULTADO Y DISCUSION

### 4.1 Evaluación de la amenaza

Fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico tales como terremotos, erupciones volcánicas, movimientos en masa, maremotos, inundaciones, huracanes, etc. o posibles eventos desastrosos originados por tecnologías peligrosas tales como accidentes provocados por el hombre o por fallas técnicas, representan un peligro latente que bien puede considerarse como una amenaza para el desarrollo social y económico de una región o un país. (Cardona)

Las principales amenazas por las cuales los sectores aledaños al Arroyo Manogwayabo se ven afectados son del grupo natural, como son ciclones tropicales, intensas lluvias, tormentas locales severas, las cuales ocasionan daños y pérdidas como numerosas viviendas inundadas, pérdidas de ganado, daños a la infraestructura eléctrica, daño a las vías de comunicación. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Catálogo de eventos ocurridos en el municipio

<b>Año</b>	<b>Día</b>	<b>Evento natural</b>	<b>Causas de desastre</b>
1998	22-sep	Huracán George	Lluvias torrenciales y ráfagas de viento
2007	28-oct	Tormenta Noel	Lluvias torrenciales y ráfagas de viento
2007	11-dic	Tormenta Olga	Lluvias torrenciales y

			ráfagas de viento
2016	3-oct	Huracán Matthew	Lluvias torrenciales y ráfagas de viento

Fuente: Propia

## 4.2 Evaluación de la Peligrosidad

Para la estimación de los valores de peligrosidad, tomados también por parajes, se consideraron la repetición de veces que sucede un evento, el periodo de tiempo en que se presenta, las causas, severidad y el tipo de evento. (Ver Anexo).

En el informe correspondiente al mapa de riesgos del municipio castañuelas, publicado por el SGN, se expone que los mapas de peligrosidad reflejan a través de su clasificación los niveles de peligro según el tipo de evento al que están expuestos los pobladores de los diferentes parajes. La ponderación recibe una categorización que define cualitativamente cuantos tipos de peligrosidad existen:

- **Muy Alta:** Existe un peligro muy alto de sufrir pérdidas de viviendas, infraestructuras y afectación al medio ambiente debido a la ocurrencia de los eventos identificados como extremos se manifiestan con una intensidad alta y con una probabilidad de ocurrencia elevada en los parajes. Son sectores que han sido afectados de manera severa por las inundaciones y el arrastre de material detrítico que provienen de los abanicos aluviales de las montañas, ocurren derrumbes y deslizamientos. Además a estos espacios se asocian numerosos

eventos secundarios, como movilización cantidades excesiva de sedimentos, caída de bloques, etc.

- **Alta:** Existe un peligro alto de sufrir pérdidas de viviendas, infraestructuras y afectación al medio ambiente debido a la ocurrencia de los eventos aunque se manifiestan con una intensidad alta, pero con una probabilidad de ocurrencia elevada.
- **Moderada:** Existe un peligro moderado ya que las viviendas, infraestructuras y el medio ambiente pueden sufrir daños, pero no destrucción repentina, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado. La ocurrencia de los eventos aunque se manifiestan con una intensidad relativamente débil a las condiciones del lugar, la probabilidad de ocurrencia es media. Son sectores donde la ocurrencia de los eventos están sujetos a las condiciones en que el evento se desarrolle desde el punto de vista de su intensidad, generalmente es que la tendencia de los mismos sea más moderada, sujeto a las condiciones naturales.
- **Baja:** Existe un peligro bajo, el peligro para las personas es débil o inexistente.- Las viviendas, infraestructuras y el medio ambiente pueden sufrir daños leves. La ocurrencia de los eventos se manifiesta con muy baja intensidad, la probabilidad de ocurrencia es baja. Son sectores que a pesar de existir procesos activos en sus áreas la manifestación de los mismos tiene un carácter esporádico por lo tanto presentan un nivel de susceptibilidad más bajo.

#### 4.2.1 Evaluación de las variables

- **Causa P1**, Para determinar las causas se realizaron estudios, análisis e interpretaciones de las situaciones atmosféricas que motivan situaciones de inestabilidad capaces de provocar episodios de inundaciones en la cuenca del Arroyo Manogwayabo.

Para darle el valor de la ponderación correspondiente a cada paraje, se utilizó el cuadro 1 extraído de un informe que se realizó en el municipio de castañuelas utilizando la “Guía metodológica para elaboración de mapas de riesgo” como referencia.

Cuadro 1. Valor de ponderación para cada causa

Ponderación	Descripción
1	Dolina Cársticas
2	Cañada torrencial, flujos
3	Fallas supuestas , Fallas con escarpe
4	Cono de Deyección, Abanicos Aluviales, Coluviones, Inundación

Fuente: Informe mapa de riesgos municipio castañuelas

- **Frecuencia P2**, esta se centra en definir la cantidad de veces que se producen estos episodios en los últimos 41 años.
- **Recurrencia P3**, se define la cantidad de veces que se producen estos episodios de uno a tres años.

El cuadro 2 se utiliza para así darle el valor correcto de ponderación a cada uno de los parajes.

Cuadro 2. Valor de ponderación para la cantidad de veces que se produce un episodio

Ponderación	Descripción
4	una o más situación de precipitación todos los años
3	una cada dos años
2	una cada tres años
1	una cada más de 3 años

Fuente: Informe mapa de riesgos municipio castañuelas

- **Severidad P4**, para estimar los valores de severidad se toman las peores consecuencias generadas por los eventos en la cuenca del Arroyo Manoguyabo.
- **Duración del evento P5**, este parámetro se valora teniendo en cuenta la duración de los episodios de inundación.

### 4.3 Evaluación de la Vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad se realizó para los diferentes parajes que se encuentran dentro de la delimitación de la cuenca del arroyo.

En este estudio se consideró la vulnerabilidad social, humana, económica, estructural, sanitaria y ambiental, para lo cual se realizó una ficha donde se muestran los valores de cada uno de los parámetros y su respectiva ponderación, donde el valor de 1 es baja, 2 moderada, 3 alta y 4 muy alta. (Ver Anexo).

#### 4.3.1 Vulnerabilidad Humana

Para el estudio de la vulnerabilidad humana se tomaron en cuenta la densidad poblacional, relación de dependencia, personas con limitaciones físicas, zona de residencia y tenencia de vehículos. (Ver gráfico 1).

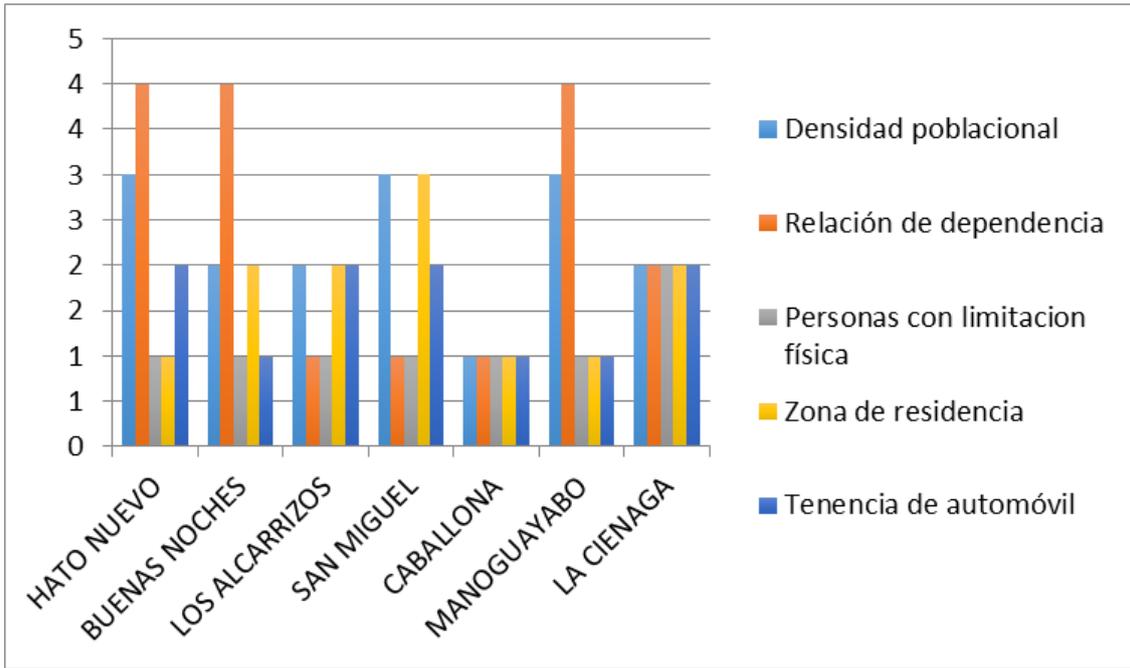


Gráfico 1. Vulnerabilidad Humana

Fuente: Propia

### 4.3.2 Vulnerabilidad Social

Para la vulnerabilidad social se tomaron en cuenta el nivel de instrucción, la tasa de alfabetización, el hacinamiento, el lugar de nacimiento, y los medios de comunicación.

(Ver gráfico 2).

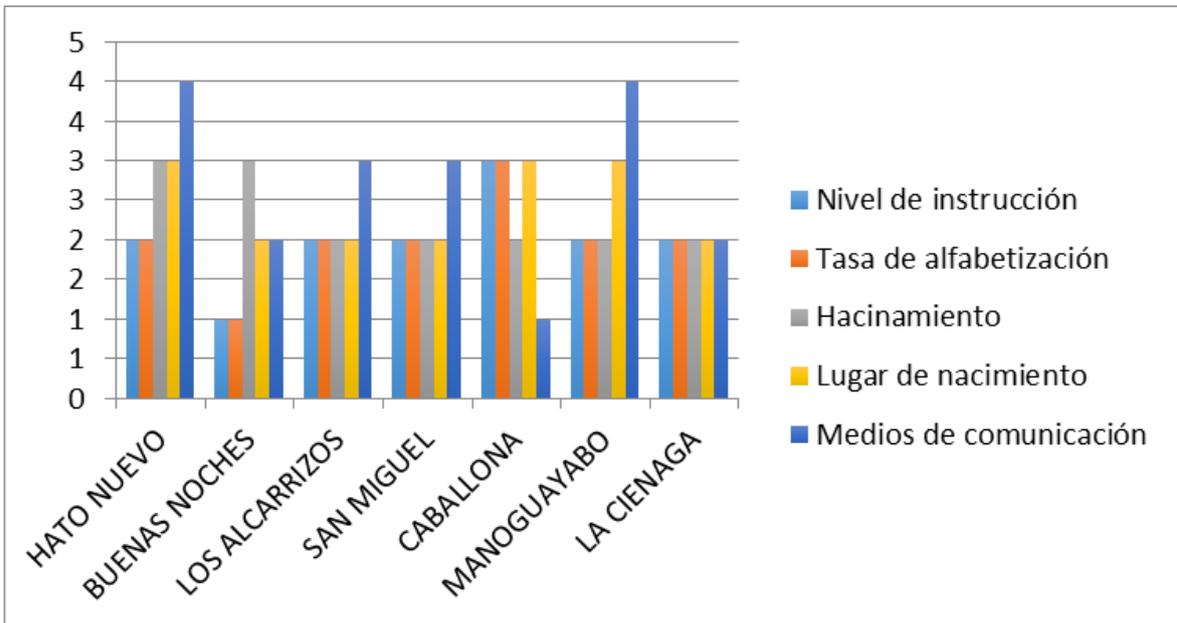


Gráfico 2. Vulnerabilidad Social

Fuente: Propia

**Observaciones:**

Como se muestra en la figura 13 muchas de las vías de acceso a estas comunidades están deterioradas, debido a esto se crea mucho lodo y una gran cantidad de hoyos en la calle que entorpecen el tránsito tanto de vehículos como de peatones.



Figura 15. Condición de las vías de acceso

Fuente: Propia

### 4.3.3 Vulnerabilidad Económica

Para la vulnerabilidad económica se tomaron en cuenta la propiedad de la vivienda, el desempleo y las remesas. (Ver gráfico 3).

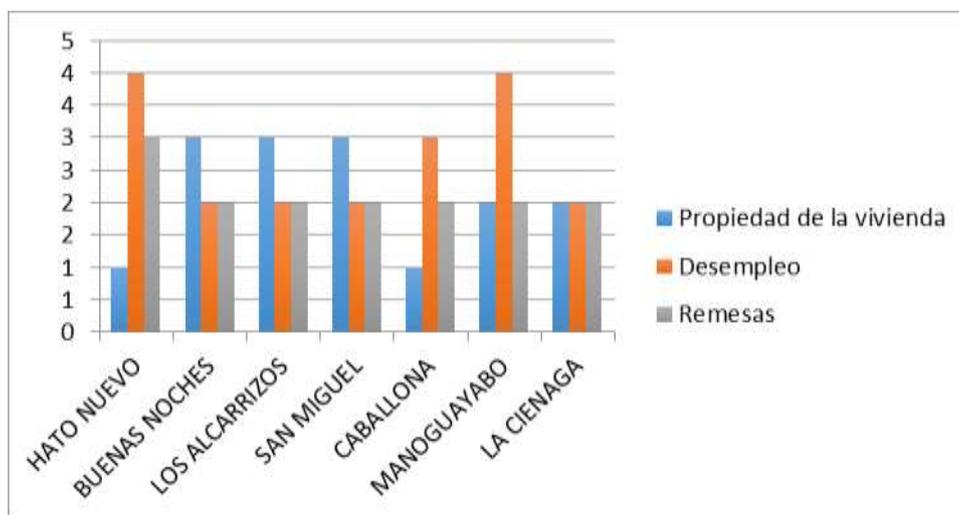


Gráfico 3. Vulnerabilidad Económica

Fuente: Propia

### 4.3.4 Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad física se divide en dos, la estructural donde se tomaron en cuenta la el material de construcción del techo, paredes y piso, y la calidad estructural de la vivienda, y la funcional donde se estudia el combustible que se utiliza para cocinar, abastecimiento de agua y el alumbrado. (Ver gráfico 4).

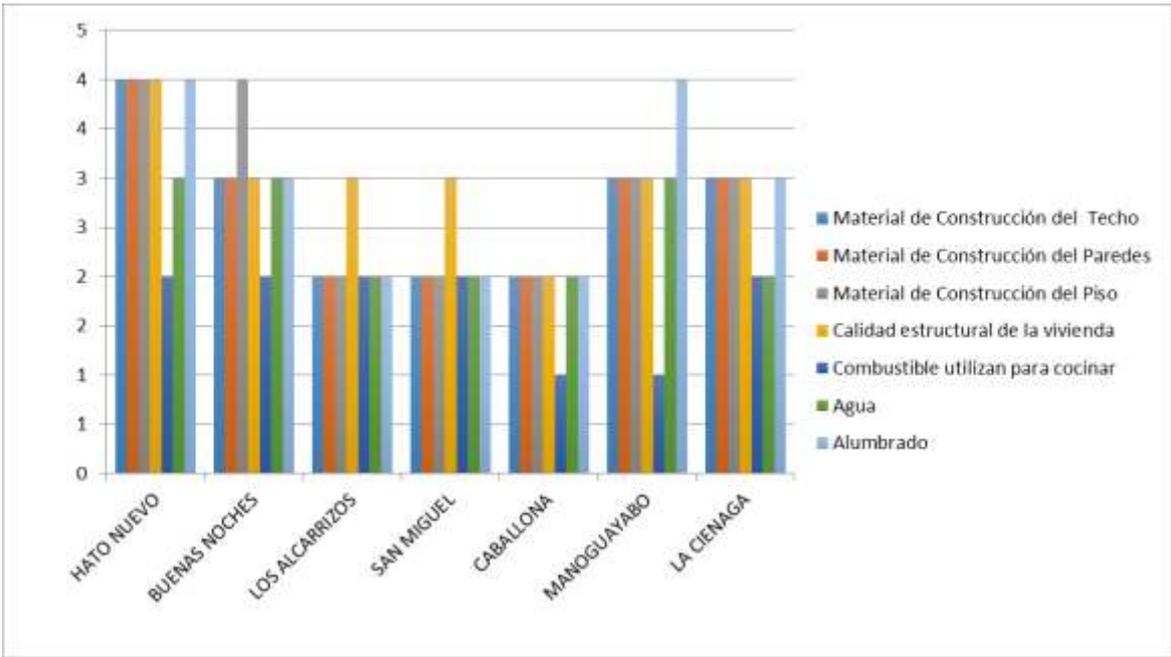


Gráfico 4. Vulnerabilidad Física

Fuente: Propia

**Observación:**

En Barrios como Tanque Azul y Juan Guzmán, pertenecientes a Hato Nuevo y Manoguayabo respectivamente, es predominante el uso de madera, zinc y pisos de tierra en las construcciones como se puede observar en la figura 14.



Figura 16. Condición de las viviendas

Fuente: Propia

### 4.3.5 Vulnerabilidad Sanitaria

Para la vulnerabilidad sanitaria se tomaron en cuenta las infraestructuras de salud, el tipo de servicio sanitario, la eliminación de la basura y las aguas estancadas. (Ver gráfico 5).

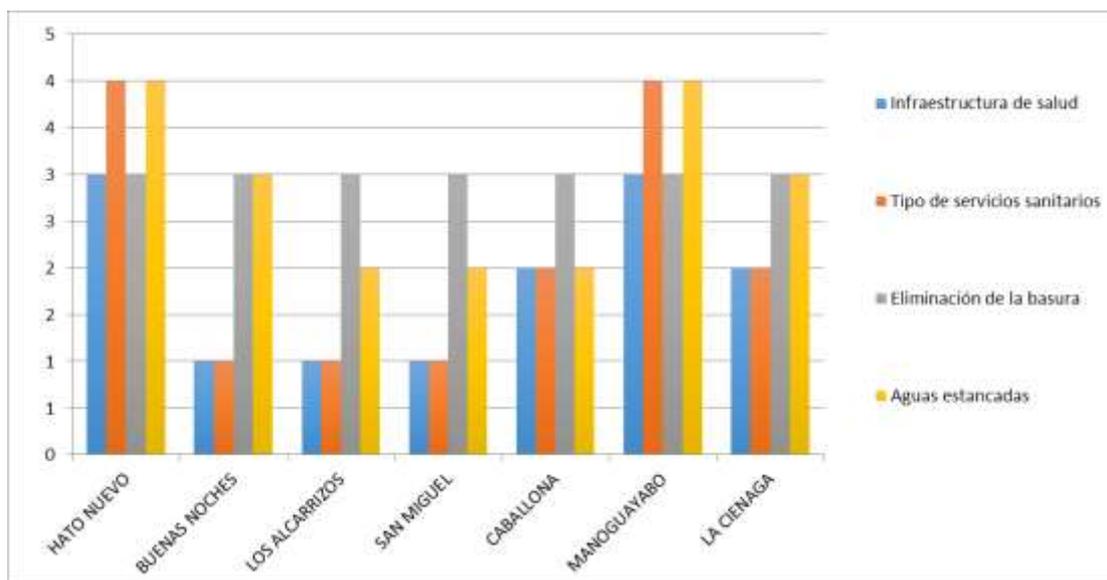


Gráfico 5. Vulnerabilidad Sanitaria

Fuente: Propia

#### Observaciones:

Como se ve en la figura 15, la alta vulnerabilidad a las aguas estancadas en algunos parajes tales como Manoguayabo y Hato Nuevo viene dada debido a la ausencia de alcantarillados en la zona, estas aguas generalmente contienen grandes cantidades de basura lo que supone un riesgo para la salud de los moradores del lugar.



Figura 17. Aguas estancadas

Fuente: Propia

#### 4.3.6 Vulnerabilidad Ambiental

Para la vulnerabilidad ambiental se tomaron en cuenta la cobertura vegetal, la contaminación por aguas estancadas, por basura, por cañadas, el ruido de los vehículos, pocilgas, humo, ruidos y desechos de fábrica, y ruidos de plantas. (Ver gráfico 6).

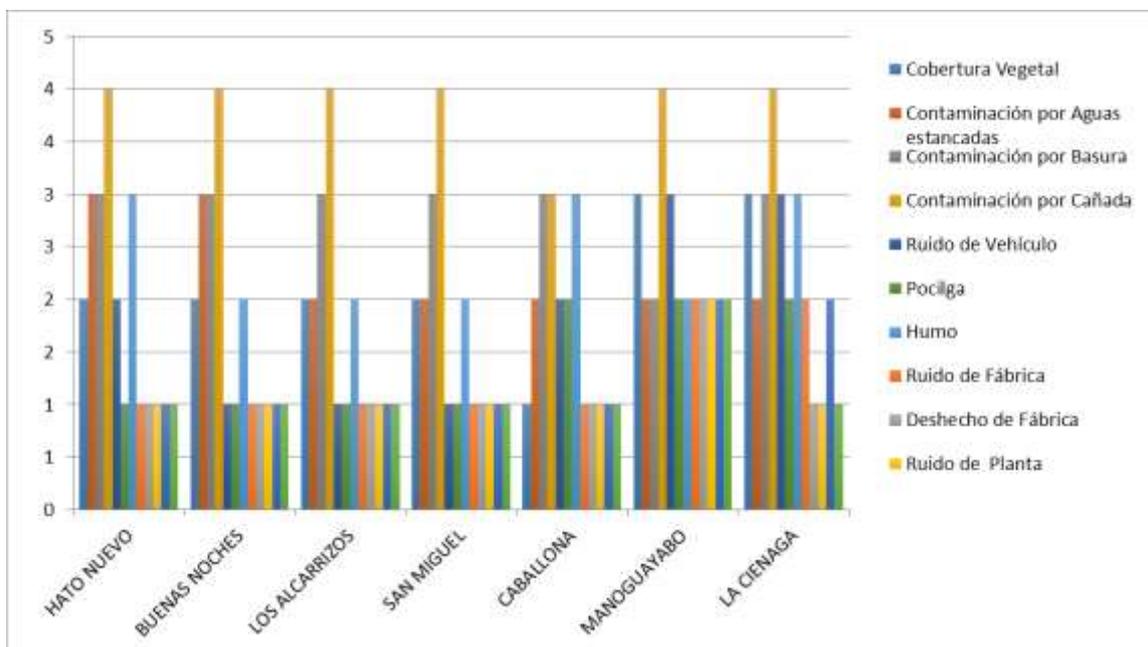


Gráfico 6. Vulnerabilidad Ambiental

Fuente: Propia

### **Observaciones:**

Para la eliminación de los desechos se utilizan dos métodos, ambos inapropiados, debido a la ausencia del servicio de recogida de basura, se utiliza el verter los desperdicios dentro de las masas de agua, así como se ve en la figura 16, y el de la incineración de los residuos, lo cual produce una gran cantidad de humo y una gran contaminación al ambiente.

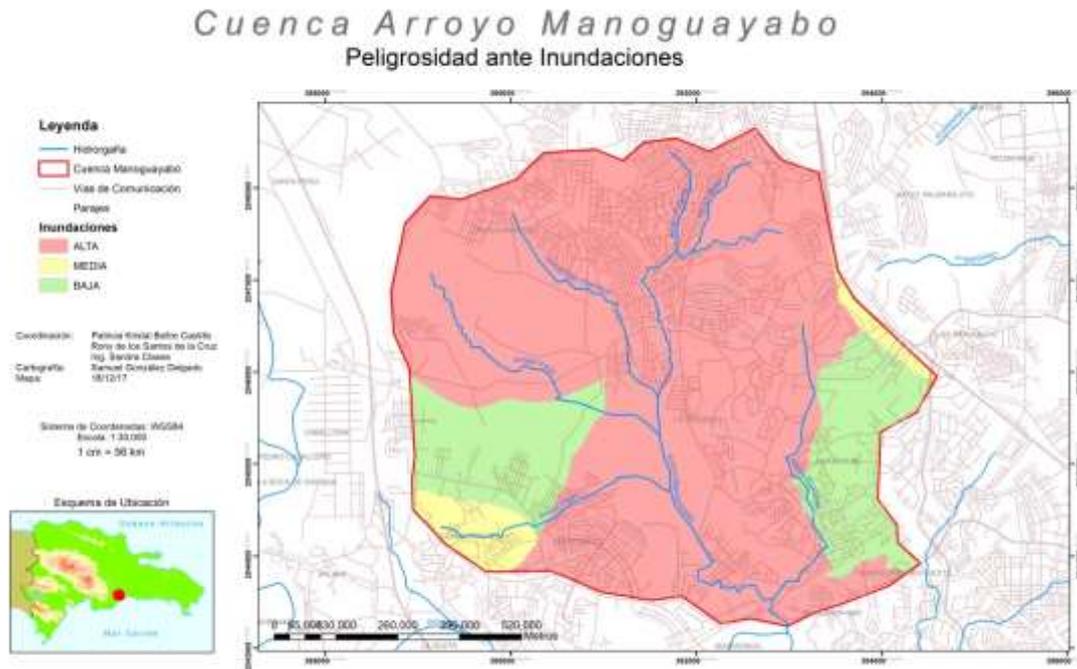


Figura 18. Contaminación de los afluentes

Fuente: Propia

## Resultados:

Para la elaboración del mapa de peligrosidad (Mapa 2) se consideró un promedio de todas las variables anteriormente expuestas por parajes, tomando en cuenta la ocurrencia de los eventos, características geomorfológicas y los procesos hidrometeorológicos.



Mapa 2. Peligrosidad ante inundaciones de la cuenca del Arroyo Managuayabo

Fuente: Samuel González, técnico SIG

Tomando en consideración los resultados del mapa se pueden establecer los parajes afectados en el municipio de Santo Domingo Oeste, por la cuenca del Arroyo Managuayabo según las siguientes categorías:

- **Peligrosidad Alta** clasificaron: Hato Nuevo, La Ciénaga, Los Alcarrizos y Managuayabo.
- **Peligrosidad Media** clasificaron: Buenas Noches y Los Peralejos.

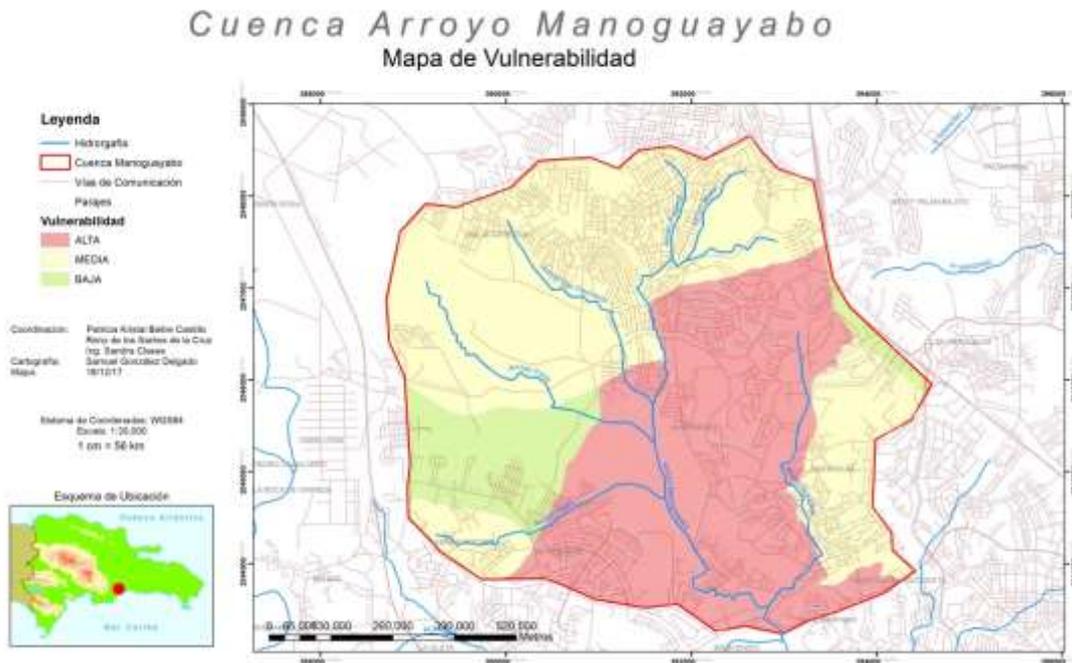
- **Peligrosidad Baja** clasificaron: Caballona y San Miguel.

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad total (Mapa 3) se consideró la sumatoria de todas las variables de vulnerabilidad por parajes, el cual luego es ponderado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Categoría de peligrosidad para intervalos

Intervalo	Ponderación	Categoría
112 - 126	4	Muy Alta
79 - 112	3	Alta
48 - 79	2	Moderada
1 - 48	1	Baja

Fuente: Propia



Mapa 3. Vulnerabilidad total en la cuenca del arroyo Managuayabo

Fuente: Samuel González, técnico SIG

El mapa de vulnerabilidad de los parajes cercanos a la cuenca del Arroyo Manogwayabo, arrojó los siguientes resultados:

- **Vulnerabilidad Alta:** Hato Nuevo, La Ciénaga, Manogwayabo.
- **Vulnerabilidad Media:** San Miguel, Buenas Noches, Los Alcarrizos.
- **Vulnerabilidad Baja:** Caballona y Los Peralejos.

## CONCLUSIÓN

Una vez finalizada la elaboración de los mapas, se concluye que en el municipio de Santo Domingo Oeste, los parajes que se destacan como críticos (Tabla 3) debido a la influencia de la cuenca del Arroyo Managuayabo, son los siguientes:

Tabla 3. Puntos críticos

Peligrosidad	Vulnerabilidad
<i>Hato Nuevo</i>	<i>Hato Nuevo</i>
<i>La Ciénaga</i>	<i>La Ciénaga</i>
<i>Managuayabo</i>	<i>Managuayabo</i>
<i>Los Alcarrizos</i>	

Fuente: Propia

Del análisis final resulta que los parajes más críticos son:

-En Hato Nuevo los barrios Tanque Azul, Los Trinitarios, residencial Brugal, Sector Primavera y Villas Carolinas I y II.

-En Managuayabo el barrio de Juan Guzmán.

-En La Ciénaga los barrios de La Jungla y La Angelita.

-En Los Alcarrizos los barrios El Lebrón, Invi, Las Mercedes, calles 5 y 24 del sector Pueblo Nuevo.

## **RECOMENDACIONES**

- Implementar la ley No. 64-00 que crea el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su capítulo VII, artículo 110 sobre los asentamientos humanos, para así regular los asentamientos de personas en las zonas peligrosas.
- Crear sistemas de alerta temprana ante inundaciones.
- Implementar la Ley No. 176-07 del Distrito Nacional y los Municipios, donde según el Artículo 79: Los distritos municipales tienen la autorización o reconocimiento legal para vigilar y proteger los caminos, campos, fuentes, ríos y demás recursos naturales. El ayuntamiento tiene la potestad de sancionar a quien altere el buen funcionamiento de este, según el Artículo 8 de la ley en cuestión.
- Elaborar diseños de alcantarillados para las zonas que lo necesiten.
- Implementar planes de concientización sobre los desechos y los sistemas de seguridad a los moradores de la zona.

## **GLOSARIO**

**Peligro:** Posibilidad de que ocurra algún mal.

**Vulnerabilidad:** Es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre.

**Riesgo:** Capacidad de daño (personal y material) de un fenómeno en relación al tiempo.

**Amenaza:** Peligro inminente, que surge, de un hecho o acontecimiento que aún no ha sucedido.

**Paraje:** Es el término que se utiliza para denominar un punto geográfico de una provincia, o estado, puede estar habitado o no, generalmente son habitados por pobladores dispersos en el área rural.

**Desastre:** Acontecimiento que altera las condiciones normales de una comunidad y repercute de manera inmediata sobre personas vulnerables.

## BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Recuperado el 24 de Octubre de 2017, de Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja:  
<http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/que-es-la-vulnerabilidad/>

Departamento de Desarrollo Sostenible de la FAO. (s.f.). *FAO*. Obtenido de FAO:  
<http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s04.htm>

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2014). *METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES A NIVEL TERRITORIAL*. Cuba.

*Proyectoorue's blog*. (2 de Abril de 2009). Recuperado el 2017 de Noviembre de 11, de  
<https://proyectoorue.wordpress.com/2009/04/02/la-investigacion-basica-y-la-investigacion-aplicada/>

*definicionabc*. (2010). Obtenido de *definicionabc*:  
<https://www.definicionabc.com/geografia/arroyo.php>

*El libro de la vulnerabilidad, Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad*. (2016). Alemania: Deutsche Gesellschaft für.

Andrés Díez Herrero, Gerardo Benito Fernández y Julio Garrote Revilla. (2011). *EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA PROVINCIA DE TOLEDO*.

Apolinar, B. (2007). Ríos anegan las viviendas y bloquean cárcel La Victoria. *Listin Diario*, 1.

Barreto Caro, J. R. (2005). Estimación de un índice relativo de riesgo múltiple en áreas urbanas.

[http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Julio\\_Rodolfo\\_Barreto\\_Caro.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Julio_Rodolfo_Barreto_Caro.pdf).

Cardona, O. D. (s.f.). *EVALUACIÓN DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO*.

Centro de Educación a Distancia (CED). (s.f.). Nociones de Cartografía.

[https://ced.agro.uba.ar/moodle/pluginfile.php/90537/mod.../Cap4-](https://ced.agro.uba.ar/moodle/pluginfile.php/90537/mod.../Cap4-Cartografia.pdf)

[Cartografia.pdf](https://ced.agro.uba.ar/moodle/pluginfile.php/90537/mod.../Cap4-Cartografia.pdf).

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2014). *Inundaciones*. Mexico.

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2014). *Inundaciones*. Mexico.

Cocco Quezada, A., & Gutiérrez, G. (Septiembre de 1999). *cidbimena*. Obtenido de

cidbimena: <http://cidbimena.desastres.hn/ri-hn/pdf/spa/doc12138/doc12138-contenido.pdf>

Comas Nebot, M. (Junio de 2009). Aproximación al riesgo de inundación por avenidas en el municipio de Jimaní (suroeste de la República Dominicana). pág. Servicio Geológico Nacional.

- El Caribe. (22 de Mayo de 2017). Afectados por inundaciones ríos Haina y Manoguayabo se reúnen con Defensora del Pueblo. *El Caribe*, pág. 1.
- El Nacional. (1 de Junio de 2012). Un 60 % del territorio de República Dominicana es vulnerable a inundaciones. *El Nacional*, pág. 1.
- Espinoza Ayala, J. (s.f.). *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)*. Obtenido de <https://www.imta.gob.mx/procesos-de-transporte-de-sedimentos>
- Faustino, J., & Jiménez, F. (2000). Manejo de Cuencas Hidrográficas. Costa Rica.
- Fonseca Arcalla , E. L. (2017). Los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo (PVR) en Cuba. En *Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial*.
- GAMA, G. d. (2016). *floodup*. Recuperado el 16 de 11 de 2017, de <http://www.floodup.ub.edu/por-que-se-producen/>
- Gestión Sostenible del Agua (GSAGUA). (s.f.). Los Sistemas de Información Geográfica – SIG. <https://gsagua.com/los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). Antecedentes de la Cartografía. <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/antecedentescartografia.pdf>.
- Inventario Nacional de Humedales Mexico. (2012). glosario general de términos del desarrollo de la base metodológica para el inventario nacional de humedales de México.

Inventario Nacional de Humedales México. (2012). glosario general de términos del desarrollo de la base metodológica para el inventario nacional de humedales de México.

JAVIERA DEL CARMEN PÉREZ JARA. (2011). *RIESGO DE INUNDACIÓN PRODUCTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO. CASO DE ESTUDIO: QUEBRADA SAN RAMÓN*. Santiago de Chile.

Liliana Estanilao y Yu Wen Tsai. (2017). *Estudio de peligro y Vulnerabilidad ante inundaciones por Lluvias Intensas de la Cuenca del Arroyo Dajo, Santo Domingo Norte*. Santo Domingo.

López, H. M. (4 de Junio de 2013). Ley 305 del 20 de Mayo de 1968 y Ley 64-00 del 18 de Agosto del año 2000. *Cabarete Noticias*, págs. <http://cabaretenoticias.com/2013/06/04/ley-305-del-20-de-mayo-de-1968-y-ley-64-00-del-18-de-agosto-del-ano-2000-hector-m-lopez-ecologista/>.

MAG, Care, FORGAES, & UE. (s.f.). *colsan*. Obtenido de [http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual\\_manejo\\_de\\_cuencas\\_modulo\\_1%5B1%5D.pdf](http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual_manejo_de_cuencas_modulo_1%5B1%5D.pdf)

Marcano, J. (2009). *Mi país*. Recuperado el 2017, de <http://www.jmarcano.com/mipais/geografia/clima/clima3.html>

Matuk, B. A. (30 de Octubre de 2007). Lluvias dejan ríos desbordados y barrios inundados; río Manogwayabo se crece. *Listin Diario*, pág. 1.

Mid-America Regional Council (MARC). (s.f.). *marc.org/Environment/Water*. Obtenido de [marc.org/Environment/Water: http://marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment\\_espanol.aspx](http://marc.org/Environment/Water-Resources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx)

Moller, P. (Enero de 2011). Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. pág. [https://www.researchgate.net/publication/259332396\\_Las\\_franjas\\_de\\_vegetacion\\_riberena\\_y\\_su\\_funcion\\_de\\_amortiguamiento\\_una\\_consideracion\\_importante\\_para\\_la\\_conservacion\\_de\\_humedales](https://www.researchgate.net/publication/259332396_Las_franjas_de_vegetacion_riberena_y_su_funcion_de_amortiguamiento_una_consideracion_importante_para_la_conservacion_de_humedales).

Moreno Palacios, C., & Bermúdez Ordoñez, O. (2016). *ANÁLISIS DEL RIESGO POR INUNDACIÓN UTILIZANDO HERRAMIENTAS*.

Núñez Solís, J. (2001). Manejo Y Conservación de Suelos. En J. Núñez Solís, *Manejo Y Conservación de Suelos* (pág. 43). San José, Costa Rica: EUNED.

Núñez Solís, J. (2001). Manejo y Conservación de Suelos. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Ollero Ojeda, A. (02 de Octubre de 1997). *Lurralde*. Obtenido de Lurralde: <http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur20/200oller/ollero20.htm>

Ortega, B. (2016). El Río Ozama en Santo Domingo. *Conectate*, <http://www.conectate.com.do/articulo/rio-ozama-santo-domingo-republica-dominicana/>.

Pavón Besalú, M. (2012). Diccionario de Cartografía. <https://books.google.com.do/books?id=nNPo18PvqWUC&pg=PA39&lpg=PA39>

&dq=Conjunto+de+estudios+y+de+operaciones+cient%C3%ADficas,+art%C3%ADsticas+y+t%C3%A9cnicas&source=bl&ots=TBuQpB3lao&sig=M\_uW13tlux\_tVwNMH9jB4KtNgS8&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-t62LjsPVAhVB.

*Radio Educativa Dominicana.* (s.f.). Obtenido de <http://redfm.gob.do/rio-haina/>

Rey, J. F. (1999). Nociones de Cartografía. En *Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía* (pág.

[http://www.rutasnavarra.com/GPS/Teoria/Nociones\\_de\\_Cartografia.pdf](http://www.rutasnavarra.com/GPS/Teoria/Nociones_de_Cartografia.pdf)).

Madrid: Universidad de Extremadura Servicio.

Rodríguez Varela, J., Alcocer, V. Y., Albornoz Góngora, P., Llaguno, O., & Maldonado, J. (2014). *Estudio de riesgos de inundaciones en zonas urbanas de la República Mexicana.* Santo Domingo, Republica Dominicana.

Romero , I. (s.f.). *olmo.pntic.mec.es.* Obtenido de [olmo.pntic.mec.es: http://olmo.pntic.mec.es/trog0003/index\\_archivos/geografia/hidrologia.htm](http://olmo.pntic.mec.es/trog0003/index_archivos/geografia/hidrologia.htm)

Santana Menaldo, F. A., & Estrella Camilo, R. W. (Septiembre de 2014). *Solución a la problemática de inundaciones en la zona turística de Macao, Bávaro.* Santo Domingo, Republica Dominicana.

Serón, N., Montenegro, C., Valdez, J., & De San Pedro, M. E. (2012). Sistema de Información Geográfica para Gestionar la Accesibilidad a la Información Sobre Caleta Olivia. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18680/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/18680/Documento_completo.pdf?sequence=1).

Sheng, T. (1992). Estudio y Planificación de Cuencas Hidrográficas. En *Manual de Campo para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas* (págs. [https://books.google.com.do/books?id=fC6zUFx512EC&pg=PA3&dq=cuenca+hidrografica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjX\\_MKCrcPVAhUH6RQKHbQ-BRIQ6AEIKDAB#v=onepage&q=cuenca%20hidrografica&f=false](https://books.google.com.do/books?id=fC6zUFx512EC&pg=PA3&dq=cuenca+hidrografica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjX_MKCrcPVAhUH6RQKHbQ-BRIQ6AEIKDAB#v=onepage&q=cuenca%20hidrografica&f=false)).

Silva, J. L. (2016). *Recursos Hidrograficos Superficiales de la Republica Dominicana*. Santo Domingo.

Tirado F., G. A. (15 de Noviembre de 2003). *idiaf*. Obtenido de idiaf: <http://www.idiaf.gov.do/publicaciones/Publicaciones/suelos.agricolas.dominicanos/HTML/files/assets/basic-html/page79.html>

Tsai, L. E. (2017). *Estudio de peligro y Vulnerabilidad ante inundaciones por Lluvias Intensas de la Cuenca del Arroyo Dajo, Santo Domingo Norte*. Santo Domingo.

UNESCO;ITC; Universidad Tecnológica de Delft; Universidad de Utrecht; CEPREDENAC; Dirección de Información Ambiental y de Recursos Naturales. (Noviembre de 2000). Desarrollo de una metodología para la identificación de amenazas y riesgos a deslizamientos en la cuenca del río San Juan, República Dominicana. *ITC*, págs. <https://www.itc.nl/external/unescorapca/Publicaciones%20RAPCA/Republica%20Dominicana/Estudio%20Cuenca%20Rio%20San%20Juan%20Republica%20Dominicana.PDF>.

Universidad Nacional Autónoma de México . (s.f.). *ptolomeo*. Obtenido de ptolomeo: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/354/A7.pdf?sequence=7>

- Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín (URBE). (2013). Río Ozama. En J. M. González Cuadra, & P. Cuevas, *Puntos Críticos y Problemática de la Contaminación en las Cuencas Media y Baja del Río Ozama e Isabela en el Gran Santo Domingo* (pág. <https://app.box.com/s/gvr9tzt5j7ynvpg0dgo2am50sq77myl5>). Santo Domingo.
- Vargas, J. (2014). Cartografía, Definición e Importancia. <http://cartografiaensecundaria.blogspot.com/2014/04/cartografia-definicion-e-importancia.html>.
- Zóttola, N., Ormeño, G., & Gómez, M. (2016). *aquabook*. Obtenido de *aquabook*: [http://aquabook.agua.gob.ar/378\\_0](http://aquabook.agua.gob.ar/378_0)

# ANEXOS

## Fichas Técnicas

### Ficha Técnica de Vulnerabilidad 1

FICHA TECNICA VULNERABILIDAD											
Datos de identificación	Fecha:	22/10/2017					No. Ficha:	1			
Provincia	Municipio	Sección	Paraje		Coordenadas						
Santo Domingo	Santo Domingo Oeste	Zona Urbana	Hato Nuevo		X			Y			
					18.48111111			-70.0308333			
Cuenca:	Haina		Sub cuenca:	Arroyo Manoguyabo							
Tipo de asentamiento		Emplazamiento			Tipo de vivienda						
					Techo		Paredes		Piso		
Población permanente	x	En terrazas			Madera		Madera		Madera		
Población no permanente		En llanura aluvial			Tejamaní		Tejamaní		Cemento	x	
Asentamiento consolidado		En zona endorreica			Zinc		Zinc		Tierra		
Asentamiento aislado		En la costa			Concreto	x	Concreto		Mármol		
Asentamiento disperso	x	Próximo a lagunas		x	Otros		Block	x	Granito		
Asentamiento concentrado		Próximo a charcas o pantano			Otros		Otros		Otros		
Elev.sobre el suelo de la edificación		Estructura Productiva									
Sin elevar	x	Tipo de empleo	Agricultura	Ganadería	Pesca	Construcción	Comercio	Jornalero	Profesional	Jubilado	
Sobre pilotes de madera		Público									
Estructura de concreto		Privado					x				
Otros											
OBSERVACIONES GENERALES											



## Ficha Técnica de Peligrosidad 1A

FICHA TECNICA										
Datos de Identificacion			Fecha: 22/ 10/ 2017				No. Ficha 1A			
Provincia		Municipio		Seccion		Paraje		Coordenadas		
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Managuayabo		Hato Nuevo		X	Y	
								18.48111111	-70.0308333	
Cuenca: Haina				Subcuenca: Arroyo Managuayabo						
PELIGROSIDAD										
Tipo:		Inundacion Rapida			Severidad Peligrosidad		Baja		Media	Alta
Causa:		Intensas Lluvias							X	X
Aspectos morfologicos fluviales										
Pendientes		<1° X		2-5°		5-10°		10-25°		>50°
Morfologia Fluvial	Canal Funcional	Canal Abandonado		Terraza Baja	Terraza Alta	Llanura de Inundacion		Cono o Abanico		Zona de Encharcamiento
				X						
Aspectos Geologicos y Geomorfologicos										
Posicion Fisiografica	Ladera Concava		Ladera Recta		Llanura		Litologia	Roca Sedimentaria		
	Ladera Convexa		Terrazas		Fondo de Valle			Roca Metamorfica		
	Ladera Escalonada		Relleno		Pie de Monte			Roca Ignea X		
Procesos Activos										
Aspectos Gravitacionales										
Causa del Movimiento				Tipo de Movimiento			Uso y Cobertura del Suelo			
Material Plastico Debil		Socavacion del Talud		Caída				Tipo Cobertura		Tipo Uso
Material Colapsable		Excavacion del Talud		Vuelvo				Veg. Herbacea		Ganaderia
Material Meteor. Quimica		Erosion Subterranea		Deslizamiento Rotac.				Bosque		Area Proteg.
Material Meteor. Fisica		Escape de agua de Tuberia		Deslizamiento Trasl.				Matorrales		Agricola
Material Fallado por Corte		Mineria		Extension Lateral				Cuerpo de Agua		Recreacion
Material Fisurado		Deposito de esteriles		Reptacion				Cultivo		Arqueologia
Deforestacion		Vibracion Artificial		Flujo				Escasa veg.		Industrial
Lluvias		Otros		Deformaciones Gravitac.				Construcciones X		Vivienda X
Erosion Superficial								Sin Cobertura		Via
										Mineria
Observaciones Generales										



## Ficha Técnica de Vulnerabilidad 2

FICHA TECNICA VULNERABILIDAD											
<b>Datos de identificación</b>		<b>Fecha:</b>	22/10/2017				<b>No. Ficha:</b>	2			
<b>Provincia</b>		<b>Municipio</b>		<b>Sección</b>		<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>			
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Zona Urbana		Hato Nuevo		<b>X</b>			<b>Y</b>
								18.4875			-70.02694444
<b>Cuenca:</b>	Haina			<b>Sub cuenca:</b>	Arroyo Managuayabo						
<b>Tipo de asentamiento</b>		<b>Emplazamiento</b>			<b>Tipo de vivienda</b>						
					<b>Techo</b>		<b>Paredes</b>		<b>Piso</b>		
Población permanente	x	En terrazas			Madera		Madera		Madera		
Población no permanente		En llanura aluvial			Tejamaní		Tejamaní		Cemento	x	
Asentamiento consolidado		En zona endorreica			Zinc		Zinc		Tierra		
Asentamiento aislado		En la costa			Concreto	x	Concreto		Mármol		
Asentamiento disperso	x	Próximo a lagunas		x	Otros		Block	x	Granito		
Asentamiento concentrado		Próximo a charcas o pantano					Otros		Otros		
<b>Elev.sobre el suelo de la edificación</b>		<b>Estructura Productiva</b>									
Sin elevar		<b>Tipo de empleo</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>	<b>Pesca</b>	<b>Construcción</b>	<b>Comercio</b>	<b>Jornalero</b>	<b>Profesional</b>	<b>Jubilado</b>	
Sobre pilotes de madera		Público									
Estructura de concreto	x	Privado				x					
Otros											
OBSERVACIONES GENERALES											



## Ficha Técnica de Peligrosidad 2A

FICHA TECNICA								
<b>Datos de Identificación</b>			Fecha: 22/ 10/ 2017			No. Ficha 2A		
<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Seccion</b>	<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>			
Santo Domingo	Santo Domingo Oeste	Managuayabo	Hato Nuevo		X	Y		
					18.4875	-70.02694444		
Cuenca: Haina			Subcuenca: Arroyo Managuayabo					
PELIGROSIDAD								
<b>Tipo:</b>	Inundacion Rapida		<b>Severidad Peligrosidad</b>		Baja		Media	Alta
<b>Causa:</b>	Intensas Lluvias						X	
Aspectos morfologicos fluviales								
<b>Pendientes</b>		<1	2-5°	X	5-10°	10-25°		>50°
<b>Morfologia Fluvial</b>	Canal Funcional	Canal Abandonado	Terraza Baja	Terraza Alta	<b>Llanura de Inundacion</b>		Cono o Abanico	
			X					Zona de Encharcamiento
Aspectos Geologicos y Geomorfologicos								
<b>Posicion Fisiografica</b>	Ladera Concava	Ladera Recta	Llanura		<b>Litologia</b>	Roca Sedimentaria		
	Ladera Convexa	Terrazas	Fondo de Valle			Roca Metamorfica		
	Ladera Escalonada	Relleno	Pie de Monte			Roca Ignea X		
Procesos Activos								
Aspectos Gravitacionales								
<b>Causa del Movimiento</b>			<b>Tipo de Movimiento</b>			<b>Uso y Cobertura del Suelo</b>		
Material Plastico Debil	Socavacion del Talud		Caída			<b>Tipo Cobertura</b>		<b>Tipo Uso</b>
Material Colapsable	Excavacion del Talud		Vuelvo			Veg. Herbacea		Ganaderia
Material Meteor. Quimica	Erosion Subterranea		Deslizamiento Rotac.			Bosque		Area Proteg.
Material Meteor. Fisica	Escape de agua de Tuberia		Deslizamiento Trasl.			Matorrales		Agricola
Material Fallado por Corte	Mineria		Extension Lateral			Cuerpo de Agua		Recreacion
Material Fisurado	Deposito de esteriles		Reptacion			Cultivo		Arqueologia
Deforestacion	Vibracion Artificial		Flujo			Escasa veg.		Industrial
Lluvias	Otros		Deformaciones Gravitac.			Construcciones X		Vivienda X
Erosion Superficial						Sin Cobertura		Via
								Mineria
Observaciones Generales								



### Ficha Técnica de Vulnerabilidad 3

FICHA TECNICA VULNERABILIDAD											
<b>Datos de identificación</b>		<b>Fecha:</b>	12/11/2017				<b>No. Ficha:</b>	3			
<b>Provincia</b>		<b>Municipio</b>		<b>Sección</b>		<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>			
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Zona Urbana		Managuayabo		<b>X</b>		<b>Y</b>	
								18.4858333		-70.366666	
<b>Cuenca:</b>	Haina			<b>Sub cuenca:</b>	Arroyo Managuayabo						
<b>Tipo de asentamiento</b>		<b>Emplazamiento</b>			<b>Tipo de vivienda</b>						
					<b>Techo</b>		<b>Paredes</b>		<b>Piso</b>		
Población permanente	x	En terrazas			Madera		Madera		Madera		
Población no permanente		En llanura aluvial			Tejamaní		Tejamaní		Cemento		
Asentamiento consolidado		En zona endorreica			Zinc	x	Zinc	x	Tierra	x	
Asentamiento aislado	x	En la costa			Concreto		Concreto		Mármol		
Asentamiento disperso		Próximo a lagunas		x	Otros		Block		Granito		
Asentamiento concentrado		Próximo a charcas o pantano					Otros		Otros		
<b>Elev.sobre el suelo de la edificación</b>		<b>Estructura Productiva</b>									
Sin elevar	x	<b>Tipo de empleo</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>	<b>Pesca</b>	<b>Construcción</b>	<b>Comercio</b>	<b>Jornalero</b>	<b>Profesional</b>	<b>Jubilado</b>	
Sobre pilotes de madera		Público									
Estructura de concreto		Privado			x						
Otros											
OBSERVACIONES GENERALES											



## Ficha Técnica de Peligrosidad 3A

FICHA TECNICA										
<b>Datos de Identificacion</b>			Fecha: 12/ 11/ 2017				No. Ficha 3A			
<b>Provincia</b>		<b>Municipio</b>		<b>Seccion</b>		<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>		
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Managuayabo		Managuayabo		X	Y	
								18.4858333	-70.366666	
<b>Cuenca: Haina</b>					<b>Subcuenca: Arroyo Managuayabo</b>					
PELIGROSIDAD										
<b>Tipo:</b>		Inundacion Rapida			<b>Severidad Peligrosidad</b>		<b>Baja</b>		<b>Media</b>	<b>Alta</b>
<b>Causa:</b>		Intensas Lluvias							X	X
Aspectos morfologicos fluviales										
<b>Pendientes</b>		<1° X		2-5°		5-10°		10-25°		>50°
<b>Morfologia Fluvial</b>	Canal Funcional	Canal Abandonado	Terraza Baja	Terraza Alta	<b>Llanura de Inundacion</b>	Cono o Abanico			Zona de Encharcamiento	
			X							
Aspectos Geologicos y Geomorfologicos										
<b>Posicion Fisiografica</b>	Ladera Concava	Ladera Recta	Llanura		<b>Litologia</b>	Roca Sedimentaria				
	Ladera Convexa	Terrazas	Fondo de Valle			Roca Metamorfica				
	Ladera Escalonada	Relleno	Pie de Monte						X	
Procesos Activos										
Aspectos Gravitacionales										
<b>Causa del Movimiento</b>			<b>Tipo de Movimiento</b>			<b>Uso y Cobertura del Suelo</b>				
Material Plastico Debil		Socavacion del Talud		Caída		<b>Tipo Cobertura</b>		<b>Tipo Uso</b>		
Material Colapsable		Excavacion del Talud		Vuelvo		Veg. Herbacea		Ganaderia		
Material Meteor. Quimica		Erosion Subterranea		Deslizamiento Rotac.		Bosque		Area Proteg.		
Material Meteor. Fisica		Escape de agua de Tuberia		Deslizamiento Trasl.		Matorrales		Agricola		
Material Fallado por Corte		Mineria		Extension Lateral		Cuerpo de Agua		Recreacion		
Material Fisurado		Deposito de esteriles		Reptacion		Cultivo		Arqueologia		
Deforestacion		Vibracion Artificial		Flujo		Escasa veg.		Industrial		
Lluvias		Otros		Deformaciones Gravitac.		Construcciones X		Vivienda X		
Erosion Superficial						Sin Cobertura		Via		
								Mineria		
Observaciones Generales										



## Ficha Técnica de Vulnerabilidad 4

FICHA TECNICA VULNERABILIDAD											
<b>Datos de identificación</b>		<b>Fecha:</b>	12/11/2017				<b>No. Ficha:</b>	4			
<b>Provincia</b>		<b>Municipio</b>		<b>Sección</b>		<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>			
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Zona Urbana				<b>X</b>		<b>Y</b>	
								18.4983333		-70.0241667	
<b>Cuenca:</b>	Haina			<b>Sub cuenca:</b>	Arroyo Manoguyabo						
<b>Tipo de asentamiento</b>		<b>Emplazamiento</b>				<b>Tipo de vivienda</b>					
						<b>Techo</b>		<b>Paredes</b>		<b>Piso</b>	
Población permanente	x	En terrazas				Madera	Madera		x	Madera	
Población no permanente		En llanura aluvial				Tejamaní	Tejamaní			Cemento	x
Asentamiento consolidado		En zona endorreica				Zinc	x	Zinc		Tierra	
Asentamiento aislado		En la costa				Concreto	Concreto			Mármol	
Asentamiento disperso	x	Próximo a lagunas		x	Otros		Block			Granito	
Asentamiento concentrado		Próximo a charcas o pantano						Otros		Otros	
<b>Elev.sobre el suelo de la edificación</b>		<b>Estructura Productiva</b>									
Sin elevar	x	<b>Tipo de empleo</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>	<b>Pesca</b>	<b>Construcción</b>	<b>Comercio</b>	<b>Jornalero</b>	<b>Profesional</b>	<b>Jubilado</b>	
Sobre pilotes de madera		Público									
Estructura de concreto		Privado				x					
Otros											

### OBSERVACIONES GENERALES



## Ficha Técnica de Peligrosidad 4A

FICHA TECNICA						
<b>Datos de Identificación</b>			Fecha: 12/ 11/ 2017		No. Ficha 4A	
<b>Provincia</b>	<b>Municipio</b>	<b>Seccion</b>	<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>	
Santo Domingo	Santo Domingo Oeste	Managuayabo			X	Y
					18.4983333	-70.0241667
<b>Cuenca: Haina</b>			<b>Subcuenca: Arroyo Managuayabo</b>			
PELIGROSIDAD						
<b>Tipo:</b>	Inundacion Rapida	<b>Severidad Peligrosidad</b>	Baja		Media	Alta
<b>Causa:</b>	Intensas Lluvias					X
Aspectos morfologicos fluviales						
<b>Pendientes</b>	<1°	X	2-5°	5-10°	10-25°	>50°
<b>Morfologia Fluvial</b>	Canal Funcional	Canal Abandonado	Terraza Baja	Terraza Alta	<b>Llanura de Inundacion</b>	Cono o Abanico
			X			Zona de Encharcamiento
Aspectos Geologicos y Geomorfologicos						
<b>Posicion Fisiografica</b>	Ladera Concava	Ladera Recta	Llanura	<b>Litologia</b>	Roca Sedimentaria	
	Ladera Convexa	Terrazas	Fondo de Valle		Roca Metamorfica	
	Ladera Escalonada	Relleno	Pie de Monte		Roca Ignea	
						X
Procesos Activos						
Aspectos Gravitacionales						
<b>Causa del Movimiento</b>		<b>Tipo de Movimiento</b>		<b>Uso y Cobertura del Suelo</b>		
Material Plastico Debil	Socavacion del Talud	Caída		<b>Tipo Cobertura</b>	<b>Tipo Uso</b>	
Material Colapsable	Excavacion del Talud	Vuelvo		Veg. Herbacea	Ganaderia	
Material Meteor. Quimica	Erosion Subterranea	Deslizamiento Rotac.		Bosque	Area Proteg.	
Material Meteor. Fisica	Escape de agua de Tuberia	Deslizamiento Trasl.		Matorrales	Agricola	
Material Fallado por Corte	Mineria	Extension Lateral		Cuerpo de Agua	Recreacion	
Material Fisurado	Deposito de esteriles	Reptacion		Cultivo	Arqueologia	
Deforestacion	Vibracion Artificial	Flujo		Escasa veg.	Industrial	
Lluvias	Otros	Deformaciones Gravitac.		Construcciones	X	Vivienda X
Erosion Superficial				Sin Cobertura	Via	
					Mineria	
Observaciones Generales						



## Ficha Técnica de Vulnerabilidad 5

FICHA TECNICA VULNERABILIDAD										
<b>Datos de identificación</b>		<b>Fecha:</b>		17/12/2017				<b>No. Ficha:</b>		5
<b>Provincia</b>		<b>Municipio</b>		<b>Sección</b>		<b>Paraje</b>		<b>Coordenadas</b>		
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Zona Urbana		Managuayabo		<b>X</b>	<b>Y</b>	
								18.4783333	-70.016667	
<b>Cuenca:</b>		Haina			<b>Sub cuenca:</b>		Arroyo Managuayabo			
<b>Tipo de asentamiento</b>		<b>Emplazamiento</b>			<b>Tipo de vivienda</b>					
					<b>Techo</b>		<b>Paredes</b>		<b>Piso</b>	
Población permanente		x			En terrazas		Madera	Madera	Madera	
Población no permanente					En llanura aluvial		Tejamaní	Tejamaní	Cemento	
Asentamiento consolidado					En zona endorreica		Zinc	Zinc	Tierra	
Asentamiento aislado					En la costa		Concreto	x	Concreto	
Asentamiento disperso		x			Próximo a lagunas		Otros	Block	x	
Asentamiento concentrado					Próximo a charcas o pantano		Otros	Otros	Otros	
<b>Elev.sobre el suelo de la edificación</b>		<b>Estructura Productiva</b>								
Sin elevar		x	<b>Tipo de empleo</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Ganadería</b>	<b>Pesca</b>	<b>Construcción</b>	<b>Comercio</b>	<b>Jornalero</b>	
Sobre pilotes de madera			Público							
Estructura de concreto			Privado			x				
Otros										

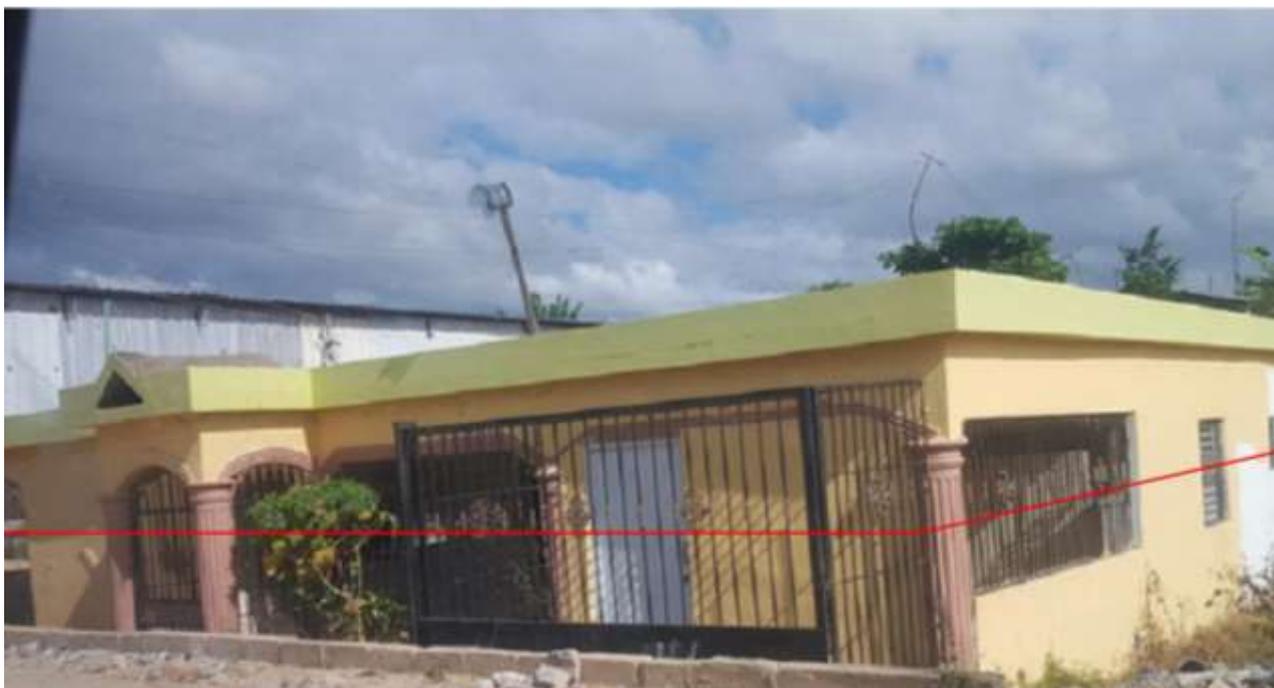
### OBSERVACIONES GENERALES

Esta vivienda debido a la gran cantidad de relleno que se ha utilizado para disminuir las inundaciones en el sector quedo aislada, es decir, por debajo del nivel actual de la calle, viendose así como si fuera un sotano



## Ficha Técnica de Peligrosidad 5A

FICHA TECNICA										
Datos de Identificacion			Fecha: 17/ 12/ 2017				No. Ficha 5A			
Provincia		Municipio		Seccion		Paraje		Coordenadas		
Santo Domingo		Santo Domingo Oeste		Managuayabo		Managuayabo		X	Y	
								18.4783333	-70.016667	
Cuenca: Haina				Subcuenca: Arroyo Managuayabo						
PELIGROSIDAD										
Tipo:		Inundacion Rapida			Severidad		Baja		Media	Alta
Causa:		Intensas Lluvias			Peligrosidad				X	
Aspectos morfologicos fluviales										
Pendientes		<1° X		2-5°		5-10°		10-25°		>50°
Morfologia Fluvial	Canal Funcional	Canal Abandonado		Terraza Baja	Terraza Alta	Llanura de Inundacion		Cono o Abanico		Zona de Encharcamiento
				X						
Aspectos Geologicos y Geomorfologicos										
Posicion Fisiografica	Ladera Concava		Ladera Recta		Llanura		Litologia		Roca Sedimentaria	
	Ladera Convexa		Terrazas		Fondo de Valle				Roca Metamorfica	
	Ladera Escalonada		Relleno		Pie de Monte				Roca Ignea X	
Procesos Activos										
Aspectos Gravitacionales										
Causa del Movimiento				Tipo de Movimiento			Uso y Cobertura del Suelo			
Material Plastico Debil		Socavacion del Talud		Caída			Tipo Cobertura		Tipo Uso	
Material Colapsable		Excavacion del Talud		Vuelvo			Veg. Herbacea		Ganadería	
Material Meteor. Química		Erosion Subterranea		Deslizamiento Rotac.			Bosque		Area Proteg.	
Material Metro. Física		Escape de agua de Tuberia		Deslizamiento Trasl.			Matorrales		Agricola	
Material Fallado por Corte		Mineria		Extension Lateral			Cuerpo de Agua		Recreacion	
Material Fisurado		Deposito de esteriles		Reptacion			Cultivo		Arqueologia	
Deforestacion		Vibracion Artificial		Flujo			Escasa veg.		Industrial	
Lluvias		Otros		Deformaciones Gravitac.			Construcciones X		Vivienda X	
Erosion Superficial							Sin Cobertura		Via	
									Mineria	
Observaciones Generales										



## Matrices

### Matriz de Peligrosidad

PELIGROSIDAD								
Código	Paraje	Causa	Frecuencia	Recurrencia	Severidad	Evento	Peligrosidad Total	Ponderación
		p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	p <sub>3</sub>	p <sub>4</sub>	p <sub>5</sub>	p <sub>Total</sub>	Pon
00001	HATO NUEVO	4	1	3	4	4	16	3
00002	LOS ALCARRIZOS	4	1	3	4	4	16	3
00003	BUENAS NOCHES	2	1	3	3	3	12	2
00004	SAN MIGUEL	2	1	2	1	1	7	1
00005	CABALLONA	2	1	2	1	1	7	1
00006	MANOGUAYABO	4	1	3	4	4	16	3
00007	LA CIENAGA	4	1	3	4	3	15	3



## Recorrido en campo en los diferentes parajes









