

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

“EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN CASERIO SAN PABLO,  
CASERIO PUENTE ROTO Y CASERIO LAS CAMPANAS, DE LA SUBCUENCA  
RIO EL PLATANAR, CANTON EL PLATANAR, MUNICIPIO DE MONCAGUA,  
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL”

**PRESENTADO POR:**

DÍAZ DÍAZ, AZUCENA ESMERALDA  
LEMUS MÁRQUEZ, FÉLIX ALEXANDER  
RODRÍGUEZ BARAHONA, ÁNGEL ALEXANDER

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

INGENIERO CIVIL

**DOCENTE DIRECTOR:**

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, SEPTIEMBRE DE 2018**

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO  
**RECTOR**

ING. NELSON BERNABÉ GRANADOS  
**VICERRECTOR ACADÉMICO**

M.S.C. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ  
**SECRETARIO GENERAL**

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN  
**FISCAL GENERAL INTERINO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, SEPTIEMBRE DE 2018**

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
AUTORIDADES**

ING. JOAQUÍN ORLANDO MACHUCA  
**DECANO**

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ  
**VICE-DECANO**

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ  
**SECRETARIO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, SEPTIEMBRE DE 2018**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ING. JUAN ANTONIO GRANILLO COREAS**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**  
**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA**  
**COORDINADOR/A GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN DE LA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**  
**DOCENTE ASESOR**

**ING. RIGOBERTO LÓPEZ**  
**TRIBUNAL CALIFICADOR**

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**  
**TRIBUNAL CALIFICADOR**

**CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, SEPTIEMBRE DE 2018**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

---

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**

**DOCENTE ASESOR**

---

**ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA**

**COORDINADOR/A GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN DE  
LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:**

---

**ING. RIGOBERTO LÓPEZ**

**Tribunal calificador**

---

**ING. LUIS CLAYTON MARTÍNEZ**

**TRIBUNAL CALIFICADOR**

## **AGRADECIMIENTOS 1**

A Dios por darnos la sabiduría e iluminarnos en cada momento y permitirnos culminar esta meta.

A nuestros Docentes, por compartir e intercambiar sus conocimientos.

Al nuestro asesor Ing. Guillermo Moya Turcios por su acompañamiento en la ejecución de la investigación, por su comprensión, tolerancia y disposición en atendernos.

A los Miembros del Jurado Ing. Guillermo Moya Turcios, Ing. Rigoberto López, Ing. Luis Clayton Martínez, por el tiempo dedicado y por su gran calidad humana.

A nuestros compañeros por los gratos momentos que compartimos.

A nuestra Coordinadora General de Procesos de Graduación del Departamento de Ingeniería y Arquitectura por su valiosa colaboración durante el desarrollo de la carrera.

Esmeralda, Félix y Ángel.

## **AGRADECIMIENTOS 2**

A Dios por permitirme haber descubierto el camino que quería llevar y por mantenerme con vida y fuerzas para no detenerme.

A mi madre especialmente, Alva Alicia Márquez quien con tanta paciencia y amor me ha motivado todos y cada uno de los días de mi vida viendo siempre con optimismo los pasos que he dado. Que a pesar que en algunos momentos pensé en desistir de mi batalla ella siempre vio una luz de esperanza delante de mi camino. ¡Muchas gracias mama!

A mi padre, Félix Ernesto Lemus, ese gran ejemplo de lucha continua que ante todas las adversidades y dificultades que nunca se rindió y no dejo de ayudarme en tantas situaciones, que estuvo ahí siempre que necesitaba ayuda y que ahora puedo mostrarle que esta carrera la he terminado. Eres mi ejemplo papa, te agradezco por haberme enseñado tanto.

A mi abuela Cruz que me dijo que si podía... y si pude abue! A mis hermanos peques, mi hermana, mis tíos y tías, todos mis primos y demás miembros de mi familia que en su momento aportaron su empujoncito para que este proyecto de vida se alcanzara. ¡Les agradezco a todos!

A mis amigos que a pesar del tiempo y todas las dificultades hemos estado siempre apoyándonos en las buenas y en las malas, que disfrutamos de los triunfos y nos consolamos en las derrotas, entre los cuales puedo mencionar a Carlos, Harold, Alba, Rommel, Ronald, Jorge, Rogelio, Edwin y tantos demás que no me alcanzaría la página para mencionarlos a todos. ¡Les agradezco a todos por formar parte en esta etapa de mi vida y por seguir presentes sin importar lo que sea!

A ti, Marisela de Lemus que estabas ahí siempre recordándome de lo que soy capaz y hasta donde puedo llegar, que no dejabas de decirme que todo nuestro esfuerzo tendría una recompensa y pues ahora lo vamos a ver. Gracias Marisela!

A tantas personas que formaron parte de mi vida universitaria y ahora, después de haber tomado caminos diferentes aun seguirán marcando esa etapa tan importante de mi vida.

Félix Alexander Lemus Márquez.

## INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
<b>1.1 Situación problemática</b> .....	4
<b>1.2 Enunciado del problema</b> .....	5
<b>1.3 Justificación de la investigación</b> .....	5
<b>1.4 Objetivos</b> .....	7
<b>1.4.1 Objetivo General</b> .....	7
<b>1.4.2 Objetivos Específicos</b> .....	7
<b>1.5 Metas o alcances</b> .....	8
<b>1.6 Limitaciones</b> .....	9
CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
<b>2.1 Antecedentes históricos del problema</b> .....	11
<b>2.1.1 Historial de inundaciones del Municipio</b> .....	11
<b>2.2 Marco Legal</b> .....	15
<b>2.3 Marco teórico</b> .....	25
<b>2.3.1 Caracterización de la inundabilidad</b> .....	25
<b>2.3.2 Introducción al concepto de peligro y riesgo</b> .....	26
<b>2.3.3 Cuantificación del riesgo de inundación</b> .....	27
<b>2.3.4 Introducción al concepto de Vulnerabilidad en El Salvador</b> .....	28
<b>2.3.5 Funciones de las cuencas hidrográficas</b> .....	30
<b>2.3.6 División de la cuenca</b> .....	31
<b>2.3.7 Mapa de peligrosidad</b> .....	32
<b>2.3.8 Método de Huellas Máximas o Calado Crítico</b> .....	34
<b>2.3.9 Medidas estructurales</b> .....	40
<b>2.3.10 Medidas no estructurales</b> .....	40
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	43
<b>3.1 Sitio del estudio</b> .....	44
<b>3.2 Unidad de análisis</b> .....	47
<b>3.3 Variables Y Medición</b> .....	47
<b>3.3.1 Definición de las variables</b> .....	47

3.3.2	Indicadores y su Medición .....	48
3.4	Instrumentos de medición .....	49
3.5	Técnicas y Procedimientos a emplearse en la recopilación de la información	
	50	
3.5.1	Técnicas.....	50
3.5.2	Procedimiento y Análisis .....	50
3.5.3	Esquema Metodológico .....	56
CAPITULO IV CARACTERIZACIÓN DE SUB-CUENCA RIO EL PLATANAR .....		57
4.1	Introducción.....	58
4.2	Caracterización hidrográfica.....	58
4.2.1	Descripción de la Cuenca .....	59
4.2.2	Delimitación de la Cuenca .....	60
4.2.3	Parámetros físicos de la cuenca .....	61
4.2.4	Geología y Litología.....	63
4.2.4.1	Elevación del lugar .....	64
4.3	Caracterización ambiental .....	65
4.3.1	Descripción.....	65
4.3.2	Vegetación, biodiversidad .....	65
4.3.2.1	Tipos de vegetación .....	65
4.3.2.2	Especies animales observados.....	66
4.4	Caracterización social.....	67
4.4.1	Tipos de materiales utilizados en viviendas en las cercanías de la rivera del Rio	67
4.4.2	Caracterización de los Accesos .....	71
4.5	Caracterización hidrográfica.....	71
4.5.1	Cálculo de caudales .....	72
CAPITULO V ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		84
5.1	Análisis de resultados considerando parámetros físicos.....	85
5.1.1	Tipo de caudal.....	85
5.2	Procedimiento y análisis de datos de encuesta .....	91
5.3	Explicación del esquema de peligrosidad.....	94
5.4	Medidas estructurales y no estructurales a considerar para la prevención de desastres causados por el Rio El Platanar, Quebrada El Limón.....	100

5.4.1	Medidas estructurales que van a ser tomadas para la prevención de las inundaciones en el Cantón El Platanar dado al desborde del Rio El Platanar .....	100
5.4.2	Medidas no estructurales que van a ser tomadas para la prevención de las inundaciones en el cantón El Platanar dado al desborde del rio el platanar .	102
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		105
BIBLIOGRAFIA.....		108
ANEXOS.....		112

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Inundación en Caserío Puente Roto, El Platanar Moncagua. Fuente Plan de Respuesta Municipal de Protección Civil Prevención y Mitigación de Desastres Moncagua, San Miguel, 2010.....	4
Figura 1.2	Pasarela actual ubicada en Caserío San Pablo, la cual no se ha construido de acuerdo al caudal recibido en época de lluvia prolongada. Y huella de agua hasta donde alcanza el desbordamiento del Rio. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....	6
Figura 1.3	Nivel de cauce en época normal en Caserío Las Campanas, en época de lluvia prolongada sobrepasa la superficie de la calle impidiendo el acceso vehicular y peatonal. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....	6
Figura 2.1	Nivel de cauce en época normal en Caserío Puente Roto. Fuente Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres, Municipio de Moncagua. 2015.....	14
Figura 2.2	Vivienda que se inundó en Caserío Puente Roto tras la Tormenta Tropical Agatha. Fuente Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres, Municipio de Moncagua. 2015.....	14

Figura 2.3 Ejemplo de mapa de peligro por inundación. Fuente Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿El desastre nace o se hace? .....	33
Figura 2.4 Ejemplo de visualización de huella. Fuente: Distribution and historic evolution of the fluvial terraces from Santa Teresa Valley Guanajuato.....	34
Figura 2.5 Huella de agua debido a desbordamientos por aguas lluvia prolongada. (Altura de nivel de suelo 70cm), ubicada en Caserío San Pablo. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....	35
Figura 2.6 Forma para identificar la huella en un canal tomando las alturas máximas mostradas por evidencia en taludes. Fuente: presentación realizada por el Ing. Pabel Batista para ser presentada en UTESA.....	36
Figura 2.7 Condiciones de calado y velocidad peligrosas para las personas. Fuente: Ingeniería de ríos, Juan P. Martín Vide.....	39
Figura 3.1 Mapa de El Salvador, ubicación del Departamento de San Miguel. Fuente: Wikipedia, Departamento de San Miguel (El Salvador).....	44
Figura 3.2 Mapa del Departamento San Miguel, ubicación del Municipio de Moncagua. Fuente: Municipios de El Salvador.com.....	44
Figura 3.3 Mapa del Municipio de Moncagua, ubicación del Cantón El Platanar, donde se seleccionan sitios de estudio (Caserío San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas). Fuente: Plan Municipal de Gestión de riesgo de Desastres del Municipio de Moncagua 2015.....	45

Figura 3.4 Ubicación geográfica de la zona de estudio, Caserío San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas, Cantón El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel. Mapa de El Salvador. Fuente: Google Earth (Esquema de ubicación sin escala).....46

Figura 4.1 Cuenca delimitada en color rojo. Río el Platanar ubicado en azul; en celeste ríos adyacentes a la cuenca. Fuente elaboración propia.....60

Figura 4.2 En esta imagen se puede apreciar el suelo que posee la quebrada el cual tiene una consistencia firme, pero a la vez una leve presencia de piedras las cuales presentan arrastre cuando hay caudal en el cauce. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....63

Figura 4.3 En esta imagen se observa como la cantidad de rocas en el cauce generan los estancamientos los cuales son causa de subida en el nivel de agua, contaminación del cauce del río y proliferación de vectores que transmiten enfermedades. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....64

Figura 4.4 Muestran la vegetación en diferentes tramos del río, la imagen de la izquierda muestra una zona bastante árida y seca la cual corresponde al Caserío San Pablo 100 metros antes de la pasarela. La imagen de la derecha muestra la vegetación aguas abajo del Caserío Puente Roto. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....65

Figura 4.5 Cerdos observados en la zona, son de crianza doméstica. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....66

Figura 4.6 Imagen que muestra la vulnerabilidad de las viviendas debido a su cercanía al río y su tipo de material usado. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....	68
Figura 4.7 Bordas artesanales usadas como protección en época de lluvia para mitigar el impacto de las aguas contra las viviendas. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....	69
Figura 4.8 Vivienda hecha con adobe en las cercanías de la rivera del río con poca altura de talud respecto al cauce. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....	69
Figura 4.9 Estancamiento cercano a viviendas que en época de lluvia genera alto riesgo para los habitantes. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....	70
Figura 4.10 Delimitación de cuenca. Fuente elaboración propia.....	74
Figura 4.11 Calculo del tirante con un caudal de $18.3114 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 25 años. Fuente canales en línea.....	78
Figura 4.12 Calculo del tirante con un caudal de $20.7820 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 50 años. Fuente canales en línea.....	80
Figura 4.13 Calculo del tirante con un caudal de $22.3552 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 75 años. Fuente canales en línea.....	82
Figura 5.1 Distancia donde se desplaza el agua desde la pasarela produciendo una huella en El Caserío San Pablo, la línea roja indica desde donde se desplaza el agua a partir del cauce principal la cual alcanza los 25 metros. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....	87

Figura 5.2 Muestra el cauce del río en temporada de verano ubicado después del puente roto, ahí se muestra vegetación de diversos tipos y piedras de diferentes tamaños las cuales representan posibles causantes de estancamientos y obstrucción. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....88

Figura 5.3 Imagen que muestra uno de los estancamientos que hay entre El Caserío San Pablo y Puente Roto. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....88

Figura 5.4 Formaciones rocosas en el cauce que obstruyen el paso y presencia de vegetación. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....89

Figura 5.5 Vista de perfil de la calle principal del Caserío Las Campanas. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....90

Figura 5.6 Imagen que muestra la parte del río donde este pasa por encima de la calle del Caserío Las Campanas, y antes de la calle se puede observar estancamientos de agua. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).....91

Figura 5.7 Vista de la pasarela ubicada en El Caserío San Pablo. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....95

Figura 5.8 Esta figura muestra la reducción del paso de agua por el Caserío Puente Roto, situación que genera el aumento del nivel del agua. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....95

Figura 5.9 Bordas de piedra hecha por los habitantes del lugar. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....96

Figura 5.10 Vivienda sin borda muestra erosión en el talud, situación que a pesar del material de la vivienda representa un riesgo. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....97

Figura 5.11 Zona de estancamientos bajo la calle principal del Caserío Las Campanas. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).....97

Figura 5.12 Esquema de peligrosidad. En anaranjado se enmarcan los sitios de alta peligrosidad, en amarillo los de peligrosidad moderada y en azul los de zona segura. Fuente: Google Earth (Esquema de ubicación sin escala).....98

Figura 5.13 Esquema propuesta de llanura de inundación para evitar desastres en viviendas. Fuente: Elaboración propia (Esquema sin escala).....99

Figura 5.14 Construcción de muro de retención a orilla de Río para evitar inundaciones.....100

Figura 5.15 Creación de bordas (gaviones) para evitar que el nivel de caudal entre a terreno natural o vivienda.....101

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Antecedentes del riesgo a inundación a nivel de Municipio.....	11
Tabla 2.2 Historial de inundaciones.....	12-13
Tabla 2.3 Identificación de Amenazas.....	24
Tabla 3.1 Operacionalización de variables.....	48
Tabla 3.2 Tabla de tamaño muestral para poblaciones finita.....	53
Tabla 4.1 Parámetros físicos de Sub-cuenca El Guacoco, sección de Rio El Platanar.....	62
Tabla 4.2 Tabla de coeficiente de rugosidad de Manning.....	73
Tabla 5.1 Resumen de encuesta para análisis de datos.....	92-93

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una evaluación del riesgo por inundación en los Caseríos San Pablo, Puente Roto Y Las Campanas, de la Sub-cuenca Rio El Platanar, Cantón El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel utilizando técnicas de evaluación mediante el método de la huella en viviendas cercanas a la rivera del rio y registros históricos, también la evaluación de la vulnerabilidad física mediante el llenado de ficha de recopilación de información en cada Caserío. Se determinó mediante el método de verificación del trayecto de tramo de estudio la forma del cauce, los diferentes aspectos como ancho y elevación del cauce respecto a viviendas y parcelas. Teniendo estos datos se determinó que El Rio El Platanar es una Sub-cuenca con caudal pasivo, no dando peligro a los habitantes cercanos a la rivera del rio y de más población, pero debido a la geomorfología de la cuenca cuando suceden eventos extremos (huracán Mitch, tormenta tropical 12-E, tormenta Agatha) generan amenaza a los pobladores del lugar. Ya que en la formula racional no son considerados eventos especiales como son el arrastre de un árbol, la reducción del cauce por formaciones rocosas, las obras de paso que reducen significativamente los caudales. La recolección de datos se llevó a cabo en el mes de abril de 2017 en el Municipio de Moncagua. Los resultados obtenidos en este estudio podrían ayudar a los habitantes de estos Caseríos y Alcaldía del Municipio para que ellos realicen las gestiones pertinentes para la realización de capacitaciones, se recomienda la construcción de bordas estructurales las cuales ayuden a mitigar el problema de inundación y erosión del suelo en las viviendas de los diversos Caseríos. Medidas necesarias a implementar para evitar inundaciones en los Caseríos es movilizar a los habitantes de su vivienda para terminar con las condiciones de vulnerabilidad.

## INTRODUCCIÓN

Las diversas problemáticas ambientales han aumentado debido al calentamiento global, ya que el equilibrio de muchos factores ha sido alterado generando así grandes repercusiones para la vida de los seres humanos sin excepción. Los desastres han aumentado debido a las grandes nevadas en lugares donde el frío era moderado y las grandes sequías y alzas de temperatura. Los ríos se ven desbordados y los mares han subido sus niveles respecto a muchas de las costas y las personas están siendo víctimas de las alteraciones del medio ambiente.

En el presente informe se realizó un análisis de la problemática que presentan personas que viven cerca del Río El Platanar, del Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel la cual es la inundación de sus viviendas en la temporada lluviosa de nuestro país ya que muchas de ellas se ven afectadas por las crecidas del río.

Se analizaron algunos datos demográficos básicos los cuales dan referencias que fueron usadas en el análisis de datos, también se ven las características de la subcuenta que fueron una de las bases para el estudio y con ayuda de software de computadora se desarrollaron esquemas geográficos que son de ayuda para limitar las zonas que pueden ser habitadas sin correr el mayor riesgo en presencia de una tormenta disminuyendo el peligro para las personas. Con todos estos datos y esquemas se desarrolló una guía de prevención de buenas prácticas para evitar situaciones de peligro por inundación para los habitantes del Municipio que colindan con el Río El Platanar el cual será aplicado a las zonas que presenten condiciones similares. Los datos utilizados para el análisis se basaron en la observación de las condiciones en las que las diversas viviendas y pobladores presentan en la rivera del Río El Platanar, y estas se explican en forma gráfica teniendo porcentajes de acuerdo a la muestra considerada.

# **CAPITULO I**

# **PLANTEAMIENTO DEL**

# **PROBLEMA**

## 1.1 Situación problemática

El Municipio de Moncagua es uno de los que presenta sitios con peligro de inundación en épocas de lluvia, según evidencia de la población de los Caseríos Puente Roto, San Pablo y Las Campanas, el cual pasa El Río El Platanar, también mediante el estudio denominado (Plan de Respuesta Municipal de Protección Civil Prevención y Mitigación de Desastres Moncagua, San Miguel, 2010).



**Figura 1.1** Inundación en Caserío Puente Roto, El Platanar Moncagua. Fuente Plan de Respuesta Municipal de Protección Civil Prevención y Mitigación de Desastres Moncagua, San Miguel, 2010.

La Evaluación se realizó en los Caseríos San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas, del Cantón El Platanar con riesgo a inundación por la Sub-Cuenca Río El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel. Este contiene la caracterización hidrológica para conocer diferentes parámetros físicos de la Sub-Cuenca y sus alrededores donde se encuentran personas habitando y cultivos,

delimitación de zonas críticas por inundación, caracterización de la vulnerabilidad del área en estudio, se realizan esquemas de peligro utilizando diferentes software para conocer los lugares más vulnerables y se presentara una propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la prevención de desastres por inundaciones, para evitar situaciones de riesgo a futuro y conocer hasta donde es posible habitar sin correr riesgo de inundación.

## **1.2 Enunciado del problema**

El Problema se describe como: la ausencia de la caracterización de la inundabilidad en los Caseríos San Pablo, Puente Roto, Las Campanas, debido a periodos recurrentes de crecida del Rio en épocas de lluvia, por la variabilidad climática, y factores externos causados por el Ser humano.

## **1.3 Justificación de la investigación**

La Evaluación es importante porque se identifica el riesgo a inundaciones por la Sub-Cuenca del Rio El Platanar en los Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas del Cantón El Platanar. Según El Plan Municipal de Gestión Riesgo de desastres noviembre 2015, Alcaldía Municipal de Moncagua, Departamento de San Miguel, El Salvador) (PMGRD), se tiene una muestra de 50 viviendas y una población de 250 habitantes aproximadamente, distribuidos en los Caseríos San Pablo, Puente Roto y Las Campanas, estos lugares sufren inundaciones durante la época de lluvia, que es cuando el problema se presenta realmente y cobra mayor fuerza cuando surgen lluvias de gran intensidad en la zona. Con el aumento de la población también se ha visto incrementadas las necesidades principales de viviendas y alimentación según datos obtenidos del PMGRD.

Estas necesidades son causa primordial de que haya más urbanizaciones y parcelaciones agrícolas dentro de la zona y como ya se ha demostrado en dicho estudio estas actividades son unas de las principales causas del incremento de la escorrentía superficial y son contribuyentes del trastorno del ciclo hidrológico, por lo que cada día las probabilidades de obtener eventos máximos de lluvia son mayores y el riesgo por inundaciones también se ve incrementado.



**Figura 1.2** Pasarela actual ubicada en Caserío San Pablo, la cual no se ha construido de acuerdo al caudal recibido en época de lluvia prolongada. Y huella de agua hasta donde alcanza el desbordamiento del Rio. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).



**Figura 1.3** Nivel de cauce en época normal en Caserío Las Campanas, en época de lluvia prolongada sobrepasa la superficie de la calle impidiendo el acceso vehicular y peatonal. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Realizar una caracterización de la inundabilidad y de la vulnerabilidad física que se genera en los Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas de la Sub-Cuenca Rio El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Caracterización hidrográfica de la Sub Cuenca Rio El Platanar.
- Delimitación de zonas críticas por inundación en el área de estudio.
- Caracterización de la vulnerabilidad física en área de estudio.
- Elaborar esquemas de peligro de inundación auxiliándose de programas que muestren gráficamente las zonas más vulnerables.
- Propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la prevención de desastres por Inundaciones.

## 1.5 Metas o alcances

1. Se delimito la cuenca de captación para los sitios de mayor riesgo.
2. Se delimitaron los sitios con mayor riesgo a inundación.
3. Se calcularon los parámetros físicos principales tales como área, pendiente, sistema hídrico, elevaciones, siendo utilizados en los modelos de fórmula racional.
4. Se determinó la vulnerabilidad física identificando las características de los materiales de las viviendas, de los accesos y del equipamiento urbano así como su grado de exposición.
5. Se detalló un esquema de peligrosidad el cual identifica las zonas más vulnerables con facilidad de comprensión para los habitantes del lugar.
6. Se elaboró propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la prevención de desastres en casos de inundación.

## 1.6 Limitaciones

- ❖ Se utilizó la estación con la elevación más cercana a los sitios de estudio, en este caso, la de San Francisco Gotera. Ya que en distancia no es la más cercana, pero se tiene similitud en la elevación.
- ❖ La principal dificultad que se presentó en el proceso de investigación es dada por las condiciones climatológicas ya que por el periodo de estudio proyectado la zona se encuentra con cantidades de agua que no representan ningún peligro para la población, por lo tanto se usaron las condiciones climatológicas obtenidas de estudios anteriores. Uno de ellos fue los valores de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) hecha en una tesis de la UES presentada en junio 2014 y los valores teóricos usados en la formula racional.
- ❖ En algunas zonas las visitas de campo se redujeron por la situación social de violencia.
- ❖ Se usaron los cuadrantes geográficos nacionales (CNR – actualizaciones de 1984) para la ubicación de la zona evaluada, teniendo en cuenta que son de carácter histórico y pueden tener algunas leves diferencias por la antigüedad de los datos. Se hizo recorrido por los sitios ya que el cambio en el uso de los suelos ha sido intenso.

La propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la prevención de desastres por inundaciones que se planteó sirve como sugerencia para la población para tomar respectivas medidas de cautela y evitar exposiciones al peligro por las avenidas del Rio El Platanar.

**CAPITULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN**  
**TEÓRICA**

## 2.1 Antecedentes históricos del problema

Para dar a conocer los antecedentes del riesgo a inundación a nivel de Municipio, se presenta un enfoque generalizado sobre el historial de desastres registrados, identificación de las amenazas naturales y antrópicas, así mismo el análisis de exposición y causales.

**Tabla 2.1** Antecedentes del riesgo a inundación a nivel de Municipio.

<b>EVENTO</b>	<b>AÑO</b>
Huracán Mitch	Del 29 de Octubre al 4 de Noviembre de 1998
Huracán Stan	Huracán Stan 1 al 6 de Octubre 2005
Depresión tropical IDA	7 al 8 de Noviembre del 2009
Tormenta Tropical Agatha	29 al 30 de Mayo del 2010
Tormenta Alex	Del 26 al 30 de Junio 2010
Tormenta 12-E	Del 10 al 20 Octubre del 2011

Fuente: Plan Municipal de Gestión de riesgo de Desastres del Municipio de Moncagua 2015.

### 2.1.1 Historial de inundaciones del Municipio

Los fenómenos naturales que año con año se suscitan en nuestro país exponen nuestras vulnerables zonas de riesgos del Municipio. Estos eventos cada vez ocasionan más daños y pérdidas afectando la calidad y vidas humanas, infraestructuras y servicios básicos; así como también en algunas comunidades paralizan su producción y su ritmo de vida. El Municipio de Moncagua al igual que el resto del país se encuentra amenazado por lluvias torrenciales que desencadenan

inundaciones producto del desbordamiento demuestra amplio red hidrográfica. La tierra frágil humedad y constantemente ocasiona inundaciones en praderas y terrenos de acceso a viviendas

**Tabla 2.2** Historial de inundaciones

<b>EVENTO</b>	<b>LOCALIZACIÓN DE LA AFECTACIÓN</b>	<b>DAÑOS REGISTRADOS</b>
NOVIEMBRE. 1998 Huracán Mitch	En el Casco Urbano, Barrio San Pedro y Barrio Independencia, Cantón El Platanar.	Inundación de vivienda en Caserío Puente Roto, por lo que el presidente de la Adesco en colaboración con otras personas evacuaron a la familia Afectada.
OCTUBRE 2005 Tormenta Stan	Cantón Ejidos, Casco Urbano	El fenómeno ocasiono deslizamientos de tierra en extremos de la carretera que conduce hacia San Miguel ocasionando el paralización y desvió del tráfico durante seis horas, también se derrumbaron taludes en extremos de caminos vecinales en Cantón Los Ejidos.
NOVIEMBRE. 2009 Tormenta IDA	Cantón La Fragua, Cantón Tangolona, Cantón El Platanar	En la Colonia San Carlos del Cantón el Platanar se reportaron árboles caídos lo cual ocasiono congestión vehicular por varias horas y en Caserío Arboleda del Cantón Tangolona hubo daños en viviendas o ranchos en estado de vulnerabilidad desde la construcción.

<p>OCTUBRE DE 2011 Depresión Tropical 12 E</p>	<p>Hacienda El Platanar (Cantón El platanar)</p>	<p>Debido a las Lluvias por la depresión Tropical 12 E a partir del día viernes 14 del corriente mes, se dañaron muchas viviendas especialmente las construidas con adobe; por tal motivo se procedió a evacuar las que re presentaban más riesgo en coordinación con las instituciones PNC Moncagua, Unidad de Salud El Platanar y Comisión Comunal de Protección civil El Platanar. Aperturando el albergue el día sábado 15-10-2011 a las 7: am en la Iglesia Católica EL Centro Platanar.</p>
	<p>Caserío Puente Roto, Cantón el Platanar.</p>	<p>Inundación de varias viviendas en Caserío Puente roto.</p>
<p>Cada invierno.</p>	<p>Depresión Tropical Tormenta Tropical Huracán (Caserío las Campanas, El Platanar)</p>	<p>Inundación en quebrada La Campana, de cantón El Platanar debido a la forma en que el rio recorre el lugar, esto ocurre debido a dos curvas tipo s en un tramo corto, forzando el agua a disminuir su velocidad y Aumentar el nivel. Y la quebrada cruza la calle, obstaculizando el paso peatonal y vehicular.</p>
	<p>Caserío San Pablo, Comunidad El Platanar</p>	<p>Inundación de terrenos y en Viviendas. Desbordamientos generales en la comunidad.</p>

Fuente: Plan Municipal de Gestión de riesgo de Desastres del Municipio de Moncagua 2015.

A continuación se presenta una serie de imágenes donde se aprecia inundaciones y estragos causados en viviendas y praderas ante esta problemática.



**Figura 2.1** Nivel de cauce en época normal en Caserío Puente Roto. Fuente Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres, Municipio de Moncagua. 2015.



**Figura 2.2** Vivienda que se inundó en Caserío Puente Roto tras la Tormenta Tropical Agatha. Fuente Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres, Municipio de Moncagua. 2015.

## **2.2 Marco Legal**

Los artículos más relevantes con respecto a las normativas relacionadas con nuestro objeto de estudio son las siguientes:

### **LEY DE MEDIO AMBIENTE.**

CAPITULO IV, CONTINGENCIAS, EMERGENCIAS Y DESASTRES AMBIENTALES.

ART. 53, PREVENCIÓN DE DESASTRES NATURALES.

“El Estado y sus instituciones tienen el deber de adoptar medidas para prevenir, evitar y controlar desastres ambientales.

ART. 54, EMERGENCIAS Y DESASTRES AMBIENTALES.

Ante la inminencia u ocurrencia de un desastre ambiental, el Órgano Ejecutivo, declarará el estado de emergencia ambiental por el tiempo que persista la situación y sus consecuencias, abarcando toda la zona afectada, adoptando medidas de ayuda, asistencia, movilización de recursos humanos y financieros, entre otros, para apoyar a las poblaciones afectadas y procurar el deterioro ocasionado.

## **REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE.**

### **ART. 75, MANEJO DE LOS SUELOS Y ECOSISTEMAS TERRESTRES.**

El Presidente de la República, a propuesta del Ministerio, formulará los reglamentos relativos al manejo de los suelos y ecosistemas terrestres, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) El uso del suelo y de los ecosistemas terrestres deberá ser compatible con su vocación natural y capacidad productiva, sin alterar su equilibrio.
- b) Deberá evitarse las prácticas que provoquen la erosión, la degradación de los suelos por contaminación o la modificación de sus características topográficas y geomorfológicas.
- c) Deberán llevarse a cabo prácticas de conservación y recuperación de los suelos, por quienes realicen actividades agrícolas, pecuarias, forestales, mineras, urbanísticas, de infraestructura u otras que afecten o puedan afectar negativamente sus condiciones.
- d) En los casos de construcción de obras civiles y aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, que puedan directa o indirectamente provocar deterioros significativos de los suelos, deberán realizarse las acciones de regeneración y restauración requeridas.
- e) En áreas de recarga acuífera y cuencas hidrográficas se priorizará la protección de los suelos, las fuentes y corrientes de agua, procurando que éstas mantengan y aumenten sus caudales básicos. Para el cumplimiento de lo establecido en los

literales anteriores, el Ministerio promoverá programas especiales de capacitación y transferencia de tecnología, así como un Plan Nacional de lucha contra la deforestación, la erosión y la desertificación.

## TÍTULO V, CAPITULO UNICO DE LAS CONTINGENCIAS, EMERGENCIAS Y DESASTRES NATURALES.

### ART. 76, DE LOS RIESGOS Y DESASTRES AMBIENTALES.

“Elaborar un mapa de Nacional de Riesgos Ambientales, con el apoyo de Instituciones Especializadas, el cual debe señalar las áreas ambientalmente frágiles o de alto riesgo; y dictar las medidas de control de desastres ambientales en cuanto a las actividades y obras de infraestructuras necesarias para cumplir con los objetivos propuestos”.

## TÍTULO PRELIMINAR, CAPITULO ÚNICO.

### ART. 3, EN LO RELATIVO A PARCELACIONES Y URBANIZACIONES HABITACIONALES. (OBJETO, ALCANCES Y DEFINICIONES).

Zona de protección: Franja que se establece a un terreno adyacente a unas quebradas y ríos, para proteger las parcelas o lotes urbanos de la inestabilidad del suelo generada por la erosión progresiva provocada por la escorrentía superficial, permitiendo y asegurando el curso normal de dicha escorrentía o corriente de agua. Esta franja también se establece a terrenos, que por su configuración topográfica presentan grandes diferencia de nivel dentro de los mismos o con sus terrenos colindantes.

## TITULO SEGUNDO, CAPÍTULO TERCERO.

### ART. 51, OBRAS DE PROTECCIÓN PARA MANTENER Y/O DISMINUIR LAS ZONAS DE PROTECCIÓN.

Las zonas de protección que no cuenten con vegetación adecuadas o que presentan cambios de nivel mayores de un metro deberán ser protegidos con obras tales como taludes engramados, estaquillados, barreras naturales, etc.

El ancho de la zona de protección original en quebrada seca, o estacionaria podrá reducirse mediante la construcción de muros o la combinación de muros y taludes cuya relación será de 1.5 en horizontal por 1 en vertical o mediante el cambio de la inclinación de los taludes la cual podrá aumentar mediante tratamientos especiales de los mismos, con suelo cemento, enchapados y otros; pero tal medida deberá justificarse mediante la presentación de un estudio elaborado por un laboratorio de suelos y materiales. Por ningún motivo se permitirá la tala de árboles dentro de las zonas de protección ni la variación de su perfil natural cuando este se encuentre cubierto de vegetación natural, con el objeto de reducir el ancho de la misma.

## **REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE PROTECCIÓN CIVIL, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**

### CAPÍTULO I, COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES.

#### ART. 14, EJECUCIÓN DE MEDIDAS DICTADAS EN SITUACIONES DE EMERGENCIA.

Para la ejecución de las medidas que se emitan en situaciones de emergencia, la Comisión Nacional podrá apoyarse en el Centro de Operaciones de Emergencia y en los Sistemas de Comando de Incidentes. El Centro mantendrá el control de las operaciones de emergencia, a fin que las acciones de respuesta lleguen oportunamente a los lugares de impacto, y funcionará según lo dispuesto en este Reglamento.

## CAPÍTULO II, COMISIONES DEPARTAMENTALES DE PROTECCIÓN CIVIL, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES.

### ART. 24, FUNCIONES DE FISCALIZACIÓN, SUPERVISIÓN Y EVALUACIÓN.

Para el cumplimiento de las funciones de fiscalización y supervisión del Plan Nacional y de las disposiciones de la Comisión Nacional en el Departamento, así como, para hacer las evaluaciones de daños y de necesidades departamentales, la Comisión Departamental podrá solicitar colaboración a la Dirección General, para que ponga a su disposición personal técnico que practique las inspecciones y visitas de campo necesarias.

## CAPÍTULO III, COMISIONES MUNICIPALES DE PROTECCIÓN CIVIL, PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRE

### ART. 26, INTEGRACIÓN.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 13 de la Ley, las Comisiones Municipales estarán integradas por el Alcalde Municipal, quien la presidirá; los representantes municipales de las instituciones que pertenecen a la Comisión Nacional; un representante de los organismos no gubernamentales relacionados con la protección civil, prevención y mitigación de desastres que se ocupen del tema en el Municipio y un líder comunitario.

CAPÍTULO IV, COMISIONES COMUNALES DE PROTECCIÓN CIVIL,  
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE DESASTRES  
ART. 40, PLAN DE TRABAJO.

Las Comisiones Comunales elaborarán su plan de trabajo, conteniendo las estrategias y acciones concretas para prevenir y mitigar desastres en su comunidad, en el marco de la Política Nacional, las cuales deberán además estar acordes a los Planes Nacionales de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres.

TÍTULO III, CAPÍTULO ÚNICO, DECLARATORIAS DE ALERTAS Y  
CLASIFICACIÓN.  
ART. 56, CARACTERÍSTICAS DE LAS DECLARATORIAS DE ALERTA.

La declaratoria de alerta debe considerarse como el aviso o alarma que se dicta para que la población o las instituciones del Sistema sigan instrucciones específicas. Las declaratorias de alerta serán comunicadas a la población a través de los medios de comunicación masiva, sean éstos radiales, televisivos, escritos o de cualquier otra naturaleza.

ART. 57, RESPONSABILIDAD.

El Director General será el responsable de emitir oficialmente los diferentes estados de alerta. Para emitir la declaración de alerta, la Dirección General se basará en la información científica que le brinde el Servicio Nacional de Estudios Territoriales, obtenido de las redes de vigilancia y monitoreo.

ART. 58.- CLASIFICACIÓN.

Las declaratorias de alerta se clasificarán de la manera siguiente:

**ALERTA VERDE:** Estado que se declarará cuando se tenga la presencia de un fenómeno natural que por su evaluación, comportamiento y características se percibe, dentro de un nivel de probabilidad, con un grado de amenaza previa, de la cual pueden considerarse ciertas medidas de protección predeterminadas y específicas que aseguren una condición cautelosa y de vigilancia por la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso.

**ALERTA AMARILLA:** Se declarará cuando se manifieste el desarrollo de una amenaza, en la cual se encuentre aumentada en un 50 % la probabilidad de afectación por el evento natural, logrando dar un mayor grado de certeza del peligro que pueda existir.

**ALERTA NARANJA:** Se activará ante el hecho que se intensifique el riesgo logrando alcanzar un nivel crítico mayor del 75 % teniendo la posibilidad de producir serios daños hasta lograr que se necesite la participación de los grupos de búsqueda y rescate, así como lo que se estipula en el plan.

**ALERTA ROJA:** Se activará cuando la magnitud generalizada del evento ha logrado impactar de manera severa hasta producir una situación de desastre, debiéndose aplicar la atención de acuerdo al Plan de Emergencia, disponiendo en un momento dado de todos los recursos que el Estado necesite para dar seguridad y salvaguardar a la población que se encuentre afectada o en situación de riesgo.

## **PLAN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL**

La Ley de Protección Civil; Prevención y Mitigación de Desastres en el artículo 20 define que el Plan de Protección Civil Prevención y Mitigación de Desastres tiene como objeto definir las acciones del Estado y de la sociedad civil para el

manejo de los riesgos, el estudio de las vulnerabilidades existentes y su mitigación y los preparativos para la atención y recuperación en caso de desastres.

## **PLAN DEPARTAMENTAL DE PROTECCIÓN CIVIL**

### **AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS, INUNDACIONES**

Descripción: El Salvador se encuentra ubicado en una zona de alta pluviosidad con incidencia de eventos de origen meteorológico incluyendo huracanes en todas sus categorías. La base de datos histórica indica que en el país se han registrado más de 2100 eventos de inundación a lo largo de un siglo (DesInventar, 2013). De los eventos de inundación registrados entre 1900 y 2012 se encuentra que las causas más comunes son las lluvias (61 % de los eventos históricos), las depresiones tropicales (19 %), los huracanes (10 %) y tormentas tropicales (6 %) (DesInventar, 2013).

Las inundaciones causadas por exceso de lluvia son un problema recurrente en el país. El evento climático que más afectó a El Salvador durante las últimas décadas fue el huracán Mitch que sucedió en el año de 1998. Otros eventos climatológicos importantes sucedidos en los últimos años fueron la tormenta Ida en 2009, la tormenta Agatha en 2010 y la depresión tropical 12E en 2011.

## **PLAN MUNICIPAL DE PROTECCIÓN CIVIL**

**DESASTRES GENERADOS POR FENÓMENOS METEOROLÓGICOS O HIDROLÓGICOS:** En cuanto a esta clasificación se pueden mencionar casos como:

El huracán Mitch, tormenta Stand, Ida; depresiones tropicales como AGATHA y 12 E. dichos fenómenos han causado daños materiales, viéndose mayormente afectado el sector agrícola debido a la perdida de los cultivos por las prolongadas lluvias, lo cual ha repercutido negativamente en la economía. En la tormenta 12 E, se registraron inundaciones en el puente roto del Cantón El Platanar.

**HISTORIAL DE DESASTRES DEL MUNICIPIO:** Los fenómenos naturales que año con año se suscitan en nuestro país exponen nuestras vulnerables zonas de riesgos del municipio. Estos eventos cada vez ocasionan más daños y pérdidas afectando la calidad y vidas humanas, infraestructuras y servicios básicos; así como también en algunas comunidades paralizan su producción y su ritmo de vida.

El Municipio de Moncagua al igual que el resto del país se encuentra amenazado por lluvias torrenciales que desencadenan inundaciones producto del desbordamiento de nuestra amplia red hidrográfica. La tierra frágil humedad y constantemente ocasiona derrumbes en vías principales y de acceso a comunidades.

Las experiencias vividas en el pasado, como el caso del huracán Mitch, donde las constantes lluvias afectaron gravemente los caminos vecinales de algunas comunidades, afectando las viviendas y por ende a los pobladores del Municipio, respecto a esta clasificación de fenómenos hidrológicos tormenta también ha habido repercusiones negativas en el municipio por la tormenta Stand, IDA, depresiones tropicales como AGATHA y 12 E, las cuales no ocasionaron pérdidas humanas pero si materiales vistas mayormente en la agricultura y en daños a las carreteras por deslizamientos de tierra debido a la fragilidad de los terrenos por el exceso de lluvias.

IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS LOCALES: Para la identificación de las amenazas y su clasificación: naturales y antrópicas se presenta un cuadro que refleja la historia de desastres del municipio. La información que en él se muestra clasifica las amenazas identificadas por su origen (natural o antrópico).

**Tabla 2.3** Identificación de Amenazas

	AMENAZA	FRECUENCIA APROXIMADA	AMENAZA/ACCIDENTE	FRECUENCIA APROXIMADA
	<b>INUNDACIONES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Inundaciones Generales</li> </ul>	Cada Invierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteraciones topográficas del cauce natural del río el Tejar de Cantón El Salamar.</li> </ul>	Cada Invierno
H I D R O M E T E O R O L Ó G I C A	<b>TORMENTAS / LLUVIAS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Depresión tropical</li> <li>Tormenta Tropical</li> <li>Huracán</li> </ul>	Cada Invierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundación en Caserío Las Campanas de Cantón El Platanar debido a la forma en que el río recorre el lugar. esto ocurre debido a dos curvas tipo s en un tramo corto forzando el agua a disminuir su velocidad y aumentar su nivel.</li> <li>En Cantón El Platanar en Quebrada el Ganado ocurre el mismo problema afectando está directamente a una vivienda cercana.</li> </ul>	Cada Invierno

Fuente: Plan Municipal de Gestión de riesgo de Desastres del Municipio de Moncagua 2015.

## **2.3 Marco teórico**

### **2.3.1 Caracterización de la inundabilidad**

¿Qué es el estudio de inundabilidad?

El estudio de inundabilidad se concreta en un documento que caracteriza una zona que está cercana a una cuenca y que tiene como objetivo, definir su probabilidad de inundada. Para ello, como puedes intuir, se estudia la pluviometría y la orografía del terreno; es decir, el cálculo de la lluvia y precipitaciones en la zona y las elevaciones que existen en la región. El estudio de inundabilidad suele ir acompañado de un estudio hidrológico, ya que en muchos casos estos se complementan. Por tanto, si necesitas realizar un estudio de inundabilidad, debes saber que este tendrá como finalidad caracterizar hidrológicamente una cuenca y realizar el análisis hidráulico de un tramo de río para poder saber qué parte de la superficie es inundable. Gracias a los estudios de inundabilidad, realizados por expertos en medioambiente y estudios de este tipo, se pueden delimitar los espacios que serán ocupados por las avenidas de caudal y también será posible establecer las áreas de ocupación de estas hipotéticas avenidas.

Qué incluye un estudio de inundabilidad.

Los estudios de inundabilidad incluyen una memoria descriptiva detallada sobre la situación, geología, climatología, vegetación, etc. de la zona a estudiar. También se puede incluir algunos casos, un detalle sobre los espacios naturales protegidos y una aproximación histórica si es que fuese necesario. Notarás que en el estudio, se incluye un apartado para explicar todos los datos topográficos del área motivo de estudio y los resultados de la pluviometría, que en pocas palabras, es el estudio de la lluvia para poder detectar la potencial inundabilidad de la zona.

El estudio pluviométrico indicará como mínimo, las precipitaciones obtenidas, de manera que con esos datos, se puedan estudiar los caudales que podrían llegar a afectar a la red de drenaje, creando inundaciones. Existen varios métodos para realizar la pluviometría, aunque normalmente, el método a usar depende del tipo de terreno a estudiar y la finalidad para la que estás pidiendo el estudio. También contiene la cartografía de peligrosidad y de riesgo de inundación.

Dentro del estudio de inundabilidad, se integran el estudio hidrológico, geomorfológico e hidráulico; en ellos se detallan las características particulares de las cuencas y los caudales obtenidos. Finalmente, el estudio incluye una parte dedicada a la inundación en sí y se explican todas las propuestas de actuación o medidas correctoras a tener en cuenta en cada situación posible. Esta parte final del estudio es muy importante porque es allí que se detalla cómo se puede mejorar la evacuación en caso de inundación, qué actividades se pueden llevar a cabo para prevenir inundaciones (por ejemplo, construir una berma de protección) y cómo mejorar la infiltración de la cuenca.

### **2.3.2 Introducción al concepto de peligro y riesgo**

A medida se va aumentando la necesidad de comprender la problemática que se da en un lugar que es susceptible a inundaciones en el caso que se de alguna precipitación, se confunden los términos que normalmente se utilizan pero que representan situaciones diferentes.

La Directiva 2007/60/EC de la Unión Europea define inundación como el cubrimiento temporal por agua de una tierra que normalmente no se encuentra cubierta, por lo que se incluyen las inundaciones producidas por ríos, torrentes, corrientes de agua efímeras mediterráneas e inundaciones marítimas en zonas costeras.

Éste se define como la combinación de una probabilidad de presentación de un determinado evento, llamado peligro, y las potenciales consecuencias adversas que tendría este evento para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural o las actividades económicas, que se denominan vulnerabilidad. De manera, que el riesgo se define como el producto del peligro y la vulnerabilidad, asociadas en este caso, a una inundación.

El análisis del riesgo de inundación consiste en determinar la naturaleza y extensión del riesgo existente mediante el análisis de las amenazas potenciales y evaluación de las condiciones de vulnerabilidad que pueden derivarse de la amenaza potencial, causando daños personales, a la propiedad y al medio ambiente. Las medidas para reducir el riesgo de inundación se dividen en dos grupos: medidas estructurales y medidas no estructurales.

### **2.3.3 Cuantificación del riesgo de inundación**

Las herramientas que permiten cuantificar el riesgo de una inundación se basan en el cálculo de su probabilidad y consecuencias, combinando la elaboración de mapas de peligrosidad y riesgo y la estimación de las consecuencias de la inundación.

El riesgo de inundación debe definirse para un área que depende del nivel de detalle del estudio. En cada área, se obtiene la probabilidad de inundación dado un determinado calado y se estiman las consecuencias asociadas a dicha profundidad del agua. La suma de los productos resultantes de probabilidad y consecuencias para cada evento da lugar al riesgo total en el área de estudio.

Existe otro tipo de herramientas que se basan en la representación gráfica de ambas componentes del riesgo. Estas curvas representan la probabilidad anual acumulada de excedencia de cada nivel de consecuencias, en términos de pérdida de vidas o costes económicos, reflejando todas las combinaciones posibles de

probabilidad de excedencia y número de víctimas en una determinada área de estudio.

En caso de representar el número potencial de víctimas por inundación, el área encerrada bajo la curva se corresponde con el riesgo social total en el área estudiada. Este tipo de curvas resulta de gran utilidad para la caracterización del riesgo de inundación y también pueden ser trazadas con las potenciales consecuencias económicas por inundación en el área urbana de estudio, en cuyo caso se denominan curvas F-D.

#### **2.3.4 Introducción al concepto de Vulnerabilidad en El Salvador**

**Vulnerabilidad:** Es el grado de daños que las personas u objetos pueden sufrir al manifestarse la inundación. Es un valor muy difícil de obtener, pues interviene una multitud de variables que van desde económicas, sociales y políticas. La vulnerabilidad se manifiesta en condiciones débiles de un territorio y en las dificultades de la población expuesta a sufrir daño para recuperarse posteriormente.

**Vulnerabilidad física:** está directamente relacionada con la capacidad que tiene una estructura para soportar un desastre natural como puede ser un sismo, una tormenta, un deslave, entre otros.

En seis años, El Salvador pasó de ser el país más vulnerable del mundo, a ocupar la posición número 8 en el año 2,008, según un informe de Naciones Unidas, informó la ministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales del país, Lina Pohl. Pohl aseguró, durante la presentación del informe del primer año de gestión del ministerio, que El Salvador cuenta con el sistema de monitoreo "más potente de toda la región",

lo que permite "advertir de estos fenómenos de manera que se protegen más vidas humanas y se reducen las pérdidas económicas".

El Gabinete de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad, liderado por Pohl, y conformado por seis ministerios, una secretaría y dos instituciones autónomas, presentó un informe de gestión en el marco del primer año de Gobierno del Presidente Salvador Sánchez Cerén. La ministra explicó, durante la presentación de los datos, que la Fuerza Armada cooperó en el fortalecimiento de Sistema de Protección Civil, en evacuar a tiempo y establecer las alertas "de manera oportuna" para reducir "significativamente" los peligros de la población.

El Ministerio de Obras Públicas, a través de la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión del Riesgo, "ha tenido una acción importante" a través de la atención de las cárcavas y obras de protección en las quebradas que "año con año habían impactado a la población". Respecto a la labor del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la funcionaria explicó que "se han hecho esfuerzos significativos" para reducir las pérdidas y daños en la agricultura. Agregó que se estableció un sistema de monitoreo de sequía accesible para toda la ciudadanía y para los agricultores en particular.

Polh informó de que "se cuenta con financiamiento" para el Estudio de Pre factibilidad de las Obras de Infraestructura, en particular de las plantas de tratamiento para rescatar el río. Otro avance que destacó la titular de la cartera de Ambiente es el diseño y ejecución del nuevo Sistema de Evaluación Ambiental.

El país cuenta con el Primer Plan Nacional Hídrico que contempla la información de "dónde está el agua, en qué condición y calidad y cómo la vamos a gestionar". Asimismo, indicó que hay una Política de Turismo Sostenible que busca

desarrollar un turismo con criterios de sostenibilidad ambiental y saneamiento en cada una de sus obras.

El Gabinete de Sustentabilidad Ambiental y Vulnerabilidad, coordinado por Pohl, lo forma el secretario para Asuntos de Vulnerabilidad, Jorge Meléndez, el ministro de Gobernación, Arístides Valencia, el viceministro de la Defensa Nacional, Jaime Parada, y el titular de Agricultura, Orestes Ortez. Además, forman parte del gabinete los ministros de Turismo, José Napoleón Duarte, y Obras Públicas, Gerson Martínez, así como otros representantes de la administración pública.

### **2.3.5 Funciones de las cuencas hidrográficas**

#### **2.3.5.1 Función hidrológica**

- Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- Descarga del agua como escurrimiento.

#### **2.3.5.2 Función ecológica**

Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.

Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.

### 2.3.5.3 Función ambiental

- Constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>.
- Alberga bancos de germoplasma.
- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- Conserva la biodiversidad.
- Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos.

### 2.3.5.4 Función socioeconómica

- Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

### 2.3.6 División de la cuenca

**Sub cuenca:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca.

Varias subcuentas pueden conformar una cuenca.

**Micro cuenca:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una sub cuenca.

Varios micro - cuencas pueden conformar una sub cuenca.

**Quebradas:** es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de un micro cuenca.

Varias quebradas pueden conformar un micro cuenca.

## **2.3.7 Mapa de peligrosidad**

### **2.3.7.1 ¿Qué es un mapa de peligrosidad por inundación?**

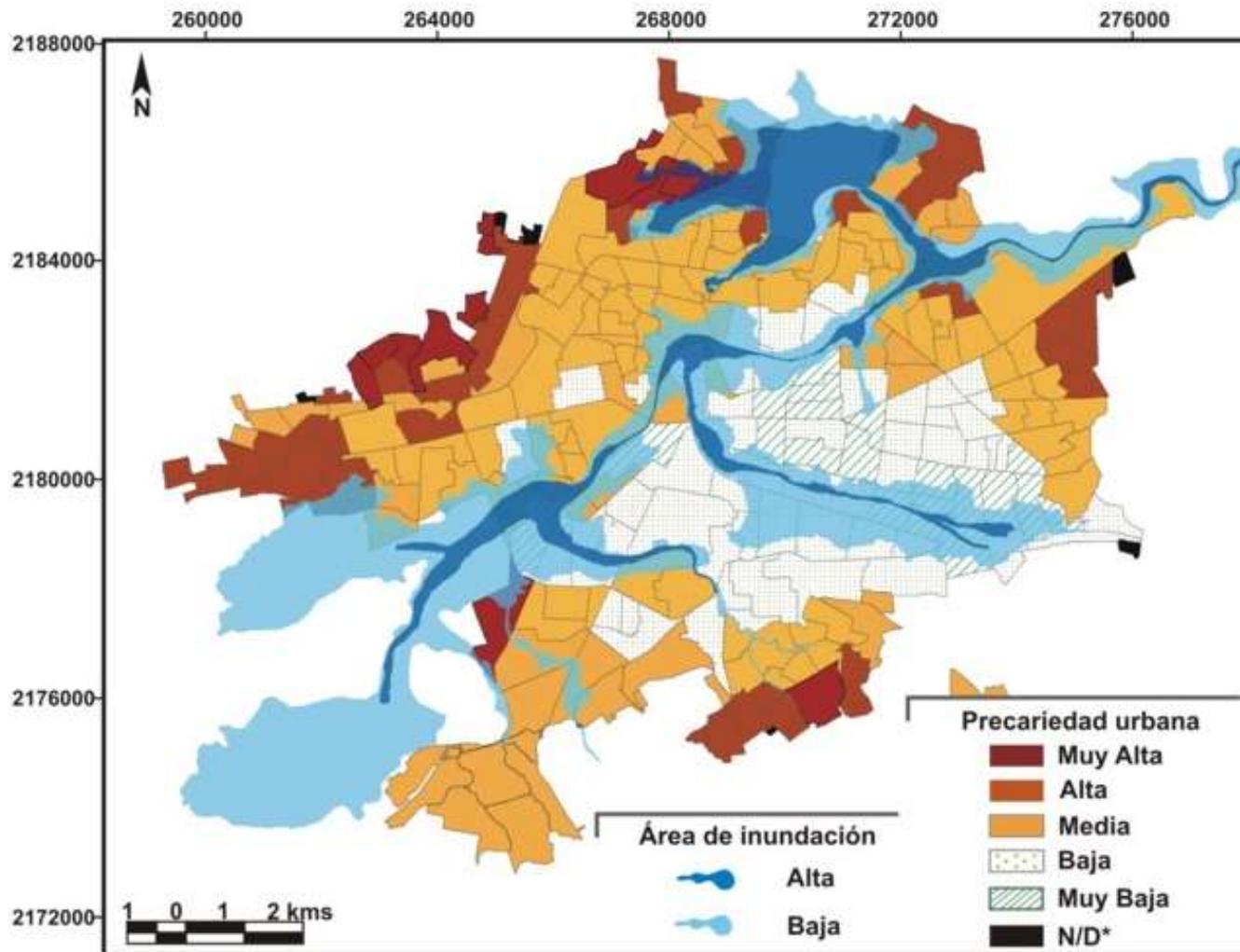
El peligro de inundación se puede definir con base en ciertos criterios, que pueden ser tirante y velocidad del agua alcanzada en las calles, ríos o arroyos. Al desbordamiento del cauce natural de los ríos se le conoce como inundación fluvial. Cuando se debe a un escurrimiento de lluvias dentro de una zona urbana y después de saturarse el suelo, su agua excedente dura horas o días, se le denomina inundación pluvial. Existen otros fenómenos que pueden provocar una inundación, como las mareas altas, que derivan que el nivel medio del mar sea rebasado, provocando inundaciones costeras. Otros fenómenos que pueden provocar una inundación son los tsunamis o la falla de una obra hidráulica.

Para obtener los datos de calados y velocidades de la onda de avenida creada por la rotura de una presa. Estos datos por sí solos no son suficientes para el objetivo que se persigue de conocer las consecuencias que tendría la avenida sobre las zonas de peligro (poblaciones, servicios esenciales, etc).

Para evaluar el peligro que supone una inundación disponemos de la siguiente información:

- Calado
- Velocidad del agua
- Importancia del elemento en riesgo (en el aspecto de vidas humanas, aspecto económico, etc).

Con estos tres parámetros se puede llegar a varias soluciones para el análisis del peligro, según la importancia que quiera darse a cada uno de ellos.

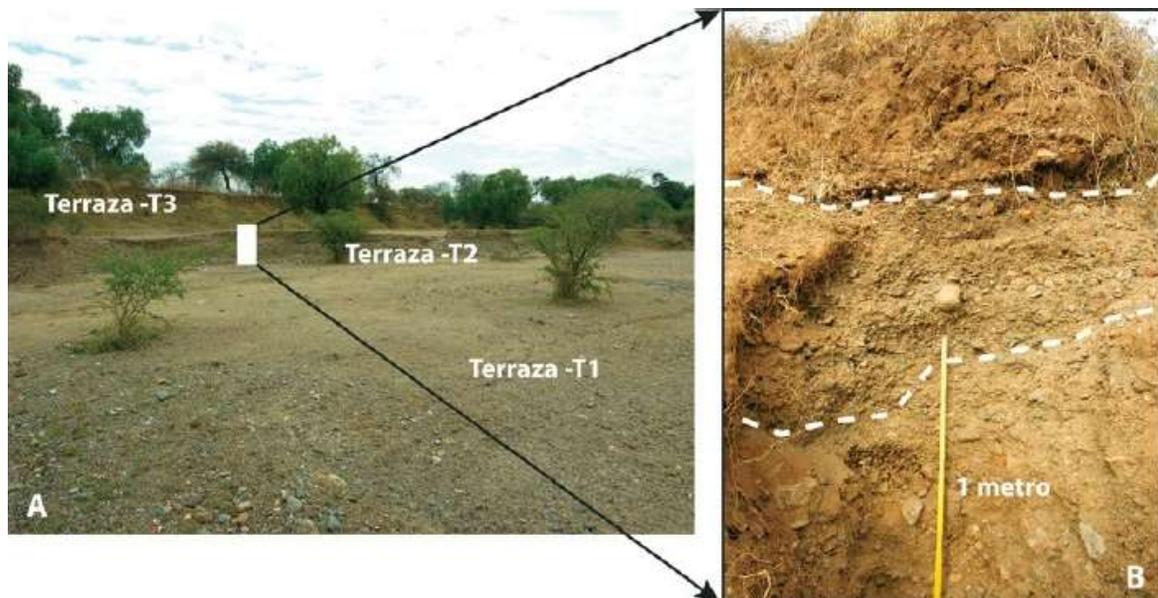


**Figura 2.3** Ejemplo de mapa de peligro por inundación. Fuente Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿El desastre nace o se hace?

### 2.3.8 Método de Huellas Máximas o Calado Crítico

Estimar el gasto máximo que se presentó durante una avenida reciente. Requiere la topografía de un tramo del cauce y las marcas del nivel máximo del agua durante el paso de la avenida.

(A) Panorámica de las terrazas fluviales en la riera del Rio Guanajuato. La T1 (1.8 m) corresponde a la planicie de inundación actual, mientras que T2 (3.0 m) y T3 (4.2 m) son niveles antiguos. (B) Corte típico de las terrazas estudiadas donde se aprecian canales de gravas finas con arenas limosas.



**Figura 2.4** Ejemplo de visualización de huella. Fuente: Distribution and historic evolution of the fluvial terraces from Santa Teresa Valley Guanajuato.

No requiere datos de precipitación y se recomienda en cárcavas donde se observe claramente las huellas dejadas por los escurrimientos máximos que se hayan presentado.

Se eligió el método de la huella máxima o calado crítico debido a evidencias de los eventos más recientes. Ver figura 2.5.



**Figura 2.5** Huella de agua debido a desbordamientos por aguas lluvia prolongada. (Altura de nivel de suelo 70cm), ubicada en Caserío San Pablo. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

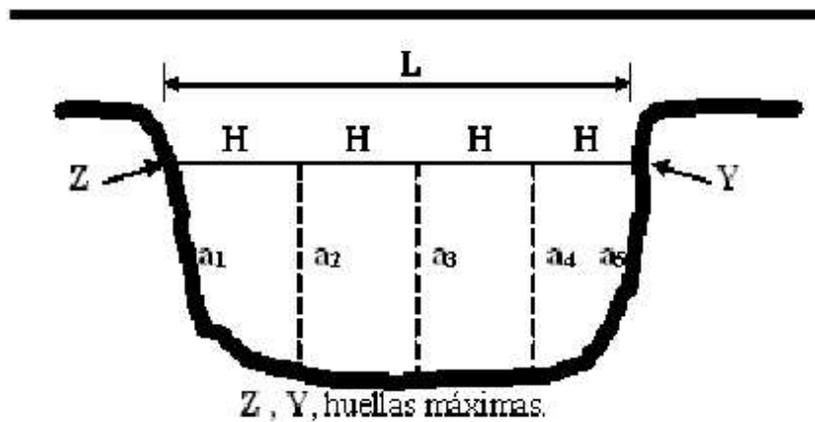
Tiene la ventaja de no requerir de datos de precipitación y se recomienda en cárcavas donde se observe claramente las huellas dejadas por los escurrimientos máximos que se hayan presentado.

Para calcular los escurrimientos máximos por este método se utiliza la formula siguiente:

$$Q = A V$$

- Donde:
- **Q:** Escurrimiento máximo m<sup>3</sup>/seg
- **A:** Área hidráulica de la sección en m<sup>2</sup>
- **V:** Velocidad del flujo (m/seg)

Cálculo del área hidráulica en cárcavas con taludes verticales y sección transversal en forma de U:



**Figura 2.6** Forma para identificar la huella en un canal tomando las alturas máximas mostradas por evidencia en taludes. Fuente: presentación realizada por Ing. Pabel Batista para ser presentada en UTESA.

- Con una cinta se mide la longitud (**L**) que existe entre las huellas máximas, en la sección de la cárcava para determinar la altura de los trapecios (**H**)
- **a1, a2, a3, a4y a5**, son las ordenadas de los trapecios.

El área de la sección transversal se determina mediante la siguiente fórmula

- Por la naturaleza de las desastres e inundaciones históricos que han ocurrido en el sitio de estudio, el tipo de lluvia que ha afectado a dichas zonas es de tipo lluvia intensa, debido a ello es que ha surgido el problema de desbordamiento del cauce inundando las viviendas y planicies aledañas a la quebrada El Limon o Rio El Platanar

Un nuevo método permite reconstruir las avenidas del pasado. El IGME haya un nuevo método para prevenir inundaciones y avenidas.

Investigadores del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) han participado en el desarrollo de un nuevo sistema que permitirá prevenir inundaciones y avenidas. El método ha sido desarrollado a raíz de la catástrofe que se produjo en el verano de 1996 en el camping "Las Nieves", en Biescas (Huesca). El sistema se basa en el método 'calado crítico', junto con los datos de las inundaciones del pasado (paeloinundaciones) y permite calcular los posibles caudales de avenidas en las que el agua arrastra arena, cantos y piedras (flujos hiperconcentrados), con el fin de hacer los cálculos de los lugares donde se produjeron cascadas en el torrente a causa de los saltos del lecho o bien a estrechamientos bruscos. De este modo, se determinando los caudales de las inundaciones de los torrentes de montaña se podrá controlar los riesgos de inundaciones en esas zonas.

Según informa el IGME, el método se aplicó "con éxito" en la reconstrucción de la inundación del 17 de diciembre de 1997 en el arroyo Cabrera en la Sierra del Valle de la Sierra de Gredos (Navaluenga, Ávila). El trabajo ha sido publicado en la revista 'Water Resources Research', la segunda publicación más prestigiosa del mundo en temas de hidrología y recursos hídricos y ha sido seleccionado como 'Investigación destacada' en la 2011 por la Unión Geofísica Americana.

Desde la tragedia de Biescas, cuando el 7 de agosto de 1996 una riada destruyó el camping de Las Nieves, situado sobre el "cono de deyección" del torrente Arás, justo antes de su desembocadura en el río Gállego, y en la que murieron 87 personas y 183 resultaron heridas, los científicos del IGME han estado investigando "cómo ayudar" a los planificadores para evitar estos desastres.

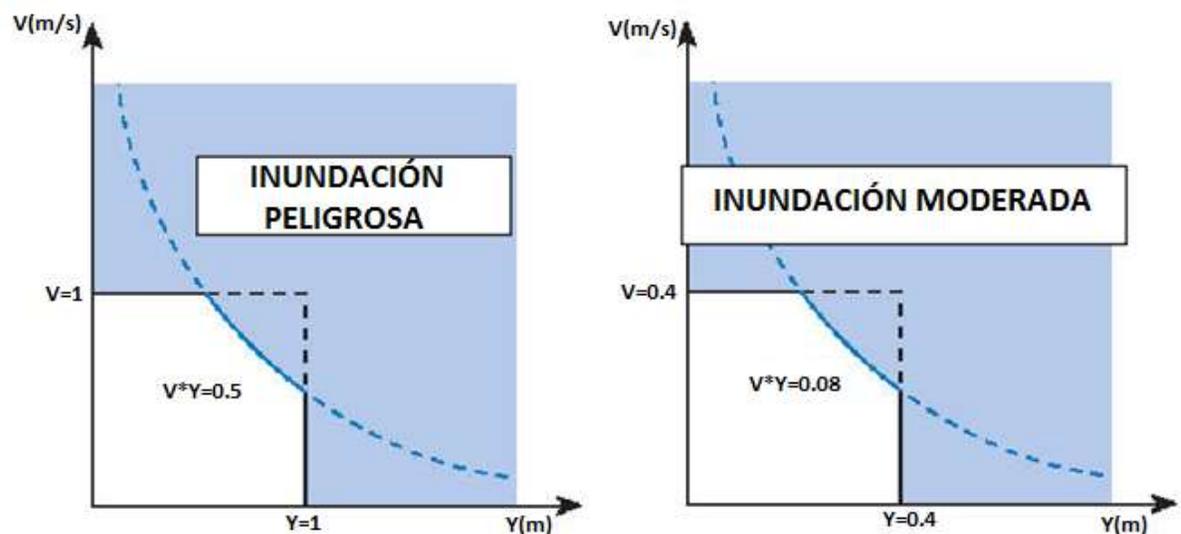
De acuerdo a la investigación, es "fundamental" en qué zonas de un territorio se pueden producir eventos catastróficos, la frecuencia de ocurrencia (periodo de retorno) y magnitud (profundidad de agua, velocidad y energía). Así, los científicos detectaron que en las cuencas montañosas no se suele disponer de pluviómetros ni estaciones de aforo (hidrológico) con series de datos lo suficientemente largas como para poder calcular de manera fiable cada cuánto tiempo sucederá un "evento extraordinario".

Por eso, destaca que en tales circunstancias es "fundamental" poder construir los eventos que hayan ocurrido en el pasado, con el objetivo de saber cómo serán en el futuro y, así, poder prevenir los daños asociados. Tradicionalmente, la reconstrucción de avenidas se hacía a partir de documentación histórica, normalmente incompleta o con criterios morfológicos de las formas del relieve y depósitos que provocaron estas avenidas. A partir de ahí, y su disposición, con métodos hidráulicos se intentaba calcular los caudales que llevaron esas paleoavenidas.

El problema, según los investigadores es que los modelos hidráulicos utilizados hasta ahora eran "bastante rudimentarios" y por eso, los resultados de los caudales tenían "incertidumbres e imprecisiones". Sin embargo, la innovación del nuevo método consiste en mejorar la estimación de los caudales gracias a cálculos matemáticos repetitivos, hasta que se localiza el punto exacto donde se produjo dicho calado crítico. Esto permite tener resultados exactos del caudal de dicha avenida, su profundidad, velocidad, entre otros, y facilita considerar en el cálculo la presencia de bloques, cantos y arenas que el agua suele arrastrar en los eventos torrenciales, que muchas veces son los que producen los daños materiales y las pérdidas de vidas humanas. Además de investigadores del IGME han participado miembros de la Universidad de Castilla-La Mancha y de la Universidad Politécnica de Valencia, así como un miembro de Ferrovial-Agroman.

El calado o altura que alcanza el agua desbordada en un determinado momento y la velocidad de la corriente sirven para caracterizar la peligrosidad de una inundación. Se denomina inundación peligrosa a la que atenta contra la vida de las personas. Experimentalmente se ha demostrado que estas se caracterizan por velocidades mayores a 1 m/s, calados mayores a 1 metro y producto de ambas mayor a 0.5 m/s (figura 2.6). A parte pueden añadirse variables como la velocidad de subida, interrupción de las comunicaciones, duración, etc. Las inundaciones de Ida 2009 y Stan 2005 entrarían dentro de esta categoría.

Un estudio hidráulico de este tipo debe concluir qué zonas son realmente peligrosas: por ejemplo un pueblo puede quedar totalmente inundado con un calado de 20 cm y una velocidad mínima o puede quedar solo parcialmente inundado pero con calados mayores de 1 metro y velocidades altas. En el primer caso estaríamos en el caso de una inundación con peligro grave y en el segundo con peligro moderado.



**Figura 2.7** Condiciones de calado y velocidad peligrosas para las personas. Fuente: Ingeniería de ríos, Juan P. Martín Vide.

### **2.3.9 Medidas estructurales**

Las medidas estructurales engloban todas aquellas construcciones que reducen o evitan el posible impacto de la inundación, incluyendo un amplio rango de obras de ingeniería civil.

Su funcionalidad se encuentra limitada, ya que se diseña para eventos asociados a una cierta probabilidad anual de excedencia, de manera que si se produce un evento superior al de diseño, la estructura no es capaz de proporcionar la protección necesaria frente a la inundación, y pierde su funcionalidad.

### **2.3.10 Medidas no estructurales**

Las medidas no estructurales incluyen políticas, concienciación, desarrollo del conocimiento, reglas de operación, así como mecanismos de participación pública e información a la población, de modo que puede reducirse el riesgo existente y los impactos derivados de la inundación.

Buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe, pudiendo clasificarlas en seis grupos:

**Política y planeamiento urbano:** Trata de desarrollar normativa que regule el uso de suelo y el tipo de edificación (también en cuanto a materiales de construcción y estructuras resistentes a la acción del agua) en zonas de elevado riesgo de inundación y en consecuencia realización de planeamientos urbanos que tengan en cuenta las zonas con riesgo de inundación.

Son numerosas las áreas ocupadas por viviendas e infraestructuras asentadas en zonas potencialmente inundables debido a la disminución en la percepción del riesgo.

**Predicción de inundaciones:** Estimación del desarrollo, tiempo y duración de una avenida, especialmente del caudal máximo en un punto específico del cauce como consecuencia de fuertes precipitaciones o del deshielo.

La predicción de inundaciones se compone de dos pasos: el primero consiste en la predicción meteorológica y el segundo se corresponde con la pre-caracterización de avenidas, considerando la situación meteorológica futura para predecir las inundaciones resultantes, mediante modelos hidrológicos.

La combinación de ambas fases es fundamental para la obtención de predicciones precisas.

**Comunicación:** Se diferencian dos medidas de comunicación:

- Comunicación general a la población en materia de riesgo de inundación ya que aporta un mejor entendimiento del riesgo existente, además de facilitar el conocimiento de los procedimientos de actuación durante la inundación.
- Comunicación durante el evento de inundación que se centra en el aviso a la población sobre la amenaza de carácter inminente, mediante la utilización del sistema de alarma.

**Movilización:** Se clasifican en tres categorías en función del tiempo disponible para la evacuación:

- Evacuación preventiva: con anterioridad al evento de inundación.

- Evacuación forzosa: durante el desarrollo de la inundación.
- Huida: desplazamiento por efectos de un evento inminente.

**Coordinación y procedimientos de operación:** Tratan de lograr una mejora en la comunicación entre diferentes organizaciones y actores con un papel de relevancia en la gestión del riesgo de inundación.

- Un primer grupo comprende las medias generales que facilitan la coordinación entre agentes, desarrollando planes de emergencia y estrategias para reducir el riesgo, incluyendo, reglas de operación a ejecutar.
- El segundo grupo recoge las medidas para una coordinación adecuada durante la emergencia, mejorando la efectividad de otras medidas no estructurales.

**Seguros e indemnizaciones:** son herramientas clave para financiar las pérdidas producidas por un evento de inundación.

Las cuotas de los seguros son mayores para las zonas con riesgo de inundación y las indemnizaciones sirven para obtener compensaciones por pérdidas no cubiertas por los seguros.

**CAPITULO III**  
**METODOLOGÍA DE LA**  
**INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Sitio del estudio

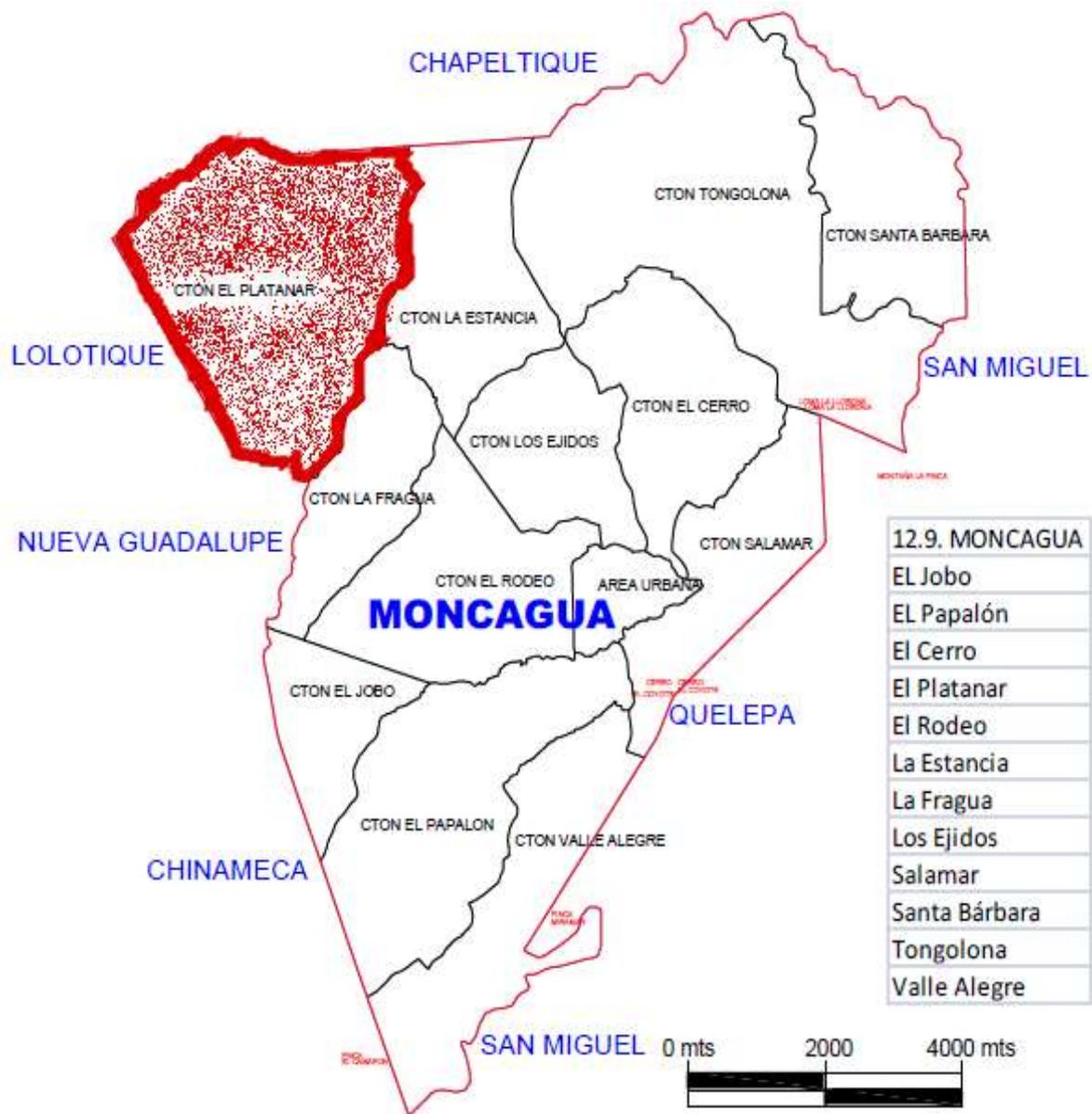
El estudio se desarrolló en los Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas, Cantón el Platanar, en el Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel.



**Figura 3.1** Mapa de El Salvador, ubicación del Departamento de San Miguel. Fuente: Wikipedia, Departamento de San Miguel (El Salvador).



**Figura 3.2** Mapa del Departamento San Miguel, ubicación del Municipio de Moncagua. Fuente: Municipios de El Salvador.com.



**Figura 3.3** Mapa del Municipio de Moncagua, ubicación del Cantón El Platanar, donde se seleccionan sitios de estudio (Caserío San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas). Fuente: Plan Municipal de Gestión de riesgo de Desastres del Municipio de Moncagua 2015.



**Figura 3.4** Ubicación geográfica de la zona de estudio, Caserío San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas, Cantón El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel. Mapa de El Salvador. Fuente: Google Earth (Esquema de ubicación sin escala).

## **3.2 Unidad de análisis**

Las viviendas de los Caseríos, San Pablo, Puente Roto y Las Campanas, que se ubican en las planicies de inundación por el río el Platanar, Cantón el Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel

## **3.3 Variables Y Medición**

### **3.3.1 Definición de las variables**

#### **Variables de Peligro:**

##### **❖ Ocupación de la llanura de inundación del Río**

Cubierta de escorrentía sobre la zona adyacente al tramo de estudio

#### **Variables de Vulnerabilidad:**

##### **❖ Zonas vulnerables a inundación:**

Localización geográfica de las viviendas, accesos y parcelas respecto a la llanura de inundación

##### **❖ Ubicación de los asentamientos humanos.**

Existen muchas viviendas las cuales están cerca de la rivera del río.

##### **❖ Materiales y sistemas constructivos en viviendas**

Materiales en pisos, paredes y techos, estructurales y no estructurales

### 3.3.2 Indicadores y su Medición

**Tabla 3.1** Operacionalización de variables

Tema: Evaluación del riesgo por inundación en Caserío San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas, de la Sub-Cuenca Rio El Platanar, Cantón El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel.					
Objetivo General: Realizar una caracterización de la inundabilidad y de la vulnerabilidad física que se genera en los Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas de la Sub-Cuenca Rio El Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel.					
Objetivos Específicos	Unidades de análisis	Variables	Definición conceptual	Técnicas a utilizar	Tipos de Instrumentos a utilizar
<ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterización hidrográfica de la Sub Cuenca Rio El Platanar.</li> <li>Delimitación de zonas críticas por inundación en el área de estudio.</li> <li>Caracterización de la vulnerabilidad física en área de estudio.</li> <li>Elaborar esquemas de peligro de inundación auxiliándose de programas que muestren gráficamente las zonas más vulnerables.</li> <li>Propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la prevención de desastres por Inundaciones.</li> </ul>	Las viviendas de los caseríos, Caserío San Pablo, Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas, que se ubican en las planicies de inundación por el rio el Platanar, Cantón el Platanar, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel.	<p><b>Variables de Peligro:</b> Ocupación de la llanura de inundación del Rio</p> <p><b>Variables de Vulnerabilidad:</b> Zonas vulnerables a inundación. Ubicación de los asentamientos humanos. Materiales y sistemas constructivos en viviendas.</p>	<p>Cubierta de escorrentía sobre la zona adyacente al tramo de estudio</p> <p>Localización geográficas de las viviendas, accesos y parcelas respecto a la llanura de inundación</p> <p>Existen muchas viviendas las cuales están cerca de la rivera del rio.</p> <p>Materiales en pisos, paredes y techos, estructurales y no estructurales.</p>	<p>Fórmula racional y formula de Manning para canales abiertos.</p> <p>Recorrido de campo para identificación de huella máxima.</p> <p>Identificación de zonas inundables a diferentes periodos de retorno.</p> <p>Observación visual.</p>	<p>Estación total, Cinta métrica. Gps, Calculadora.</p> <p>Cartografía a escala 1:5000, (cuadrantes topográficos)</p> <p>Ficha de observación</p>

### 3.4 Instrumentos de medición

Se utilizaron instrumentos en la observación, la recolección y procesamiento de datos. Los cuales se detallan a continuación:

-  Croquis de ubicación
-  Cámara de video y fotográfica
-  Computadora
-  GPS
-  Estación total
-  Cartografía a escala 1:5000, (cuadrantes topográficos)
-  Ficha de observación.
-  Brújula

Las características de los instrumentos más importantes que se utilizaron se presentan a continuación.

- a) Estación total: Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.
- b) GPS: El Sistema de Posicionamiento Global, más conocido por sus siglas en inglés, GPS (siglas de Global Positioning System), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión.
- c) Ficha de observación: A grandes rasgos, a través de las fichas de observación científica podemos organizar información que es el resultado de una

investigación. En este tipo de fichas se registra entonces una descripción detallada del fenómeno estudiado, el cual puede ser un lugar, una persona o un evento en particular. (Ver en anexo).

- d) Cartografía a escala : La cartografía es la ciencia que se encarga de reunir y analizar medidas y datos de regiones de la tierra, para representarlas gráficamente a diferentes dimensiones lineales escala reducida por extensión, también se denomina cartografía a un conjunto de documentos territoriales referidos a un ámbito concreto de estudio

### **3.5 Técnicas y Procedimientos a emplearse en la recopilación de la información**

#### **3.5.1 Técnicas**

- Visita técnica
- Ficha de observación
- Levantamiento topográfico y procesamiento de datos

#### **3.5.2 Procedimiento y Análisis**

Los pasos que se siguieron para llevar una investigación adecuada a los objetivos tienen una alineación respectiva conforme a la GUIA METODOLOGICA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFIA DE ZONAS INUNDABLES, Gobierno de España, Ministerio De Medio Ambiente Y Medio Rural Y Marino, y también los ejemplos tomados de los estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales el cual con la colaboración de España ha dado capacitaciones a personas del país.

El primero de los pasos que se llevó a cabo la investigación se tomó en cuenta las diversas fuentes literarias que hablan acerca de los problemas que a inundaciones se refieren, también se consideró los diferentes estudios que pueden realizarse de manera superficial como profunda para obtener datos relevantes del lugar estudiado, que es la Quebrada El Limón, según el Cuadrante Geográfico Nacional del Valle La Esperanza, El Salvador, conocida por los habitantes como Rio El Platanar

Una vez obtenidos los datos pertinentes, tanto como las características demográficas básicas de la población, las características físicas de la cuenca del río, un análisis de la zona en cuanto a la susceptibilidad y peligros que pueden tener las personas debido a su ubicación en el lugar se hizo el análisis de datos mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en el proceso formativo como ingenieros civiles.

Las etapas que desarrollaron el estudio del problema de inundaciones en El Cantón El Platanar se detalla a continuación:

- a) Se ubicaron geográficamente los sitios con riesgo de inundaciones determinados por el plan de protección civil del Municipio de Moncagua, por el Rio el Platanar, por medio de software que proporcionen información geográfica y puntos GPS.
- b) La ubicación del lugar mediante software se usó para ver las elevaciones y se pudo descifrar por qué estos lugares tienen dicha problemática ya sea problema del terreno, mala ubicación de las viviendas o problema en cuanto a la utilización de la quebrada como botadero de desechos sólidos.

c) Se usó el método de la selección del tamaño de la muestra.

Se calculó el tamaño muestral, podemos aplicar las fórmulas estadísticas diseñadas para ello, o utilizar tablas de tamaño muestral, cuando la población o universo comporta un gran número de individuos o elementos, no se puede o no se quiere, en general por razones económicas, examinarlos a todos. Las observaciones se efectúan entonces sobre un número restringido de elementos o individuos que serán preciso a escoger.

Los individuos o elementos seleccionados constituirán una muestra. Su número será el tamaño muestral. Este tamaño muestral, en el caso de poblaciones finitas, lo podemos calcular aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{K^2 p q N}{E^2 (N-1) + K^2 p q}$$

Este método es el conocido como método del error standard o método matemático.

Pero si queremos evitar tener que calcular cada vez el número de elementos de una muestra, podemos utilizar las tablas de tamaño muestral para poblaciones finitas, basadas en la fórmula anterior.

Se presentan los resultados con un margen de confianza del 95.5%, la tabla es la siguiente:

**Tabla 3.2** Tabla de tamaño muestral para poblaciones finitas

Tamaño de la población N	Número de elementos de la muestra para los límites de error (e) indicados en el caso de $p = q = 50\%$									
	+1 %	+2 %	+3 %	+4 %	+5 %	+6 %	+7 %	+8 %	+9 %	+10 %
<b>100</b>	99	96	92	86	80	74	67	61	55	50
<b>200</b>	196	185	169	152	133	116	101	88	76	67
<b>300</b>	291	267	236	203	171	144	121	103	87	75
<b>400</b>	385	345	294	244	200	164	135	112	94	80
<b>500</b>	476	417	345	278	222	179	145	119	99	83
<b>1.000</b>	909	714	526	385	286	217	169	135	110	91
<b>1.500</b>	1304	938	638	441	316	234	180	142	114	94
<b>2.000</b>	1667	1111	714	476	333	244	185	145	116	95
<b>2.500</b>	2000	1250	760	500	345	250	189	147	117	96
<b>3.000</b>	2307	1364	811	517	353	254	191	149	119	97
<b>3.500</b>	2593	1458	843	530	359	257	193	150	119	97
<b>4.000</b>	2857	1538	870	541	364	260	194	150	120	98
<b>4.500</b>	3103	1607	891	549	367	261	195	151	120	98
<b>5.000</b>	3333	1667	909	556	370	263	196	152	120	98
<b>6.000</b>	3750	1765	938	565	375	265	197	152	121	98
<b>7.000</b>	4118	1842	949	574	378	267	198	153	121	99
<b>8.000</b>	4444	1905	976	580	381	268	199	153	122	99
<b>9.000</b>	4737	1957	989	584	383	269	200	154	122	99
<b>10.000</b>	5000	2000	1000	588	385	270	200	154	122	99
<b>15.000</b>	6000	2143	1034	600	390	273	201	155	122	99
<b>20.000</b>	6667	2222	1053	606	392	274	202	155	123	100
<b>25.000</b>	7143	2273	1064	610	394	275	202	155	123	100
<b>50.000</b>	8333	2381	1087	617	397	276	203	156	123	100
<b>100.000 o más</b>	9091	2439	1099	621	398	277	204	156	123	100

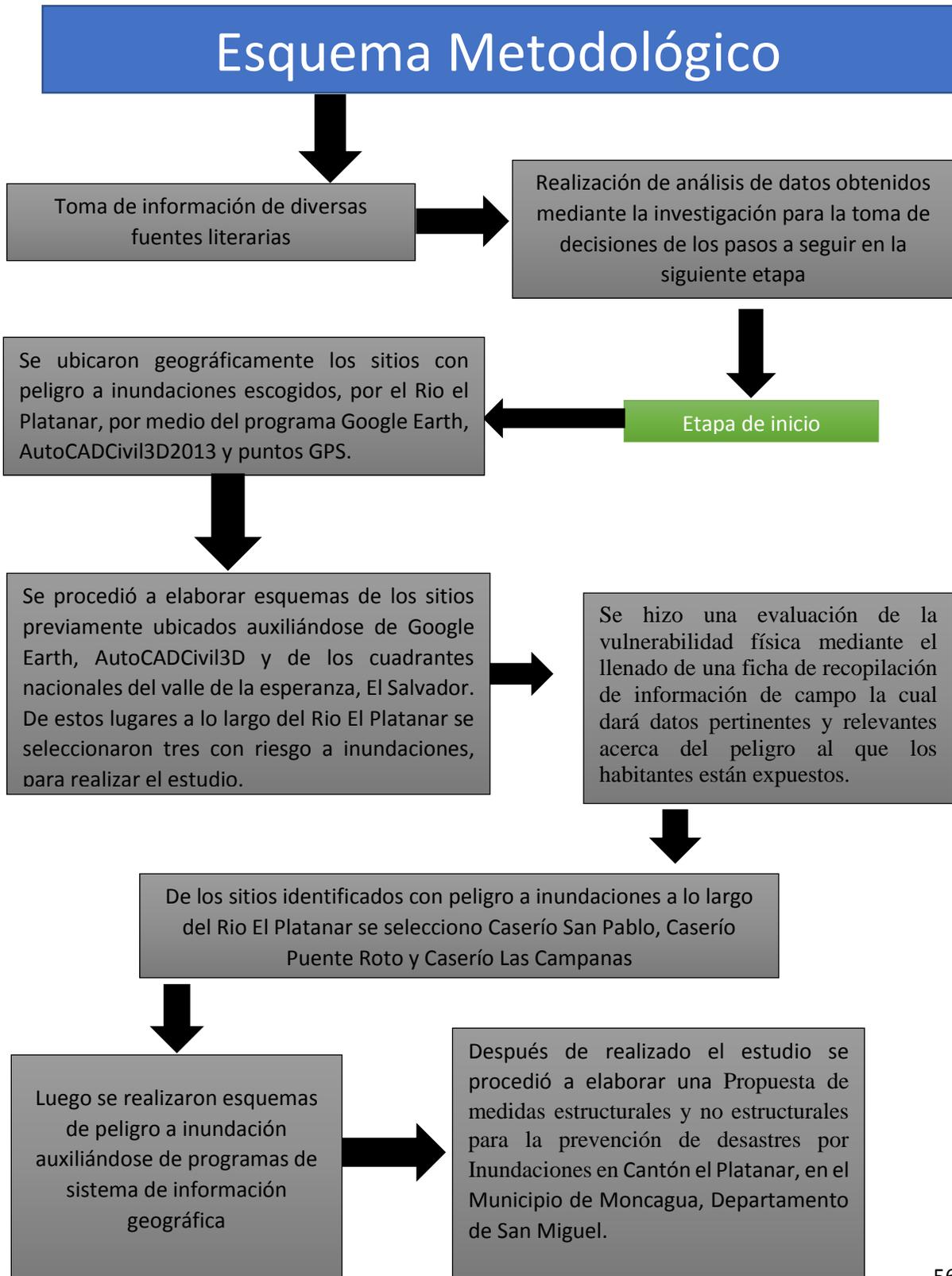
Fuente: Tablas de tamaño muestral para estudios de mercado.

De esta tabla se determinó nuestro tamaño de muestra. El universo considerado en el estudio es de 100 personas y la evaluación se hará para un  $\pm 10\%$ , cuyo valor nos dice que el número considerado es de 50 personas. La población de los 3 Caseríos es de 250 personas pero la cantidad de personas que se ven afectadas de manera directa es de 100 habitantes.

- d) Los datos recopilados de la encuesta se creó una base de ellos en programa Excel para analizar los datos.
  
- e) Se hizo una evaluación de la vulnerabilidad física de mediante el llenado de una ficha de recopilación de información de campo la cual dio datos pertinentes y relevantes acerca del peligro al que los habitantes están expuestos. La ficha se llenó en cada uno de los puntos de interés teniendo en cuenta los lugares de más alta exposición según datos históricos y la huella del lugar.
  
- f) Se procedió a elaborar esquemas de los sitios previamente ubicados auxiliándose de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de los cuadrantes nacionales del Valle de La Esperanza, El Salvador. De estos lugares a lo largo del río el platanar se seleccionaron tres con peligro a inundaciones dados por el Plan de Protección Civil del Municipio de Moncagua, que en ellos se realizó el estudio, porque se considera que a lo largo del río el platanar los otros lugares presentaran el mismo comportamiento debido a que la población posee las mismas formas de vida, los mismos cultivos y las mismas costumbres. Las situaciones de vida en la zona presentan características similares por lo que se tomó solo los tres sitios propuestos por Protección Civil del Municipio de Moncagua y se replican las recomendaciones, soluciones y medidas de mitigación planteadas para los demás asentamientos cercanos a los evaluados.

- g) De los sitios identificados con riesgo a inundaciones a lo largo del río el platanar Protección Civil propuso en su Plan Municipal estudiar Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas, a los cuales se utilizaron los resultados del estudio hidrológico hecho por estudiantes de la Universidad de El Salvador nominada PROPUESTA DE ACTUALIZACION DE CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR, el mes de junio del 2014. Las curvas intensidad, duración, frecuencia (IDF) de las lluvias, fueron usadas para evaluar la situación climatológica de las zonas según la estación con la elevación más cercana, en este caso, la de San Francisco Gotera, ya que ambos lugares tienen una elevación similar (250 MSNM), en base a lo cual se determinó el riesgo por inundaciones que están expuestos los Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas.
- h) Luego se realizaron esquemas de peligro a inundación auxiliándose de programas de sistema de información geográfica, en Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas, por el río El Platanar, Cantón el Platanar, en el Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel. Estos esquemas son de orden ilustrativo según los cuadrantes dado que se presentan como alternativa de análisis para la problemática de estudio.
- i) Después de realizado el estudio se procedió a elaborar una Propuesta de medidas estructurales y no estructurales para la prevención de desastres por Inundaciones por el Río el Platanar, para las comunidades Caserío San Pablo, Puente Roto y Las Campanas. La propuesta contiene las alternativas necesarias para prevenir que las personas sean víctimas de inundación, tomando en cuenta los consejos planteados por la GUIA METODOLOGICA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE CARTOGRAFIA DE ZONAS INUNDABLES, GOBIERNO DE ESPAÑA. También se elaboraron alternativas según los resultados obtenidos del estudio.

### 3.5.3 Esquema Metodológico



**CAPITULO IV**  
**CARACTERIZACIÓN DE**  
**SUB-CUENCA RIO EL**  
**PLATANAR**

## **4.1 Introducción**

Los parámetros físicos de la cuenca tomados en este capítulo corresponden a todas aquellas características que componen la cuenca como lo son su área de estudio, su geomorfología, su perímetro el cual es medido en base al trazado de la cuenca considerando los diferentes accidentes geográficos del terreno a considerar.

Todos los parámetros que en este capítulo se consideran tienen medida tanto de campo con los diferentes equipos de medición como también se han corroborado en AutoCADCivil3D tomando en cuenta el cuadrante nacional Valle de La Esperanza 1:50 000.

Muchas de las condiciones de interés del estudio se dan por las diferentes características encontradas en campo, y estas están citadas en el siguiente apartado dando no solo la cifra con su respectiva unidad sino también dando una breve descripción de algún dato pertinente a ser considerado en los puntos en específico.

## **4.2 Caracterización hidrográfica**

El río El Platanar se pueden observar en su parte alta poca presencia de aguas debido a que no posee un afluente constante, posee una cuenca que inicia desde Lolotique terminando hasta el punto de interés en Cantón El Platanar. El terreno se ve mayormente ocupado por parcelas cultivadas de maíz, yuca entre otros tipos de cultivos.

El relieve ha sido modificado históricamente perdiendo las propiedades de infiltración del suelo haciendo que el agua valla escurriendo de manera superficial. Los árboles se encuentran en zonas no planeadas sino que de forma natural

dispersos por la cuenca entre formaciones rocosas, pastizales, zonas de cultivos y viviendas.

El área de la cuenca es 8.9087km<sup>2</sup> en total abarcando los diferentes tipos de terreno. Esta es el área tributaria de toda la cuenca que aporta el agua al afluente en tiempo de lluvia.

Muchas de las zonas de cultivo han deteriorado el medio natural para poder obtener los espacios adecuados para poder sembrar en estos lugares y obtener la luz solar necesaria.

#### **4.2.1 Descripción de la Cuenca**

Ubicación de la Cuenca y Sub-Cuencas Hidrográficas del Municipio de Moncagua.

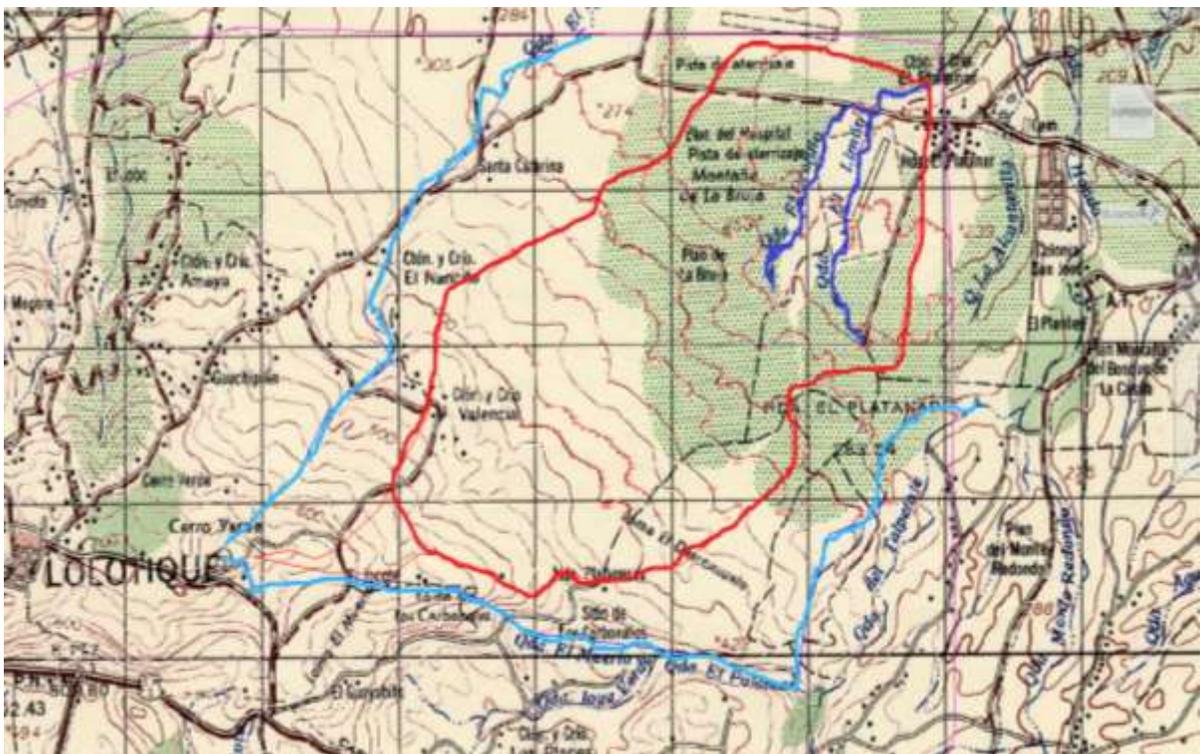
El municipio de Moncagua cuenta con 3 sub cuencas y una micro cuenta, siendo estas: Sub cuenca Guacoco, Sub cuenca El Astillero, Sub cuenca el Salamar Y Micro cuenca El Saltillo, las cuales pertenecen a la cuenca Rio grande, en lo que respecta a la sub cuenca El Astillero, se encuentra el río El astillero y También El Rio El Lagartillo, ubicados específicamente en el Cantón Tangolona, los cuales tienen su mayor afectación en el Caserío El Astillero en el punto donde se unen los dos Ríos antes mencionados generando Inundaciones y Desbordamientos.

Las Quebradas que afectan esta cuenca son: El Almendro, Piedra con Hoyos, La Bolsa, Agua Fría, Ojo de Agua, La Finquita, El Pintadillo, El Uvillal y Peje de Agua., la sub cuenca cubre los cantones La Estancia, El Cerro, Ejidos y una parte de los Cantones, La Fragua, El Rodeo y El Jobo.

La Sub cuenca El Guacoco conocida así por la comunidad (Según el cuadrante 1:5000 del CNR aparece que el tramo de los tres Caseríos evaluados pertenecen a la quebrada El Limón) se encuentra ubicada en el Cantón El Platanar abarcando el 100% de este Cantón y un 25% del Cantón La Fragua afectando El Paso El Ganado de Quebrada El Tempisque y Puente Roto, ya que en este punto se unen las aguas de Las Quebradas, El Limón, El Ocotón y La Montaña.

#### 4.2.2 Delimitación de la Cuenca

Se utilizó el cuadrante cartográfico a escala 1:5000 obtenido del CNR, del año 1982.



**Figura 4.1** Cuenca delimitada en color rojo. Río el Platanar ubicado en azul; en celeste ríos adyacentes a la cuenca. Fuente elaboración propia.

La delimitación de la cuenca se hizo con un método sencillo siguiendo las concavidades de las curvas de nivel encontradas en el cuadrante, trazando paso a paso las líneas de escurrimiento empezando del punto más alto ubicado en Lolotique hasta llegar al punto de interés situado en Cantón El Platanar. Esta línea fue trazada de color rojo para dominar el interés visual. Las líneas de color celeste de los lados representan quebradas adyacentes a la cuenca y por lo tanto ayudan a la delimitación de la misma sabiendo que sus afluentes no aportan caudal a la cuenca. En azul se marcó la trayectoria del río El Platanar conocido como quebrada El Limón.

#### **4.2.3 Parámetros físicos de la cuenca**

Los parámetros físicos de la cuenca El Guacoco han sido determinados por diferentes criterios los cuales se han basado en la observación directa del lugar, las mediciones realizadas con los diferentes equipos topográficos como geodésicos, la inspección de las características del cuadrante topográfico del valle la esperanza 1:50 000 teniendo para ello la recopilación de datos de interés como son los puntos más altos de la cuenca, los puntos más altos del tramo en análisis, la pendiente de la cuenca, la pendiente del río El Platanar, el área de estudio de la cuenca.

Los anchos máximos y mínimos se determinaron por medición directa con cinta en las visitas de campo realizadas al Cantón El Platanar, siendo estos puntos explicados en cada uno de sus apartados.

**Tabla 4.1** Parámetros físicos de Sub-cuenca El Guacoco, sección de Río El Platanar.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observación</b>
Área total	8.9087	Km <sup>2</sup>	El área de la cuenca se ha tomado considerando los accidentes geográficos de las curvas de nivel observadas en el cuadrante geográfico Valle de La Esperanza 1:50 000.
Área rural poblada	2.6042	Km <sup>2</sup>	Esta área es tomada de acuerdo al área afectada por la cuenca. La mayor parte de la población está cerca de los puntos de interés.
Área de cobertura vegetal	6.3045	Km <sup>2</sup>	Esta área está distribuida entre sectores para uso agrícola para cultivos de yuca, maíz, frijol entre otros granos. Otra parte es usada como potrero.
Perímetro	9,336.5	Metros	Se midió usando AutoCADCivil3D 2013.
Longitud del cauce	736	Metros	La longitud fue tomada mediante la unión de puntos utilizando AutoCADCivil3D.
Elevación máxima	251	MSNM	Se tomó en el punto de interés más alto, 50 metros aguas arriba de la pasarela de Caserío San Pablo.
Elevación mínima	219	MSNM	Esta fue tomada en el último punto de interés 20 metros aguas debajo de la calle principal del Caserío Las Campanas.
Pendiente	4.37	%	Está pendiente se calculó tomando en cuenta las elevaciones máxima y mínima.
Ancho mínimo	4	Metros	Se tomaron diferentes anchos en diversos tramos, siendo el valor mínimo medido aguas arriba de la pasarela del Caserío San Pablo.
Ancho máximo	40	Metros	Este se dio en el puente del Caserío Puente Roto debido a que por las bóvedas de paso el cauce se amplía grandemente.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4 Geología y Litología

En la superficie de la quebrada se pueden observar diferentes formaciones rocosas las cuales se ven de manera predominante desde El Caserío San Pablo siendo algunas de estas llevadas por arrastre de la corriente cuando esta se ve presente y otras propias del lugar las cuales forman parte propia de la superficie de la quebrada; incluso forman islas de gran tamaño entre El Caserío Puente Roto y Caserío Las Campanas. Se consideraran más de estos aspectos a continuación.

La quebrada El Limón tiene presencia de 2 tipos de suelo que son vistos de manera superficial los cuales dan una apreciación del comportamiento de las aguas al paso de sus secciones. La parte alta de la quebrada tiene en su mayoría presencia de limos arenosos de granulometría fina, de color café. En esta parte de la quebrada el agua se mueve de forma fluida y no genera estancamientos ni mayores obstrucciones en su paso debido a que está libre el cauce.



**Figura 4.2** En esta imagen se puede apreciar el suelo que posee la quebrada el cual tiene una consistencia firme, pero a la vez una leve presencia de piedras las cuales presentan arrastre cuando hay caudal en el cauce. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

La parte baja de quebrada presenta gran cantidad de rocas las cuales se expanden formando pequeñas islas en la extensión del río. Estas generan leves

estancamientos que muchas veces son ocupados por aguas residuales de las viviendas aledañas a la quebrada, siendo esto un factor que afecta al medio ambiente, y por lo mismo a las personas que tienen sus asentamientos en la cercanía de la llanura de inundación del Rio El Platanar.



**Figura 4.3** En esta imagen se observa como la cantidad de rocas en el cauce generan los estancamientos los cuales son causa de subida en el nivel de agua, contaminación del cauce del rio y proliferación de vectores que transmiten enfermedades. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

#### **4.2.4.1 Elevación del lugar**

La diferencia de elevación en los tramos de análisis de la cuenca es de 32 metros lo cual por ser bastante leve la diferencia a lo largo del trayecto de la quebrada hace que la velocidad aguas abajo no sea un factor que afecte en temporadas de lluvia moderada en cuanto a la erosión del suelo y de las paredes de los taludes ya que estos en su mayor extensión son de roca.

La mayor elevación dada por puntos GPS en el lugar de estudio es de 251 MSNM ubicada en el caserío San Pablo, y la menor elevación está dada en el caserío Las Campanas con 219 MSNM.

## 4.3 Caracterización ambiental

### 4.3.1 Descripción

Esta descripción se da a partir de los reconocimientos de campo realizados el año 2017 entre los meses de abril y agosto observando las diferentes especies observadas y los tipos de suelos observados entre otras características que se explican en los siguientes apartados.

### 4.3.2 Vegetación, biodiversidad

#### 4.3.2.1 Tipos de vegetación

La rivera del río se encuentra poblada por diferentes clases de arbustos, matorrales silvestres y unos cuantos arboles de poca altura (no más de 15 metros en su mayoría) los cuales forman una barrera débil cuando el cauce del río crece y generan estancamientos en algunos tramos.



**Figura 4.4** Muestran la vegetación en diferentes tramos del río, la imagen de la izquierda muestra una zona bastante árida y seca la cual corresponde al Caserío San Pablo 100 metros antes de la pasarela. La imagen de la derecha muestra la vegetación aguas abajo del Caserío Puente Roto. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

Se encuentran arboles de mango, jocote, zapote, papaturro, laurel de la india, cacao, flor de fuego, link, flor de pan, tigüilote, almendros, guayaba silvestre, conacaste, conacaste blanco, Carreto, y arbustos de diferentes tipos.

#### 4.3.2.2 Especies animales observados

En el cauce del río se pudieron observar diferentes especies de animales tanto domésticos como silvestres, entre los domésticos podemos mencionar cerdos, gallinas, gatos, perros, vacas, cabras, peli buey.



**Figura 4.5** Cerdos observados en la zona, son de crianza doméstica. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

Entre las especies silvestres podemos mencionar garrobos, salamandras, iguanas, conejos, cuyos, tortugas, ranas, culebras, sapos, torogoces, alas blanca, palomas de castilla, colibríes, sinzontes, zopes, pericos, ratones, guasalos, cusucos, entre otros no identificados. La mayoría de estas especies hacen sus nidos y madrigueras en los taludes del río y estos se ven afectados con las avenidas. Estas especies no pueden controlarse para que cambien su habitad ya que el río ha dado su espacio para que estas se reproduzcan y crezcan en este.

#### **4.4 Caracterización social**

La población de los diferentes caseríos en la zona de estudio tiene mayor presencia de personas campesinas con ingresos abajo del mínimo teniendo como sostén principal la agricultura y ganadería en menor escala. Tienen diferentes tipos de construcción utilizados en sus viviendas los cuales serán detallados a continuación.

Según El Plan Municipal de Gestión Riesgo de desastres noviembre 2015, Alcaldía Municipal de Moncagua, Departamento de San Miguel, El Salvador) (PMGRD), se tiene una muestra de 50 viviendas y una población de 250 habitantes aproximadamente, distribuidos en los Caseríos San Pablo, Puente Roto y Las Campanas.

##### **4.4.1 Tipos de materiales utilizados en viviendas en las cercanías de la rivera del Rio**

Los asentamientos humanos han sido dados en toda la rivera del rio el platanar debido a la necesidad de abastecerse del agua sin mayores dificultades y la escasez de recursos para hacerse de una propiedad en las zonas más céntricas y altas. Las personas han optado por hacer diversos tipos de viviendas los cuales van desde el uso de varas y adobe artesanal, hasta las pocas viviendas construidas de ladrillo y bloque.



**Figura 4.6** Imagen que muestra la vulnerabilidad de las viviendas debido a su cercanía al río y su tipo de material usado. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

En el caserío san pablo, el primer punto de análisis, cerca de una antena repetidora de señal telefónica las viviendas están construidas de adobe y bloque, siendo las afectadas por las inundaciones 12 casas antes de la pasarela que está ubicada a menos de 100 metros, los habitantes han tomado hacer muros de mampostería de piedra volcánica y algunas piedras del mismo río, y estas casas a su vez cuentan con cercos de madera y alambre.

Vecinos del lugar mencionaron que mientras el invierno sea moderado, la quebrada no presenta mayor riesgo en la parte alta, más que en la pasarela del caserío ya que ahí el río pasa al nivel del paso peatonal dejando incomunicado el caserío con la calle principal que condice al centro del cantón El Platanar



**Figura 4.7** Bordas artesanales usadas como protección en época de lluvia para mitigar el impacto de las aguas contra las viviendas. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).



**Figura 4.8** Vivienda hecha con adobe en las cercanías de la rivera del río con poca altura de talud respecto al cauce. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

En la continuación del trayecto del río, aguas abajo encontramos un entronque donde se junta la quebrada el Ocotillo alimentando el cauce cerca de una vivienda nueva generando una curva en el cauce, con la ventaja que el ancho del río en ese tramo es mayor a los 12 metros y la altura de los taludes es de 4 metros. Este lugar según relatos de los habitantes en la tormenta tropical que tocó el país en el 2011 el nivel de agua alcanzó la altura de la acera de la casa, a pocos centímetros de entrar a la vivienda.

Después de ese entronque de ambas quebradas, hay una zona de estancamientos donde el agua llega hasta la profundidad de un metro y medio y con un ancho del río de 6 metros, y las viviendas ubicadas alrededor han observado que el río se sale de su cauce normal hasta abarcar todo el ancho de calle, y entrar al patio de las viviendas; narraban dos señoras que tenían viviendas ubicadas al final de sus solares, que tuvieron que mover las casitas que habían hecho ya que en un principio ellas habían construido al frente del solar, y tocó desarmar las champas y armarlas en la parte más alejada del cauce del río para evitar que no se metiera el agua.



**Figura 4.9** Estancamiento cercano a viviendas que en época de lluvia genera alto riesgo para los habitantes. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

La evidencia física demuestra la vulnerabilidad a la que están expuestas las personas y a la vez la falta de conocimiento respecto al riesgo que se someten al hacer sus asentamientos en dichos lugares.

Las personas del lugar han tomado la decisión de hacer bordas y muros de forma artesanal utilizando materiales que el mismo río provee como son piedras, tierra, en algunas ocasiones utilizan muros con concreto pero en su mayoría se han usado bordas artesanales con piedra.

#### **4.4.2 Caracterización de los Accesos**

En la zona de Estudio Caserío San Pablo, Puente Roto, Las calles son de Tierra con Relleno de material selecto y piedra suelta, en Caserío Las Campanas en el tramo donde intercepta el agua del cauce de La Quebrada El Limón existe una capa de concreto, que es por donde se lleva a cabo el desbordamiento del cauce en época de lluvia. Se tiene un ancho promedio de 5 metros debido a que todas las calles son de acceso vehicular rural.

#### **4.5 Caracterización hidrográfica**

El río El Platanar se pueden observar en su parte alta poca presencia de aguas debido a que no posee un afluente constante, posee una cuenca que inicia desde Lolotique terminando hasta el punto de interés en Cantón El Platanar. El terreno se ve mayormente ocupado por parcelas cultivadas de maíz, yuca entre otros tipos de cultivos.

El relieve ha sido modificado históricamente perdiendo las propiedades de infiltración del suelo haciendo que el agua valla escurriendo de manera superficial.

Los árboles se encuentran en zonas no planeadas sino que de forma natural dispersos por la cuenca entre formaciones rocosas, pastizales, zonas de cultivos y viviendas.

El área de la cuenca es 8.9087km<sup>2</sup> en total abarcando los diferentes tipos de terreno. Esta es el área tributaria de toda la cuenca que aporta el agua al afluente en tiempo de lluvia. Muchas de las zonas de cultivo han deteriorado el medio natural para poder obtener los espacios adecuados para poder sembrar en estos lugares y obtener la luz solar necesaria.

#### **4.5.1 Cálculo de caudales**

**Calculo de caudal para la Quebrada el Limón, Rio el Platanar.**

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Esta es la fórmula racional con la cual calcularemos el caudal y los términos de esta forma se refieren a:

Q= Caudal

C= Coeficiente de rugosidad

I= Intensidad de lluvia según periodo de retorno

A= Área medida en hectáreas

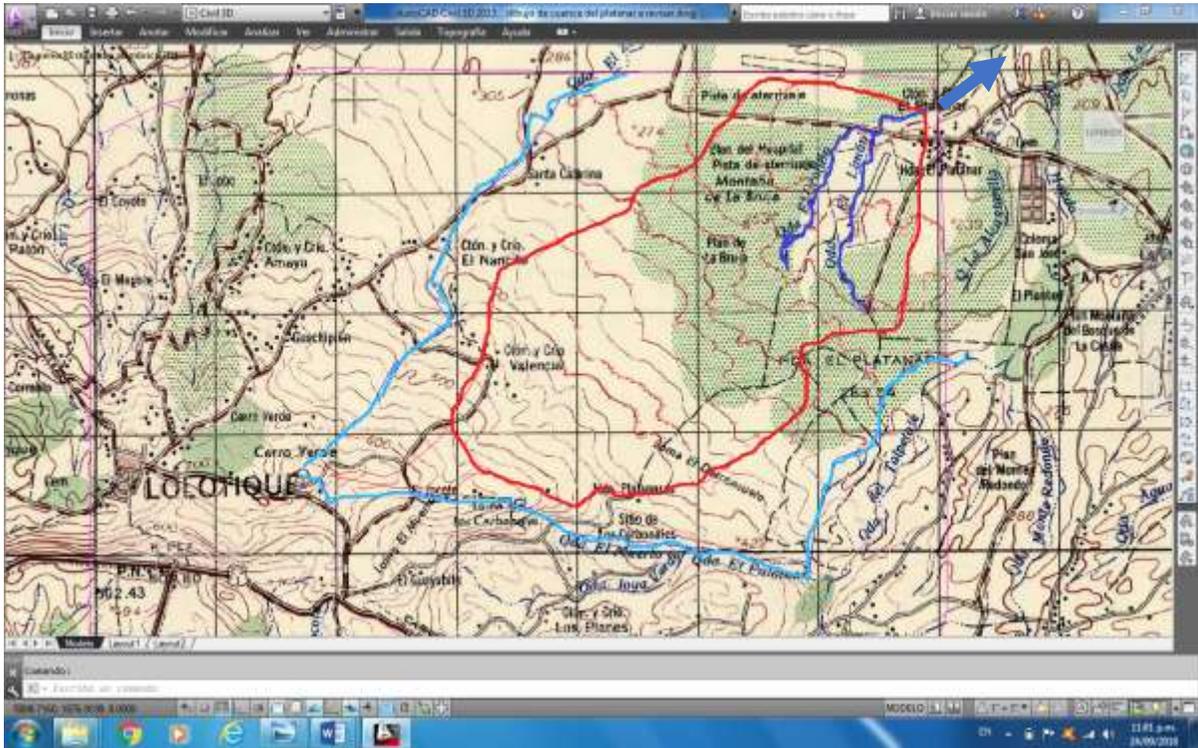
El coeficiente de rugosidad se escoge por medio de tablas y se escoge el área que más se aproxima al terreno medido. Este tipo de terreno es rustico, con presencia de rocas con aristas e irregularidades, lo cual según tablas nos arroja que este número tiene un valor de 0.040 tomado de la siguiente tabla.

**Tabla 4.2** Tabla de coeficiente de rugosidad de Manning

<b>Coefficientes de rugosidad de Manning</b>	
<b>Tipo de canal</b>	<b>Coefficiente (n)</b>
<b>I. Conductos parcialmente llenos</b>	
Acero	0,012
Fundición	0,014
Vidrio	0,010
Cemento	0,011
Mortero	0,013
Hormigón	0,013
Cerámico	0,014
Ladrillo	0,015
Manpostería	0,025
<b>II.- Canales abiertos revestidos o acueductos</b>	
Metal	0,013
Cemento	0,011
Mortero	0,013
Hormigón acabado a llana	0,013
Hormigón acabado en bruto	0,017
Gunita	0,022
Ladrillo	0,015
Manpostería	0,025
<b>III.- Canales excavados</b>	
Tierra canal recto	0,022
Grava canal recto	0,025
Tierra canal con curvas	0,025
Tierra canal con curvas y vegetación	0,030
Tierra canal con curvas y mucha vegetación	0,035
Excavación en roca	0,035
	0,040
<b>IV.- Cauces naturales</b>	
Ríos de meseta rectos y sin ollas	0,030
Ríos de meseta con curvas, piedras y vegetación	0,040
Anterior con ollas y maleza	0,070
Ríos de montaña	0,040
<b>V.- Cauces naturales en avenidas</b>	
Inundaciones en pastizales	0,030
Sobre sembrados no nacidos	0,030
Sobre sembrados nacido	0,040
Sobre monte bajo	0,060
Sobre bosques	0,070

Fuente: Tabla de Manning

El área de la cuenca es tomada del cuadrante nacional Valle La Esperanza considerando sus accidentes geográficos para la delimitación de la misma, de la cual encontramos que el valor del área es de 8.9087km<sup>2</sup> lo cual equivale a 8,908,700 M<sup>2</sup>.



**Figura 4.10** Delimitación de cuenca. Fuente elaboración propia.

El área encerrada en el cuadro de color negro representa el área considerada de influencia del Rio el Platanar conocido en el cuadrante como quebrada El Limón y el área delimitada en rojo representa el área de la cuenca de estudio. Las flechas en azul representan el rio y su dirección de flujo. El color celeste representa las quebradas adyacentes a la cuenca.

$$A = 8,908,700 \text{ m}^2 \times \frac{1 \text{ hectarea}}{10,000 \text{ m}^2} = 980.97 \text{ hectarea}$$

Teniendo el área encontrada se sigue encontrando el tiempo de concentración utilizando la ecuación de Kirpich la cual es la siguiente

$$T_c = 0.000323 \left( \frac{l^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración

L= longitud del cauce del rio

S= pendiente del rio

Se encuentra primero la pendiente

$$S = \frac{\text{altura mayor del cauce} - \text{altura menor del cauce}}{\text{longitud del cauce}}$$

Del plano topográfico se encuentra la mayor elevación del cauce del rio donde se llevó a cabo el análisis es de 251 MSNM y la menor elevación es de 219 MSNM.

Aplicando la fórmula:

$$S = \frac{251\text{m} - 219\text{m}}{736\text{m}}$$

$$S = \frac{32\text{m}}{736\text{m}}$$

$$S = 0.043478$$

Con la pendiente encontrada se sustituye en la ecuación de Kirpich y se tiene que:

$$T_c = 0.000323 \left( \frac{l^{0.77}}{s^{0.385}} \right)$$

$$T_c = 0.000323 \left( \frac{(736m)^{0.77}}{(0.043478)^{0.385}} \right)$$

$$T_c = 0.000323 \left( \frac{161.248586}{0.299043} \right)$$

$$T_c = 0.000323(539.215383)$$

$$T_c = 0.174166h \times \frac{60 \text{ min}}{1h} = 10.44996 \text{ min}$$

Ahora, se encuentra el valor de intensidad de precipitación

$$I = \frac{615Tr^{0.18}}{(D + 5)^{0.685}}$$

De donde;

I= Intensidad de precipitación

Tr= tiempo de retorno

D= Duración de la precipitación

**Sustituyendo en la ecuación para un periodo de retorno de 25 años**

$$I = \frac{615Tr^{0.18}}{(D + 5)^{0.685}}$$

$$I = \frac{615(25)^{0.18}}{(10.4496 + 5)^{0.685}}$$

$$I = \frac{1097.7522}{6.52251}$$

$$I = 168.30 \text{ mm/h}$$

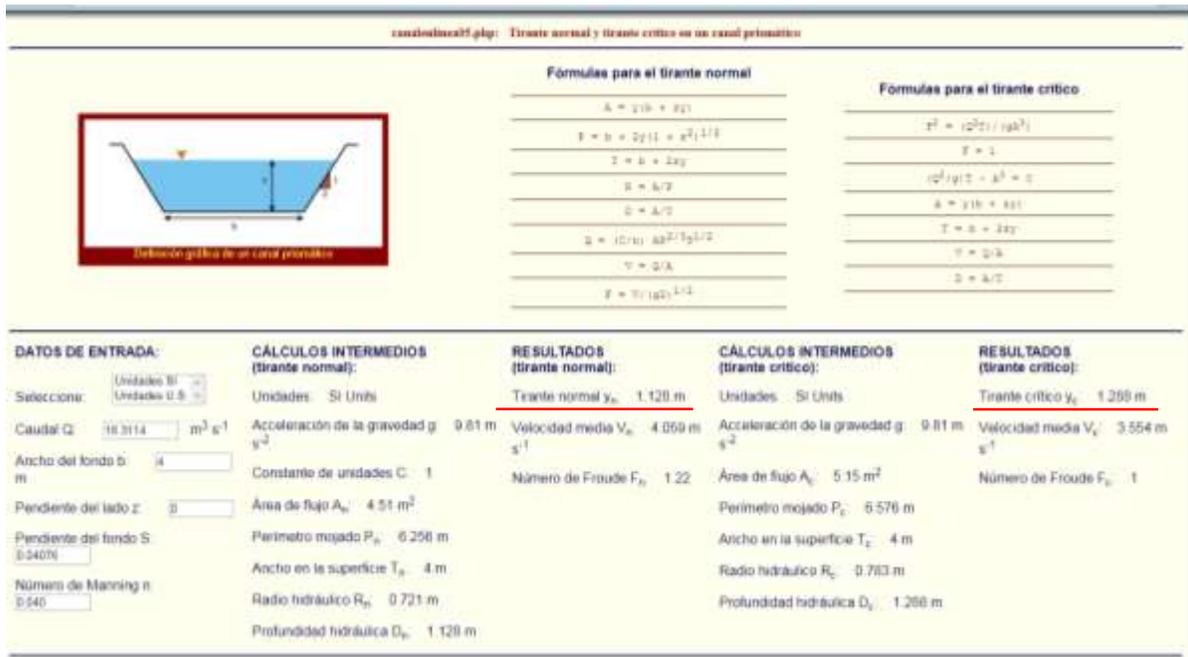
Ahora se sustituye la formula racional con los valores obtenidos

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = \frac{(0.040)(168 \text{ mm/h})(980.97 \text{ hectarea})}{360}$$

$$Q = 18.3114 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este es el caudal encontrado para un periodo de retorno de 25 años, introduciendo estos datos en un software en línea se obtiene el siguiente resultado del tirante



**Figura 4.11** Calculo del tirante con un caudal de 18.3114 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 25 años. Fuente canales en línea.

Estos datos nos indican que el tirante crítico es apenas de 1.288m lo cual es una altura bastante mínima como para considerar un peligro para la población, pero esto no descarta las diferentes condiciones especiales para ser tomadas en cuenta como el exceso de arbustos en la quebrada, el exceso de piedras las cuales generan estancamientos y las obstrucciones repentinas dadas por acumulaciones de basura y caída de árboles.

Para tener un criterio con mayor tiempo se tomara en cuenta periodos de retorno mayores al considerado.

**Para 50 años**

$$I = \frac{615Tr^{0.18}}{(D + 5)^{0.685}}$$

$$I = \frac{615(50)^{0.18}}{(10.4496 + 5)^{0.685}}$$

$$I = \frac{1243.6257}{6.52251}$$

$$I = 190.66653 \text{ mm/h}$$

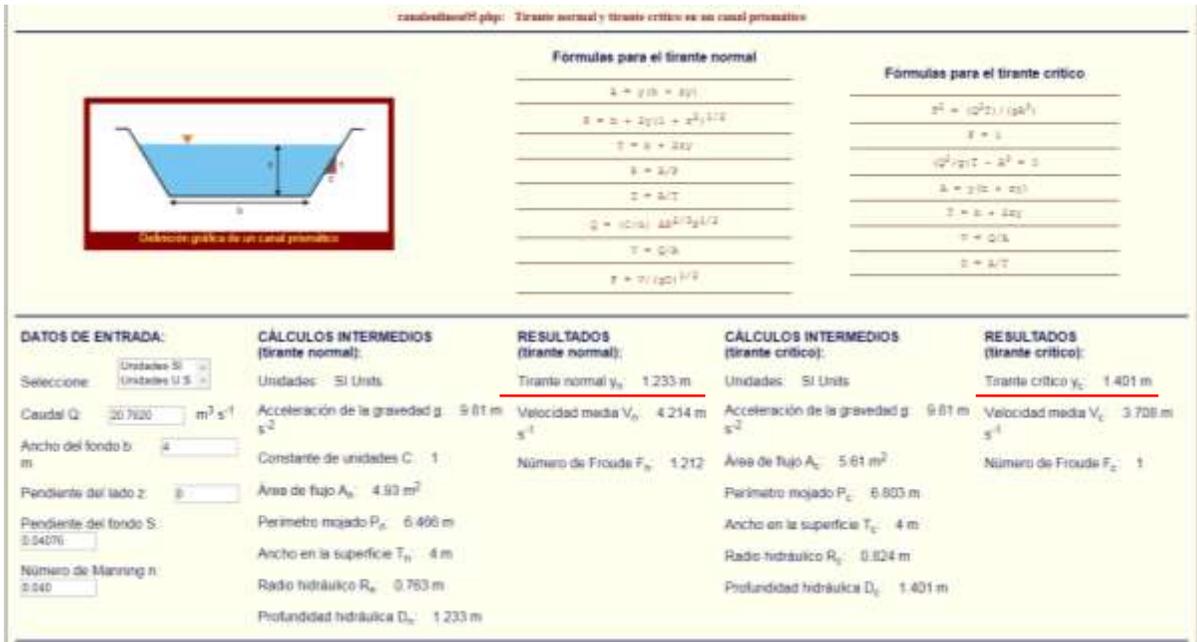
Ahora se sustituye la formula racional con los valores obtenidos

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = \frac{(0.040)(190.66653 \text{ mm/h})(980.97 \text{ hectarea})}{360}$$

$$Q = 20.7820 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este es el caudal encontrado para un periodo de retorno de 50 años, introduciendo estos datos en un software en línea se obtiene el siguiente resultado del tirante.



**Figura 4.12** Calculo del tirante con un caudal de 20.7820 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 50 años. Fuente canales en línea.

Como se observa, en este esquema los resultados obtenidos mediante el cálculo de los tirantes da una leve diferencia de elevación, debido a que el caudal para 50 años aun no sobrepasa la capacidad de la subcuenta en estudio, aun así siempre considerando las situaciones especiales en las que se puede tener estancamientos y formaciones de diques por la basura y arbustos, troncos de árboles y piedras que son parte del terreno natural.

Ahora se hará el cálculo para un periodo de retorno de 75 años

**Para 75 años**

$$I = \frac{615Tr^{0.18}}{(D + 5)^{0.685}}$$

$$I = \frac{615(75)^{0.18}}{(10.4496 + 5)^{0.685}}$$

$$I = 205.10 \text{ mm/h}$$

Ahora se sustituye la formula racional con los valores obtenidos

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = \frac{(0.040)(205.10 \text{ mm/h})(980.97 \text{ hectarea})}{360}$$

$$Q = 22.3552 \text{ m}^3/\text{s}$$

Este es el caudal encontrado para un periodo de retorno de 75 años, introduciendo estos datos en un software en línea se obtiene el siguiente resultado del tirante



También en el área del puente roto hay 3 bóvedas que no superan 1 metro cuadrado de área libre para el paso del agua, que debido a la sedimentación esta área se ve disminuida en su mayor parte del tiempo. Esta genera una crecida del nivel causando colapso en ese tramo inundando en el sector del Caserío San Pablo y parte del puente roto. Si las obras de paso estuvieran diseñadas considerando los eventos climatológicos adecuados con su respectivo periodo de retorno se podría reducir considerablemente esta situación de peligro para los pobladores y sus viviendas.

El tercer punto donde podemos ver el desborde del río es el Caserío Las Campanas y esto se debe a que en este lugar donde se atraviesa la calle, la quebrada no posee un talud que impida el desbordamiento de la quebrada. En este sitio se debe hacer una obra de paso o crear un drenaje subterráneo que sea capaz de soportar el caudal máximo encontrado que es de 22.3552 metros cúbicos por segundo para un periodo de retorno de 75 años.

# **CAPITULO V**

# **ANÁLISIS DE**

# **RESULTADOS**

## **5.1 Análisis de resultados considerando parámetros físicos**

El análisis de resultados de la Evaluación De Riesgo Por Inundación Del Rio El Platanar arroja diferentes tipos de datos los cuales son considerados para ver el riesgo al que están expuestos los pobladores que habitan en la rivera del rio. Estos datos son obtenidos mediante la observación de las condiciones en las que las personas viven y los diferentes tipos de materiales utilizados en las viviendas, las especies encontradas en la zona y la forma que tiene el cauce del rio, las diferentes variaciones que este presenta tanto en su trayectoria como en su elevación respecto a las viviendas.

La ubicación de las viviendas respecto al rio es demasiado cercana ya que no consideraron la llanura de inundación tomando en cuenta la relación de distancia horizontal de 1.5 a distancia vertical de 1; en condiciones climatológicas extremas con lluvias intensas y con incidentes en el cauce como pueden ser árboles que obstruyen el paso, acumulaciones de basura, arrastre de piedras o diferentes materiales tanto naturales de la cuenca como arrojados por las personas.

### **5.1.1 Tipo de caudal**

El caudal en esta quebrada tiene carácter eventual ya que la quebrada El Limón no posee un caudal constante permanente sino que solo cuando las condiciones climatológicas se ven alteradas por la temporada de lluvia es que se da la presencia de agua en este trayecto que es el trayecto inicial considerado en el estudio. La quebrada El Limón conocida como Rio El Platanar tiene otra quebrada adyacente a ella llamada quebrada El Ocotillo, la cual alimenta el caudal rio debajo de la quebrada el limón 180 metros al noreste, pero sin tener mayor trascendencia en esta ya que dicho caudal es también mínimo en temporadas con condiciones climatológicas normales.

## **Aplicación de la formula racional**

El caudal calculado con la Formula Racional nos arroja un valor de  $Q = 18.3114 \text{ m}^3/\text{s}$  obtenido para un periodo de retorno de 25 años,  $Q = 20.7820 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de 50 años y  $Q = 22.3552 \text{ m}^3/\text{s}$  para un periodo de retorno de 75 años; este es un valor teóricamente bajo, pero en condiciones especiales se han generado altas concentraciones de agua en la cuenca debido a estancamientos causados por árboles que obstruyen el paso, por los arrastres de diversos materiales tanto naturales de la cuenca como algunos que no son propios de la cuenca (botellas de plástico, bolsas, utensilios de cocina, artículos del hogar, partes de vehículos entre otras).

## **Aplicación del método de huella máxima o calado critico**

Las alturas de las aguas sobre el cauce no superan los 1.471 metros según datos calculados por medio de un software para el cálculo de tirantes críticos y tirantes normales. Esto si el cauce no tuviera ningún tipo de obstrucción y su ancho fuese constante indicaría que no se representa ningún peligro de inundación, pero debido a las diversas condiciones del cauce, como reducción de área hidráulica y generación de diques por acumulación de basura y sedimentos, el cauce se ve afectado y esto genera que las avenidas generen situaciones de peligro. Lo que si se generaría sería un aumento en la erosión de los taludes por las altas velocidades que alcanzarían las aguas. La altura de los taludes varía según la sección del río, siendo la máxima altura de taludes 4 metros donde se ubica el entronque de las quebradas El Limón (río El Platanar) y la quebrada El Ocotillo y las alturas mínimas son los pasos por 2 calles principales; Una ubicada en el caserío San Pablo, donde se hizo una pasarela como obra de paso para evitar alguna situación de peligro para los pobladores en condiciones de lluvia ya que la elevación de esta pasarela es de 1.90 metros desde el centro del cauce hasta su parte más alta, siendo esta obra de poca ayuda según los pobladores de la zona lo relatan ya que en condiciones de lluvia, al no haber talud

el nivel de agua pasa sobre la calle principal de este cantón dejando el paso de la pasarela obstruido , lo que quiere decir que el agua pasa sobre la calle, siendo este uno de los puntos donde la extensión lateral del agua alcanza hasta los 25 metros respecto al centro de paso de su caudal; la segunda ubicación con alta incidencia de inundación está en el caserío Las Campanas donde no hay taludes que ayuden a mantener el cauce del rio El Platanar bajo el nivel de la calle, con altura mínima respecto a la calle de 0 metros, donde también el caudal del rio pasa sobre una de las calles principales que conduce al centro del cantón El Platanar.



**Figura 5.1** Distancia donde se desplaza el agua desde la pasarela produciendo una huella en El Caserío San Pablo, la línea roja indica desde donde se desplaza el agua a partir del cauce principal la cual alcanza los 25 metros. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

La escorrentía de agua observada en ambos pasos no supera los 5 centímetros de altura en condiciones de temporada seca, aunque ambos lugares tienen diferente área de paso, ya que el área de paso en la pasarela es de 10 metros de longitud y el área de paso en las campanas es de 20 metros de longitud.



**Figura 5.2** Muestra el cauce del río en temporada de verano ubicado después del puente roto, ahí se muestra vegetación de diversos tipos y piedras de diferentes tamaños las cuales representan posibles causantes de estancamientos y obstrucción. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

La presencia de ambos caudales en temporada de lluvia es la que genera que el caserío San Pablo se vea afectado por inundaciones debido a que la geomorfología del río causa avenidas en puntos clave los cuales serán mostrados en los mapas para tener su apreciación y un análisis de sus resultados.



**Figura 5.3** Imagen que muestra uno de los estancamientos que hay entre El Caserío San Pablo y Puente Roto. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

Esta imagen muestra parte del estancamiento del agua que se produce bajo la pasarela, 50 metros aguas abajo.

La parte baja del río tiene 2 Caseríos más, uno de ellos es El Caserío Puente Roto el cual presenta el tramo del río con la mayor extensión en cuanto al ancho del río, pero a la vez presenta formaciones rocosas que simulan islas las cuales impiden el flujo constante del agua y generando inundaciones en algunas viviendas las cuales por la falta de planes estratégicos para la instalación de viviendas en zonas rurales han hecho sus asentamientos en partes bajas y cercanas al agua en temporadas secas, lugares que en temporadas de lluvia se ven directamente afectados por las crecidas del río.



**Figura 5.4** Formaciones rocosas en el cauce que obstruyen el paso y presencia de vegetación. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

La parte más baja estudiada es El Caserío Las Campanas, la cual tiene una calle que el río la atraviesa por arriba de ella ya que no hay puente ni drenaje bajo esta misma, y esa calle se vuelve intransitable en temporadas de lluvia. Este punto conecta a muchas familias que viven en El Caserío Las Campanas con el centro del Cantón El Platanar que es el lugar donde ellos llegan para tomar los buses o los pick up y luego dirigirse a los diversos lugares de empleo.

A continuación se muestra una imagen donde se aprecia una vista lateral del caudal que pasa sobre la calle del Caserío Las Campanas en condiciones normales. Este no representa peligro en condiciones climáticas normales pero se ve gravemente afectado en periodos de lluvia. Las personas quedan restringidas del paso pues no cuentan con ninguna obra de paso que sustente esta necesidad.



**Figura 5.5** Vista de perfil de la calle principal del Caserío Las Campanas. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).



**Figura 5.6** Imagen que muestra la parte del río donde este pasa por encima de la calle del Caserío Las Campanas, y antes de la calle se puede observar estancamientos de agua. Fuente propia (Fotografía tomada en abril de 2017).

Este sector presenta una gran limitante del paso de personas ya que es una calle principal que se encuentra completamente obstruida cuando las condiciones de lluvia generan crecidas, ya que en este punto hay 3 caudales adyacentes, uno es el de la quebrada por sí sola, el otro es el de la quebrada el ocotillo y una tercera quebrada la cual no está identificada por el cuadrante geográfico pero es conocido por los pobladores como “la quebradita”.

## **5.2 Procedimiento y análisis de datos de encuesta**

Utilizando la base de datos creada en el programa Excel se aplicó estadística descriptiva para analizar los datos para evaluar el nivel de conocimiento de los habitantes sobre la peligro y vulnerabilidad a lo que están expuestos. A través de una distribución de tablas de frecuencia y utilizando gráficos de pastel en porcentajes se estimó lo siguiente:

**Tabla 5.1** Resumen de encuesta para análisis de datos

N°	DESCRIPCION	CASERIO SAN PABLO	CASERIO PUENTE ROTO	CASERIO LAS CAMPANAS
1	Clasificación de los habitantes según edades.	26.83%	20.00%	20.93%
	a) Adultos Mayores			
	b) Niños	29.27%	38.33%	41.86%
	c) Personas en edades productivas	43.90%	41.67%	37.21%
2	¿Número de habitantes por vivienda?	13.33%	5.88%	0.00%
	a) 1	26.67%	11.76%	9.09%
	b) 2			
	c) 3	40.00%	23.53%	18.18%
	d) 4	13.33%	41.18%	45.45%
	e) 5 o mas	6.67%	17.65%	27.27%
3	¿Tiempo de habitar el lugar?	20.00%	5.88%	18.18%
	a) 10 años	13.33%	11.76%	9.09%
	b) 15 años	26.67%	29.41%	36.36%
	c) 20 años			
	d) 25 años	33.33%	35.29%	18.18%
	e) 30 años o mas	6.67%	17.65%	18.18%
4	¿Tipo de construcción de la vivienda?	66.67%	47.06%	45.45%
	a) Adobe	20.00%	11.76%	27.27%
	b) Bajareque	6.67%	23.53%	9.09%
	c) Ladrillo de barro			
	d) Lamina	6.67%	17.65%	18.18%
	¿Historial de inundaciones?	53.33%	41.18%	18.18%

5	a) Huracán Mitch, 1998	13.33%	5.88%	36.36%
	b) Huracán Stan, 2005			
	c) Depresión Tropical IDA, 2009	13.33%	11.76%	18.18%
	d) Tormenta Tropical AGATHA, 2010	6.67%	11.76%	18.18%
	e) Tormenta 12-E, 2011	13.33%	29.41%	9.09%
6	¿Altura máxima alcanzada en épocas de lluvia?	13.33%	11.76%	9.09%
	a) De 0.10 metros a 0.50 metros			
	b) De 0.50 metros a 1 metro	33.33%	52.94%	36.36%
	c) De 1 metros a 1.50 metros	13.33%	5.88%	27.27%
	d) De 1.50 metros a 2 metros	13.33%	11.76%	18.18%
	e) De 2 metros a 3 metros	26.67%	17.65%	9.09%
7	¿Tipo de zona inundada?	46.67%	52.94%	45.45%
	a) Habitacional			
	b) Cultivos	20.00%	23.53%	27.27%
	c) Red vial	6.67%	5.88%	9.09%
	d) Potrero	26.67%	17.65%	18.18%
8	Daños mayores reportados	0.00%	0.00%	0.00%
	a) Vida Humana	40.00%	11.76%	54.55%
	b) Daños Materiales			
	c) Daños a Viviendas	46.67%	58.82%	27.27%
	d) Daños Agrícolas	13.33%	17.65%	9.09%
	e) Perdida de Terreno (deslave)	0.00%	11.76%	9.09%

### **5.3 Explicación del esquema de peligrosidad**

El esquema de peligrosidad nos indica los niveles de exposición de las viviendas respecto al alcance que pueda tener por desbordamientos del río debido a estancamientos, por no tomar las medidas pertinentes. Para elaborarlo se utilizó un mapa cartográfico 1,50000 del CNR, recorrido de campo observando huella máxima o calado en viviendas cercanas a la ribera del río.

Los marcadores PROT y OCO hacen referencia a la quebrada El Ocotillo (oco) y al puente perteneciente al Caserío Puente Roto (prot). Estos puntos se han clasificado para demostrar las trayectorias que toma la quebrada y los puntos de interés, los entronques de las otras quebradas adyacentes tanto la que se encuentra entre El Caserío San Pablo y Caserío Puente Roto que es la quebrada El Ocotillo (oco) y la quebrada que se encuentra en El Caserío Las Campanas, conocida como La Quebradita (queb). La trayectoria de la quebrada El Limón conocido como Río El Platanar está enmarcada con los códigos P1 hasta el P33 demostrando el lugar donde pasa el río tocando las 3 comunidades.

El primer punto con alto índice de peligrosidad es en Caserío San Pablo, siendo es el punto de la pasarela, identificado desde P2 hasta P5 donde se encuentra el entronque con la quebrada El Ocotillo, este sector perteneciente al Caserío San Pablo, teniendo afectadas de manera inmediata 12 viviendas las cuales están hechos de diversos tipos de materiales tanto artesanales de construcción como materiales industriales bajo norma.



**Figura 5.7** Vista de la pasarela ubicada en El Caserío San Pablo. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

El segundo punto está en una zona de estancamientos después del entronque de las quebradas El Limón y la quebrada el Ocotillo, antes de llegar al Caserío Puente Roto, donde por la obstrucción del paso del caudal genera un aumento de su nivel en caso de lluvias. Estos son los puntos P6 hasta el P10 indicados en el mapa.



**Figura 5.8** Esta figura muestra la reducción del paso de agua por el Caserío Puente Roto, situación que genera el aumento del nivel del agua. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

Luego del Caserío Puente Roto se da un ensanchamiento de la quebrada el cual da paso de una manera menos agresivo al caudal hasta encontrarse con el paso del Caserío Las Campanas. Este tramo está señalado en color amarillo dando énfasis en que si alguna de las condiciones especiales se cumple en el cauce del río es bastante probable que se genere una crecida que pueda generar pérdidas materiales y de cultivos en el lugar. También en este tramo del Caserío Puente Roto se encuentran diferentes tipos de bordas artesanales de piedra, las cuales son usadas por los pobladores como medida de mitigación del problema de las avenidas.

Estas piedras son colocadas de manera ordenada creando una barrera para impedir que las avenidas causen erosión en los terrenos o sobrepasen los niveles normales y así evitar situaciones de peligro.

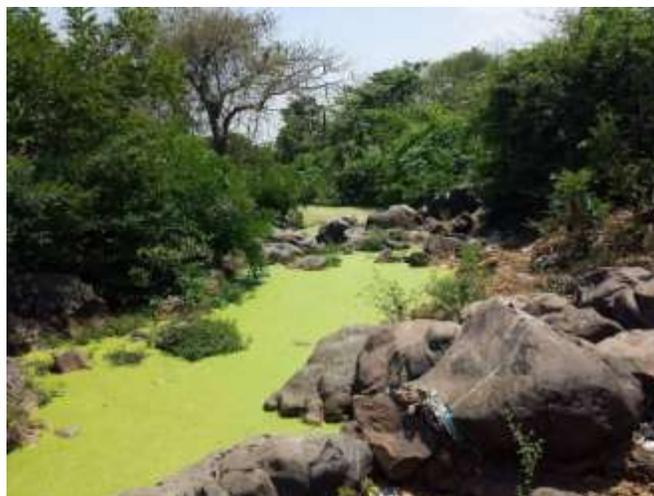


**Figura 5.9** Bordas de piedra hecha por los habitantes del lugar. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).



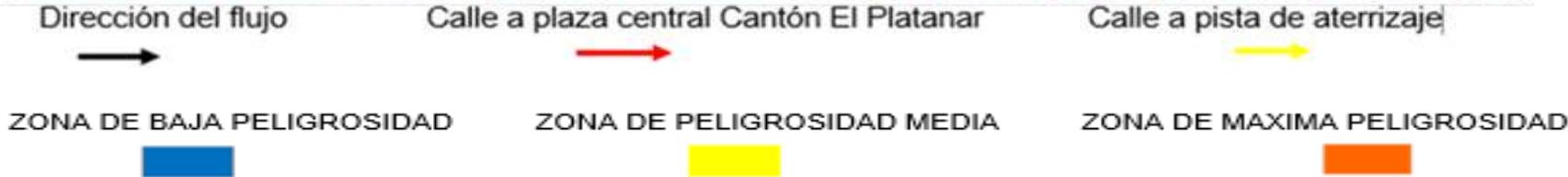
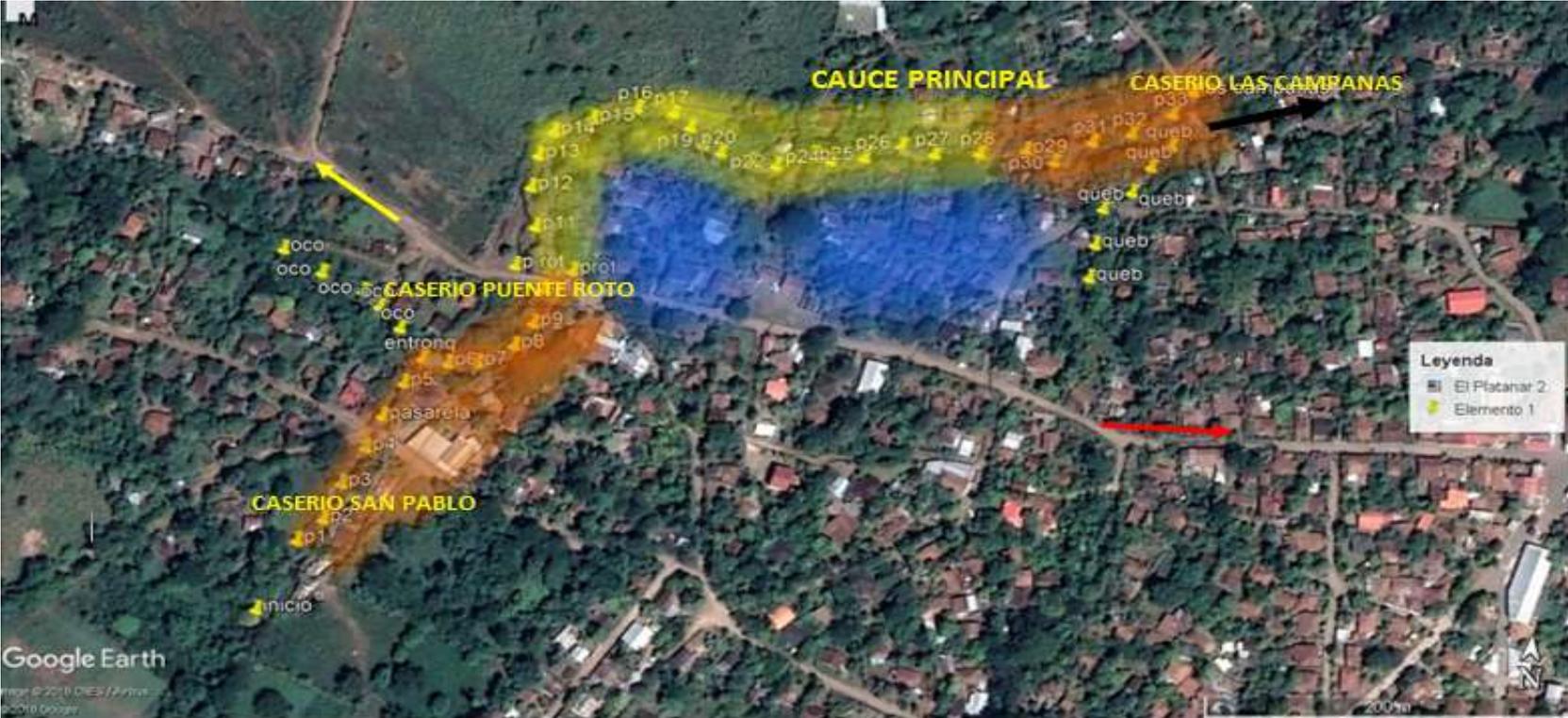
**Figura 5.10** Vivienda sin borda muestra erosión en el talud, situación que a pesar del material de la vivienda representa un riesgo. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

El tercer sitio de interés y señalado con color rojo por su gran peligro en periodos de lluvia es El Caserío Las Campanas, y ha sido marcado como de alta peligrosidad por la falta de un puente o drenaje subterráneo para aliviar el caudal y dejar libre el paso de personas y vehículos.

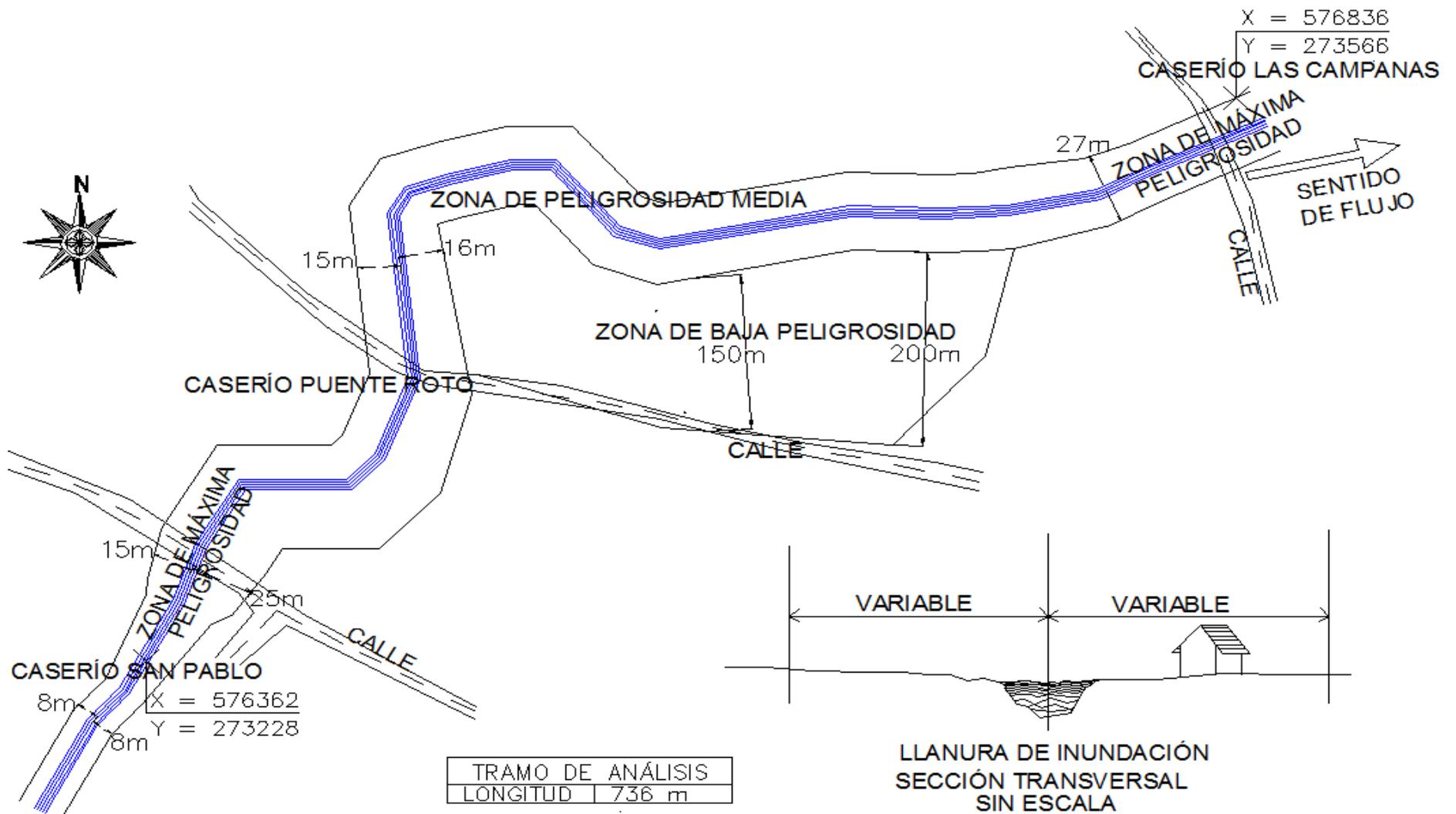


**Figura 5.11** Zona de estancamientos bajo la calle principal del Caserío Las Campanas. Fuente propia (Fotografía tomada en mayo de 2017).

Esquema de peligrosidad de la sub cuenca quebrada El Limón, conocida como Rio El Platanar



**Figura 5.12** Esquema de peligrosidad. En anaranjado se enmarcan los sitios de alta peligrosidad, en amarillo los de peligrosidad moderada y en azul los de zona segura. Fuente: Google Earth (Esquema de ubicación sin escala).



**Figura 5.13** Esquema propuesta de llanura de inundación para evitar desastres en viviendas. Fuente: Elaboración propia (Esquema sin escala).

## 5.4 Medidas estructurales y no estructurales a considerar para la prevención de desastres causados por el Rio El Platanar, Quebrada El Limón

### 5.4.1 Medidas estructurales que van a ser tomadas para la prevención de las inundaciones en el Cantón El Platanar dado al desborde del Rio El Platanar

Se debe construir muros de retención a una altura adecuada según ultimo nivel alcanzado de inundación, su altura deberá ser mayor, y deberá ser construido con materiales soportables, tales como mampostería en la mayoría de casos.



**Figura 5.14** Construcción de muro de retención a orilla de Rio para evitar inundaciones.

Se tiene y debe construir bordas (gaviones), para que en época o evento de inundación el agua no sobrepase la orilla del terreno natural de cada parcelación o vivienda.



**Figura 5.15** Creación de bordas (gaviones) para evitar que el nivel de caudal entre a terreno natural o vivienda.

Creación de sistema de alerta temprana (SAT), El cual consistirá en colocar un poste de concreto de 1 pie de diámetro y 3 metros de alto, juntos a un sensor para el monitoreo de los niveles de crecimiento o decrecimiento de agua en el río, constara con una sirena de alarma junto con bocinas que permitirán transmitir voz para dar indicaciones en caso de emergencia e inundación.

Se realizarán junto a miembros de cada Caserío y viviendas la extracción de piedras, arboles, troncos, vegetación y otros diversos materiales que impidan el libre acceso del flujo de agua, y así evitar estancamientos y por ende el desbordamiento del cauce hacia las parcelaciones y terrenos habitacionales.

Por último, se puede realizar la modificación de las características de la cuenca con tareas de reforestación que incrementen la interceptación del agua de lluvia y reduzcan los caudales en el río.

#### **5.4.2 Medidas no estructurales que van a ser tomadas para la prevención de las inundaciones en el cantón El Platanar dado al desborde del río el platanar**

Se darán capacitaciones a los diversos líderes comunales y propietarios de viviendas con mayor exposición al riesgo de inundación en la cual se hará conciencia de cuál es el peligro al que se exponen. Las capacitaciones se dieron a la cantidad de pobladores presentes y así poder transmitir el mensaje a las demás personas de cómo actuar en caso de tormentas.

Se explicó cómo usar un sistema de alerta temprana del río el cual será un poste de concreto de un pie de diámetro y de 3 metros de altura arriba del nivel más bajo de la quebrada y estarán ubicados cada 200 metros los cuales servirán para una inspección periódica visual desde la mayor cantidad de viviendas posibles

Se explicó cómo utilizar un sistema de alarma, el cual consiste en un pluviómetro digital que se colocara en la parte más alta del área de estudio la cual se encuentra cerca de la antena telefónica, lugar que está despejado de vegetación y se espera brinde los datos más acercados en cuanto a las precipitaciones que se den según el fenómeno de análisis.

El pluviómetro estará conectado a unas bocinas instaladas en lugares estratégicos donde las personas con mayor riesgo escucharán de manera directa y así podrán evacuar sus viviendas de forma segura donde se conducirán a lugares donde no sean vulnerables. Se les dará una guía prevención de buenas prácticas para evitar situaciones de peligro por inundación en El Río El Platanar. Los pasos se presentan a continuación:

## **Guía de prevención de buenas prácticas para evitar situaciones de peligro por inundación en El Río El Platanar.**

1. Incentivar al comité local de Protección civil, Asociación de Desarrollo comunal de Cantón El Platanar, a reactivar un plan de contingencia y prevención ante futuras inundaciones por parte del Río El Platanar.
2. Coordinación con Unidad de Medio Ambiente de la Municipalidad de Moncagua, comité de protección civil de Cantón El Platanar, a trabajar en conjunto en elaboración de plan de protección ante evento de desastres por Inundaciones y definir actores que serán partícipes de ello.
3. Realizar una cadena logística donde se involucren Alcaldía Municipal de Moncagua, Protección Civil Municipal, Unidad de Medio Ambiente, comité de protección civil de Cantón El Platanar, para la implementación de las acciones de respuesta ante evento de Inundaciones.
4. Inspeccionar en detalle el cauce aguas arriba y aguas abajo, con el fin de observar e identificar los obstáculos al flujo natural de la corriente de agua.
5. Efectuar la limpieza del cauce utilizando equipo, herramientas y el personal, de acuerdo con las necesidades. Se deben retirar los troncos, ramas, basuras, material de sedimentos y demás obstáculos que obstruyen el libre flujo de agua.
6. Establecimiento de bandas que protejan el cauce. Consiste en establecer bandas de vegetación de ribera en todos los bordes de los cauces cuyas principales funciones son retener nutrientes y otras sustancias procedentes de terrenos agrícolas o de escorrentías de la infraestructura (la vegetación actúa como filtros verdes de depuración) y retener sedimentos.

7. Plantaciones de ribera. Aunque en un proyecto de verdadera restauración fluvial debería ser el río el que de forma natural restableciera las comunidades vegetales. Deben elegirse muy bien todas las especies y las formas de su plantación, así como destinarse recursos suficientes para el mantenimiento prolongado que pueda garantizar el éxito de las mismas.
8. Colaborar de manera periódica en campañas de limpieza del cauce del río y en brindar charlas para generar conciencia en los pobladores para evitar la exposición al peligro en periodos de lluvia futuros.
9. Restauración de taludes erosionados mediante técnicas de ingeniería.
10. Realizar una limpieza profunda, ya que existe numerosa vegetación establecidas sobre lecho del río, además de árboles caídos y ramas bajas que en conjunto reducen la sección del cauce y obstaculizan el flujo hidráulico.
11. No arrojar desperdicios, escombros o basuras al lecho de los ríos y quebradas, pues estos no dejan que el agua corra libremente y pueden generar represamientos e inundaciones.
12. Rocería de taludes y zonas de retiro de la quebrada.: La rocería de taludes y zonas de retiro consiste en el corte de material vegetal incluyendo árboles que estén invadiendo el cauce o volcados sobre éste y la recolección de escombros y basuras en el área aledaña a lado y lado de las quebradas y la disposición del material en sitios donde no contamine, ni ocasione perjuicios y debidamente autorizados.
13. Creación de obras de Ingeniería Civil (medidas estructurales) en cada una de las viviendas con mayor riesgo a inundación mediante previa capacitación sobre sistemas constructivos a emplearse en cada una de ellas.

# **CAPÍTULO VI**

## **CONCLUSIONES Y**

### **RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

El Rio El Platanar es un lugar el cual presenta una apariencia pacifica para los pobladores y habitantes de la zona en la mayoría de su tiempo, dado que no hay un caudal el cual pueda generar un riesgo, pero debido a su geomorfología, sus formaciones rocosas a lo largo del trayecto ha demostrado en fenómenos naturales importantes como el huracán Mitch, la tormenta tropical 12-E, tormenta Agatha que genera una amenaza latente a los pobladores del lugar. Los resultados obtenidos con la formula racional arrojan datos que analíticamente no representan una amenaza para los pobladores, ya que las elevaciones del tirante critico no sobrepasan la altura promedio de los taludes, más que en 2 puntos que son la pasarela en El Caserío San Pablo y la calle principal del Caserío Las Campanas.

Las personas al no contar con los recursos económicos suficientes y con la capacitación para hacer conciencia del peligro al cual se encuentran expuestos es difícil de tratar o capacitar debido a que muchos de ellos utilizan sus aguas para hacer reservorios, regadíos en temporadas de cultivos y para pesca en menos escala (esta se menciona así ya que es solo para alimentarse y subsistir, no es para comercializar).

El informe muestra datos limitados en cuanto a algunos aspectos descriptivos ya que la zona por ser de bajos ingresos económicos tiene problemas de vulnerabilidad social los cuales son reflejados en los jóvenes y el alta presencia delincriminal del lugar.

Los datos teóricos del caudal calculados con la formula racional nos arroja un valor de tirante bastante bajo, pero como dicha fórmula no considera los eventos especiales como son el arrastre de un árbol, la reducción del cauce por formaciones rocosas, las obras de paso que reducen significativamente los caudales, ni los caudales Flash Flow; así que por lo tanto se toman en cuenta los datos históricos de los pobladores, las huellas encontradas en algunas de las viviendas y los registros de los documentos de la Alcaldía Municipal de Moncagua para la realización del mapa de peligrosidad.

## RECOMENDACIONES

Si los pobladores pudieran tener mayor presencia en labores sociales y colaborar con líderes comunales de diversas índoles se podría hacer un estudio más detallado y con datos más acercados a la realidad de todos y cada uno de los pobladores que se ven afectados. Muchas veces se ha llamado para realizar talleres de prevención contando solo con cantidades menores al 20% de la población

Generar una conciencia ambiental en los pobladores para hacer inspecciones rutinarias en el cauce del río para poder retirar sedimentos o materiales que puedan obstruir el paso de las aguas libremente por el cauce.

Crear jornadas de limpieza tanto preventiva como correctiva en los puntos de mayor influencia de escombros para evitar inundaciones repentinas por acumulaciones de basura.

Se recomienda el replanteo del diseño de las obras de paso existentes para evitar reducciones en los cauces y la construcción de nuevas obras en lugares donde fueran necesarias. Esta recomendación se hace a las autoridades locales para tomar cartas en el asunto

Se recomienda tener una mayor cantidad de registros históricos ya que las autoridades correspondientes tienen que tomar cartas en el asunto para generar un plan de desarrollo comunal para involucrar a los jóvenes y así poder incluirlos en los planes de riesgo y así trabajar como una comunidad unida.

Dado que los habitantes no poseen las condiciones económicas necesarias como para desplazarse de sus viviendas se recomienda la construcción de bordas estructurales las cuales ayuden a mitigar el problema de inundación y erosión del suelo en las viviendas de los diversos caseríos. Esto no resolvería el problema de inundación pero si les daría tiempo para poder evacuar.

Una de las medidas necesarias a implementar para evitar inundaciones es necesario movilizar a los habitantes de su vivienda, y aunque esta sea una de la más difíciles pero sería la que va terminar con las condiciones de vulnerabilidad.

## BIBLIOGRAFIA

- TRABAJO DE GRADO: PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA EN LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR PRESENTADO POR: ABILIO MARQUEZ MARQUEZ, ROBERTO CARLOS MELARA BENAVIDES  
  
PARA OPTAR AL GRADO DE: INGENIERO CIVIL  
  
DOCENTE DIRECTOR: ING. DAVID ARNOLDO CHÁVEZ SARAVIA  
  
JUNIO 2014  
  
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA
- Boletín informativo para la clasificación entre el riesgo y peligro  
[http://www.essalud.gob.pe/downloads/ceprit/BoletinCPR03\\_.pdf](http://www.essalud.gob.pe/downloads/ceprit/BoletinCPR03_.pdf)  
  
Boletín informativo, centro de prevención de riesgos del trabajo, año 1n°03Julio 2013
- <http://www.chms.es/es/chms/planificacionhidrologica/recursoshidricos/fenomenos-extremos/riesgo-de-inundacion-en-la-cuenca>  
  
Conferencia Hidrográfica del MIÑO-SIL, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Plan Hidrológico Nacional 2016-2021
- blog de participación pública donde se discuten las diversas medidas para la mitigación de riesgos a inundación tanto estructural como no estructural.  
Daniel Novillo López  
<http://www.eoi.es/blogs/danielnovillo/2012/04/26/elriesgo-de-inundacion-medidas-estructurales-y-medidas-no-estructuralesherramientas-para-la-cuantificacion/> Abril 2012, blog en línea

- Equipo de respuesta para emergencias comunitarias donde se muestran diversas causas y las medidas a tomar en cuenta para enfrentar el desastre <http://www.cert->

[la.com/downloads/manuals/Spanish/Hazard3\\_Floods\\_PM\\_Jan2011\\_spa.pdf](http://www.cert-la.com/downloads/manuals/Spanish/Hazard3_Floods_PM_Jan2011_spa.pdf)

## MANUAL DEL PARTICIPANTE - CAPACITACIÓN BÁSICA CERT ENERO

2011

- Datos de vulnerabilidad ambiental de El Salvador presentados en página informativa de la prensa gráfica presentado en año 2015, periódico nacional <http://www.laprensagrafica.com/2015/06/23/el-salvador-mejora-datos-devulnerabilidad-ambiental#sthash.pC4eloAb.dpuf>

Noticia de periódico nacional La Prensa Gráfica, junio 2015

- <http://desastresnaturalesde.blogspot.com/>

El salvador es vulnerable a desastres naturales

La creación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales MARN y del Sistema Nacional de Estudios Territoriales SNET; Ley de Medio Ambiente de Áreas Naturales Protegidas y del Sistema de Protección Civil; Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial.

- <http://www.monografias.com/trabajos96/cuencas-hidrograficas/cuencashidrograficas.shtml#ixzz4bpzWUNTU>

Autor: Barreto Huayascachi Cristian

Magno Espinoza Jorge Luis

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN, PERU

FACULTAD DE AGROPECUARIA Y NUTRICION

ESPECIALIDAD DE DESARROLLO AMBIENTAL

PROFESOR: ING. ATENCIA GUERRA GUILLERMO

- Díaz Zelaya, David Otoniel, Paiz Días Velis Alirio., Sorto, Fátima Elizabeth (2009). ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA DE LA LAGUNA DE OLOMEGA Y ZONIFICACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LOS ALREDEDORES DE LA LAGUNA. Trabajo de Graduación para obtener el Título de Ingeniero Civil. Universidad de El Salvador.
- Ejemplo de cálculo de caudal por el método racional <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/determinacion-de-caudales-maximoscon-el-metodo-racional/>
- Página para cálculo de canales en línea utilizando datos generales para la creación de tirantes críticos y tirantes normales en función del caudal. <https://ponce.sdsu.edu/canalenlinea05.php>
- Imágenes Usadas Para La Esquematizacion De Las Bordas A Utilizar [Http://Archivo.Elsalvador.Com/Mwedh/Nota/Nota\\_Completa.Asp?Idcat=6375&Idart=2710062](Http://Archivo.Elsalvador.Com/Mwedh/Nota/Nota_Completa.Asp?Idcat=6375&Idart=2710062)
- imágenes usadas para la esquematizacion de los muros de contención [https://www.google.com/search?q=muros+de+contencion+en+rios&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj0poOjwczbAhUD2IMKHek4DkQ\\_AUICigB&biw=1920&bih=925#imgrc=0v\\_BeE0GI798PM:](https://www.google.com/search?q=muros+de+contencion+en+rios&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj0poOjwczbAhUD2IMKHek4DkQ_AUICigB&biw=1920&bih=925#imgrc=0v_BeE0GI798PM:)
- Elías Antonio Saca González, Presidente de La República. René Mario Figueroa Figueroa, Ministro de Gobernación. P. (24 de Mayo de 2006).

Reglamento General de La Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres. Dado en Casa Presidencial: San Salvador, El Salvador.

- Alcaldía Municipal de Moncagua. P. Noviembre 2015. Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres Noviembre 2015. Alcaldía Municipal de Moncagua, Departamento de San Miguel, El Salvador. Pág. 6,9,14-15.
- Carles Fernández-Lavado. San Salvador, marzo 2010. Caracterización de la Inundabilidad en el Área Metropolitana de San Salvador. (En línea). Agosto 2018. Disponible en: <http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2015/01/Caracterizacion-inundaciones-San-Salvador.pdf>
- Certicalia. Estudio de inundabilidad. (En línea). Agosto 2018. Disponible en: <https://www.certicalia.com/estudio-inundabilidad/que-es-el-estudioinundabilidad>
- Cienciaplus/laboratorio. El IGME haya un nuevo método para prevenir inundaciones y avenidas. (En línea). Agosto 2018. Disponible en: <http://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-igme-halla-nuevometodo-prevenir-inundaciones-avenidas-20120214191807.html>
- Juan Pedro Martín Vide. Ingeniería de ríos. (En línea). Agosto 2018. Disponible en: <https://es.slideshare.net/LOSHVID/ingenieria-de-rios-martin-vide>

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1.**

## **GLOSARIO**

**Cuenca:** Extensión de terreno más ancha y menos profunda que un valle, cuyas aguas se vierten en un río, en un lago o en el mar.

**Quebrada:** Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de un micro cuenca.

**Cauce:** Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, un canal o cualquier corriente de agua.

**Flujo:** Movimiento de un fluido.

**Peligro:** Es todo fenómeno o acontecimiento de cierta magnitud que afecte, con valoración social negativa, a un gran número de población. La magnitud del acontecimiento estaría dada por la cuantía de daños provocados, ya sea sobre las propiedades, las personas, o sobre ambas a la vez.

**Vulnerabilidad:** Es el grado de daños que las personas u objetos pueden sufrir al manifestarse la inundación. Es un valor muy difícil de obtener, pues interviene una multitud de variables que van desde económicas, sociales y políticas. La vulnerabilidad se manifiesta en condiciones débiles de un territorio y en las dificultades de la población expuesta a sufrir daño para recuperarse posteriormente.

**Riesgo:** Es el grado o medida en que el fenómeno natural puede producir daños materiales y humanos.

**Evacuación:** Se refiere a la acción o al efecto de retirar personas de un lugar determinado. Normalmente sucede en emergencias causadas por desastres, ya sean naturales, accidentales o debidos a actos bélicos y en temblores o sismos.

**Desastre:** Hace referencia a las enormes pérdidas materiales y vidas humanas ocasionadas por eventos o fenómenos naturales, como terremotos, inundaciones, tsunamis, deslizamientos de tierra, y otros.

**Inundación:** Es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de esta, por desbordamiento de ríos, torrentes o ramblas, por lluvias torrenciales, deshielo, por subida de las mareas por encima del nivel habitual, por maremotos, huracanes, entre otros.

**Huracán:** Es un viento de fuerza extraordinaria que forma un torbellino y gira en grandes círculos. El huracán suele originarse en las zonas tropicales y, desde el momento de su nacimiento, comienza a expandir su diámetro.

**Tormenta tropical:** Es un fenómeno meteorológico parte de la evolución de un ciclón tropical, en tanto, se está en condiciones de hablar de una tormenta de este tipo cuando la velocidad promedio del viento, durante el transcurso de un minuto, alcanza cifras dentro del rango de los 63 a los 118 km/h.

**Avenida:** Es la elevación del nivel de un curso de agua significativamente mayor que el flujo medio de este. Durante la crecida, el caudal de un curso de agua aumenta en tales proporciones que el lecho del río puede resultar insuficiente para contenerlo. Entonces el agua lo desborda e invade el lecho mayor, también llamado llanura aluvial.

**COE:** Centros de Operaciones de Emergencia.

**MINSAL:** Ministerio de Salud de El Salvador

**ANEXO 3.**

**Universidad de El Salvador  
Facultad Multidisciplinaria Oriental  
Departamento de Ingeniería y  
Arquitectura**



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN CASERÍO SAN PABLO, CASERÍO PUENTE ROTO Y CASERÍO LAS CAMPANAS, DE LA SUBCUENCA RIO EL PLATANAR, CANTÓN EL PLATANAR, MUNICIPIO DE MONCAGUA, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL”**

**RESUMEN DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO-INDIVIDUAL**

**Datos generales.**

1) Clasificación de los habitantes según edades.

- a) Adultos Mayores
- b) Niños
- c) Personas en edades productivas

2) ¿Número de habitantes por vivienda?

- f) 1
- g) 2
- h) 3
- i) 4
- j) 5 o mas

3) ¿Tiempo de habitar el lugar?

- f) 10 años
- g) 15 años
- h) 20 años
- i) 25 años
- j) 30 años o mas

- 4) ¿Tipo de construcción de la vivienda?
- e) Adobe
  - f) Bajareque
  - g) Ladrillo de barro
  - h) lamina
- 5) ¿Historial de inundaciones?
- f) Huracán Mitch, 1998
  - g) Huracán Stan, 2005
  - h) Depresión Tropical IDA, 2009
  - i) Tormenta Tropical AGATHA, 2010
  - j) Tormenta 12-E, 2011
- 6) ¿Altura máxima alcanzada en épocas de lluvia?
- f) De 0.10 metros a 0.50 metros
  - g) De 0.50 metros a 1 metro
  - h) De 1 metros a 1.50 metros
  - i) De 1.50 metros a 2 metros
  - j) De 2 metros a 3 metros
- 7) ¿Tipo de zona inundada?
- e) Habitacional
  - f) Cultivos
  - g) Red vial
  - h) potrero
- 8) Daños mayores reportados
- f) Vida Humana
  - g) Daños Materiales
  - h) Daños a Viviendas
  - i) Daños Agrícolas
  - j) Perdida de Terreno (deslave)

## ANEXO 4.

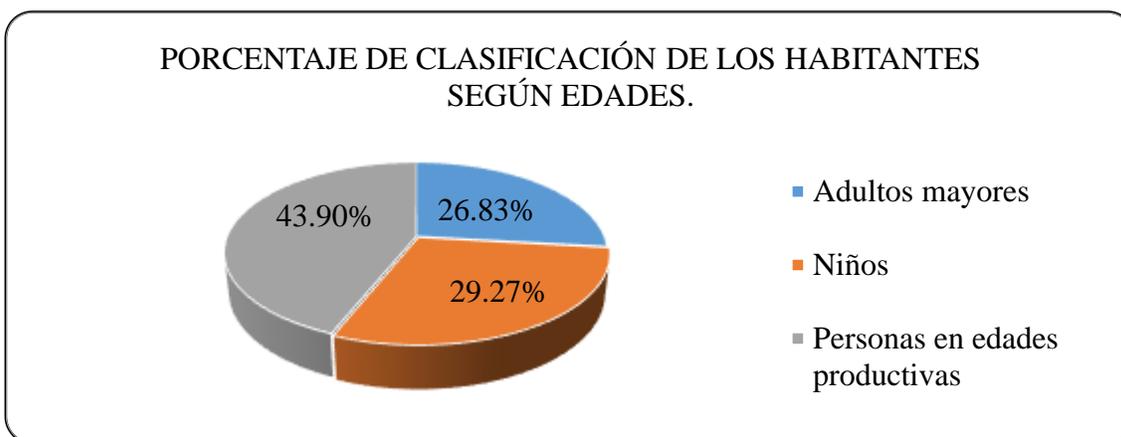
### Análisis de datos de Caserío San Pablo

1. La mayoría de los habitantes encuestados estuvo en el rango de personas de edades productivas con un porcentaje del 43.90%.

Los resultados de presentan en la siguiente tabla.

CLASIFICACIÓN DE LOS HABITANTES SEGÚN EDADES		
RANGO DE EDAD	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
Adultos mayores	11	26.83%
Niños	12	29.27%
Personas en edades productivas	18	43.90%
<b>TOTAL:</b>	<b>41</b>	<b>100.00%</b>

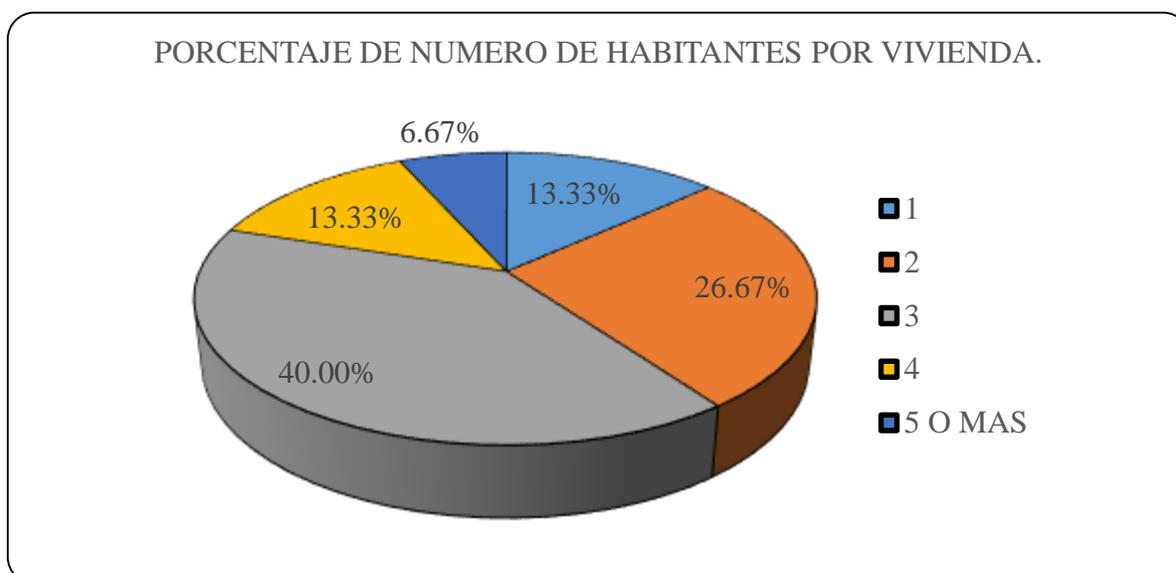
Representación gráfica de las edades de los habitantes.



2. Se determinó que el 40.00% es el valor mayor, presenta que en las casa de habitación se encuentran 3 personas por familia. Y en la minoría se encuentra el 6.67% con una cantidad de 5 o más personas por vivienda. Se muestra en la tabla siguiente.

NUMERO DE HABITANTES POR VIVIENDA		
RANGO DE HABITANTES	CANTIDAD DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
1	2	13.33%
2	4	26.67%
3	6	40.00%
4	2	13.33%
5 O MAS	1	6.67%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

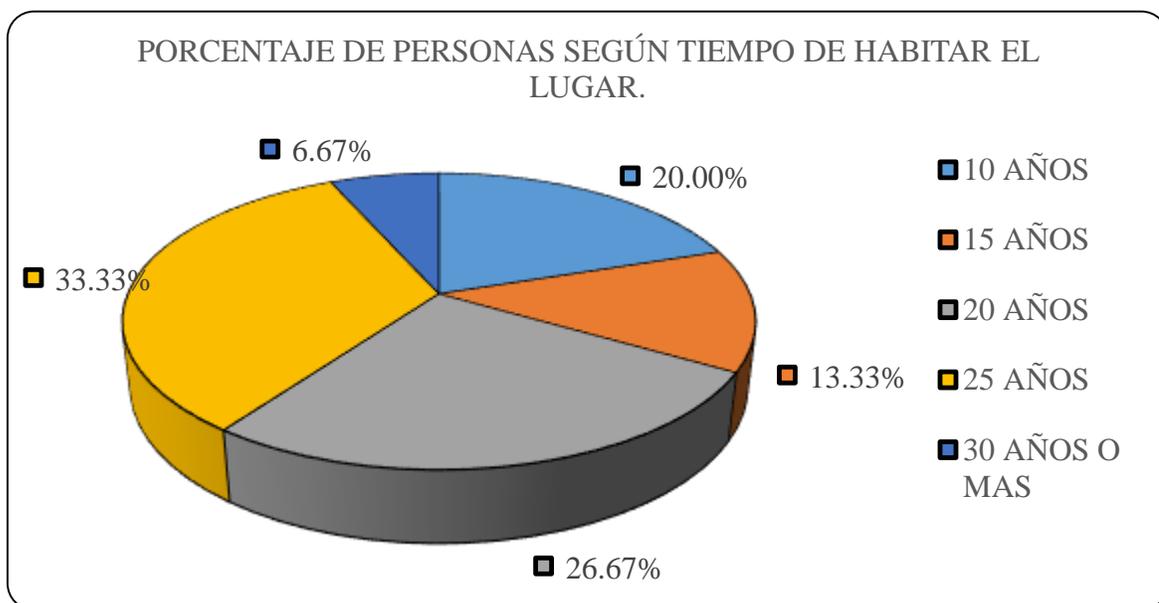
Representación gráfica de la cantidad de habitantes por vivienda.



3. Se determinó que el 33.33% de las personas encuestadas en las viviendas a riberas del río en el Caserío San Pablo, su tiempo de habitar es de 25 años. La minoría de habitantes con un 6.67%, su año de habitar son 30 años o más. Se presentan a continuación en la tabla.

<b>PROPORCIÓN DE PERSONAS SEGÚN TIEMPO DE HABITAR EN EL LUGAR</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
10 AÑOS	3	20.00%
15 AÑOS	2	13.33%
20 AÑOS	4	26.67%
25 AÑOS	5	33.33%
30 AÑOS O MAS	1	6.67%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

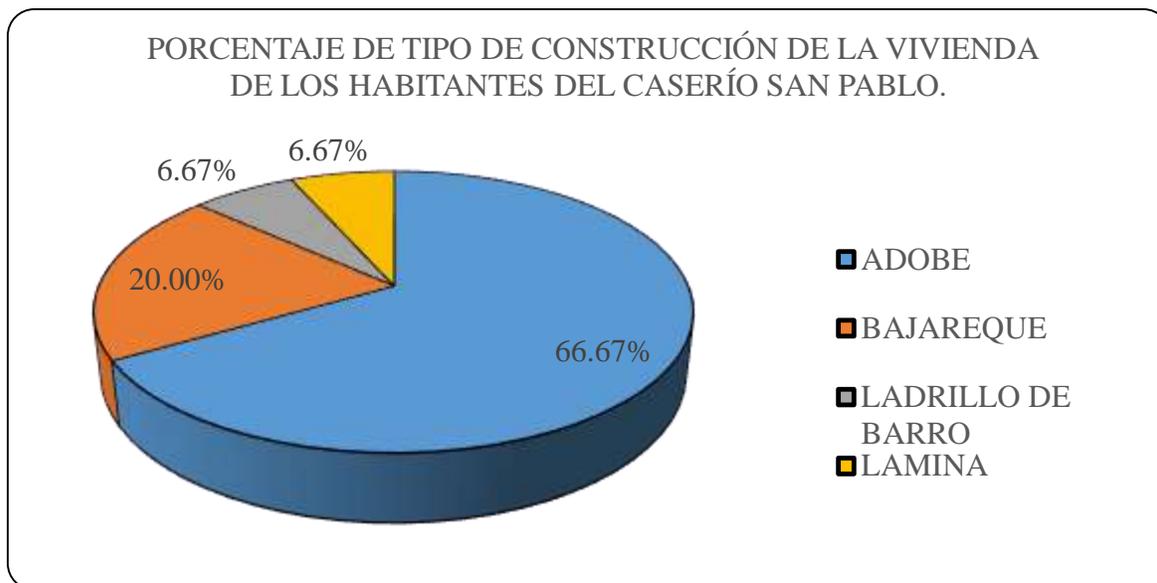
Representación gráfica de la cantidad de habitantes por vivienda.



4. Se determinó que el 66.67% de los habitantes de viviendas a ribera del río en el Caserío San Pablo, tienen Viviendas construidas de material de adobe, se observa que este tipo de viviendas son las más construidas por los habitantes de este Caserío, vivienda tipo bajareque con un 20.00%, viviendas de tipo lamina con un 6.67 %, vivienda tipo ladrillo de barro con un 6.67% este tipo de construcción son mínimas en este lugar.

TIPO DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
ADOBE	10	66.67%
BAJAREQUE	3	20.00%
LADRILLO DE BARRO	1	6.67%
LAMINA	1	6.67%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

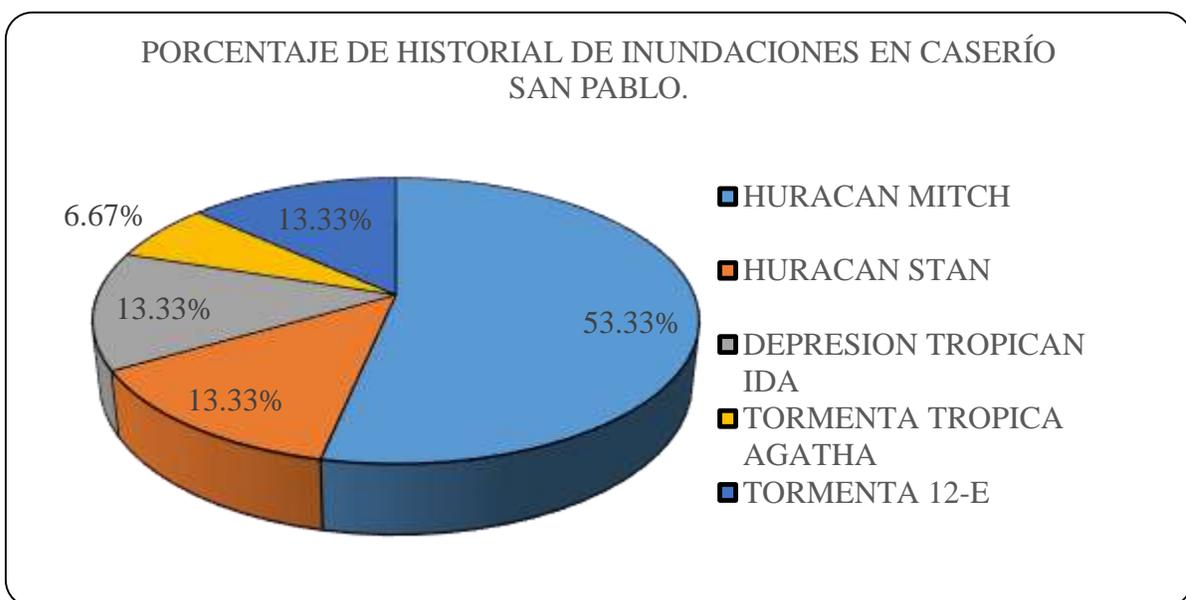
Representación gráfica del tipo de construcción de las viviendas.



5. Se identificó el historial de inundaciones con la opinión de los habitantes del Caserío San Pablo, la mayoría habitantes recordó más las inundaciones por el huracán Mitch con un porcentaje del 53.33%, el huracán Stan, tormenta 12-E, depresión tropical Ida, estos con un porcentaje del 13% cada uno. Quedando con un porcentaje mínimo la tormenta trópica Agatha con un 6.67% la cual recuerdan los habitantes.

<b>HISTORIAL DE INUNDACIONES EN CASERÍO SAN PABLO</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
HURACAN MITCH	8	53.33%
HURACAN STAN	2	13.33%
DEPRESION TROPICAL IDA	2	13.33%
TORMENTA TROPICA AGATHA	1	6.67%
TORMENTA 12-E	2	13.33%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

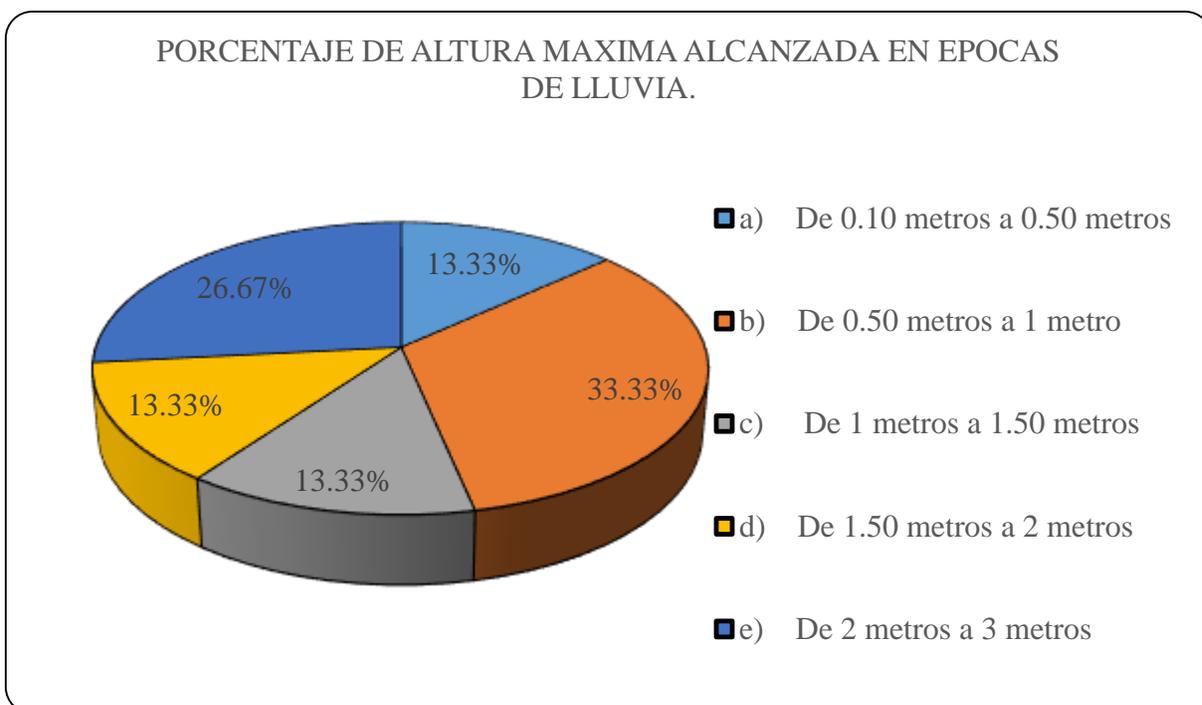
Representación gráfica del tipo de construcción de las viviendas.



6. Se determinó que el 33.33% de los habitantes opino que la altura máxima alcanzada en épocas de lluvia en Caserío San Pablo es de 50 cm a 1m.

<b>ALTURA MAXIMA ALCANZADA EN EPOCAS DE LLUVIA</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
a) De 0.10 metros a 0.50 metros	2	13.33%
b) De 0.50 metros a 1 metro	5	33.33%
c) De 1 metros a 1.50 metros	2	13.33%
d) De 1.50 metros a 2 metros	2	13.33%
e) De 2 metros a 3 metros	4	26.67%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

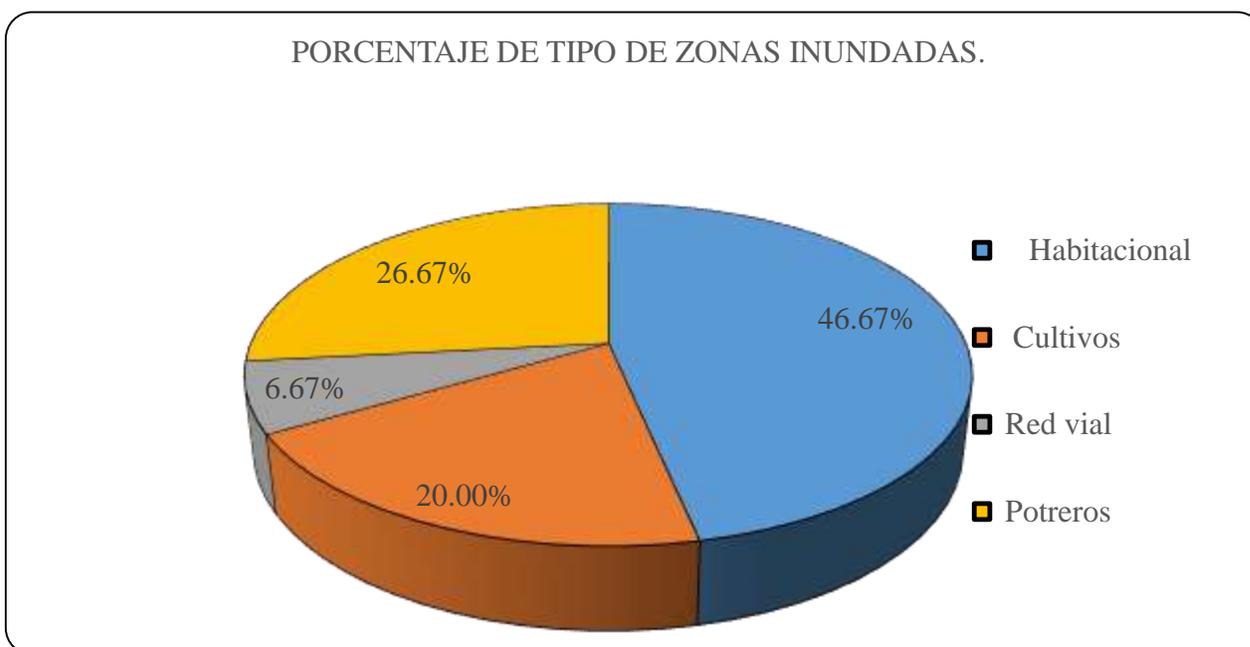
Representación gráfica de altura máxima alcanzada en épocas de lluvia.



7. Se identificó que el 53.33% de los tipos de zona inundadas fueron sus casas de habitación, se observa que según la opinión de los habitantes la red vial es afectada menos que las otras zonas obteniendo un 6.67%.

<b>TIPO DE ZONAS INUNDADAS</b>		
<b>RANGO DE ZONAS</b>	<b>CANTIDAD DE HABITANTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Habitacional	7	46.67%
Cultivos	3	20.00%
Red vial	1	6.67%
Potreros	4	26.67%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

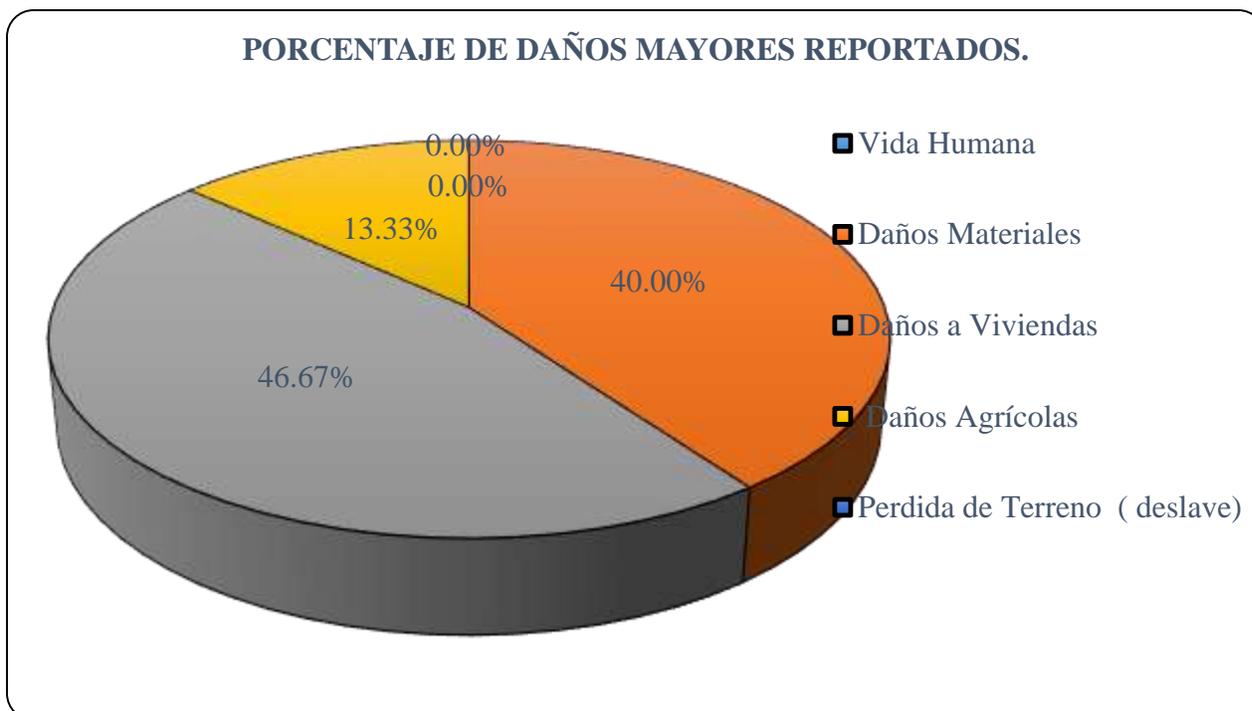
Representación gráfica de altura máxima alcanzada en épocas de lluvia.



8. Se identificó que el 46.67% de los habitantes opina que daños mayores reportados son daños a viviendas, con un 13.33% son daños agrícolas. Como se muestra en la tabla siguiente.

<b>DAÑOS MAYORES REPORTADOS</b>		
RANGO DE DAÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
Vida Humana	0	0.00%
Daños Materiales	6	40.00%
Daños a Viviendas	7	46.67%
Daños Agrícolas	2	13.33%
Perdida de Terreno ( deslave)	0	0.00%
<b>TOTAL:</b>	<b>15</b>	<b>100.00%</b>

Representación gráfica de daños mayores reportados.



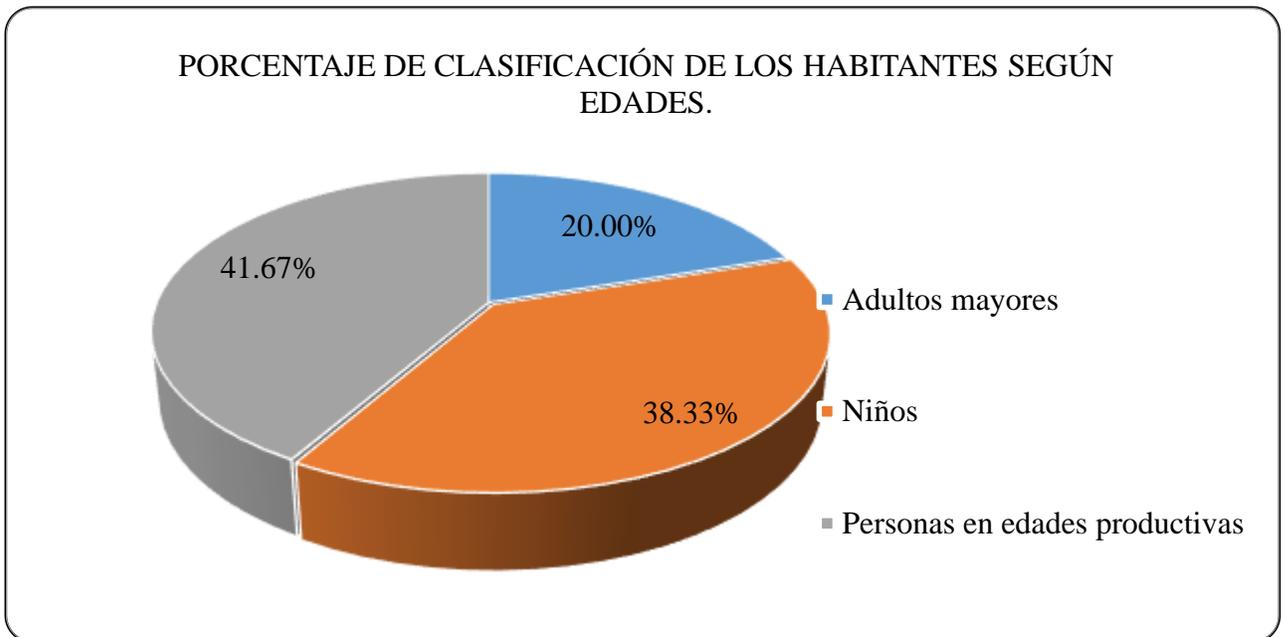
### Análisis de datos de Caserío Puente Roto.

1. La mayoría de los habitantes encuestados estuvo en el rango de personas de edades productivas con un porcentaje del 41.67%.

Los resultados de presentan en la siguiente tabla.

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS HABITANTES SEGÚN EDADES</b>		
RANGO DE EDAD	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
Adultos mayores	12	20.00%
Niños	23	38.33%
Personas en edades productivas	25	41.67%
<b>TOTAL:</b>	<b>60</b>	<b>100.00%</b>

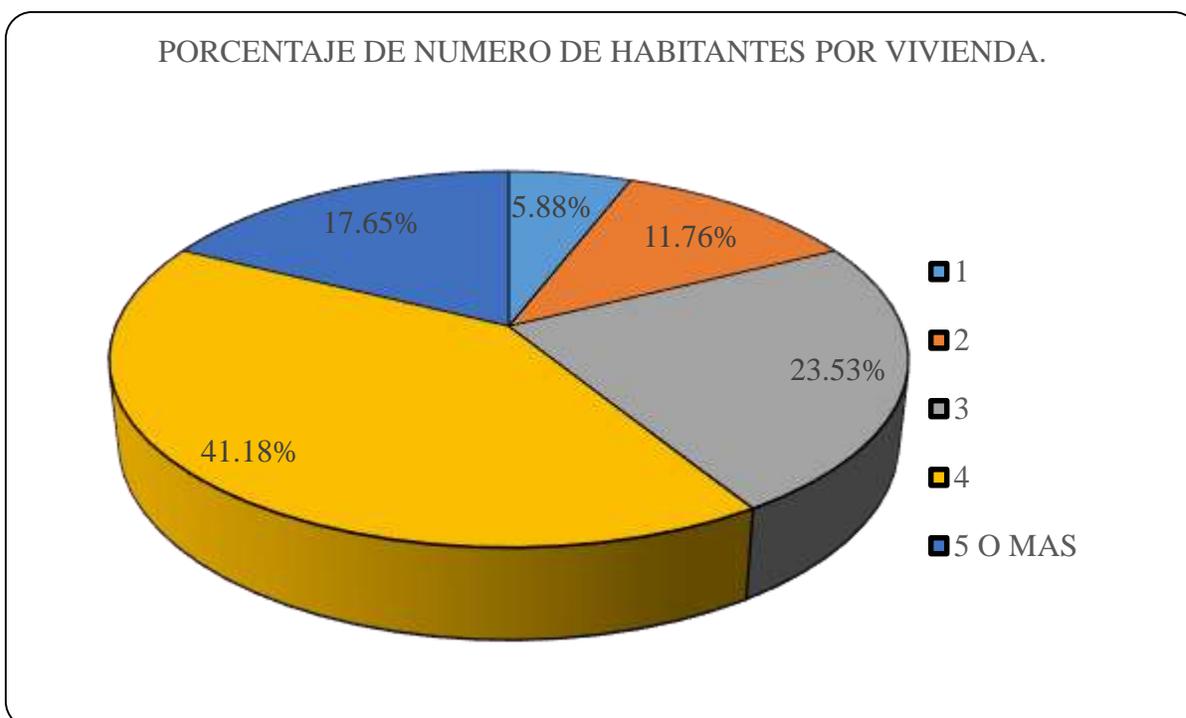
Representación gráfica de las edades de los habitantes.



2. Se determinó que el 41.18% es el valor mayor, presenta que en las casa de habitación se encuentran 4 personas por familia. Y en la minoría se encuentra el 5.88% con una cantidad de 1 persona por vivienda. Se muestra en la tabla siguiente.

NUMERO DE HABITANTES POR VIVIENDA		
RANGO DE HABITANTES	CANTIDAD DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
1	1	5.88%
2	2	11.76%
3	4	23.53%
4	7	41.18%
5 O MAS	3	17.65%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

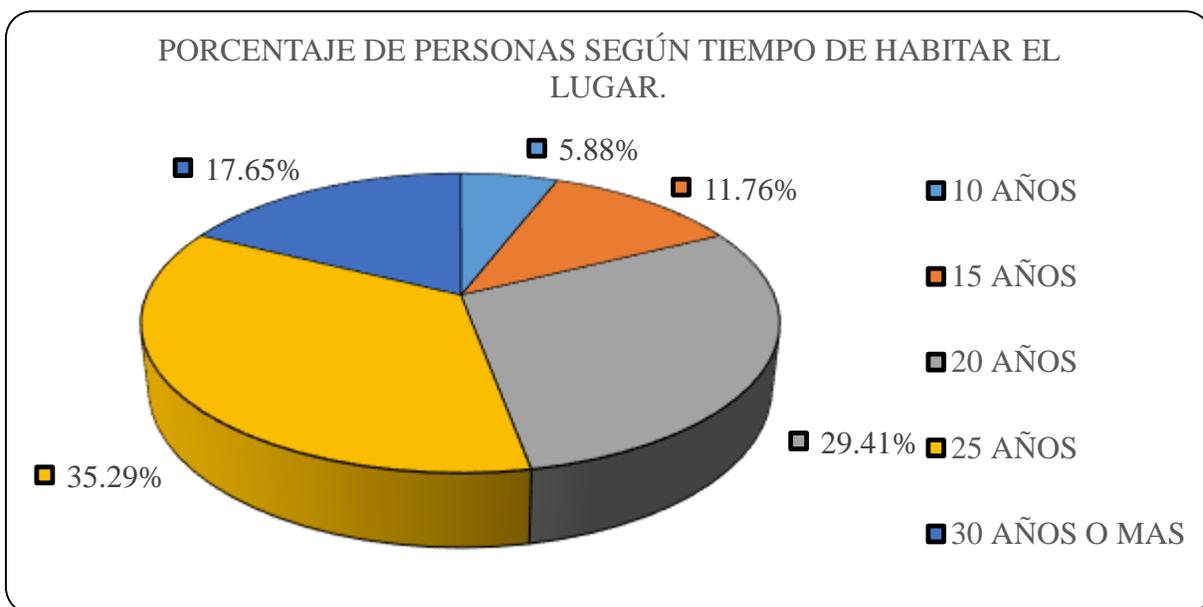
Representación gráfica de la cantidad de habitantes por vivienda.



3. Se determinó que el 35.29% de las personas encuestadas en las viviendas a riberas del río en el Caserío Puente Roto, su tiempo de habitar es de 25 años. La minoría de habitantes con un 5.88 %, su año de habitar son 10 años. Se presentan a continuación en la tabla.

<b>PROPORCIÓN DE PERSONAS SEGÚN TIEMPO DE HABITAR EN EL LUGAR</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
10 AÑOS	1	5.88%
15 AÑOS	2	11.76%
20 AÑOS	5	29.41%
25 AÑOS	6	35.29%
30 AÑOS O MAS	3	17.65%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

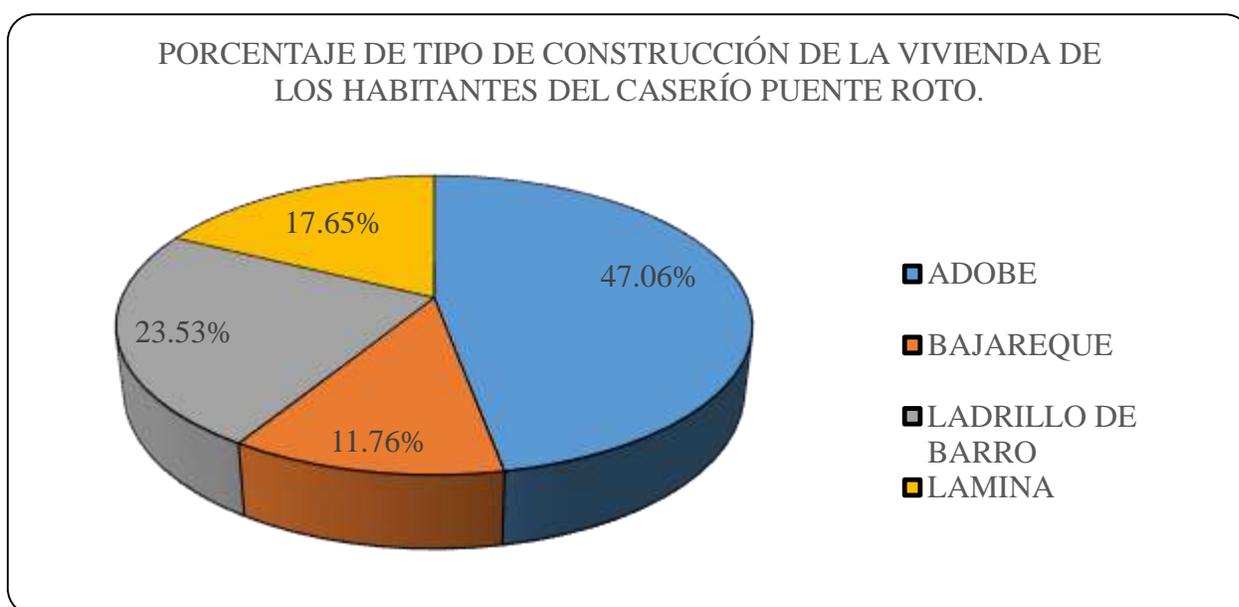
Representación gráfica de la cantidad de habitantes por vivienda.



4. Se determinó que el 47.06% de los habitantes de viviendas a ribera del río en el Caserío Puente Roto, tienen Viviendas construidas de material de adobe, se observa que este tipo de viviendas son las más construidas por los habitantes de este Caserío, vivienda tipo bajareque con un 11.76%, viviendas de tipo lamina con un 17.65%, vivienda tipo ladrillo de barro con un 23.53%.

TIPO DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
ADOBE	8	47.06%
BAJAREQUE	2	11.76%
LADRILLO DE BARRO	4	23.53%
LAMINA	3	17.65%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

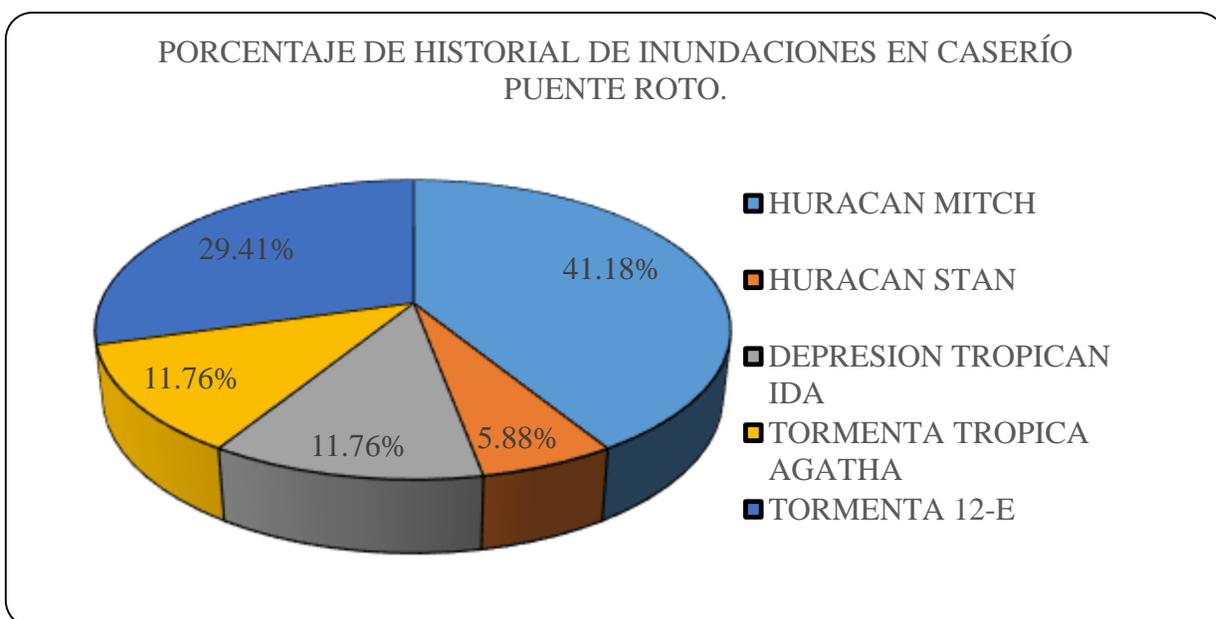
Representación gráfica del tipo de construcción de las viviendas.



5. Se identificó el historial de inundaciones con la opinión de los habitantes del Caserío Puente Roto, la mayoría habitantes recordó más las inundaciones por el huracán Mitch con un porcentaje del 41.18%, la tormenta trópica Agatha con un 11.76%, tormenta 12-E con un 29.41%, depresión tropical Ida con un porcentaje del 11.76%. Quedando con un porcentaje mínimo el huracán Stan con el 5.88% el cual recuerdan los habitantes.

<b>HISTORIAL DE INUNDACIONES EN CASERÍO PUENTE ROTO</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
HURACAN MITCH	7	41.18%
HURACAN STAN	1	5.88%
DEPRESION TROPICAL IDA	2	11.76%
TORMENTA TROPICA AGATHA	2	11.76%
TORMENTA 12-E	5	29.41%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

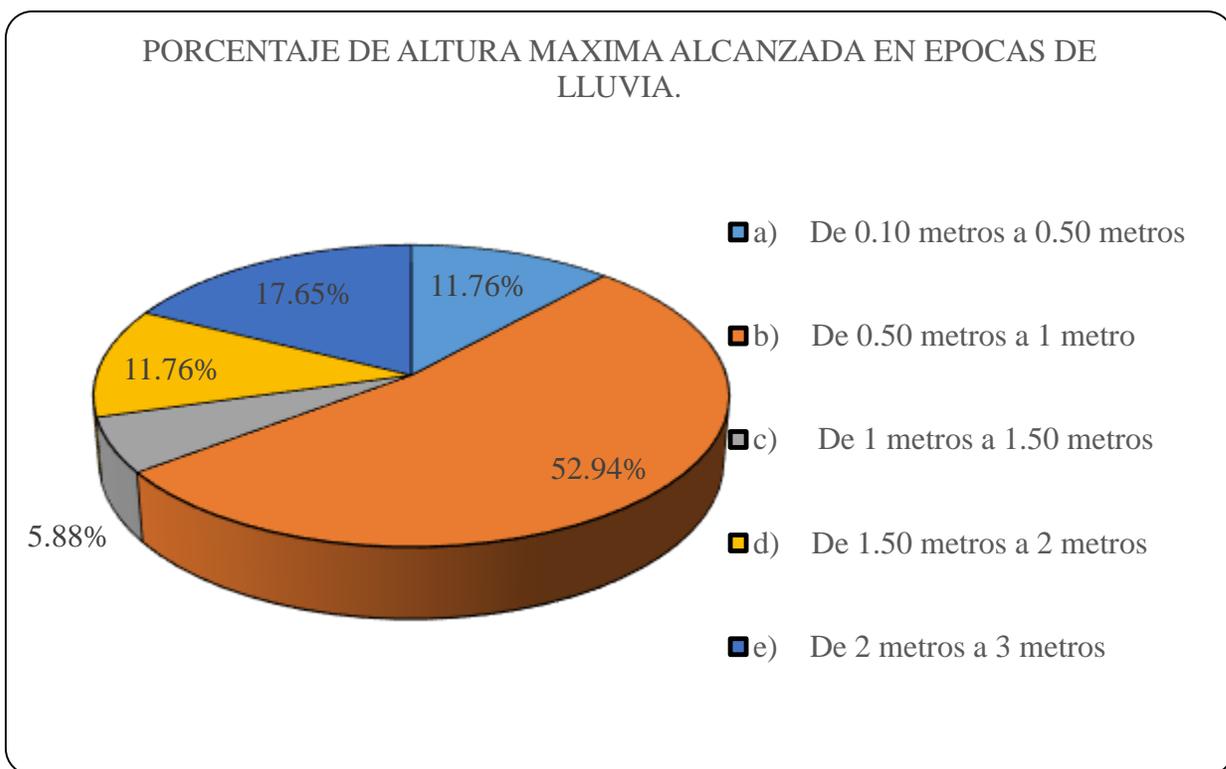
Representación gráfica del tipo de construcción de las viviendas.



6. Se determinó que el 52.94% de los habitantes opino que la altura máxima alcanzada en épocas de lluvia en Caserío Puente Roto es de 50cm a 1m.

<b>ALTURA MAXIMA ALCANZADA EN EPOCAS DE LLUVIA</b>		
<b>RANGO DE AÑOS</b>	<b>CANTIDAD DE HABITANTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
a) De 0.10 metros a 0.50 metros	2	11.76%
b) De 0.50 metros a 1 metro	9	52.94%
c) De 1 metros a 1.50 metros	1	5.88%
d) De 1.50 metros a 2 metros	2	11.76%
e) De 2 metros a 3 metros	3	17.65%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

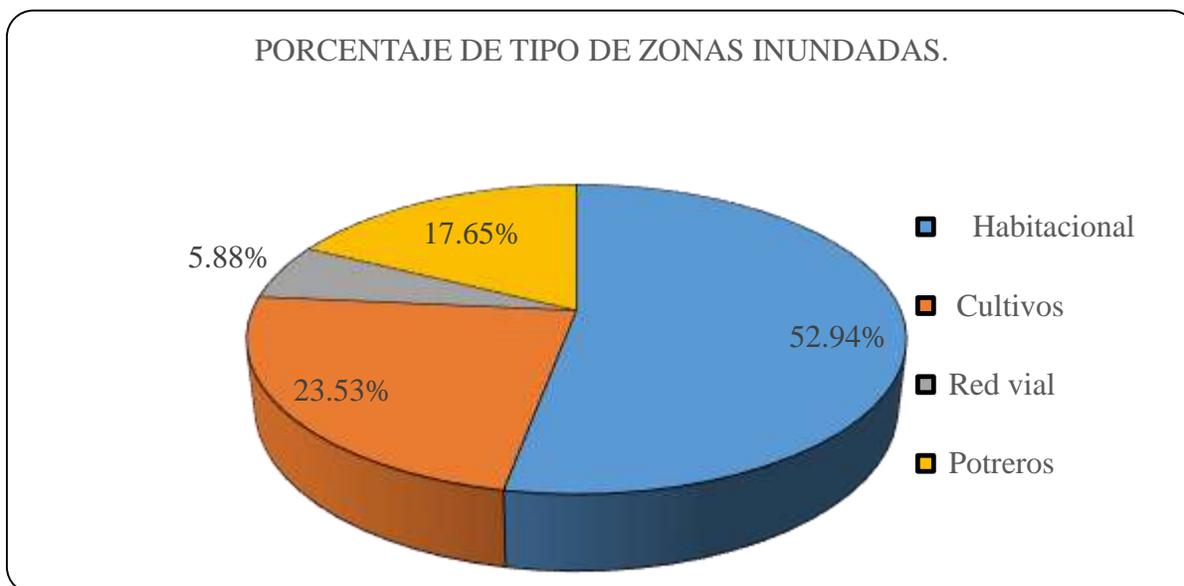
Representación gráfica de altura máxima alcanzada en épocas de lluvia.



7. Se identificó que el 52.94% de los tipos de zona inundadas fueron sus casas de habitación, se observa que según la opinión de los habitantes la red vial es afectada menos que las otras zonas obteniendo un 5.88%.

TIPO DE ZONAS INUNDADAS		
RANGO DE ZONAS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
Habitacional	9	52.94%
Cultivos	4	23.53%
Red vial	1	5.88%
Potreros	3	17.65%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

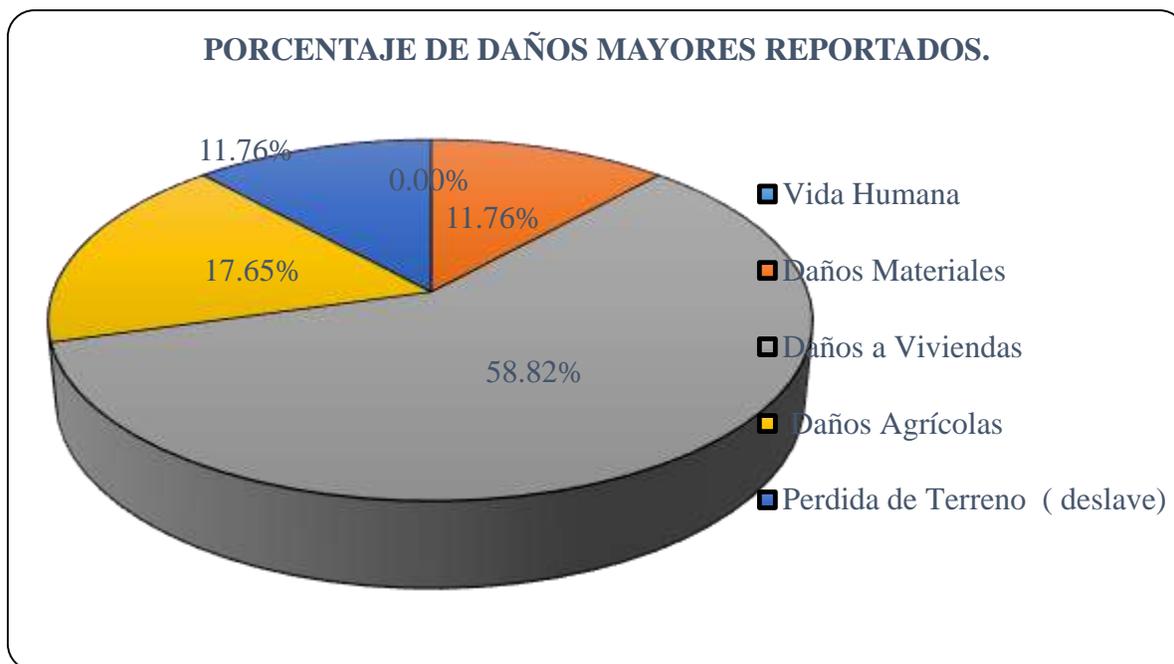
Representación gráfica de altura máxima alcanzada en épocas de lluvia.



8. Se identificó que el 58.82% de los habitantes opina que daños mayores reportados son daños a viviendas, con un 17.65% son daños agrícolas. Como se muestra en la tabla siguiente.

<b>DAÑOS MAYORES REPORTADOS</b>		
<b>RANGO DE DAÑOS</b>	<b>CANTIDAD DE HABITANTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Vida Humana	0	0.00%
Daños Materiales	2	11.76%
Daños a Viviendas	10	58.82%
Daños Agrícolas	3	17.65%
Perdida de Terreno ( deslave)	2	11.76%
<b>TOTAL:</b>	<b>17</b>	<b>100.00%</b>

Representación gráfica de daños mayores reportados.



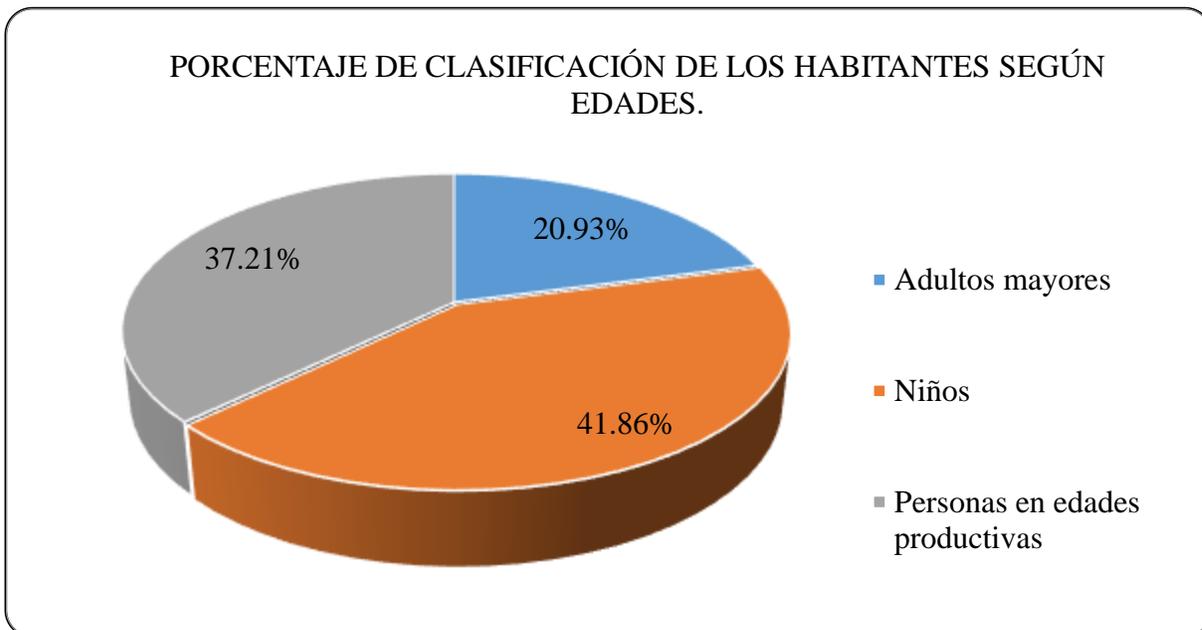
### Análisis de datos de Caserío Las Campanas.

1. La mayoría de los habitantes encuestados estuvo en el rango de personas de edades productivas con un porcentaje del 63.64%.

Los resultados de presentan en la siguiente tabla.

<b>CLASIFICACIÓN DE LOS HABITANTES SEGÚN EDADES</b>		
RANGO DE EDAD	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
Adultos mayores	9	20.93%
Niños	18	41.86%
Personas en edades productivas	16	37.21%
<b>TOTAL:</b>	<b>43</b>	<b>100.00%</b>

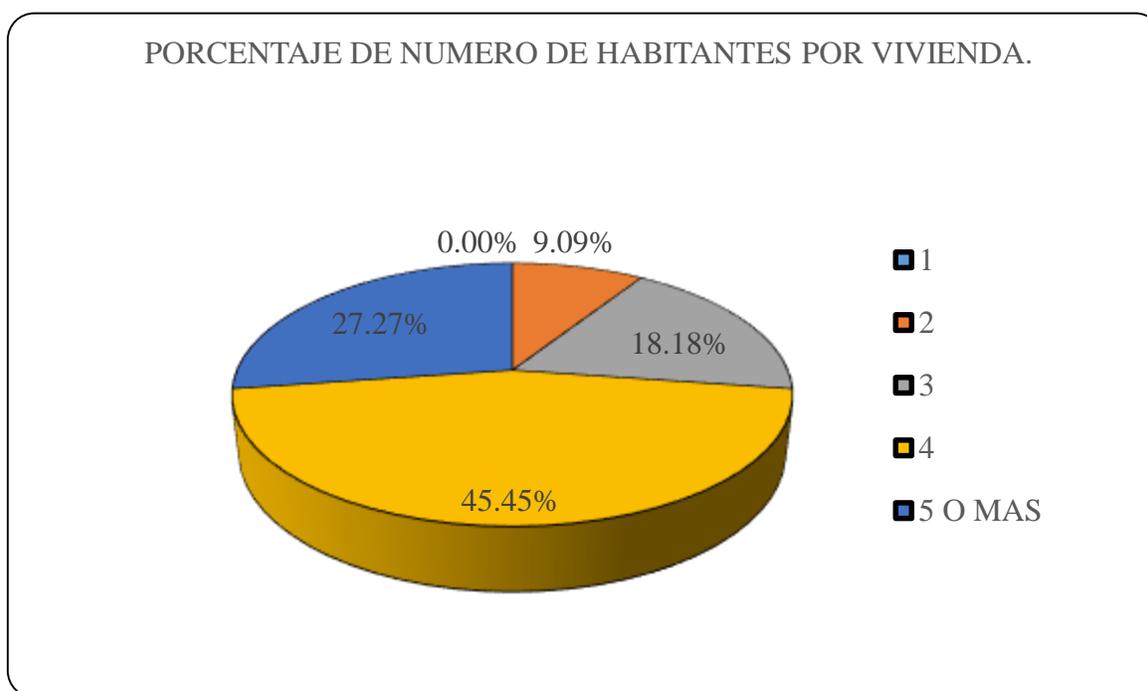
Representación gráfica de las edades de los habitantes.



2. Se determinó que el 45.45% es el valor mayor, presenta que en las casa de habitación se encuentran 4 personas por familia. Y con el 0.00% con una cantidad de 1 persona por vivienda. Se muestra en la tabla siguiente.

<b>NUMERO DE HABITANTES POR VIVIENDA</b>		
RANGO DE HABITANTES	CANTIDAD DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
1	0	0.00%
2	1	9.09%
3	2	18.18%
4	5	45.45%
5 O MAS	3	27.27%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

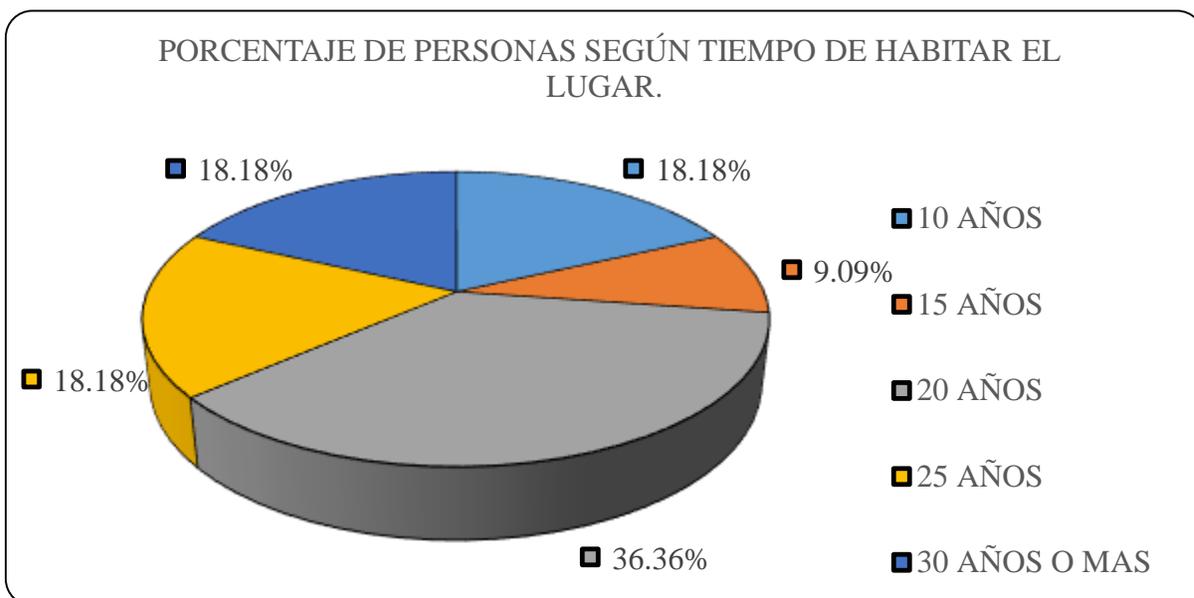
Representación gráfica de la cantidad de habitantes por vivienda.



3. Se determinó que el 36.36% de las personas encuestadas en las viviendas a riberas del río en el Caserío Las Campanas, su tiempo de habitar es de 20 años. La minoría de habitantes con un 9.09 %, su año de habitar son 15 años. Se presentan a continuación en la tabla.

<b>PROPORCIÓN DE PERSONAS SEGÚN TIEMPO DE HABITAR EN EL LUGAR</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
10 AÑOS	2	18.18%
15 AÑOS	1	9.09%
20 AÑOS	4	36.36%
25 AÑOS	2	18.18%
30 AÑOS O MAS	2	18.18%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

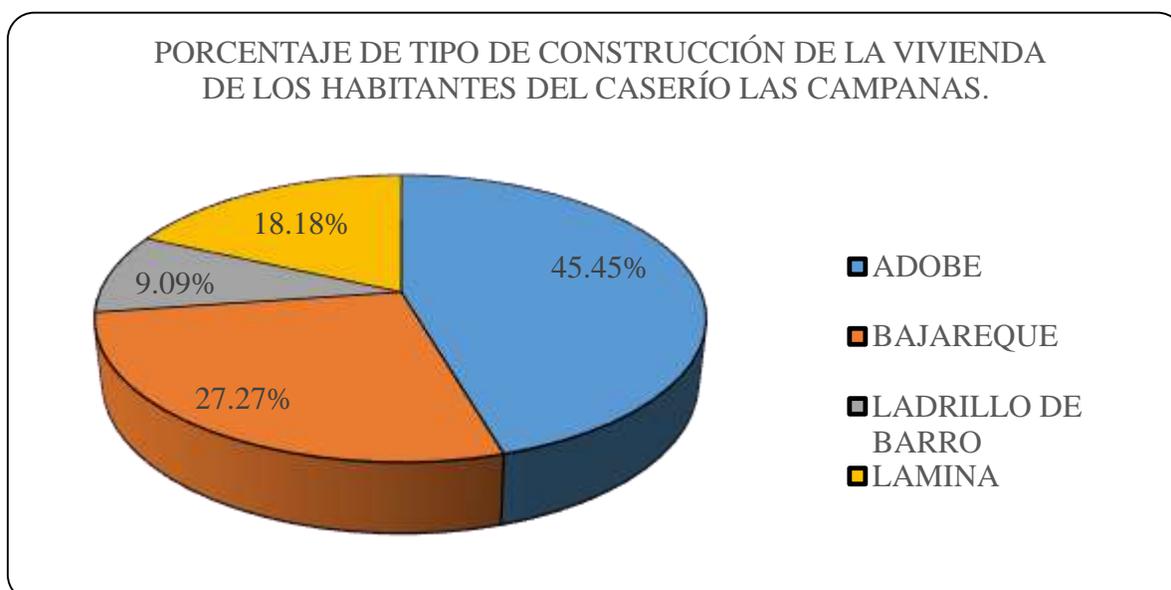
Representación gráfica de la cantidad de habitantes por vivienda.



4. Se determinó que el 45.45% de los habitantes de viviendas a ribera del río en el Caserío Las Campanas, tienen Viviendas construidas de material de adobe, se observa que este tipo de viviendas son las más construidas por los habitantes de este Caserío, vivienda tipo bajareque con un 27.27%, viviendas de tipo lamina con un 18.18%, vivienda tipo ladrillo de barro con un 9.09%.

<b>TIPO DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA</b>		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
ADOBE	5	45.45%
BAJAREQUE	3	27.27%
LADRILLO DE BARRO	1	9.09%
LAMINA	2	18.18%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

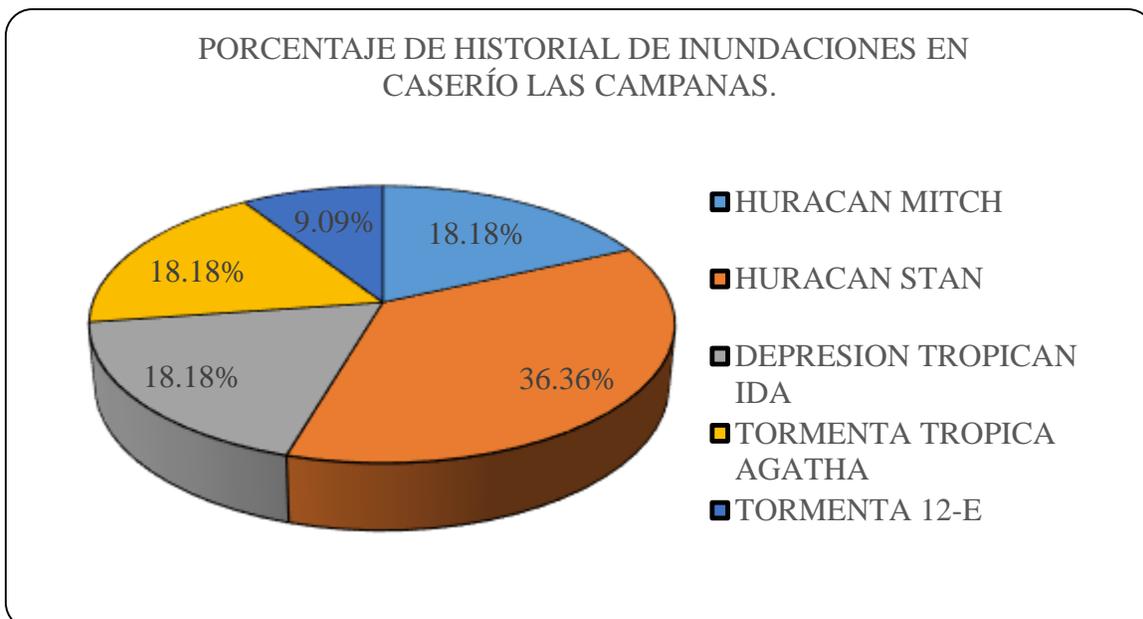
Representación gráfica del tipo de construcción de las viviendas.



5. Se identificó el historial de inundaciones con la opinión de los habitantes del Caserío Las Campanas, la mayoría habitantes recordó más las inundaciones por el huracán Mitch con un porcentaje del 45.45%, la tormenta 12-E con un 27.27%. Quedando con un porcentaje mínimo el huracán Stan, la tormenta trópica Agatha, depresión tropical Ida, con el 9.09% el cual recuerdan los habitantes.

<b>HISTORIAL DE INUNDACIONES EN CASERÍO LAS CAMPANAS</b>		
RANGO DE AÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
HURACAN MITCH	2	18.18%
HURACAN STAN	4	36.36%
DEPRESION TROPICAL IDA	2	18.18%
TORMENTA TROPICA AGATHA	2	18.18%
TORMENTA 12-E	1	9.09%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

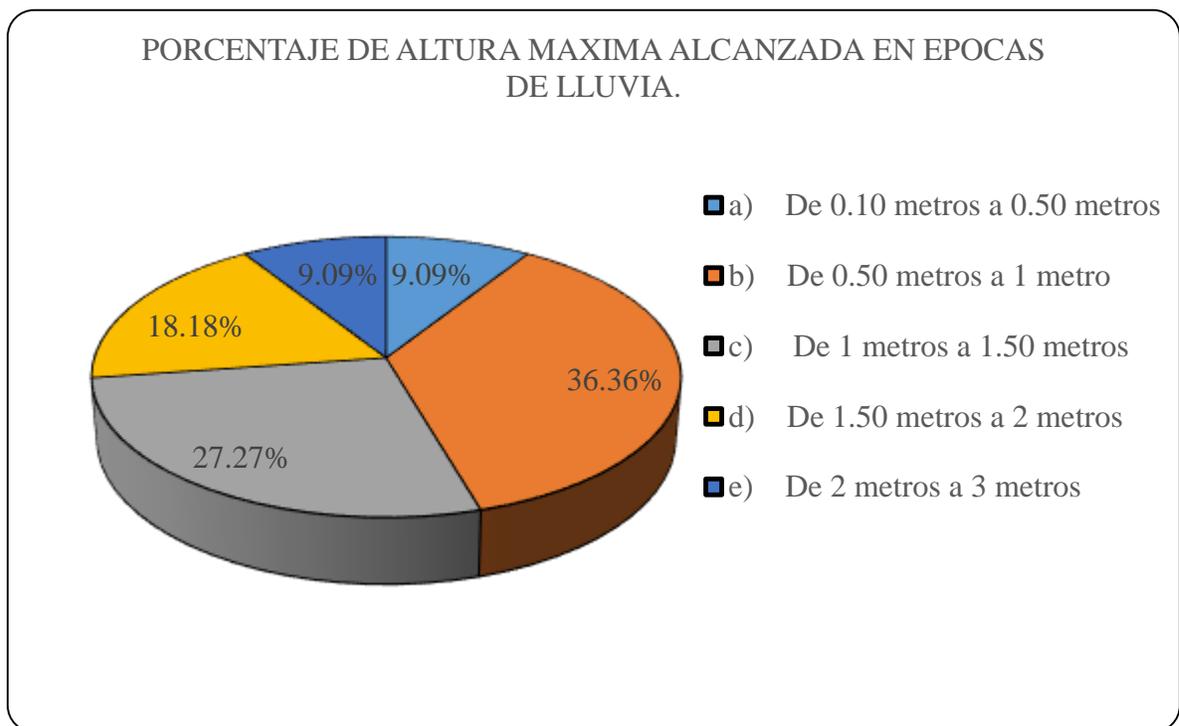
Representación gráfica del tipo de construcción de las viviendas.



6. Se determinó que el 52.94% de los habitantes opino que la altura máxima alcanzada en épocas de lluvia en Caserío Puente Roto es de 50cm a 1m.

<b>ALTURA MAXIMA ALCANZADA EN EPOCAS DE LLUVIA</b>		
<b>RANGO DE AÑOS</b>	<b>CANTIDAD DE HABITANTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
a) De 0.10 metros a 0.50 metros	1	9.09%
b) De 0.50 metros a 1 metro	4	36.36%
c) De 1 metros a 1.50 metros	3	27.27%
d) De 1.50 metros a 2 metros	2	18.18%
e) De 2 metros a 3 metros	1	9.09%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

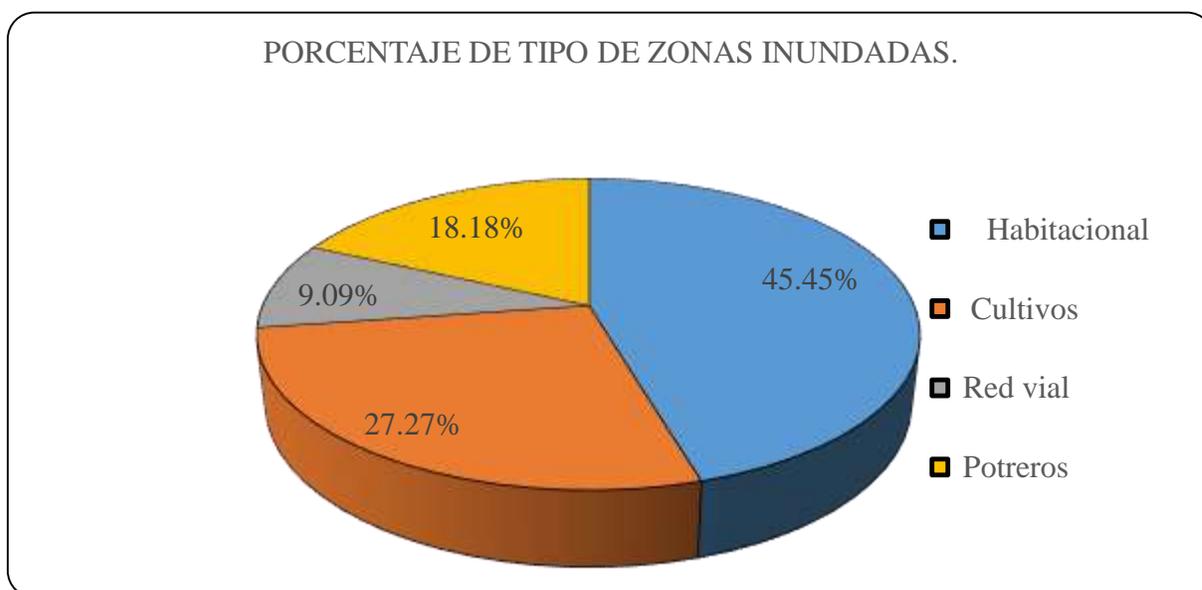
Representación gráfica de altura máxima alcanzada en épocas de lluvia.



7. Se identificó que el 52.94% de los tipos de zona inundadas fueron sus casas de habitación, se observa que según la opinión de los habitantes la red vial es afectada menos que las otras zonas obteniendo un 5.88%.

<b>TIPO DE ZONAS INUNDADAS</b>		
<b>RANGO DE ZONAS</b>	<b>CANTIDAD DE HABITANTES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Habitacional	5	45.45%
Cultivos	3	27.27%
Red vial	1	9.09%
Potreros	2	18.18%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

Representación gráfica de altura máxima alcanzada en épocas de lluvia.



8. Se identificó que el 54.55% de los habitantes opina que daños mayores reportados son daños materiales, con un 27.27% son daños a viviendas. Como se muestra en la tabla siguiente.

<b>DAÑOS MAYORES REPORTADOS</b>		
RANGO DE DAÑOS	CANTIDAD DE HABITANTES	PORCENTAJE
Vida Humana	0	0.00%
Daños Materiales	6	54.55%
Daños a Viviendas	3	27.27%
Daños Agrícolas	1	9.09%
Perdida de Terreno ( deslave)	1	9.09%
<b>TOTAL:</b>	<b>11</b>	<b>100.00%</b>

Representación gráfica de daños mayores reportados.

