

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA  
FACULTAD DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA DE SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SbN) COMO APORTE  
PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE LA  
SUBCUENCA PAQUITA Y CAÑAS, QUEPOS, 2019

Trabajo de Graduación bajo la modalidad de Proyecto de Graduación sometido a consideración del  
Tribunal examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional para optar  
al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental

IRENE RODRÍGUEZ ARCE

Heredia, Costa Rica

Octubre, 2022

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Costa Rica, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Gestión Ambiental.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

.....

M.Sc. María Álvarez Jiménez

Representante Decanato de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

.....

M.Sc. José Castro Solís

Representante de Dirección de EDECA

.....

Dra. Vanessa Valerio Hernández

Tutora

.....

M.Sc. Alina Aguilar Arguedas

Lectora

.....

M.Eng. Michael Sánchez Guerrero

Lector

.....

Bach. Irene Rodríguez Arce

Postulante del trabajo

*“A mi abuela América, mi mayor inspiración de fuerza, amor y fe”*

*“A mi mamá por la disciplina y el compromiso, a mi papá por la inconformidad y el criterio, y a mi hermana por ser la razón para mejorar”*

*“A Marissa, Marmota y Popi, por haber sido mi espacio seguro para llorar, reír y crecer en la universidad”*

*“A Vane y Ali, mentoras y amigas en mis inicios como profesional”*

*“A Quepos, por decirme Quepeña”*

## **Agradecimientos**

Gracias a los vecinos de las comunidades de Paquita, Cerros y La Gallega que me abrieron sus puertas, me acompañaron en los recorridos y participaron con gran compromiso a lo largo del proyecto. Gracias a la Municipalidad de Quepos, a la Comisión Municipal de Emergencias y la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias por la apertura e información suministrada, y a todo el equipo de la Comisión de Cambio Climático de Quepos por permitirme construir junto a ellos.

A mi tutora Vanessa Valerio Hernández y mis lectores Alina Aguilar Arguedas y Michael Sánchez Guerrero, por sumar con su valioso conocimiento y experiencia, su constancia fue fundamental para desarrollar este proyecto.

A la Academia de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por aceptarme para certificarme profesionalmente y convertirme en embajadora del Estándar Global de la UICN para Soluciones basadas en la Naturaleza, gracias a lo cual presento este piloto con la certeza de que se alinea con una mejor atención de las necesidades de reducción del riesgo de inundaciones de las comunidades.

## **Resumen**

Para visibilizar las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) en la reducción del riesgo de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas, se realizó una caracterización biofísica y socioeconómica para comprender mejor el riesgo de inundación y las potencialidades naturales para abordarlo. Asimismo, se valoraron las medidas actuales de reducción del riesgo (diques), mediante información técnica y percepción social para definir su efectividad en la contención de inundaciones. A partir de esto, se operativizaron Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) y se realizó un análisis multicriterio para definir las medidas a priorizar como SbN. Como hallazgos se destacó que las inundaciones fluviales son una amenaza natural de la subcuenca y que estos eventos responden en mayor medida a las condiciones climáticas de sus partes altas, asimismo que la precipitación media de la subcuenca está por encima de la media de la Región Climática Pacífico Central en la que se encuentra. La subcuenca presenta gran cantidad de ríos en áreas de fuerte pendiente y suelos erosionables que encausan caudales con grandes velocidades hacia las llanuras donde los suelos acumulan sedimentos, se saturan rápido, favorecen los eventos de inundación fluvial y donde se encuentran las comunidades. Asimismo, que los canales de riego y los dragados se ubican en el área potencial de inundación sobre los ríos principales, considerándolos factores de vulnerabilidad que pueden alterar el equilibrio en la carga, distribución de sedimentos y la respuesta de los ríos a las crecidas. En relación con las medidas, los diques no resultaron efectivos en la contención de inundaciones, lo que se asoció al empirismo y la ausencia de procesos técnicos y de la percepción de las comunidades aledañas en su gestión. De las medidas propuestas, la restauración del paisaje forestal en las partes altas y de la vegetación ribereña a lo largo de los cuerpos de agua principales resultaron ser las más prioritarias. Asimismo, las SbN se consideraron costo-beneficiosas y costo-efectivas, siendo más integrales y viables para la reducción del riesgo por su papel en la reducción de las inundaciones y la mejora del drenaje.

# Tabla de contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Justificación del problema de investigación .....	1
1.2	Importancia .....	2
1.3	Fundamentación.....	2
1.4	Contexto.....	3
1.5	Caracterización .....	4
1.6	Localización espacial y temporal.....	4
1.7	Ámbito de acción .....	5
1.8	Objetivos.....	6
1.8.1	Objetivo general .....	6
1.8.2	Objetivos específicos.....	6
<b>2</b>	<b>Marco teórico.....</b>	<b>7</b>
2.1	Medidas de reducción del riesgo de inundación.....	7
2.1.1	Soluciones grises - Diques .....	8
2.1.2	Soluciones blandas e híbridas.....	9
2.2	Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para la gestión de inundaciones .....	9
2.2.1	Perspectiva del sistema a escala (principio 1).....	10
2.2.2	Evaluación de riesgos y beneficios de la gama completa de soluciones (principio 2). 10	
2.2.3	Integración con restauración y conservación de ecosistemas (principio 4) .....	11
2.3	SbN para la reducción del riesgo de inundación .....	11
2.3.1	Tipos de SbN para la reducción del riesgo de inundación .....	11
2.4	La percepción social como aspecto central en un proyecto local.....	12
2.4.1	Taller de cartografía social .....	13
<b>3</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>14</b>
3.1	Fuentes de información y recursos .....	14
3.1.1	Información primaria.....	14
3.1.2	Información secundaria .....	16
3.2	Fase 1. Caracterización biofísica y socioeconómica .....	16
3.2.1	Ubicación.....	18
3.2.2	Clima .....	18
3.2.3	Morfometría.....	19

3.2.4	Geología y tipo de suelo .....	23
3.2.5	Uso y cobertura de la tierra .....	23
3.2.6	Principales actividades económicas .....	25
3.2.7	Vivienda .....	26
3.2.8	Demografía .....	27
3.2.9	Educación .....	27
3.2.10	Dragados .....	27
3.2.11	Diques .....	28
3.3	Fase 2. Efectividad de los diques en la contención de inundaciones.....	29
3.3.1	Función de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas .....	29
3.3.2	Estado de los diques .....	30
3.3.3	Características de los diques relacionadas con su desempeño .....	31
3.4	Fase 3. Propuesta de SbN para reducir el riesgo de inundaciones de las comunidades de la subcuenca.....	32
3.4.1	Identificación de zonas .....	33
3.4.2	Identificación de medidas.....	37
3.4.3	Determinación de la viabilidad.....	49
<b>4</b>	<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>60</b>
4.1	Fase 1. Caracterización biofísica y socioeconómica .....	60
4.1.1	Ubicación.....	60
4.1.2	Clima .....	61
4.1.3	Morfometría.....	65
4.1.4	Geología y tipos de suelo .....	69
4.1.5	Uso y cobertura de la tierra .....	72
4.1.6	Principales actividades económicas .....	75
4.1.7	Vivienda y demografía .....	76
4.1.8	Educación .....	77
4.1.9	Dragados.....	78
4.1.10	Diques .....	80
4.2	Fase 2. Efectividad de los diques en la contención de inundaciones.....	83
4.2.1	Características de los diques de la subcuenca .....	84
4.2.2	Efectividad de los diques.....	85
4.2.3	Estado de los diques .....	87

4.2.4	Hallazgos del taller sobre los diques y las inundaciones de la subcuenca .....	89
4.3	Fase 3. Propuesta de Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) para la reducción del riesgo de inundación.....	92
4.3.1	Identificación de las zonas .....	92
4.3.2	Identificación de las medidas .....	96
4.3.3	Determinación de la viabilidad.....	106
<b>5</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>115</b>
<b>6</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>118</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>120</b>
<b>8</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>131</b>



## Índice de cuadros

Cuadro 1. Esquema del riesgo de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas. ....	7
Cuadro 2. Funciones de un dique en el contexto del presente proyecto. ....	9
Cuadro 3. Metodología del taller de cartografía social. ....	15
Cuadro 4. Variables de la caracterización biofísica y socioeconómica.....	17
Cuadro 5. Clasificación de los canales de drenaje de la subcuenca – patrón de alineamiento .....	23
Cuadro 6. Clases de uso y cobertura de suelo de la subcuenca Paquita y Cañas, 2019. ....	24
Cuadro 7. Determinación de la efectividad de los diques en la contención de inundaciones. ....	30
Cuadro 8. Determinación del nivel de deterioro de los diques de la subcuenca. ....	31
Cuadro 9. Descripción de los aspectos de evaluación de los diques y sus fuentes de información. ...	31
Cuadro 10. Criterios para selección de las zonas de intervención de la propuesta. ....	33
Cuadro 11. Ficha técnica de los indicadores de vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones. 34	
Cuadro 12. Índice de vulnerabilidad .....	35
Cuadro 13. Criterios de definición de las prioridades biofísicas de intervención. ....	36
Cuadro 14. Escalas y objetivos de intervención de las medidas suaves.....	39
Cuadro 15. Aplicabilidad de las medidas a las diferentes partes de la subcuenca. ....	40
Cuadro 16. Valores admitidos en la herramienta para estimar el costo beneficio y costo efectividad de las medidas. ....	53
Cuadro 17. Estructura del análisis multicriterio (AMC) para la priorización de las medidas. ....	57
Cuadro 18. Características de precipitación y temperatura de la subcuenca.....	63
Cuadro 19. Parámetros morfométricos de la subcuenca Paquita y Cañas.....	66
Cuadro 20. Textura de suelos y profundidad de pozos litológicos en la subcuenca Paquita y Cañas. ....	71
Cuadro 21. Áreas de las categorías de uso y cobertura de la tierra. 2019. ....	73
Cuadro 22. Cantidad de viviendas y habitantes en el área potencial de inundación, el área de protección de los ríos y el área del cantón de Quepos presente en la subcuenca. ....	76
Cuadro 23. Concesiones de dragado en ríos de la subcuenca Paquita y Cañas a octubre de 2020. ....	79
Cuadro 24. Características de los diques de la subcuenca como medidas ante inundaciones. ....	84
Cuadro 25. Efectividad en la contención de inundaciones.....	85
Cuadro 26. Nivel de deterioro de los diques de la subcuenca. ....	88
Cuadro 27. Área de exposición de las comunidades expuestas a las inundaciones en la Subcuenca Paquita y Cañas. 2021. ....	94

Cuadro 30. Análisis Multicriterio de las medidas propuestas. Año 2022. ....	106
Cuadro 31. Índices costo-beneficio y costo-efectividad de las medidas propuestas. ....	110

## Índice de figuras

Figura 1. Subcuenca Paquita y Cañas. Fuente: Análisis de estrategias participativas de cambio climático a nivel local. 2018.....	5
Figura 2. Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI). Fuente: Adoptado de WWF (2016).....	12
Figura 3. Imágenes y fotografías de los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) presentadas en el momento 3 del taller de cartografía social. 2020. Fuente: WWF (2016). .....	46
Figura 4. Fotografías de medidas para adaptarse a las inundaciones. Fuente: City of New Orleans (2015). ....	46
Figura 5. Imagen satelital de la subcuenca Paquita y Cañas para el taller de cartografía social. 2020. Fuente: ESRI en SAS Planet (2019).....	47
Figura 6. Imágenes satelitales de cada grupo de comunidades para el taller de cartografía social. 2020. Fuente: ESRI en SAS Planet (2019).....	48
Figura 7. Ubicación de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020. ....	61
Figura 8. Distribución espacial de la precipitación en la subcuenca Paquita y Cañas. 2020. ....	62
Figura 9. Distribución espacial de la temperatura en la subcuenca Paquita y Cañas. 2020. ....	63
Figura 10. Relación entre los meses de precipitación e inundaciones de la subcuenca y el patrón de precipitación media de la RCPC. ....	64
Figura 11. Orden de drenaje de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020. ....	67
Figura 12. Pendientes de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020. ....	68
Figura 13. Perfil longitudinal de los ríos principales de la subcuenca y comunidades aledañas. 2022. .....	69
Figura 14. Origen geomorfológico, tipos de roca y pozos litológicos. 2020. ....	70
Figura 15. Uso y cobertura de la tierra de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020.....	72
Figura 16. Estado de las concesiones de CDP en la subcuenca Paquita y Cañas. ....	78
Figura 17. Ubicación de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas. ....	81
Figura 18. Proceso de gestión de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas. Fuente: entrevistas a funcionarios municipales y validado en el taller realizado. ....	82
Figura 19. Papel que han tenido los diques de la subcuenca. 2020.....	86
Figura 20. Factores de deterioro de los diques de la subcuenca. 2020.....	88

Figura 21. Hallazgos del taller de cartografía social sobre los diques de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020. ....	90
Figura 22. Criterio 1 - Nivel de vulnerabilidad ante inundaciones en el área del proyecto. 2021. ....	93
Figura 23. Criterio 2 - Nivel de prioridad de intervención en el área del proyecto. 2021. ....	95
Cuadro 28. Medidas a priorizar en la propuesta de soluciones basadas en la naturaleza (SbN). ....	97
Figura 24. Medidas propuestas como Soluciones basadas en la Naturaleza para la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas. 2021. ....	99
Cuadro 29. Áreas de las medidas propuestas sobre la subcuenca Paquita y Cañas. ....	100
Figura 25. Medidas basadas en la naturaleza propuestas sobre el sector de Paquita. ....	102
Figura 26. Medidas basadas en la naturaleza propuestas sobre el sector de Cerros. ....	104
Figura 27. Medidas basadas en la naturaleza propuestas sobre el sector de La Gallega. ....	105
Figura 28. Índice de priorización de las medidas propuestas. 2022. ....	113

## **Lista de abreviaturas**

ADI: Asociaciones de Desarrollo Integral.

AMC: Análisis multicriterio.

AP: Área del proyecto.

API: Área potencial de inundación.

ASADAS: Asociaciones administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales.

CDP: Cauce de Dominio Público.

CIRIA: Construction Industry Research and Information Association.

CME: Comisión Municipal de Emergencias.

CNE: Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias.

DGM: Dirección de Geología y Minas.

EM: Estaciones Meteorológicas.

ICB: Índice costo-beneficio.

ICE: Índice costo-efectividad.

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

INTA: Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria.

INVU: Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.

MED: Modelo de elevación digital.

MIGRI: Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación.

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

RCPC: Región Climática Pacífico Central.

RFP: Restauración del Paisaje Forestal.

SbN: Soluciones basadas en la Naturaleza.

SETENA: Secretaría Técnica Nacional Ambiental.

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.

UGM: Unidad Geoestadística Mínima.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

UNA: Universidad Nacional.

WWF: World Wildlife Fund.

# 1 Introducción

## 1.1 Justificación del problema de investigación

El cantón de Quepos está expuesto principalmente a la amenaza de inundación (fluvial) (Comisión Nacional de Atención de Riesgos y Atención de Emergencias [CNE] como se citó en Municipalidad de Quepos, 2019); Villalobos, R., Jiménez, E., Hernández, K., Córdoba, J., & Solano, P., 2014), y ante esta situación se suelen establecer diques como medidas de reducción del riesgo (V. Valerio, comunicación personal, marzo de 2019). Estas medidas son de naturaleza reactiva y de acuerdo con Ileva et al (2018), suelen resultar en “intentos aislados de reducción del riesgo que inadvertidamente pueden transferirlo a áreas más vulnerables o, en el caso de las inundaciones, río abajo” (p.30). Bajo esta línea, los habitantes del cantón han manifestado que, a pesar de dichas medidas, la afectación persiste.

Cabe destacar que estos diques<sup>1</sup> se conocen así por su función en la contención del cauce, empero se conforman mayormente del apilamiento empírico de material en su margen, usualmente extraído del mismo (C. Morera, comunicación personal, abril de 2019). Este empirismo hace que no se pueda asegurar que sean estructuras que contemplan de manera estricta las características geotécnicas necesarias que conforme al Construction Industry Research and Information Association [CIRIA] (2013) deben contemplar para garantizar una función claramente delimitada como medida de reducción del riesgo de inundación.

Por lo tanto, fue necesario valorar el papel que los diques están desempeñando en la reducción del riesgo de inundación de las comunidades aledañas a los ríos Paquita y Cañas, donde se encuentran los diques, y validar la consideración de otras medidas que se ajustan a las necesidades y potencialidades de la zona. Asimismo, al ser una subcuenca pequeña en relación con otras de la zona —como Naranjo o Savegre—, se agilizó su caracterización para identificar la capacidad para albergar medidas más integrales como Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).

---

<sup>1</sup> Para efectos del presente proyecto, en referencia a estas medidas se emplea el mismo término que en las comunidades.

De esta manera, el problema de investigación consistió en determinar cómo operativizar una iniciativa de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca como complemento a las medidas actuales. Lo que a su vez generó la siguiente pregunta de investigación: ¿podrían las SbN ser alternativas más integrales, resilientes y viables, en comparación a las actualmente empleadas, que puedan aportar en la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas?

## **1.2 Importancia**

Las soluciones naturales han existido desde que la humanidad emplea el entorno natural para resolver sus necesidades, y ante los retos actuales de clima cambiante que implican el aumento de eventos que generan desastres y la necesidad de adaptación frente a estos, se resalta el papel de las SbN. Estas parten, imitan y emplean las potencialidades naturales de un territorio para enfrentar retos sociales, interrelacionando aspectos de uso sostenible de recursos ecosistémicos, adaptación, mitigación y gestión del riesgo (Cohen-Shacham, Walters, Janzen, & Maginnis (eds), 2016).

Tienen un gran potencial en la reducción del riesgo de desastres relacionados particularmente con el agua (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos [WWAP], 2018), lo que les permite emplearse solas o combinadas con otras medidas no necesariamente naturales. Específicamente ante inundaciones, pueden abordarse con Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) del World Wildlife Fund [WWF] (2016).

Contrario al diseño tradicional de la infraestructura gris (muchas veces ajenas a la comprensión del medio en que se encuentran), las SbN requieren una evaluación integral de la dinámica del sistema, más allá de los aspectos técnicos, considerando los riesgos que las actividades que se desarrollan en determinada unidad implican para la misma (Ileiva et al., 2018). Así, al profundizar en la comprensión de las características de la subcuenca, se pueden reconocer medidas basadas en la naturaleza acorde a sus necesidades.

## **1.3 Fundamentación**

De acuerdo con la definición de IUCN dada por Cohen-Shacham *et al.* (2016), las SbN pueden abordar una serie de desafíos sociales como riesgo de desastres, seguridad hídrica y cambio climático.

Justificándose así, en la política nacional de adaptación al cambio climático 2018-2030, el eje 10 del plan de descarbonización, el plan de desarrollo municipal 2018-2030 de Quepos y el Plan de Acción Climática de Quepos del 2019.

Como se sistematizó en Cohen-Shacham *et al.* (2016), el aporte multinivel de las SbN al bienestar de las poblaciones humanas y los ecosistemas las ha posicionado en proyectos a nivel mundial, en países como Rwanda, Jordán, Ecuador, Guatemala, México, Costa Rica, España, Reino Unido, Estados Unidos y Japón. Algunos con experiencias puntuales en reducción del riesgo de inundación como Japón, donde se aprovecharon humedales y arrozales para el control de inundaciones, fomentando a la vez la economía local, la conservación de la biodiversidad y la recuperación de funciones ecológicas en la zona (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2013). En el caso de Costa Rica, en 2014 inició un proyecto de restauración de manglar en la Isla de Chira con un enfoque de SbN para mejorar las condiciones de vida de varias comunidades (Cohen-Shacham *et al.*, 2016).

A nivel local, Quepos cuenta con planes reguladores, instrumentos donde se incorpora la reducción del riesgo en general en la planificación territorial (Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo [INVU], 2018). Asimismo, en el Plan de Desarrollo Municipal 2018-2030 se plantean esfuerzos en adaptación (Bolaños, 2018) y posee un Plan de Acción Climática Municipal<sup>2</sup> (Municipalidad de Quepos, 2019). De esta manera, el presente proyecto se alinea con el norte político del gobierno local de Quepos.

#### **1.4 Contexto**

El presente proyecto surgió en 2019 dentro del proyecto de investigación y extensión de la Universidad Nacional (UNA) “*Análisis de estrategias participativas de cambio climático a nivel local*” en apoyo y conforme a las necesidades identificadas en el marco de trabajo de la Comisión de Cambio Climático de Quepos, conformada por gobierno local, empresas privadas, fundaciones, organizaciones no gubernamentales, líderes comunales, academia y comunidad civil. Escenario de trabajo y enlace que favorece la viabilidad del proyecto.

---

<sup>2</sup> Este plan o PACMUN fue impulsado desde el proyecto “*Análisis de estrategias participativas de cambio climático a nivel local*” de la Universidad Nacional (UNA) y otras instituciones como la Comisión Nacional de Emergencias (CNE).



A nivel de características sobre el clima de la subcuenca Paquita y Cañas, área de estudio, se ubica en la región climática Pacífico Central que presenta una precipitación promedio entre 3000 - 4000 mm anuales (Instituto Meteorológico Nacional [IMN], s.f.). Por lo que sus emergencias se asocian a eventos generados principalmente por precipitación (MINAE - DCC - IMN - MIDEPLAN - CNE, 2017).

A nivel de economía, las comunidades de la subcuenca afectadas por el problema de investigación se encuentran en el cantón de Quepos, que ubica el 70 % de su actividad en el sector de servicios, seguido del productivo e industrial con 17 y 13 % respectivamente. A nivel social, menos del 15 % de la población cuenta con secundaria completa y casi un 20 % no es asegurada (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2011b), lo que pueden dificultar la resiliencia socioeconómica de las comunidades ante eventos de inundación.

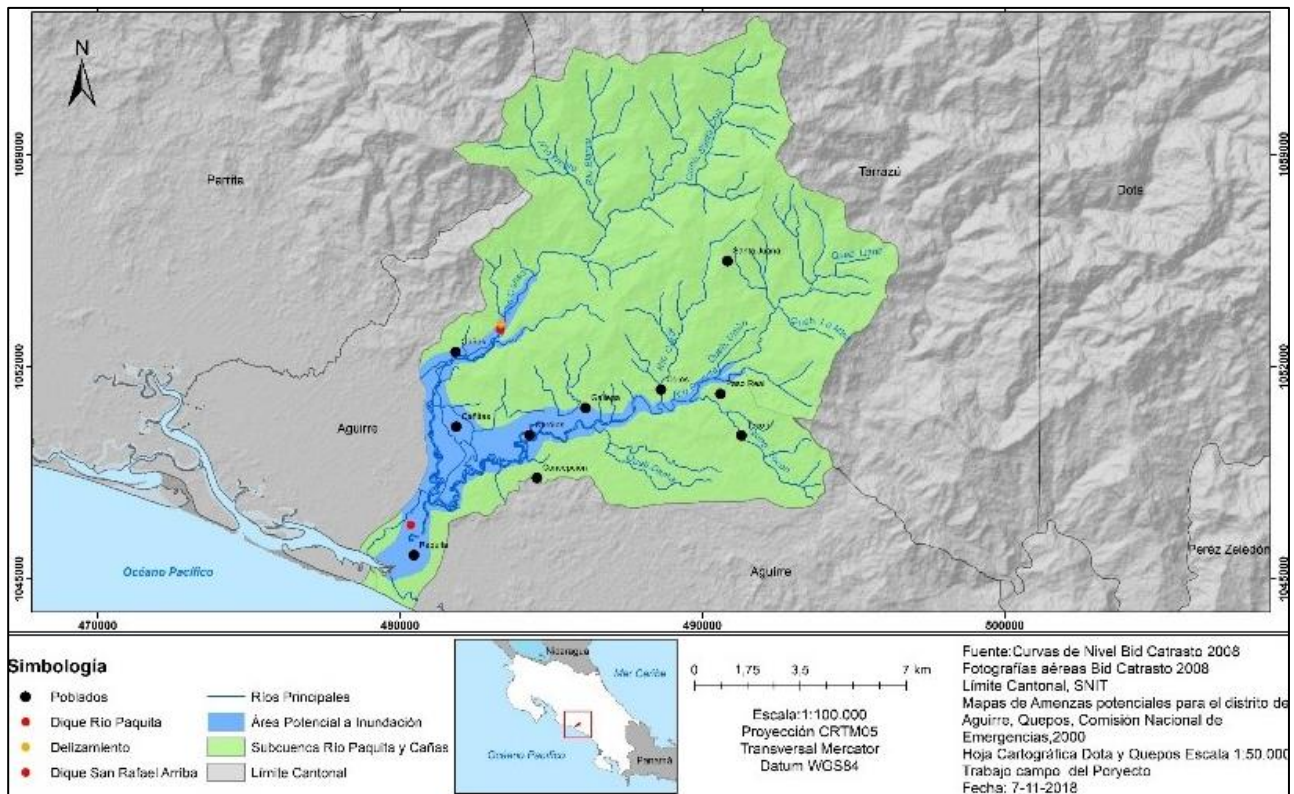
## **1.5 Caracterización**

En 47 años de registros sobre desastres en el cantón de Quepos, entre 1971 y 2017 se presentaron más de 100 eventos de inundación que dejaron afectaciones en infraestructura, economía, servicios y otros medios de vida (DesInventar, 2019). Es decir, que las inundaciones representan una amenaza constante para el cantón.

De manera puntual, en la subcuenca Paquita y Cañas se emplean diques como medidas en torno a esta amenaza, no obstante, prevalece el impacto de las inundaciones en las comunidades de la subcuenca, lo que justificó el interés de las comunidades de la subcuenca y la Comisión de Cambio Climático de Quepos en la valoración de las medidas actualmente empleadas, así como una caracterización que permita identificar mejor los factores por los cuales persisten las inundaciones y medidas alternativas para abordarlas.

## **1.6 Localización espacial y temporal**

La subcuenca Paquita y Cañas contempla tres cantones: Quepos, Tarrazú y Parrita. Su caracterización como unidad hidrográfica permite comprender mejor las variables que tienen papel en el problema de investigación. Sin embargo, la propuesta de alternativas se centra en la jurisdicción del cantón de Quepos, donde se recibe el impacto de las inundaciones sobre las comunidades y se ubican los diques que las atienden. La siguiente **Figura 1** representa aproximadamente la zona de estudio.



**Figura 1. Subcuenca Paquita y Cañas. Fuente: Análisis de estrategias participativas de cambio climático a nivel local. 2018.**

## 1.7 Ámbito de acción

El proyecto tiene un ámbito de acción local, a nivel de subcuenca. Es una propuesta para la Comisión de Cambio Climático de Quepos, liderada por la unidad ambiental de Municipalidad de Quepos, por lo que tiene un grado político, y dado a que en este espacio convergen múltiples sectores adquiere un tono participativo, involucrando el conocimiento de las comunidades en el presente proyecto.

## **1.8 Objetivos**

### **1.8.1 Objetivo general**

Proponer Soluciones basadas en Naturaleza, mediante un análisis biofísico y socioeconómico de la subcuenca Paquita y Cañas, como un aporte más integral y adaptable para la reducción de riesgo por inundación.

### **1.8.2 Objetivos específicos**

Realizar un estado de situación de la subcuenca Paquita y Cañas mediante una caracterización de su estado biofísico y socioeconómico para la determinación de posibles causas de inundación.

Valorar el funcionamiento de los diques mediante información técnica y de percepción de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas para la determinación de su efectividad en la contención de inundaciones.

Priorizar Soluciones basadas en Naturaleza, mediante un análisis de su viabilidad que permita la elaboración de una propuesta integral de reducción del riesgo por inundación.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Medidas de reducción del riesgo de inundación

El riesgo es la probabilidad de presentar daños y/o pérdidas sociales, económicas o ambientales, en un espacio y tiempo definido (Ley 8848, 2006), y la reducción del riesgo es la reducción de los daños generados por amenazas de origen natural, ambiental u otra (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015), donde se enmarcan las inundaciones.

Según la Real Academia Española [RAE] (2019) una inundación es el “anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua” (párr.1). Es una característica de flujo que afecta y es afectada por la morfología de los canales y el transporte de sedimentos (Buffin-Bélanger, Demers, & Montané, 2017), por lo que puede ser una amenaza natural. Existen varios tipos de inundación, en la subcuenca Paquita y Cañas el proyecto se centra en las inundaciones fluviales ocasionadas por el desborde de los cuerpos de agua y que suelen presentarse estacionalmente (WWF, 2016).

De esta manera, se entiende por medidas de reducción del riesgo de inundación a las medidas que buscan disminuir los efectos negativos de las inundaciones sobre las variables socioeconómicas y biofísicas de la unidad territorial, generados por la manifestación de los factores que lo conforman: amenaza y vulnerabilidad. Dichos factores se sintetizan en el siguiente **Cuadro 1**.

**Cuadro 1. Esquema del riesgo de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas.**

Amenaza		Vulnerabilidad	
Tipo	Inundación fluvial.	Exposición	Las áreas expuestas están dadas por las áreas con mayor cantidad de personas y viviendas en mal estado (comunidades expuestas) y las áreas entre las comunidades expuestas y los cuerpos de agua principales (sectores expuestos).

Escala espacial y temporal	El área de afectación es el área potencial de inundación de la subcuenca. El tiempo de afectación se desconoce.	Sensibilidad	Vulnerabilidad ante la amenaza por ubicarse en el área potencial de inundación.
----------------------------	---	--------------	---

Fuente: Elaboración propia. Estructura del esquema adoptada de Retana, et al (2011).

### 2.1.1 Soluciones grises - Diques

Las soluciones grises son medidas que cumplen parámetros constructivos de ingeniería dura. Marco conceptual que incluye los diques y según el Manual Internacional de Diques<sup>3</sup> de CIRIA (2013), son estructuras geotécnicas artificiales y/o naturales cuya función primaria es la reducción del riesgo de inundación sobre un área de interés, mediante las siguientes funciones hidráulicas:

- Retención: reducir el riesgo de inundación de un área determinada, reteniendo temporalmente el agua, manteniéndola fuera del área de interés a un nivel de agua definido, y evitando las condiciones de inundación dentro de dicha área.
  - Canalización: canalizar el agua de inundación río abajo o hacia un área determinada para evitar la inundación del área de interés.
  - Control de liberación: proporcionar una liberación controlada de agua en un lugar designado para minimizar las inundaciones aguas abajo (CIRIA, 2013).
- Diques de la subcuenca Paquita y Cañas

Medidas de reducción del riesgo de inundación cuyo origen es la atención de emergencias, según las cuales son sus características. Su conformación es generalmente una remoción de material del lecho de los cuerpos de agua para realizar un apilamiento empírico del mismo en el margen del cuerpo de agua para evitar su socavación e inundaciones (C. Morera, comunicación personal, abril de 2019), por lo que no necesariamente tienen funciones hidráulicas definidas que las califiquen como soluciones grises conforme a CIRIA (2013). A partir de esto, en el contexto del presente proyecto los diques de

---

<sup>3</sup> Este Manual Internacional de Diques, se emplea como una importante fuente de criterios técnicos, debido a su recomendación para la definición de medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza del World Bank (2017), como un insumo de peso internacional.

la subcuenca se utilizan como obras de barrera para la contención del cauce con el objetivo de evitar inundaciones sobre un área de interés. Bajo este marco, y ante el compromiso de valorar su efectividad, en el **Cuadro 2** se planteó su funcionamiento.

**Cuadro 2. Funciones de un dique en el contexto del presente proyecto.**

Función del dique	Definición
Evita el impacto de la inundación	El cuerpo de agua no se desborda del todo, sobre este o por alguno(s) de sus lados.
Disminuye o retrasa el impacto la inundación	El cuerpo de agua se desborda sobre este o por alguno(s) de sus lados, pero disminuye el impacto de su caudal, ya sea retrasando el desbordamiento o disminuyendo la cantidad o fuerza del agua que desborda.

### 2.1.2 Soluciones blandas e híbridas

Las soluciones blandas son soluciones naturales que ocasionalmente pueden mezclarse con medidas grises como soluciones híbridas (WWF, 2016). Un ejemplo de esto son los diques diseñados con vegetación en el lado que da al cuerpo de agua, asistiendo conjuntamente en la mitigación del impacto del agua (World Bank [WB], 2017). Las medidas de reducción del riesgo basada en naturaleza pueden considerarse “medidas de no arrepentimiento” al ser flexibles y readaptables a las condiciones climáticas y sus cambios, con la capacidad de generar beneficios ambientales y socioeconómicos en cualquier escenario por su potencial para generar cobeneficios (Cohen-Shacham *et al.*, 2016 & Gutman, 2019).

## 2.2 Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para la gestión de inundaciones

Es un concepto en actual evolución, donde la *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) adopta la definición de Choen *et al.*, (2016), que las presenta como “acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que abordan desafíos sociales como el cambio climático, la seguridad del agua o los desastres naturales, de manera efectiva y adaptable, al tiempo que se proporcionan beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad” (p.2). Concepto que va de la mano con una serie de principios necesarios para su adecuada interpretación.

Se optó la definición de la UICN ya que enfatiza en la necesidad de que un ecosistema bien gestionado o restaurado debe estar en el corazón de cualquier SbN, mientras que la definición alternativa propuesta por Unión Europea es más amplia y pone más énfasis en aplicar soluciones que no solo utilizan la naturaleza, sino que también estén inspiradas (como la bioarquitectura) y derivadas de la naturaleza (como la generación de energía de fuentes renovables) (Choen *et al.*, 2016).

Bajo esta premisa, las SbN hacen uso de los servicios ecosistémicos para abordar desafíos sociales, por ejemplo: bosques de montaña para estabilizar el suelo y reducir el riesgo de deslizamientos; humedales para regular inundaciones; manglares como barreras naturales contra la erosión costera; áreas verdes en zonas urbanas para mejorar la calidad del aire y la mitigación de olas de calor (UICN Francia, 2016). Específicamente en la gestión de inundaciones, el World Bank [WB] (2017) plantea una serie de principios prácticos y ordenados para visibilizar, implementar y dar seguimiento a estas medidas, de los cuales se consideró que los principios 1, 2 y 4, se adaptan y concuerdan con los principios de la IUCN para las SbN, el alcance del presente proyecto, se profundizan a continuación.

### **2.2.1 Perspectiva del sistema a escala (principio 1)**

El análisis del sistema es el primer paso para reconocer los elementos que pueden tanto condicionar sus retos como identificar las capacidades naturales para abordarlos (WB, 2017 & WWF, 2016). Este principio se alinea con el principio 6 de las SbN (Choen *et al.*, 2016) y el criterio 3 sobre el diseño adaptado a la dimensión del Estándar Global de la UICN para las Soluciones basadas en la Naturaleza de UICN (2020). En el contexto actual, esta perspectiva parte del análisis de las variables biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca Paquita y Cañas, así como de las medidas actuales (diques) de reducción del riesgo de inundación, y se aborda mediante una caracterización que determina los atributos que distinguen o resaltan de un objeto (RAE, 2018).

### **2.2.2 Evaluación de riesgos y beneficios de la gama completa de soluciones (principio 2)**

Este principio permite identificar las SbN que pueden participar en la reducción del riesgo de inundación, considerando los riesgos —también referido como costos— y beneficios de cualquier medida (WB, 2017), se alinea con el principio 4 de las SbN de Choen *et al.* (2016) y el criterio 6 del Estándar Global de la UICN para las Soluciones basadas en la Naturaleza de UICN (2020) que

enmarca que las SbN ofrezcan un equilibrio equitativo entre el logro de sus objetivos principales y la provisión constante de múltiples beneficios. Por lo que se presenta como necesario para discernir las medidas a priorizar en el presente proyecto, de la mano con un contraste sobre los costos y beneficios de las medidas actuales, donde es fundamental la inclusión del conocimiento y vivencias de las personas expuestas a las medidas actuales.

### **2.2.3 Integración con restauración y conservación de ecosistemas (principio 4)**

En la compleja interconexión de las variables socioeconómicas y biofísicas de cualquier unidad territorial, se considera que la integridad de los ecosistemas es fundamental para el óptimo funcionamiento del sistema. De modo que, el reconocimiento de los ecosistemas que prevalecen son una línea base para la justificación de medidas. Este principio se relaciona fuertemente con los principios 1, 5 y 6 de las SbN de Choen *et al.* (2016) y con el principio 3 sobre ganancia neta de la biodiversidad del Estándar Global de la UICN para las Soluciones basadas en la Naturaleza de UICN (2020).

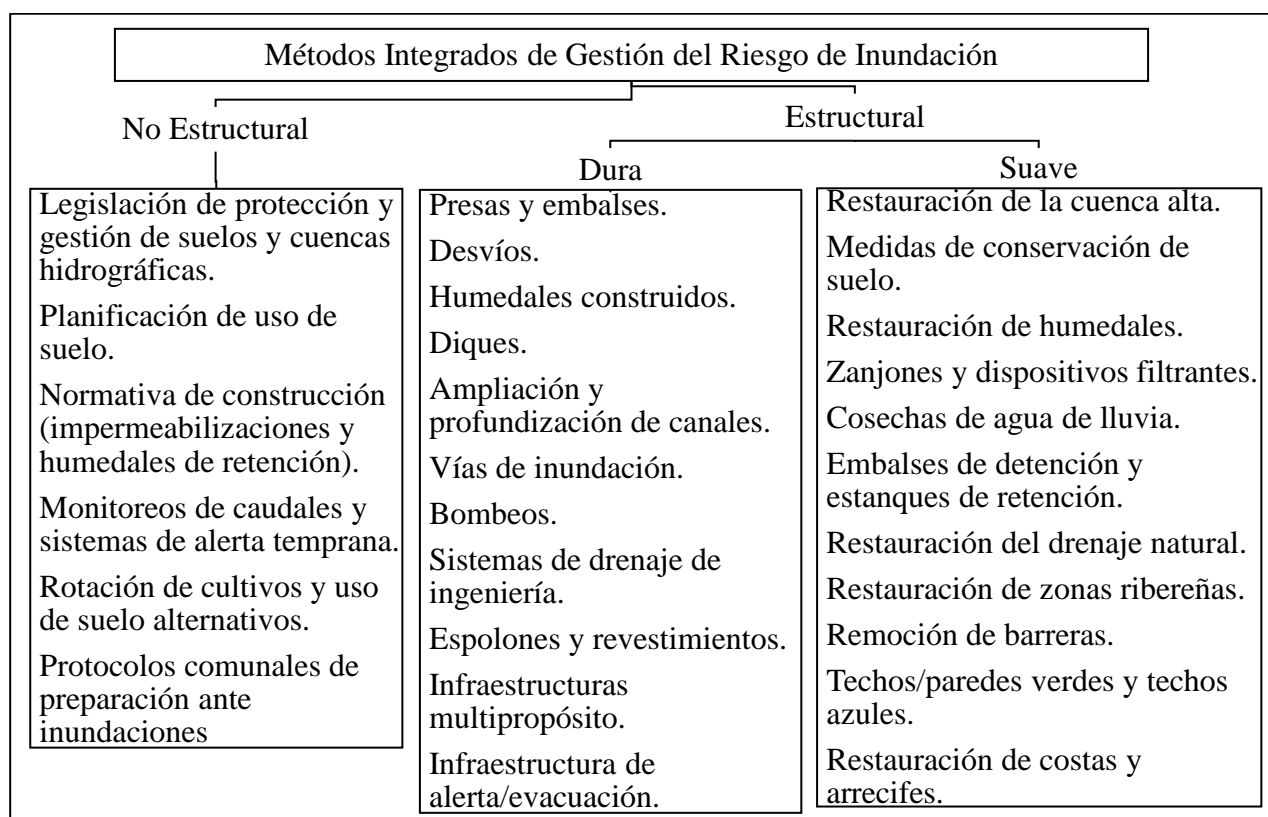
## **2.3 SbN para la reducción del riesgo de inundación**

Las inundaciones son una de las tres amenazas hidrometeorológicas (junto a sequías y olas de calor) en las que las SbN tienen aplicaciones específicas (Sahani et al., 2019). Se ha documentado su aplicación en comunidades que consideraron no viable la protección de la ingeniería gris contra las inundaciones por razones de impacto ambiental y paisaje (Short, Clarke, Carnelli, Uttley, & Smith, 2019). Asimismo, Kalantari, Ferreira, Deal, & Destouni (2019) citaron lecciones que destacan un mejor entendimiento de las interacciones entre la actividad humana y su medio.

### **2.3.1 Tipos de SbN para la reducción del riesgo de inundación**

La priorización de medidas en la propuesta del presente proyecto se realiza conforme a las planteadas en la siguiente **Figura 2**. Respetando el orden sugerido por Ileiva et al., (2018) de 1) No estructurales, 2) Suaves, 3) Híbridas, 4) Duras, priorizando las medidas suaves o blandas, conforme es aplicable.





**Figura 2. Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI). Fuente: Adoptado de WWF (2016).**

En contraste con las obras de ingeniería convencionales (duras) en la reducción del riesgo de inundación, las medidas suaves o blandas suelen ser más rentables en el tiempo (Sahani et al., 2019), ya que pueden generar múltiples beneficios independientemente de si existe o no un evento de desastre (e.g. captura de carbono, disminución de olas de calor, mejora de paisaje, otros) y aunque requieren mayor tiempo para generar resultados, sus costos de establecimiento y mantenimiento son relativamente bajos. Por lo que se considera pertinente la promoción de medidas suaves o mixtas.

#### **2.4 La percepción social como aspecto central en un proyecto local**

Debido a que el proyecto es de interés para la Comisión de Cambio Climático de Quepos y las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas, la generación de espacios para incluir la percepción social durante el desarrollo del proyecto son imperativos para promover la sostenibilidad y buena acogida de la propuesta. Lo que se alinea con el criterio 5 del Estándar Global de la IUCN para Soluciones basadas en Naturaleza que establece la importancia de que las SbN se basen en procesos

de gobernanza inclusivos, transparentes y empoderadores (UICN, 2020) Para esto se plantea el siguiente punto.

#### **2.4.1 Taller de cartografía social**

De acuerdo con Schanze (2017), la información técnica contrastada con percepción social genera una visión más amplia del objeto de estudio. En esta línea, Braceras (2012) plantea la cartografía social como un proceso de generación de mapas a partir del conocimiento de las personas. En estos espacios es imperativo la inclusión de miembros de la comunidad, al ser quienes conocen mejor su territorio y especialistas relacionados con el tema (WWF, 2016 y Schanze, 2017).

### **3 Metodología**

El proyecto tiene un enfoque de investigación mixto (Postolski, Ackerman y Com, 2014), al contemplar datos de origen variado como talleres (cualitativo), entrevistas y encuestas con muestreos propositivos (cuantitativo), para describir y explicar los aspectos que contribuyen a la problemática de investigación, de modo que, el alcance es descriptivo y explicativo. Asimismo, posee un diseño metodológico transformativo concurrente (DISTRAC), al recolectar y emplear datos más o menos al mismo tiempo —de manera concurrente— y se discuten paralela- o separadamente, implicando posibles ajustes metodológicos (Hernández, S., Fernández, C., Baptista, L., 2014).

Para el desarrollo y complementariedad de la metodología y los resultados, y en correspondencia con lo expuesto en el marco teórico sobre la alineación del presente proyecto con los principios de Soluciones basadas en la Naturaleza empleados y el Estándar Global de la UICN para las Soluciones basadas en la Naturaleza, la persona responsable del presente proyecto adquirió la “Certificación Profesional en el Estándar Global de la UICN para las Soluciones basadas en la Naturaleza”, brindado por la Academia de la UICN en el año 2021. De esta manera la propuesta entregada se alinea con definiciones y metodologías que la pueden respaldar, evaluar y permitir su mejora en el tiempo.

#### **3.1 Fuentes de información y recursos**

##### **3.1.1 Información primaria**

**A. Gira inicial.** Se presentó el proyecto de investigación a la Comisión de Cambio Climático de Quepos y se realizó un reconocimiento de la zona de estudio para afinar las variables de análisis del proyecto.

##### **B. Información de campo.**

**B.1. Recorridos.** Para documentar información sobre las variables de análisis mediante geolocalización con GPS y toma de fotografías de documentación y respaldo.

**B.2. Entrevistas – Encuestas<sup>4</sup>.** Para incluir la percepción social en las variables que enfrentaron una ausencia de información o se considerase relevante. Las entrevistas se trabajaron como comunicaciones personales al estar dadas por conversaciones no recuperables conforme indica la Guía Normas APA 7<sup>a</sup> edición en Sánchez (28 de enero de 2020). Esto respetó un muestreo propositivo o selección intencional de la población (Braceras, 2012) que se describe en cada caso. Se aplicaron 2 encuestas:

- Encuesta de percepción social sobre los diques (ver **Anexo 1**). Para recopilar información sobre el estado, fuentes y periodos de deterioro, funciones y efectividad percibida sobre estas medidas.
- Encuesta de percepción sobre clima (ver **Anexo 2**). Para validar la información meteorológica analizada y delimitar la temporalidad de los eventos de precipitación e inundaciones en la subcuenca, información ausente sobre el riesgo de inundación de la subcuenca (ver **Cuadro 1**).

**B.3. Taller de cartografía social.** Para generar un escenario interdisciplinario y multinivel de intercambio de información, con el fin de favorecer la sostenibilidad y acogida del proyecto. Se dividió en tres momentos, como se desglosa en el siguiente Cuadro 3.

**Cuadro 3. Metodología del taller de cartografía social.**

<b>Objetivo:</b> generar una retroalimentación de la comunidad mediante un taller de cartografía social para la validación y ajuste de los hallazgos preliminares y la consideración de su percepción en la priorización de medidas.		
Actividades		
Exposición de hallazgos preliminares. 20 - 25 min	Trabajo en grupos. 50 min	
Momento 1. Aspectos biofísicos y socioeconómicos	Momento 2. Diques	Momento 3. Medidas posibles <sup>1</sup>
Proyección de mapas, gráficos y cuadros. Los participantes hacen sus aportes verbalmente y en la encuesta de clima.	Proyección de cuadros y fotografías. Los participantes intervienen sobre imágenes satelitales	Exploración de posibles medidas, conforme a las medidas suaves de la <b>Figura 2</b> y en discusión con los

<sup>4</sup> Los instrumentos de recolección de información son detallados en cada la variable de análisis.

	impresas y la encuesta de diques.	hallazgos presentados. Cada grupo propuso medidas.
--	-----------------------------------	--

**Notas:** El perfil de asistencia se recopiló según lo dispuesto en el **Anexo 3**.<sup>1</sup> La percepción social es un criterio para orientar la propuesta del tercer objetivo.

El taller respetó un muestreo propositivo de la población con el siguiente perfil: personas expuestas a los diques preferiblemente desde antes de que estos se establecieran, porque viven, trabajan o están en contacto constante con el dique. Se abarcaron representantes de asociaciones de desarrollo integral (ADI) o líderes comunales, comités de emergencias, ASADAS, gobierno local de Quepos, particulares de la comunidad interesados en participar, empresas privadas con actividades en la zona, como Palma Tica S.A, miembros de la Comisión de Cambio Climático de Quepos.

Este taller se planteó para obtener una validación de hallazgos preliminares (momento 1), identificar donde los cuerpos de agua se desbordan alrededor de los diques, para respaldar y discutir sobre sus capacidades y debilidades, determinando así cómo afectan las inundaciones fluviales a las comunidades y orientando la identificación de posibles zonas de intervención para el tercer objetivo (momento 3) y obtener una lista preliminar de medidas y áreas de intervención con base a la percepción de las comunidades (momento 3).

### 3.1.2 Información secundaria

C. Consulta de información oficial. Según los siguientes criterios:

- Proviene de fuentes que brindan información reciente o de relevancia.
- Los datos son de fuentes oficiales o seguras (e.g. instituciones públicas o similares).

## 3.2 Fase 1. Caracterización biofísica y socioeconómica

En respuesta al principio de perspectiva del sistema a escala descrito en el marco teórico, se definieron una serie de variables de análisis para caracterizar la subcuenca Paquita y Cañas, establecidas a partir de Espinal & Raudales (2016), Retana et al., (2011) y recomendaciones de expertos en gestión de riesgo e hidrología de la UNA. Estas se presentan en el siguiente **Cuadro 4**.

**Cuadro 4. Variables de la caracterización biofísica y socioeconómica.**

<b>Variables de análisis</b>	<b>Aspectos de evaluación</b>
<b>Caracterización biofísica</b>	
<b>Ubicación</b>	Cantones, distritos y/o provincias que abarca la subcuenca.
<b>Clima</b>	Precipitación y Temperatura. Su relación con las inundaciones.
<b>Morfometría</b>	Parámetros de forma y relieve: Área, perímetro, longitud cauce principal, pendiente cauce principal, pendiente laderas, índice de compacidad o coeficiente de Gravelius. Parámetros del drenaje: Cantidad de cuerpos de agua principales y de contribuyentes, área potencial de inundación, número de orden, densidad de drenaje, forma y alineamiento.
<b>Geología y tipos de suelo</b>	Textura y porosidad del suelo, profundidad.
<b>Uso y cobertura de la tierra</b>	Tierras en barbecho, ríos principales, manglar, tierras desnudas, bosque primario, bosque secundario, plantación forestal, mosaico de pastos y espacios naturales, pastos y pastos arbolados, charral y tacotal, palma aceitera, zona urbana.
<b>Caracterización socioeconómica</b>	
<b>Principales actividades económicas</b>	Actividades por sector económico en el API.
<b>Vivienda</b>	Densidad: Número de viviendas en el área potencial de inundación (API) y dentro del margen de protección del río.
<b>Demografía</b>	Densidad: Número de habitantes en el área de la subcuenca. Tanto en el API como la subcuenca.
<b>Educación</b>	Grado de escolaridad en las comunidades del API.
<b>Dragados</b>	Ubicación, edad, temporalidad de concesiones de dragado en la subcuenca.
<b>Diques</b>	Qué son, cómo se gestionan, para qué sirven (para determinar su objetivo y función) y ubicación.

Las variables biofísicas se abordaron en la escala de la subcuenca y las variables socioeconómicas por jurisdicción del proyecto, debido a limitantes de la información, dada por el área de la subcuenca que

corresponde administrativamente al cantón de Quepos. El procesamiento de la información geográfica se realizó mediante el programa especializado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcGIS versión 10.8.1 y para el análisis de datos numéricos se optó por hojas de cálculo. Del mismo modo, los hallazgos generados fueron presentados para su discusión, ajuste y validación durante el momento 1 del taller de cartografía social. El proceso metodológico se detalla a continuación.

### 3.2.1 Ubicación

La delimitación de esta variable se realizó de manera concurrente a la variable de morfometría, como subproducto de la determinación del área de la unidad hídrica mediante análisis automatizados del ArcGIS, donde para las partes más llanas de la subcuenca, ante la ausencia de datos de topografía con suficiente detalle, se reforzó con una delimitación manual, que posteriormente fue revisada y respaldada por un profesional en hidrología. A partir de esta delimitación física se realizó un análisis de SIG con una escala de 1:75000, en conjunto con información sobre provincias, cantones y distritos para identificar la distribución del área de la subcuenca según estos límites administrativos. Los hallazgos se presentan mediante un cuadro de áreas y un mapa de ubicación de la subcuenca.

### 3.2.2 Clima

La identificación de información sobre las variables climáticas de la subcuenca Paquita y Cañas, partió que no se contó con estaciones meteorológicas (EM) en la subcuenca durante el desarrollo del proyecto, por lo que se definió el siguiente criterio para seleccionar las EM que brindan los datos necesarios para definir la presente variable: la mayor cantidad posible de EM alrededor de la subcuenca, localizadas en la misma Región Climática Pacífico Central (RCPC) que ubica la subcuenca y con una distribución variada de altitudes. De esta manera, se obtuvieron datos de temperatura y precipitación de 6 EM (ver **Anexo 4**) del IMN, ICE, Hacienda Barú, Palma Tica S.A. y Londres 1 y 2<sup>5</sup>, sintetizadas en el **Anexo 5**.

---

<sup>5</sup> Londres hace referencia al lugar de ubicación de la EM. De una sola fuente: Milo Beerkins. La estación cambió de lugar por lo que brinda historiales de dos puntos diferentes en periodos diferentes.

El procesamiento de estos datos generó una estimación de promedios mensuales de precipitación y temperatura de cada estación que se analizaron para el área de la subcuenca mediante isoyetas de precipitación e isotermas de temperatura a través de análisis de SIG en una escala de 1:50000. Mediante la **Ecuación 1** tomada del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño (2016) se obtuvo la media de precipitación.

$$\text{Precipitación media anual [mm]} = \frac{\sum_{j=1}^m [(P_j + P_{j+1}) / 2] \cdot A_j}{\sum_{j=1}^m A_j} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

$P_j$ : valor de la precipitación en la isoyeta [mm].

$A_j$ : área entre dos isoyetas consecutivas ( $j$  y  $j+1$ ) [ $\text{km}^2$ ].

$m$ : número total de isoyetas.

A partir de los valores inferiores y superiores de  $P_j$  de la **Ecuación 1** se extrajeron las mínimas y máximas de precipitación anual. Esta ecuación se replicó para obtener los datos de temperatura sustituyendo los valores de precipitación e isoyetas por los datos de temperatura e isotermas.

Como recomendación del “*Flood Green Guide*” del WWF (2016), la percepción social se incorporó en esta variable para validar los hallazgos. Esto se hizo mediante la Encuesta de percepción sobre clima del **Anexo 2** durante el taller de cartografía social. Se documentaron los meses más lluviosos en la subcuenca (a), los meses que suelen presentar inundaciones en la subcuenca (b) y la relación entre temperatura y precipitación con la amenaza de inundación (c). Donde las variables (a) y (b) sobre precipitación e inundación propiamente de la subcuenca se compararon con el patrón de precipitación media de las EM de la RCPC para validar los hallazgos de precipitación estimados y asociarlos con la amenaza de inundación. Por su parte, la variable (c) brindó un criterio de decisión sobre posibles medidas recomendables de los MIGRI.

### 3.2.3 Morfometría

- Parámetros de forma

Se elaboró un modelo de elevación digital (MED) a partir de las curvas de nivel (índices, intermedias y suplementarias) y los drenajes de escala 1:25000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)



disponibles en el SNIT para delimitar el área (A) y perímetro (P) de la subcuenca. Ante la ausencia de información topográfica suficiente sobre las partes llanas, fue indispensable considerar observaciones de los miembros de la Comisión de Cambio Climático de Quepos, familiarizados con la zona, generadas en la gira inicial, para la óptima delimitación de estas variables. Seguidamente, se extrajeron las pendientes máximas de una serie de intervalos definidos mediante algoritmos de SIG y se calculó el promedio del histograma de pendientes para generar la pendiente media, reclasificadas de acuerdo con el Decreto Ejecutivo 41960-MAG-MINAE (**Anexo 6**), con la **Ecuación 2**.

$$P_m = \frac{\sum F_p}{\sum (F_p \cdot \bar{p})} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

$P_m$ : Pendiente de la cuenca [%]

$F_p$ : Frecuencia de promedios de pendientes [unidades].

$\bar{p}$ : promedio de pendientes [unidades].

Asimismo, se generaron los perfiles de elevación de los dos ríos principales: Paquita y Cañas<sup>6</sup>, para obtener las longitudes y pendientes con la **Ecuación 3**.

$$P_c = \frac{H_{m\acute{a}x} - H_{m\acute{i}n}}{L} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

$P_c$ : pendiente del cauce [%]

$H_{m\acute{a}x}$ : altura máxima del cauce [m].

$H_{m\acute{i}n}$ : altura mínima del cauce [m].

L: longitud del cauce [m].

El coeficiente de Gravelius, que hace alusión a la relación de la forma de la subcuenca y su influencia sobre el comportamiento de la escorrentía de precipitación (Gaspari, F, J., Rodríguez, A, M., Senisterra, G, E., Denegri, G., Delgado, M, I., Besteiro, S. 2012), se obtuvo mediante la **Ecuación 4**.

---

<sup>6</sup> El río Cañas recibe este nombre en el cantón de Quepos, sin embargo, el trayecto del río que ubica su parte alta en el cantón de Tarrazú se conoce como río Blanco. Para efectos del proyecto se emplea solo el nombre de río Cañas para referirse a todo el cuerpo de agua.

$$K_c = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

$K_c$ : coeficiente de Gravelius [adimensional].

P: perímetro de la subcuenca [m].

A: área de la subcuenca [m<sup>2</sup>].

- Parámetros de drenaje

Mediante algoritmos de SIG con el MED y los drenajes de la subcuenca, se determinó el orden de los ríos según Strahler, donde cada segmento de un canal de la red de drenaje presenta un valor de 1, con la unión de dos segmentos de un mismo valor le otorga un valor superior de manera sucesiva y jerárquica hasta culminar en los cuerpos de agua principales con el valor más elevado, representando así la magnitud hídrica de la unidad (Gaspari, 2012) y la determinación de la cantidad de cuerpos de agua en la subcuenca, donde a partir del segmento de canal con el orden más elevado hasta el punto más alejado de la subcuenca se identifican los cuerpos de agua principales y los restantes segmentos de canales conforman los contribuyentes.

Para determinar la densidad de drenaje y conocer el nivel de complejidad y desarrollo de la red hidrográfica se aplicó la siguiente **Ecuación 5** de Delgadillo y Páez (2008) en Camino, Cionchi, Del Río, López y De Marco (2018).

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$L_t$ : Longitud total de la red de drenajes [km].

A: Área de la subcuenca [km<sup>2</sup>].

Por su parte, para definir el factor de forma de la subcuenca, que, de acuerdo con Camino, Cionchi, Del Río, López y De Marco (2018) indica la manera en la escorrentía regula, se aplicó la **Ecuación 6** de la misma fuente.

$$K_f = \frac{B}{L} = \frac{A \cdot L_a}{L} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

$K_f$ : factor de forma [adimensional].

L: longitud del cauce principal [km].

B: ancho promedio [km].

A: área de la subcuenca [km<sup>2</sup>].

$L_a$ : longitud axial [km].

La determinación del área potencial de inundación (API) de la subcuenca tomó como punto de partida la información LiDAR generada por la CNE y habilitada en el SNIT, al considerarse sensible y precisa. Esta fue delimitada sobre el área de la subcuenca mediante procesamientos de SIG, generando así el área donde se ubica la amenaza de inundación.

Por su parte, el alineamiento se determinó dada su relación con los procesos erosivos y la sinuosidad de drenaje (Leopold & Wolman, 1957). A partir de los ríos generados en la determinación del orden de Strhaler, se estimó un coeficiente de sinuosidad para cada canal (segmentos individuales de los ríos según el orden), relacionando la longitud de cada canal con la longitud axial, como se expresa en la siguiente **Ecuación 7** de Ochoa (2012):

$$K_s = \frac{L_c}{L_a} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$K_s$ : coeficiente de sinuosidad [adimensional].

$L_c$ : longitud de canal [m]

$L_a$ : longitud axial [m]

A partir de este coeficiente se genera una clasificación de los canales, conforme al esquema empleado por Consorcio Pomca Quindío (2017), que asocia los tipos de drenajes con el alineamiento, como se sintetiza el **Cuadro 5**.

### **Cuadro 5. Clasificación de los canales de drenaje de la subcuenca – patrón de alineamiento**

Sinuosidad	Alineamiento	Características
1 - 1.2	Recto	Fuertes pendientes, de muy baja sinuosidad.
1.2 - 1.5	Sinuoso transicional	Sinuosidad baja.
1.5 - 1-7	Meándrico regular	Cambios direccionales, de sinuosidad media.
1.7 - 2.1	Meándrico irregular	Cambios direccionales importantes, sinuosidad media-alta.
> 2.1	Trenzado	Atrenzamiento del canal. Sinuosidad alta

Fuente: Consorcio Pomca Quindío (2017).

Con esta clasificación se identificó el alineamiento de los cuerpos de agua de la subcuenca Paquita y Cañas, mediante análisis de SIG, determinando la cantidad de canales según cada tipo de alineamiento y se discutió conforme sus características asociadas. De manera puntual, para los mapas de salida sobre morfometría, sobre pendientes y el orden de los cuerpos de agua, se utilizó una escala de 1:50000.

#### **3.2.4 Geología y tipo de suelo**

A partir de datos vectoriales sobre geología y geomorfología de la mapoteca de la UNA y sobre pozos de litología de Quepos facilitados por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), se realizó un análisis de SIG en escala de 1:50000, donde se delimitaron y extrajeron datos específicos de la subcuenca Paquita y Cañas, sintetizando información sobre los tipos de roca y origen geomorfológico de la subcuenca.

Sobre esta variable se entrega un mapa con los tipos de Roca y origen geomorfológico de la subcuenca donde se aprecia la distribución de los suelos con roca compacta, dura, inconsolidada y suave, así como las zonas tectónicas, erosivas y de sedimentación aluvial. Asimismo, se entrega un cuadro con información de 8 pozos de litología en la subcuenca, con sus respectivas texturas y profundidades.

#### **3.2.5 Uso y cobertura de la tierra**

A partir de una imagen satelital de la zona de estudio generada por las misiones Sentinel 2 (S2) del programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA por sus siglas en inglés), obtenidas el 10

de enero de 2019, se realizó una clasificación supervisada de la cobertura de la tierra. Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., Camps-Valls, G. (2017), sugieren estas imágenes por su calidad radiométrica y de resolución espacial, condiciones necesarias en trabajos de clasificación. El análisis abarcó una identificación de las clases para la clasificación de la cobertura de suelo mediante la extensión de S2 para ArcMap, según la clases y coberturas del Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria [INTA] (2015) adoptadas y desglosadas en el siguiente **Cuadro 6**.

**Cuadro 6. Clases de uso y cobertura de suelo de la subcuenca Paquita y Cañas, 2019.**

Número de clase	Clases de uso y cobertura de suelo	Código
1	Zona urbana	1.1.1 y 1.1.2
2	Palma aceitera	2.2.5
3	Charral y tacotal <sup>1</sup>	3.3.1 y 3.3.2
4	Pastos y pastos arbolados <sup>1</sup>	2.3.1 y 2.3.2
5	Mosaico de pastos y espacios naturales	2.4.4
6	Plantación forestal	3.2.1
7	Bosque secundario	3.1.2
8	Bosque primario	3.1.1
9	Tierras desnudas	3.4.3
10	Manglar	4.1.4
11	Ríos principales	5.1.1
12	Tierras en barbecho	2.2.9

**Notas:** <sup>1</sup> Agrupan dos clases independientes en una sola para simplificar el análisis, variando su nombre respecto a la fuente original del INTA (2015).

Fuente: Elaboración propia con base en INTA (2015).

Debido a que la subcuenca Paquita y Cañas es una zona de vegetación abundante y diversa, se realizó una combinación de las bandas a color infrarrojo (bandas 8 - 4 - 3 para Sentinel 2) disponibles en una resolución espacial de 10 metros, ya que esta combinación precisa la diferenciación y monitoreo de la vegetación (Addabbo, P., Focareta, M., Marcuccio, S., Votto, C., Ullo, S. L., 2016). Seguidamente,

de acuerdo con NASA Applied Remote Sensing Training Program [ARSET] (2018), se seleccionaron la mayor cantidad posible de muestras de capacitación mediante un muestreo simple aleatorio. Asimismo, se recopilaron firmas espectrales por clase, de la imagen satelital, mediante la herramienta de clasificación del ArcGIS y se calculó un coeficiente de Kappa para identificar el nivel de similitud entre los datos resultantes mediante la **Ecuación 8** planteada por Cohen (1960), donde su calidad y representatividad se determinó conforme a las medidas de concordancia de *Practical statistics* citadas por López y Pita (2001).

$$CK = \frac{\sum_{i,j=1}^r x_{ij} - \sum_{i,j} (\sum x_i \cdot \sum x_j)}{N^2 - \sum_{i,j=1}^r (\sum x_i \cdot \sum x_j)} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

CK: coeficiente Kappa.

r: número de filas de la matriz.

x<sub>i</sub>: filas.

x<sub>j</sub>: columnas.

x<sub>ij</sub>: número de pixeles de la filas o columnas de la diagonal mayor.

N: total de pixeles de la matriz.

La clasificación supervisada resultante fue presentada en un mapa a escala 1:50000 y validada con mediciones en campo respaldadas con puntos de GPS. Adicionalmente, a partir del decreto ejecutivo 41960-MAG-MINAE (2019) para la determinación de la capacidad de uso de tierras agroecológicas del país, se analizó la presencia de “conflicto de uso de suelo” de la clasificación realizada, entendiendo que existe conflicto cuando el uso actual es contrario a la condición natural de los suelos, donde se puede asumir que la condición natural es un escenario de conservación (D. Alfaro, comunicación personal, 17 de setiembre de 2019). Lo que permite discutir cambios de uso de suelo desde este escenario favorable.

Esta variable se consideró fundamental en el presente proyecto, ya que permite la identificación de los recursos naturales y degradados de la subcuenca, así como sus necesidades de conservación o rehabilitación como línea base para la orientación de medidas que prioricen la propuesta de SbN.

### 3.2.6 Principales actividades económicas

Esta variable de análisis consistió en un panorama general de las actividades económicas que se desarrollan en la subcuenca, principalmente en el área potencial de inundación. Se determinó como resultado indirecto de la variable de uso y cobertura de suelo identificando así actividades productivas asociadas al aprovechamiento de recursos naturales extraídos directamente de la tierra. Asimismo, mediante los recorridos de campo se reconocieron otras actividades económicas tales como servicios, comerciales o turísticas. Esta variable reveló las actividades económicas de la subcuenca que pueden verse afectadas o tienen un papel durante escenarios de inundación, para lo cual se empleó información de DesInventar (2019), conforme a los desastres documentados sobre inundaciones en Quepos, propiamente en la subcuenca Paquita y Cañas, que se desglosan en el **Anexo 7**.

### **3.2.7 Vivienda**

Esta variable se fundamentó en los datos de viviendas a nivel de UGM del censo de población del INEC (2011d), el área potencial de inundación (API) definida por la CNE en 2019 disponibles en el SNIT —delimitada para la subcuenca—, las áreas de protección y la sección de la subcuenca correspondiente al cantón de Quepos mediante análisis de SIG y hojas de cálculo. En esta línea, se delimitación de las áreas de protección de los cuerpos de agua sobre el API, con la metodología del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2020), como se desglosa:

- a.1.* Se determinó la tipología de urbanización de cada localidad a nivel de UGM, asignando un valor entre 1 y 11 con base en la "Clasificación de distritos según grado de urbanización" del INEC (2018), donde las localidades con valores  $\leq 7$  se consideran urbanas y  $> 7$ , rurales.
- a.2.* Se estableció un radio de 1 km alrededor de cada localidad para identificar los cuerpos de agua en el API. Agrupándolas en tres sectores: 1. Paquita - Vista Mar – Bella vista – Pueblo real. 2. La Gallega - Guacalillo - Cerritos. 3. Cerros - Cerros arriba - San Rafael. 4. Zonas dispersas.
- a.3.* Se identificaron los cuerpos de agua según los datos vectoriales a escala 1:25000 del Instituto Geográfico Nacional del 2016 disponibles en el SNIT.
- a.4.* Se determinaron las áreas de protección a partir de los promedios de pendientes  $\bar{p}$  sobre los márgenes de los cuerpos de agua, donde las  $> 40\%$  respetan un margen de 50 metros horizontales y las  $< 40\%$  dejan 10 metros en zonas urbanas y 15 en zonas rurales, conforme al artículo 33 de la Ley Forestal 7575 (1996) (ver **Anexo 8**).

De esta manera se cuantificaron las viviendas, según las áreas de interés y con asistencia de la imagen satelital de la zona. Asimismo, se realizaron recorridos de verificación sobre algunas áreas de protección, según se contó con acceso seguro.

### **3.2.8 Demografía**

La cantidad de habitantes en el API y en el área de la subcuenca correspondiente al cantón de Quepos se determinó vinculando los datos sobre de población del censo del INEC (2011d) con los UGM del cantón mediante SIG. A partir de esta unión se cuantificó la población en el API, agrupando los datos según los mismos sectores definidos en el punto *a.2.* de la variable de Viviendas para su posterior análisis en conjunto. Esta información se presenta mediante un cuadro en el apartado de resultados junto con la variable de 3.2.7. de Viviendas.

### **3.2.9 Educación**

La variable de educación se basó en una triangulación de los indicadores educativos del cantón de Quepos del INEC (2011c), puntualmente de los distritos que se enmarcan de la subcuenca Paquita y Cañas, con los hallazgos de la interacción directa con los vecinos de las comunidades de la subcuenca obtenidos en los recorridos y talleres. Esto debido a que los datos UGM con los que se cuenta de INEC (2011d) no incluyen la educación. A partir de esta variable se generó una discusión sobre el escenario educativo de las comunidades de la subcuenca como una línea base sobre la educación de la población con la que eventualmente se desarrollarían las medidas, orientando un buen abordaje de las comunidades bajo un marco de gobernanza que se alinee con los principios de las Soluciones basadas en la Naturaleza.

### **3.2.10 Dragados**

A partir de los datos sobre concesiones en cauce de dominio público (CDP) inscritas en la Dirección de Geología y Minas (DGM), se realizó un filtrado de las concesiones desde el visor de la DGM en la subcuenca, con fecha a noviembre del 2020, con lo que se obtuvo información geográfica y hojas de cálculo que se enlazó manualmente con asistencia del mismo visor. Seguidamente se realizó un



análisis espacial de los datos calculando las áreas de cada concesión que se representaron según su estado:

- Vigente: vigentes en la fecha de consulta: noviembre 2020.
- Temporal: la concesión se otorga sobre un plazo específico.
- En trámite de otorgamiento: actualmente se encuentra en trámite de permiso.

Lo anterior se sintetizó en un cuadro con el número de expediente, la figura concesionaria, su estado, subclase (si es privado u otro), el año en que fue establecida la concesión y su área. Asimismo, se presenta una representación espacial de estas concesiones mediante un mapa en escala 1:50000.

### **3.2.11 Diques**

La presente variable de análisis determinó qué son estas medidas de manera clara —como línea base para la valoración de su efectividad en el segundo objetivo específico—, abordando los siguientes aspectos de evaluación:

- Cantidad de diques como medidas ante inundaciones presentes en la subcuenca.
- Ubicación.
- Descripción.

Donde su ubicación se respaldó con un mapa a escala 1:25000. Asimismo, se elaboró una síntesis de la gestión de estas medidas en un diagrama de flujo (su simbología se adjunta en el **Anexo 9**) establecida a partir de los oficios municipales de las obras y entrevistas a funcionarios municipales encargados de su supervisión. Esta síntesis aborda el proceso burocrático de solicitud y definición de las medidas, y el proceso de establecimiento de las obras. Hallazgos posteriormente ajustados con las observaciones realizadas en el taller de cartografía social por parte del coordinador de la comisión municipal de emergencias (CME), un representante del departamento responsable de la supervisión de las obras y el secretario técnico de la CME; funcionarios municipales familiarizados con ambos procesos.

### 3.3 Fase 2. Efectividad de los diques en la contención de inundaciones

Como se planteó en la justificación del presente proyecto, habitantes de las comunidades del cantón han manifestado que a pesar de contar con estas medidas (diques) la afectación de las inundaciones persiste, por lo que se planteó estimar su efectividad. En el contexto del presente proyecto, la efectividad de los diques en la contención de inundaciones está dada por el grado de cumplimiento de su función. Para esto se identificó su función, estado actual y otras características que influyen en el desempeño, mediante recorridos, entrevistas a los funcionarios municipales responsables de supervisar su establecimiento y la encuesta de la percepción social sobre los diques (adjunta en el **Anexo 1**). Esta última recolectó la información referente a función y estado, y presentó las siguientes condiciones:

- Técnica de recolección de datos: encuesta aplicada bajo un muestreo propositivo sobre la siguiente población: personas expuestas a los diques, ya sea porque viven, trabajan o están en contacto constante con estos. Abarcando 14 representantes con este perfil. Los datos se tabularon en una matriz mediante hojas de cálculo.
- Instrumento: formulario digital elaborado en la plataforma web SurveyMonkey y distribuido mediante mensaje telefónico<sup>7</sup>.
- Método: porcentajes y ponderación de datos. Los factores de ponderación empleados se definieron a partir de Sampieri et al., (2014), con base al escalamiento de Likert, asignando mayor peso a las afirmaciones más desfavorables o favorables (según las características de cada variable en la encuesta), con lo cual se definió una escala de 0 a 1 en 5 niveles de medición de intervalos iguales, en congruencia con la cantidad de ítems empleados para medir cada variable.

#### 3.3.1 Función de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas

La función que realizan los diques de la subcuenca se determinó operativizando su definición (conforme se señaló en el **Cuadro 2** del marco teórico) en la pregunta 6 de la encuesta de percepción social sobre diques. La información recolectada se relacionó con efectividad como se presenta en el siguiente **Cuadro 7**.

---

<sup>7</sup> En algunos casos se asistió mediante llamada telefónica. La sección Limitaciones del presente documento justifica esta acción.

**Cuadro 7. Determinación de la efectividad de los diques en la contención de inundaciones.**

Variables	Ítems	Indicador de efectividad	Escala de medición del indicador	
- Evita el impacto de las inundaciones - Disminuye o retrasa el impacto de las inundaciones	- Siempre	Grado de cumplimiento de las variables.  Método: ponderación.	0.00 - 0.20	Alta
	- Casi siempre		0.21 - 0.40	Moderada/Alta
	- En ocasiones		0.41 - 0.60	Moderada
	- Casi nunca		0.61 - 0.80	Baja
	- Nunca		0.81 - 1.00	Nula

Donde las variables representan las funciones que pueden realizar los diques, sobre las cuales se valora su cumplimiento mediante los ítems de la pregunta. Para asociar esta información con la efectividad, se aplica el indicador conforme a los factores de ponderación establecidas en el método de la encuesta, empleando en este análisis específico, un escalamiento desfavorable medido con la escala que se muestra en el presente **Cuadro 7**, obteniendo así el nivel de efectividad de cada dique de la subcuenca Paquita y Cañas en la contención de inundaciones.

En contrapuesta a esta información, se determinó la función que se espera que cumpla un dique o cualquier otra medida que aborde la amenaza de inundación. Esto con el fin de discutir en términos de la función que realizan versus la esperada y a su vez reforzar el objetivo que se espera que cumpla cualquier medida en la subcuenca, con el cual respaldar las medidas del tercer objetivo específico.

### **3.3.2 Estado de los diques**

Se consideró que el estado de los diques es uno de los factores que condicionan su funcionamiento y por ende su efectividad. Por lo que se determinó el estado actual en función del deterioro. De esta manera, se recopiló información sobre los factores de deterioro (a), las épocas de mayor deterioro (b) y el nivel de deterioro (c). Donde los puntos (a) y (b) se operativizaron en las preguntas 3 y 4 de la encuesta respectivamente, abordando los factores de paso del río, vehículos, personas o animales y precipitación, y las épocas seca y lluviosa. Ambas analizadas mediante el método de porcentajes en una escala de 0 a 1 en 5 niveles de medición de intervalos iguales, conforme a lo definido en el punto 3.3. de la metodología. Por su parte, el punto (c) sobre el nivel de deterioro se operativizó en la pregunta 5 de la encuesta y fue analizada conforme se establece en el siguiente **Cuadro 8**.

**Cuadro 8. Determinación del nivel de deterioro de los diques de la subcuenca.**

Variable	Ítems	Método de medición	Escala de medición del nivel de deterioro	
Percepción del estado actual del este dique, en comparación a como estaba inicialmente	- Muy deteriorado	Ponderación.	0.81 - 1.00	Muy deteriorado
	- Deteriorado		0.61 - 0.80	Deteriorado
	- Moderadamente deteriorado		0.41 - 0.60	Moderadamente deteriorado
	- Poco deteriorado		0.21 - 0.40	Poco deteriorado
	- Nada deteriorado		0.00 - 0.20	Nada deteriorado

La variable de deterioro mostrada en el cuadro anterior fue valorada según los ítems y medido conforme al método indicado, empleando pesos favorables según se indicó anteriormente sobre los métodos de análisis de datos de la encuesta. Los resultados generados se analizaron con la escala definida en este **Cuadro 8**, indicando así el nivel de deterioro actual (a la fecha de desarrollo del proyecto) de los diques presentes en la subcuenca Paquita y Cañas.

### 3.3.3 Características de los diques relacionadas con su desempeño

En apoyo a los hallazgos sobre efectividad y estado actual de los diques, se documentaron una serie de aspectos que, en el contexto del presente proyecto, se considera que pueden influir en el desempeño de estas medidas o son características relevantes para discutir los hallazgos. Estos aspectos se describen en el siguiente **Cuadro 9** con sus respectivas fuentes de información, de acuerdo con el formato establecido en la sección metodológica 3.1.

**Cuadro 9. Descripción de los aspectos de evaluación de los diques y sus fuentes de información.**

Aspectos de evaluación	Descripción	Fuentes
Año de intervención	Para determinar su edad.	C

Respaldo técnico	Estudios o criterios de ingeniería dura que incluyen. De no contar, se considera que no es una solución gris.	C - B2 <sup>1</sup>
Dimensiones	De diseño o estimadas según se puedan determinar (longitud, altura).	C - B1 - B3
Mantenimiento	Tipo de mantenimiento que reciben y su frecuencia.	C
Aspectos sociales	Estudios incluidos sobre la dimensión social. Detalles del proceso de participación social (técnicas, población involucrada).	C
Objeto de protección	Actividades, estructuras o medios que protege.	B1 - B3
Monto	Costo económico de la medida.	C
Fondos	Ente proveedor del financiamiento.	C

**Notas:** <sup>1</sup> Entrevistas a los funcionarios municipales responsables de supervisar las obras.

De esta manera, a partir del segundo objetivo específico se obtiene como producto, una medición del nivel de efectividad de los diques en cumplimiento de su función, un panorama sobre su estado y las variables que influyen en este y en el desempeño encontrado y una discusión sobre los factores que influyen en ambos.

### **3.4 Fase 3. Propuesta de SbN para reducir el riesgo de inundaciones de las comunidades de la subcuenca**

En respuesta al tercer objetivo específico del presente proyecto de investigación: Priorizar Soluciones basadas en la Naturaleza, mediante un análisis de su viabilidad que permita la elaboración de una propuesta integral de reducción del riesgo por inundación, se plantea lo siguiente.

En esta línea, el presente proceso metodológico plantea un procedimiento mediante SIG con una escala de referencia de 1:50000 y 1:10000 para los mapas de salida (se especifican en cada enunciado) y hojas de cálculo (por motivos de alcance, la cantidad y calidad de datos con los que se cuenta), donde las bases de datos y demás fuentes de información se referencian en cada apartado de la Fase 3. Para esto se realizó una identificación de zonas, una selección de las medidas y un análisis multicriterio (AMC) sobre estas —al ser la herramienta más utilizada para priorizar medidas

(Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2020)—, para reconocer la viabilidad económica, ambiental, institucional y política de su implementación.

Es importante establecer que conforme al punto 1.6 sobre la localización espacial y temporal del presente proyecto y el marco teórico, las medidas basadas en la naturaleza que conforman la propuesta de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) están dirigidas a la jurisdicción de la subcuenca que pertenece administrativamente al cantón de Quepos, zona a la que a partir de esta fase 3 se conoce como área de proyecto (AP).

### 3.4.1 Identificación de zonas

La identificación de las zonas de intervención se realizó mediante criterios de vulnerabilidad y prioridad alrededor de las comunidades de la subcuenca. El criterio de vulnerabilidad parte de metodologías sobre iniciativas similares al presente proyecto, siendo estas “Soluciones basadas en la Naturaleza para ciudades de América Latina y el Caribe” de PNUMA (2020) y “Metodología para la priorización de medidas de adaptación frente al cambio climático” de GIZ (2015), y se alinea al planteamiento del **Cuadro 1** sobre el esquema del riesgo de inundación de la subcuenca. Por su parte, el criterio de prioridad responde al principio de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza del punto 2.2.3 del marco teórico. El siguiente **Cuadro 10** muestra los criterios con sus objetivos, indicadores y productos específicos.

**Cuadro 10. Criterios para selección de las zonas de intervención de la propuesta.**

Criterio	Objetivo	Indicador	Producto
Criterio 1 - Vulnerabilidad. Análisis de vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones <sup>1</sup>	Identificar la vulnerabilidad de las comunidades.	Vulnerabilidad alta.	Mapa con los niveles de vulnerabilidad del AP. Identificación de las comunidades vulnerables ante inundaciones.
Criterio 2 - Prioridad. Análisis de prioridades biofísicas de intervención <sup>2</sup>	Identificar las zonas con prioridad de intervención.	Prioridad media - alta.	Mapa con los niveles de prioridad de intervención alrededor del AP. Identificación de las zonas con prioridad de intervención alrededor de las comunidades vulnerables producto del <i>Criterio 1</i> .

---

**Notas:** <sup>1</sup> Conforme al planteamiento del **Cuadro 1** del marco teórico. <sup>2</sup> acorde al principio de protección contra inundaciones basadas en naturaleza del punto 2.2.3 del marco teórico.

---

De esta manera, en la presente fase se operativiza información sobre la vulnerabilidad y amenaza alrededor de las comunidades de la subcuenca, donde la vulnerabilidad se clasifica en niveles para identificar las comunidades más expuestas ante la amenaza de inundación, y la amenaza adquiere un rol de filtro, al considerar que toda el área potencial de inundación (API) es de interés por igual, de modo que no se emplean niveles de amenaza. A continuación, se detalla el proceso metodológico para cada uno de los criterios mostrados en el **Cuadro 10**.

- Criterio 1 - Análisis de vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones

Se establecieron 2 indicadores de vulnerabilidad adaptando la metodología de Retana et al. (2011). Para esto, se elaboró la siguiente ficha técnica que define la relación de los indicadores con la amenaza de inundación, seleccionando datos que respondieran al producto esperado (definido en el **Cuadro 10**) centrado en las comunidades. De esta manera, un indicador proviene de los resultados del primer objetivo específico (población) y adicionalmente se utilizaron datos del INEC (2011d) a nivel de UGM sobre viviendas en mal estado. El siguiente **Cuadro 11** muestra la ficha técnica.

**Cuadro 11. Ficha técnica de los indicadores de vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones.**

Indicador	Significado	Unidad de expresión	Relación con la amenaza
Viviendas en mal estado	Viviendas que presentan problemas estructurales o de mantenimiento principalmente en techo y paredes.	Número de viviendas en mal estado por UGM en el AP.	Ante impactos de inundaciones, son más propensas al deterioro, siendo sus habitantes más vulnerables ante las inundaciones.
Población	Número de habitantes.	Número de habitantes por UGM en el AP.	En eventos de inundación es más la población afectada en una misma área.

La unidad de expresión de cada indicador fue normalizada con la **Ecuación 9** para ordenar los datos en una escala común.

$$I_N = \frac{V_{Máx} - V_I}{V_{Máx} - V_{Mín}} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

$I_N$  = Indicador normalizado para cada UGM

$V_I$  = Valor del indicador del UGM [#]

$V_{Máx}$  = Valor máximo del indicador [#]

$V_{Mín}$  = Valor mínimo del indicador [#]

Los indicadores se sumaron y estandarizaron (normalizar la sumatoria para ordenar sus datos nuevamente en una escala común) con la misma **Ecuación 9** para su análisis en conjunto. Con los datos resultantes se definió un índice de vulnerabilidad ante inundaciones con el método de medidas de posición por percentiles. Empleando 5 percentiles para obtener 5 niveles de vulnerabilidad entre baja y alta, asociando los valores más altos resultantes de la estandarización a los niveles más altos de vulnerabilidad, como se presenta en el siguiente **Cuadro 12**.

**Cuadro 12. Índice de vulnerabilidad**

Percentil	Vulnerabilidad
90	Alta
70	Alta/Media
50	Media
30	Media/Baja
< 30	Baja

Posteriormente, este índice se procesó con SIG con una escala de 1:50000 para generar un mapa con las áreas más vulnerables en el área del proyecto. Para establecer la relación con la amenaza —en respuesta al planteamiento del **Cuadro 11**—, Retana et al. (2011) indica que es necesario enfocar la vulnerabilidad hacia el riesgo, mediante la amenaza. En esta línea, para involucrar la amenaza (inundaciones fluviales) se empleó el área potencial de inundación (API) como filtro para seleccionar las áreas más vulnerables, ya que el API es el área de sensibilidad (vulnerabilidad ante la amenaza) conforme se teorizó en el **Cuadro 1**.

De esta manera, se obtuvo un mapa con los niveles de vulnerabilidad socioeconómica del área del proyecto (AP), donde se consideran áreas vulnerables ante inundaciones a las áreas con vulnerabilidad



alta (indicador del **Cuadro 10** para el criterio 1) en el área potencial de inundación, permitiendo así identificar a las comunidades vulnerables ante inundaciones, alrededor de la cuales se definen las zonas de intervención con el criterio 2, como se describe a continuación.

- Criterio 2 - Análisis de prioridades biofísicas de intervención

A partir de la variable biofísica de Uso y cobertura de la Tierra se estableció una medida de prioridad con un método de asignación de pesos según el siguiente criterio: el uso o cobertura de la tierra difiere de conservación. En congruencia con el principio de restauración y conservación comprometido en el punto 2.2.3 del marco teórico y la presencia de “conflicto de uso de suelo” definido en el punto de Uso y cobertura de la tierra con relación a la capacidad de uso de la tierra. En este caso, al no contarse con datos sobre la condición natural de la subcuenca, el criterio se enfoca en conservación. Como se detalla en el siguiente **Cuadro 13** sobre los criterios de definición de las prioridades biofísicas de intervención con los respectivos usos asignados.

**Cuadro 13. Criterios de definición de las prioridades biofísicas de intervención.**

Peso	Prioridad	Descripción	Usos asignados
5	Alta	Tierras desnudas o exentas de vegetación casi en su totalidad, intervenciones que impermeabilizan el suelo. Según el decreto 41960-MAG-MINAE "debe procurarse un restablecimiento y manejo de la vegetación natural" (art.1).	Zona urbana. Tierras desnudas.
4	Alta / Media	Tierras con largos periodos sin cobertura vegetal (cultivos anuales). Uso de la tierra que provocan desvíos sobre el curso natural de los cuerpos de agua (canales de riego).	Palma aceitera. Tierras en barbecho.
3	Media	Tierras de cobertura vegetal fragmentada, deteriorada o ausente de procesos de rehabilitación forestal.	Mosaico de pastos y espacios naturales. Charral y tacotal. Pastos y pastos arbolados.
2	Media / Baja	Tierras con algún tipo de prácticas de manejo o conservación de suelos intensivas, conforme recomienda el decreto 41960-MAG-MINAE.	Plantación forestal.

1	Baja	Uso de conservación: bosques, manglar, humedales.	Bosque primario. Bosque secundario. Manglar. Ríos principales.
---	------	---	--

Fuente: Elaboración propia con base en información secundaria y decreto 41960-MAG-MINAE.

De esta manera, el uso y cobertura de la tierra fue reprocesado con SIG con la misma escala de 1:50000 para generar los niveles de prioridad de intervención en el AP. En este proceso a cada una de las clases de uso y cobertura de suelo se le atribuyó el peso correspondiente a su prioridad, conforme al **Cuadro 13**, generando como resultado un mapa en el que se aprecian los niveles de prioridad de intervención alrededor del AP. A partir del mapa resultante y específicamente alrededor de las comunidades vulnerables identificadas en el criterio 1 se seleccionaron las zonas con prioridad de intervención, siendo estas donde se encontraron los niveles de prioridad entre media y alta, de acuerdo con el indicador definido en el **Cuadro 10** para el presente criterio 2.

Al basarse en el uso y cobertura de la tierra de la subcuenca definida en el primer objetivo específico del presente proyecto, el criterio 2 es considerado como el nivel de referencia sobre el estado de conservación y necesidades de restauración de la subcuenca, específicamente en el área del proyecto (AP). Esto es de relevancia para las estrategias de monitoreo de cada medida, donde se debe medir el cambio respecto a esta referencia, dado que, al cambiar el uso y cobertura de uso, puede cambiar su peso en el criterio 2 conforme al **Cuadro 13**.

### 3.4.2 Identificación de medidas

La identificación de las medidas se realizó a partir de los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) planteados en la **Figura 2** del marco teórico, los principios para la implementación de medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza adoptados en el punto 2.2. Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) del marco teórico sobre perspectiva del sistema a escala e integración con restauración y conservación de ecosistemas —donde se vincula el principio de conectividad de las SbN que se considera fundamental en la reducción del riesgo de inundación—, y las propuestas de los representantes comunales producto del momento 3 del taller de cartografía social.

Para esto se establecieron dos criterios, uno técnico, elaborado con los MIGRI y uno social derivado del taller de cartografía social, a partir de lo cual se genera un listado de medidas basadas en la naturaleza ligadas a las respectivas zonas del área del proyecto (AP). A continuación, se detallan estos criterios.

○ Criterio 1 - Técnico

La selección de medidas conforme a las medidas suaves o basadas en la naturaleza de los MIGRI planteadas en la **Figura 2** del marco teórico, respondió a 4 factores que de acuerdo con WWF (2016) condicionan su eficacia y aplicabilidad, siendo estos:

- Tipo de inundación;
- Objetivo que puede cumplir cada medida;
- Escala de aplicación;
- Ubicación de la cuenca.

Con estos factores se definió una lista preliminar de medidas aplicables con la siguiente lógica: la aplicabilidad de las medidas se define según el tipo de inundación, y los otros tres factores conforman el fundamento teórico/técnico para su ubicación en las zonas de intervención. En esta línea, según el punto 0. del marco teórico, las inundaciones fluviales son el tipo de inundación en la que se centra el presente proyecto. De esta manera, la lista preliminar de medidas basadas en la naturaleza aplicables ante inundaciones fluviales fue la siguiente:

- Restauración de la cuenca alta;
- Medidas de uso y conservación de suelo;
- Restauración de humedales;
- Restauración de la vegetación ribereña;
- Eliminación de barreras (WWF, 2016).

Cabe enfatizar que lo anterior conforma una lista preliminar, no definitiva. La lista definitiva de medidas es un producto de los Criterios 1 y 2 (técnico y social) y se sintetiza como parte de los resultados en un cuadro descriptivo donde se presentan variaciones de nombres, se descartan o

incorporan otras medidas de MIGRI según se considera aplicable. El siguiente **Cuadro 14** sintetiza la aplicabilidad de las medidas conforme a los factores: Escala de aplicación y Objetivos que puede cumplir cada medida, de todas las medidas suaves de los MIGRI.

**Cuadro 14. Escalas y objetivos de intervención de las medidas suaves.**

Escala de intervención	Objetivo de la intervención		
	Reducir, retener, detener y divergir inundaciones	Mejorar el drenaje y promover la resistencia al daño en los cuerpos de agua	Adaptarse a las inundaciones
Transfronteriza	-Restauración de la cuenca alta	-No aplica	-No aplica
Cuenca (subcuenca)	-Restauración de la cuenca alta -Medidas de conservación de suelo -Restauración de humedales	-No aplica	-No aplica
Llanura de inundación	-Estanques de detención y lagunas de retención	-Zanjones y dispositivos filtrantes -Restauración del drenaje natural -Restauración de zonas ribereñas -Remoción de barreras -Restauración de costas y arrecifes	-No aplica
Comunidad	-Zanjones y dispositivos filtrantes	-Restauración de zonas ribereñas -Remoción de barreras	-Restauración del drenaje natural -Restauración de costas y arrecifes
Viviendas	-Cosecha de agua de lluvia -Techos/paredes verdes y techos azules	-No aplica	-No aplica

Fuente: Adaptado de la Tabla 5.1 del WWF (2016).

Asimismo, el **Cuadro 15** presenta la aplicabilidad según su ubicación en la subcuenca.

**Cuadro 15. Aplicabilidad de las medidas a las diferentes partes de la subcuenca.**

Cuenca alta	Cuenca media	Cuenca baja	Áreas urbanas
-Restauración de la cuenca alta	-Restauración de la cuenca altas	-Restauración de humedales	-Restauración de humedales
-Medidas de conservación de suelos	-Medidas de conservación de suelos	-Zanjones y dispositivos filtrantes	-Zanjones y dispositivos filtrantes
-Zanjones y dispositivos filtrantes	-Restauración de humedales	-Cosecha de agua de lluvia	-Cosecha de agua de lluvia
-Cosecha de agua de lluvia	-Zanjones y dispositivos filtrantes	-Estanques de detención y lagunas de retención	-Estanques de detención y lagunas de retención
-Restauración natural de drenaje	-Cosecha de agua de lluvia	-Restauración natural de drenaje	-Restauración natural de drenaje
-Restauración de la vegetación ribereña	-Estanques de detención y lagunas de retención	-Restauración de la vegetación ribereña	-Restauración de la vegetación ribereña
-Eliminación de barreras	-Restauración natural de drenaje	-Eliminación de barreras	-Eliminación de barreras
	-Restauración de la vegetación ribereña		-Techos/paredes verdes y techos azules.
	-Eliminación de barreras		

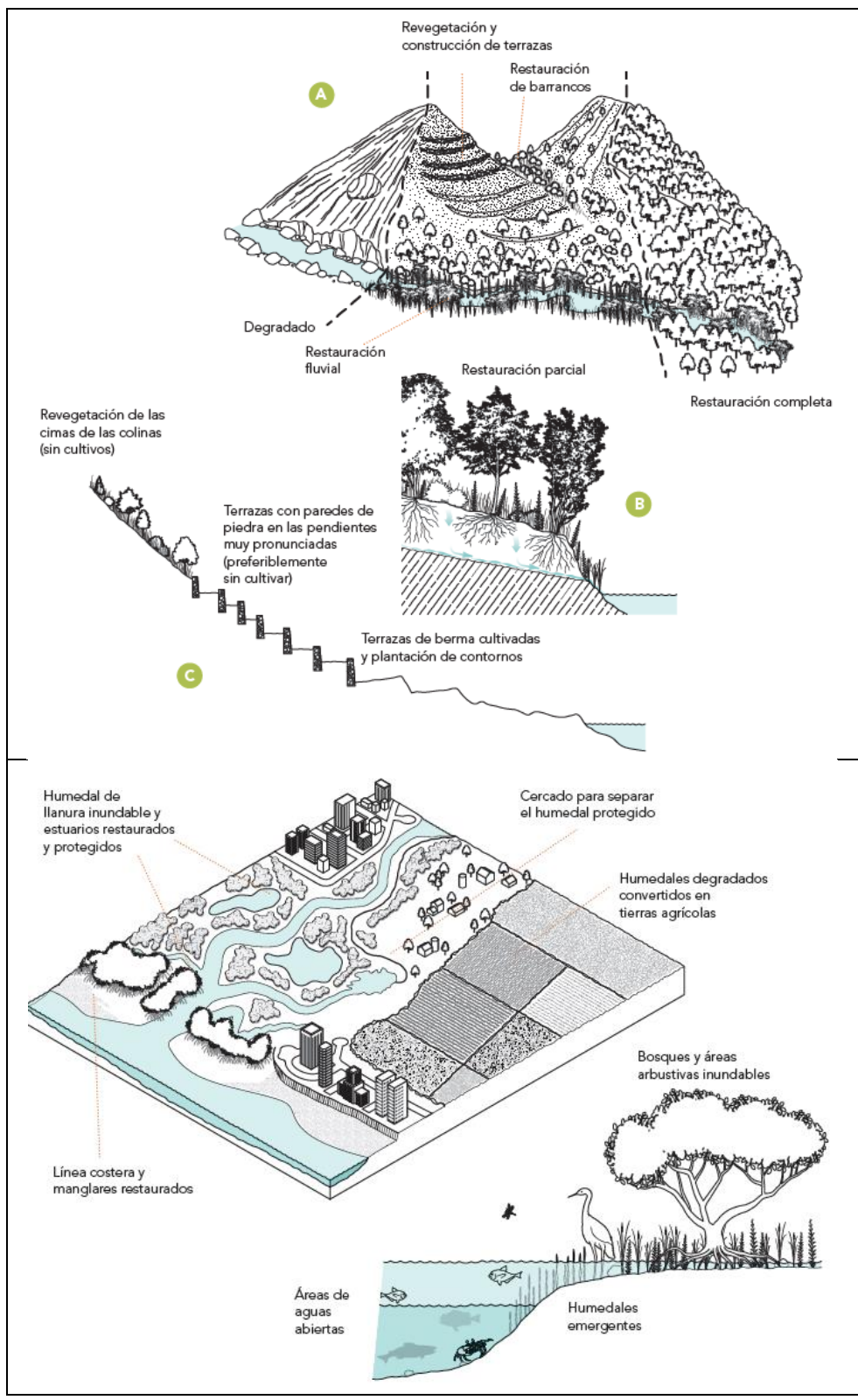
Fuente: Adaptado de la Tabla 5.2. del WWF (2016).

○ Criterio 2 - Social

Este criterio parte del espacio para la exploración de medidas del momento 3 del taller de cartografía social, conforme a la metodología planteada en el **Cuadro 3** que tuvo como fin capturar y canalizar el conocimiento de los participantes sobre las posibles medidas directamente sobre el territorio mediante cartografía social. Esto permitió depurar la lista de medidas preliminares del criterio anterior. Este momento continuó trabajando con los grupos establecidos en el momento 2, correspondiendo con los sectores establecidos en el **Anexo 3** para agrupar a las comunidades, siendo estos:

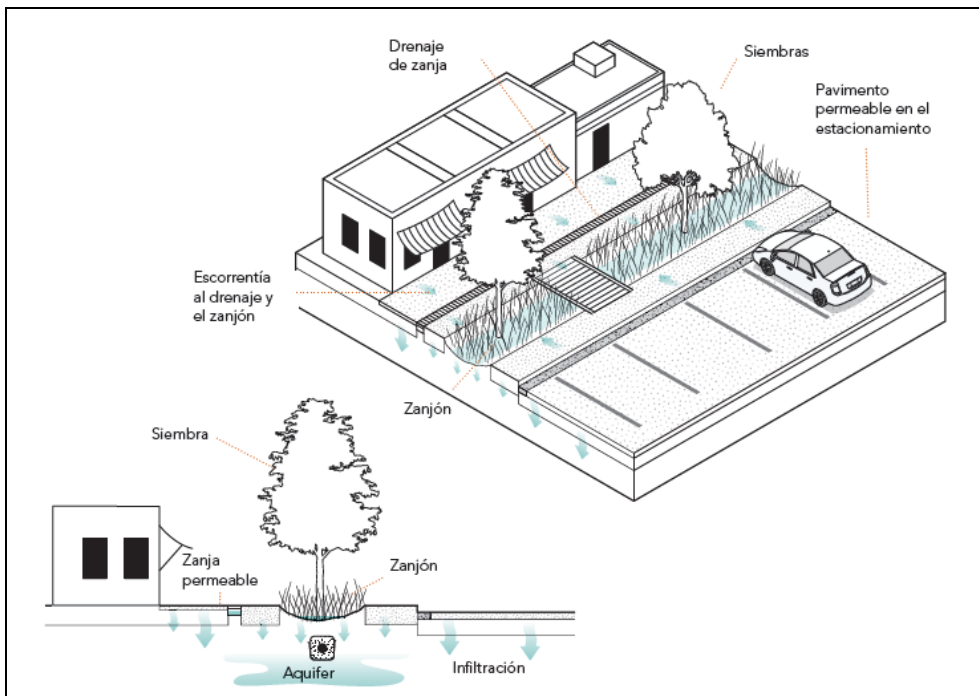
- Grupo 1: Sector 1. Paquita, Damas.
- Grupo 2. Sector 2. Cerros, Cerros arriba, San Rafael.
- Grupo 3. Sector 3. La gallega, Cerritos, Guacalillo.

El proceso metodológico de este espacio se describe a continuación. Inicialmente se proyectó una presentación de PowerPoint mostrando imágenes, fotografías y explicando las diferentes medidas suaves o basadas en la naturaleza de los MIGRI del *Green guide* de la WWF (2016), por ser el marco teórico de medidas del presente proyecto. También se emplearon otros ejemplos de medidas tomadas de *Resilient New Orleans. Strategic actions to shape our future* de City of New Orleans (2015). En la siguiente **Figura 3** se encuentran las medidas de MIGRI presentadas en el taller.

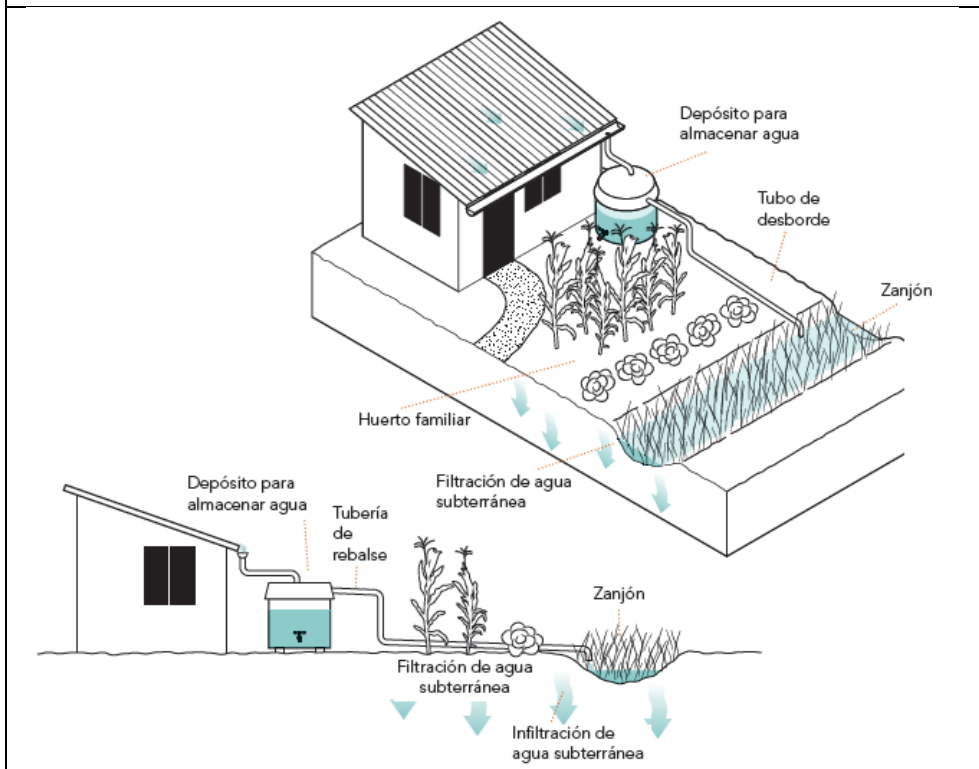


Medidas de conservación de suelo y Restauración de la cuenca alta: (A) técnicas aplicadas a diferentes escalas y ubicaciones en un paisaje típico de la cuenca alta, (B) sección transversal de un área revegetada, (C) algunas medidas de conservación de suelos de bajo costo.

Restauración de humedales: en los tramos inferiores de una cuenca y corte transversal de los humedales.

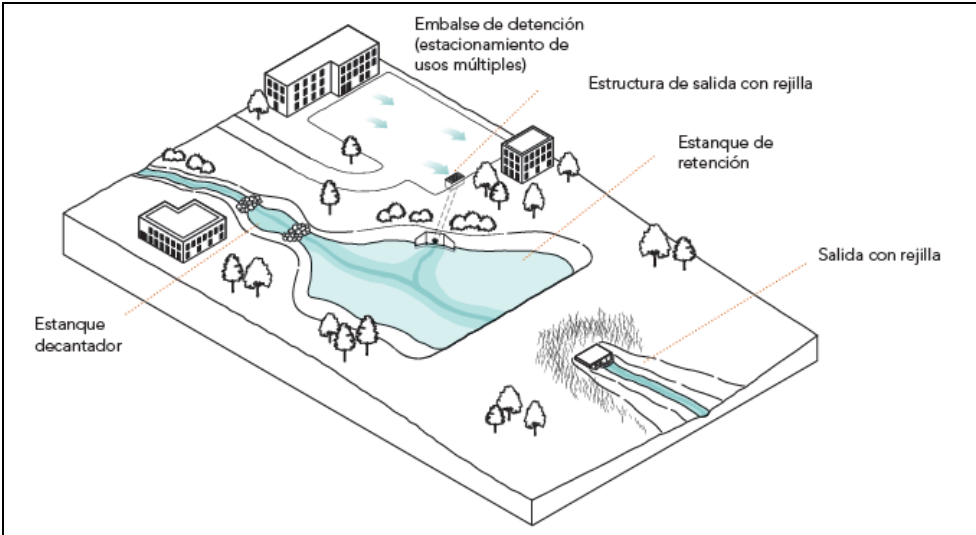


Zanjones, pavimentos permeables y dispositivos de infiltración.



Cosecha de agua de lluvia a nivel de hogares.





Estanques de retención y embalses de detención.



Techos y muros verdes y techos azules.

<p>Edificaciones sobre la ribera de un arroyo sin una distancia restrictiva o amortiguamiento</p> <p>Vía de drenaje bloqueada y endurecida</p> <p>Restauración de las vías de drenaje natural</p> <p>Edificaciones con distancia restrictiva detrás de un amortiguamiento y las estructuras no apropiadas eliminadas</p> <p>Se permite la formación de un meandro natural en el arroyo</p>	<p><b>Restauración del drenaje natural.</b></p>
<p>Grandes escombros leñosos</p> <p>Manejo adecuado de los grandes escombros leñosos</p> <p>Riberas erosionadas y degradadas</p> <p>Ganado sin manejo</p> <p>Ganado bien manejado</p> <p>Estabilización de las riberas y restauración de la vegetación</p>	<p><b>Restauración de vegetación ribereña.</b></p>
<p>Los escombros y obstáculos impiden el flujo</p> <p>Alcantarilla angosta</p> <p>Se eliminaron los obstáculos que impiden el flujo.</p> <p>Alcantarilla abierta</p>	<p><b>Eliminación de barreras.</b></p>



**Figura 3. Imágenes y fotografías de los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) presentadas en el momento 3 del taller de cartografía social. 2020.**

**Fuente: WWF (2016).**

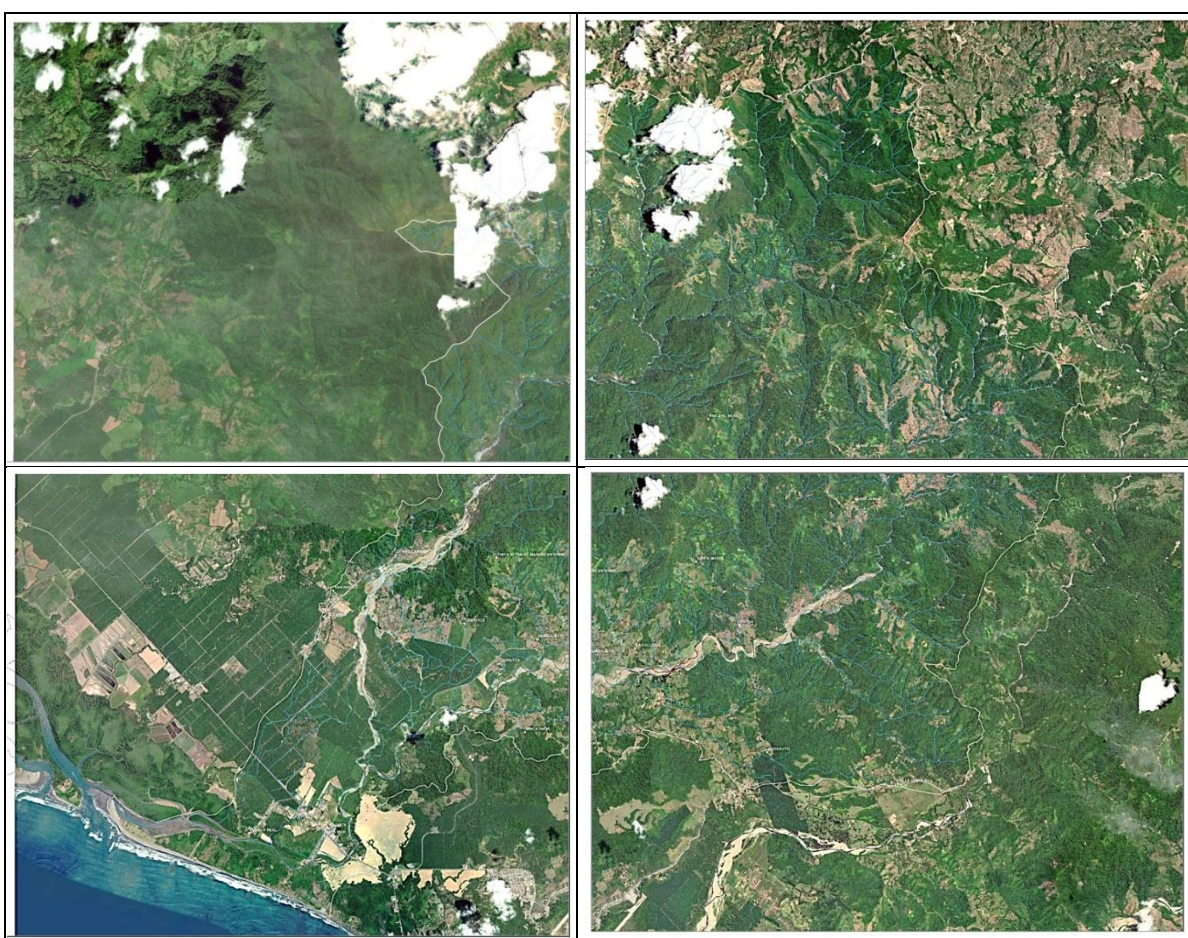
La siguiente **Figura 4** presenta las fotografías adaptadas de City of New Orleans (2015) para el taller de cartografía social como ejemplos de experiencias reales.



**Figura 4. Fotografías de medidas para adaptarse a las inundaciones. Fuente: City of New Orleans (2015).**

Posterior a la presentación, se facilitaron a los grupos de trabajo los recursos para establecer las medidas basadas en la naturaleza que más se ajustaran a las necesidades de reducción del riesgo de inundación de las comunidades que representaban. Estos recursos consistieron en imágenes satelitales impresas en hojas tamaño carta, de 22 x 28 cm aproximadamente donde cada grupo anotaba cuales medidas podían implementarse y señalaba donde podían considerarse.

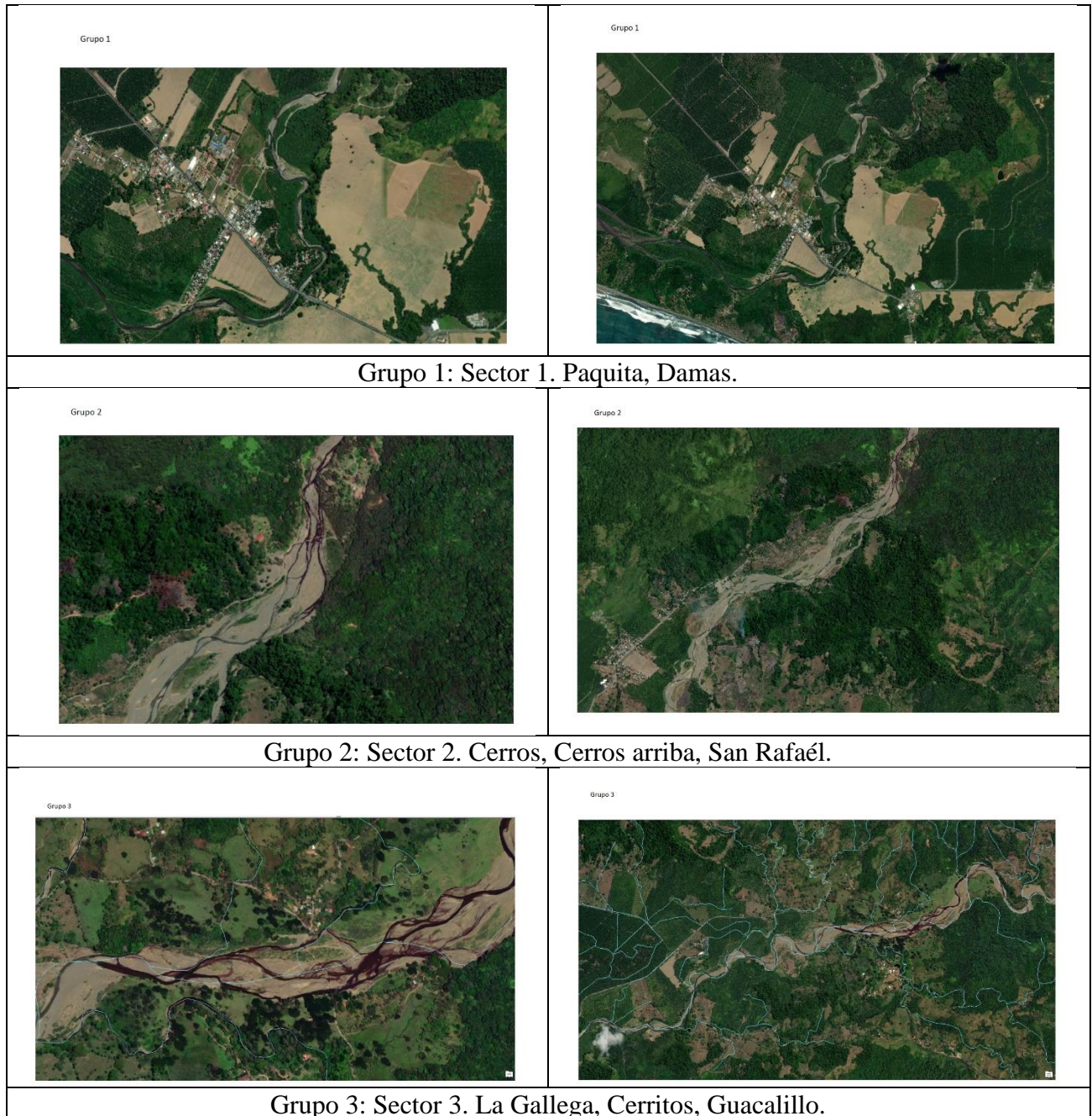
La siguiente **Figura 5** muestra la imagen satelital de la subcuenca Paquita y Cañas, tomada de Environmental Systems Research Institute (ESRI) mediante el programa SAS Planet versión 190707 en 2019. La imagen fue impresa para el taller de cartografía social.



**Figura 5. Imagen satelital de la subcuenca Paquita y Cañas para el taller de cartografía social. 2020. Fuente: ESRI en SAS Planet (2019).**

Esta imagen se presentó dividida en 4 partes (hojas tamaño carta) para contar con una referencia espacial de la subcuenca de suficiente tamaño y detalle para los participantes del taller, donde pudieran

visibilizar bien los límites de la subcuenca, los cuerpos de agua principales y las comunidades de los grupos de trabajo. Asimismo, se facilitaron imágenes satelitales impresas que mostraran específicamente a las comunidades de la subcuenca, como se presenta en la siguiente **Figura 6**.



**Figura 6. Imágenes satelitales de cada grupo de comunidades para el taller de cartografía social. 2020. Fuente: ESRI en SAS Planet (2019).**

Los materiales de la **Figura 5** y **Figura 6** se facilitaron a cada grupo de trabajo del momento 3 del taller. Sobre estos, se recopilieron las medidas basadas en la naturaleza para la Subcuenca Paquita y Cañas, puntualmente dentro de la jurisdicción del proyecto: el cantón de Quepos, generando así, una representación espacial aproximada de las medidas aplicables.

Posteriormente, esta representación aproximada de las medidas orientó la representación definitiva de las medidas, las cuales se definieron mediante SIG (con una escala de 1:50000 y a 1:10000) para la estimación de áreas, necesarias para cálculos posteriores en la validación de las medidas, así como la generación de mapas que son la representación espacial de las medidas basadas en la naturaleza a priorizar en el presente proyecto. Estas medidas definitivas se editaron sobre la información geográfica de las zonas prioritarias, definidas con el Criterio 2 – Nivel de prioridades de intervención del apartado 3.4.1 Identificación de zonas. Se establecieron a lo largo de toda el área del proyecto (AP), tanto dentro del área de exposición (definida en el **Cuadro 1** del marco teórico) como fuera del área de exposición (para respetar el principio de conectividad de las SbN), tomando en cuenta los principios comprometidos sobre la perspectiva del sistema a escala y la integración con restauración y conservación de ecosistemas.

De esta manera, del presente apartado 3.4.2 Identificación de medidas se obtienen como productos: Las medidas definitivas a priorizar en el presente proyecto. Se presentan mediante un cuadro con sus respectivas definiciones y mapas con la representación espacial de las medidas a priorizar en la subcuenca Paquita y Cañas, y cuadros que desglosan las áreas que abarca cada medida. Sobre estas medidas se realiza el análisis de viabilidad.

### **3.4.3 Determinación de la viabilidad**

Una vez definidas las medidas a priorizar se realizó un análisis de viabilidad para su implementación. Para esto se adaptó la metodología de Lara, Guevara y Zentella (2017) planteada en el documento “Análisis costo-beneficio de medidas de adaptación al cambio climático en zonas urbanas de América Latina” con la cual se estableció un índice de priorización derivado de un análisis multicriterio (AMC).

Lara et al., (2017) recomienda emplear de 10 a 15 criterios para valorar las medidas mediante el AMC, sin embargo, dentro del alcance del proyecto se delimitaron 9 y se clasificaron en 4 grupos de criterios:

Ambientales, Sociales, Económicas y Políticas e institucionales. Seguidamente, se detalla el proceso metodológico con el que se definieron y valoraron los criterios.

- **Criterios ambientales**

Se establecieron dos criterios ambientales adaptados de Lara et al., (2017). Un criterio de restauración de ecosistemas con el que se valoró que tanto contribuye cada medida a la restauración de ecosistemas, debido a que es parte fundamental de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). Asimismo, un criterio de aseguramiento de servicios ambientales de regulación que estimó, en qué medida, cada medida propuesta brinda servicios de regulación (e.g. amortiguación de caudales/precipitaciones extremas) que contribuyen a la reducción del riesgo de inundación de las comunidades expuestas en la subcuenca Paquita y Cañas, dado que es lo que busca el presente proyecto.

La valoración de las medidas conforme a estos criterios se sustentó en los hallazgos del tercer objetivo específico sobre la identificación de las zonas de intervención (punto metodológico 3.4.1), puntualmente en el criterio de prioridad con el que se identificaron las zonas donde se priorizó el establecimiento de medidas. También se respaldó en el criterio técnico definido para la identificación de las medidas (punto metodológico 3.4.2), sobre las escalas, objetivos y aplicabilidad de las medidas conforme se planteó en el **Cuadro 14** y el **Cuadro 15** de la metodología.

- **Criterios sociales**

Se establecieron tres criterios sociales. Un criterio de atención a las comunidades más vulnerables con el que se valoró cada medida conforme a su atención a las comunidades más vulnerables ante inundaciones, puesto a que en torno a estas comunidades se planteó el proyecto. Un criterio de participación que calificó a cada medida conforme incluyese la participación de los habitantes de las comunidades expuestas y otros entes de relevancia en la subcuenca Paquita y Cañas, ya que el fin de las SbN es abordar desafíos sociales, de modo que la gobernanza de las medidas es fundamental. Estos criterios fueron adaptados de Lara et al., (2017). Adicionalmente, se propuso un criterio de urgencia, con el objetivo de valorar cada medida según se consideran urgentes para la reducción del riesgo y disminución de pérdidas en la subcuenca Paquita y Cañas.

La valoración de las medidas para los criterios sociales empeló como sustento —al igual que para los criterios ambientales—, productos del tercer objetivo específico para la identificación de las zonas de intervención (punto metodológico 3.4.1), propiamente del criterio de vulnerabilidad con el que se identificaron las comunidades vulnerables ante inundaciones. Asimismo, se utilizaron como respaldo los hallazgos del momento 3 del taller de cartografía participativa planteado en el criterio social del punto metodológico 3.4.2 sobre la identificación de las medidas del tercer objetivo específico. Puntualmente para el criterio de urgencia, se recurrió al criterio técnico de la identificación de las medidas (punto metodológico 3.4.2), precisamente por haber sido el fundamento de los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) con el cual se plantearon las medidas a priorizar.

- **Criterios políticos e institucionales**

Se establecieron dos criterios políticos e institucionales, adaptados de Lara et al., (2017). Un criterio de capacidad institucional con el cual se valoró que tanto cada medida se encuentra enmarcada en los instrumentos de planificación y normativos existentes que debe cumplir el gobierno local. Del mismo modo, se planteó un criterio de coordinación con el que se estimó en qué medida existen procesos de coordinación y cooperación entre actores internos o externos del territorio que faciliten la implementación de cada medida. Estos criterios son relevantes debido a la necesidad de que exista un escenario que facilite la implementación de las medidas propuestas.

Como sustento para la valoración de las medidas según estos criterios políticos e institucionales se utilizaron los instrumentos de planificación y normativas locales con las que cuenta el gobierno local de Quepos, así como instrumentos de planificación y normativas nacionales a los que debe alinearse el gobierno local y aplicar en su jurisdicción.

- **Criterios económicos**

En concordancia con el principio 2.2.2. Evaluación de riesgos y beneficios de la gama completa de soluciones, de los principios y orientaciones para la implementación de medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza adoptados en el marco teórico, se establecieron dos criterios económicos, adaptados de Lara et al., (2017). Un criterio de costo-beneficio que valoró en qué medida,



cada medida aporta beneficios sociales, y un criterio costo-efectividad con el que se estimó la costo-efectividad de cada medida ante su propósito, dado por el principal beneficio de cada medida (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2018).

A diferencia de los criterios anteriores, la valoración de las medidas para los criterios económicos se sustentó en cálculos. En esta línea se estimó el índice costo-beneficio (ICB) y el índice de costo-efectividad (ICE) conforme a la “Metodología para el análisis costo-beneficio social” de GIZ (2018) mediante su “Herramienta de análisis costo-beneficio para la implementación de medidas de mitigación ante el cambio climático” que consiste en una hoja de cálculo programada con Montecarlo para estimar estos índices con un modelo automático.

El índice costo-beneficio (ICB) es el parámetro más importante para priorizar medidas ya que indica cuantas unidades monetarias netas se ganan por cada unidad monetaria invertida. Entre más alto el ICB, más beneficios netos se obtienen. Por su parte, el índice costo-efectividad (ICE) expresa qué tan costosa/beneficiosa es cada medida como proporción de una meta a alcanzar, sin embargo, debido a que las medidas basadas en la naturaleza pueden alcanzar múltiples propósitos, en estos casos Lara et al., (2017) indica que el ICE se emplea únicamente como elemento informativo. Para efectos del presente proyecto, el propósito de cada medida se define en torno a beneficios relacionados con la reducción del riesgo de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas. Estos índices se expresan matemáticamente con las siguientes ecuaciones:

$$ICB = \frac{\textit{Beneficio neto}}{\textit{Costos totales}} \quad \textbf{(Ecuación 10)}$$

$$ICE = \frac{\textit{Costos totales}}{\textit{Propósito de la medida}} \quad \textbf{(Ecuación 11)}$$

De esta manera, para cada medida se identifican una serie de costos, beneficios y otros aspectos para estimar los índices planteados. Estos se presentan en el siguiente **Cuadro 16**, que a su vez es la estructura con la que se sistematizan los datos para la estimación del ICB y ICE en la herramienta de GIZ (2018).

**Cuadro 16. Valores admitidos en la herramienta para estimar el costo beneficio y costo efectividad de las medidas.**

Nombre de la columna	Descripción	Valores admitidos
ID	Número identificador del costo o beneficio	Cualquiera (se emplea la nomenclatura CBXX recomendada)
Tipo	Tipo de efecto	Económico, Social, Ambiental
Impacto	Costo o beneficio	Positivo (significa que es un beneficio), Negativo (significa que es un costo)
Categoría	Clasifica los costos o beneficios	Cualquiera (es una descripción general de los costos o beneficios)
Detalles	Clasifica los costos o beneficios con detalle	Cualquiera (es una descripción específica de los costos o beneficios)
prop	Propósito de la medida (para obtener el Índice Costo Efectividad)	{0,1} es 1 cuando es el propósito del proyecto
Frecuencia	Frecuencia en que ocurre cada costo o beneficio	Inicial (única vez), Mensual, Anual, Cada 2 meses, Cada 3 meses, Cada 4 meses, Cada 5 meses, Cada 6 meses, Cada año, Cada 2 años, Cada 3 años, Cada 4 años, Cada 5 años, Cada 6 años
Unidad_de_medida	Unidad de medida del costo o beneficio	Cualquiera (ejemplo: tonelada, metros cuadrados, hectáreas)
Cantidad	Cantidad promedio del costo o beneficio	Números positivos siempre
Cant_pesimista	Cantidad mínima del costo o beneficio	Números positivos siempre
Cant_optimista	Cantidad máxima del costo o beneficio	Números positivos siempre
p	Precio promedio del costo o beneficio	Números positivos siempre
p_pes	Precio mínimo del costo o beneficio	Números positivos siempre
p_opt	Precio máximo del costo o beneficio	Números positivos siempre
fecha_inicio	Fecha inicial del costo o beneficio	Valor en la forma mmm-aaa (ejemplo ene-2017)

fecha_final	Fecha final del costo o beneficio	Valor en la forma mmm-aaa (ejemplo ene-2017)
externalidad	Indica qué costos o beneficios son una externalidad	{0,1} es 1 si el costo o beneficio es una externalidad
modelo	Indica el comportamiento del tiempo del costo o beneficio (si no se está seguro de cuál usar se usa modelo “Lineal”)	Lineal, Logarítmica, Taylor, Exponencial, Bass (Modelo de difusión)
coef1	En modelos diferentes al “Lineal”	Numérico
coef2	En modelos diferentes al “Lineal”	Numérico
coef3	En modelos diferentes al “Lineal”	Numérico

Notas: También se requiere definir una tasa de descuento (para transformar dinero del futuro a dinero de hoy). En esta línea GIZ (2018) recomienda una de 10 %, por lo que se empleó la misma.

Fuente: Adaptado de GIZ (2018).

Es importante señalar que los costos y los beneficios están asociados áreas, de cada medida propuesta o de las comunidades expuestas. En términos del **Cuadro 16**, las áreas corresponden a las columnas de *Cantidad*, *Cant\_pesimista* y *Cant\_optimista* y los costos/beneficios corresponden a las columnas de *p*, *p\_pes* y *p\_opt*. Dentro de la herramienta, estos datos pueden incluirse como valores mínimos, máximos y medios, sin embargo, en el caso de las cantidades, al estar dadas por áreas, son datos exactos, y en el caso de los costos y beneficios, GIZ (2018) señala como válido utilizar un mismo valor, consideración adoptada en el presente proyecto.

Para cada medida, se definieron cuatro datos de costos y beneficios, procurando dos costos y dos beneficios por medida. Se abordaron costos de construcción/implementación y mantenimiento, y beneficios por servicios de reducción de riesgo de inundaciones —debido a que las medidas se plantean como un aporte para la reducción del riesgo—. En esta línea se consideraron puntualmente, beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de la escorrentía, beneficios por prevención de erosión de suelo, beneficios de regulación de inundaciones por moderación de eventos extremos y beneficios por ahorros de medidas convencionales. Cuando para alguna medida los costos abordaban de manera conjunta los costos mencionados, se utilizó un beneficio más para mantener cuatro datos por medida.

En torno a las fuentes de los datos, la mayoría de los beneficios fueron tomados del *Ecosystem Services Valuation Database* [ESVD], por ser la base de datos abierta y más grande, con valores monetarios estandarizados para todos los servicios ecosistémicos y biomas del planeta (ESVD, 2021). Oportunamente, los beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de la escorrentía fueron estimados en el presente proyecto y se basaron en los siguientes cálculos:

- **Pérdidas unitarias [ $P_u$ ]:**

Pérdidas monetarias por metro cuadrado en las comunidades expuestas del área de mayor exposición a inundaciones fluviales. Es una estimación propuesta por Lara et al., (2017) con la que se obtiene un valor en USD/m<sup>2</sup> y se calcula de la siguiente manera:

$$P_u = \frac{\text{Pérdidas monetarias por eventos de inundación en comunidades expuestas}}{m^2 \text{ de comunidades expuestas}} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Las pérdidas monetarias por eventos de inundación en estas zonas se toman de los registros de DesInventar (2019) del **Anexo 7**, sobre las comunidades de la subcuenca, cuyas áreas se estimaron mediante SIG. En el **Anexo 21** se presenta la estimación de las pérdidas unitarias en metros cuadrados<sup>8</sup>. Con este dato se definen posteriormente los beneficios de los costos evitados durante los eventos que causan estas pérdidas, asociados al área de las comunidades, y los beneficios de la prevención de inundaciones por moderación de eventos extremos, asociados al área de las medidas.

- **Porcentaje de efectividad [% efectividad]:**

Lara et al., (2017) plantea la probabilidad de que una medida pueda cumplir una función o brindar servicio deseado. En el presente proyecto se presenta como la efectividad de cada medida para regular los flujos de agua por su capacidad de moderar la escorrentía. Se define a partir de la cobertura de la tierra propuesta en cada medida y se estima como la diferencia del coeficiente de escorrentía (CE) establecido por Chow, Maidment y Mays (1994). Únicamente una medida empleó un dato de eficacia

---

<sup>8</sup> En algunos cálculos se emplea este valor en hectáreas (ha), según requieran las fuentes de costos o beneficios.

propio, basado en Boston Water and Sewer Commission (2013). Es un valor porcentual que se adjunta en el **Anexo 22** y se obtiene de la siguiente manera:

$$\% \text{ efectividad} = 1 - CE \quad (\text{Ecuación 13})$$

La lógica de la estimación anterior sobre porcentaje de efectividad de las medidas propuestas, así como de la estimación sobre pérdidas unitarias evitadas que se presenta seguidamente, fue validada con un experto en valoración económica de servicios ecosistémicos; De acuerdo con Barrantes “la matemática está bien” (G. Barrantes, comunicación personal, 26 de abril de 2022).

- **Pérdidas unitarias evitadas [ $P_{\text{evitada}}$ ]:**

Se fundamentan en estimaciones similares de Brander, Tai, Crossman & Hong (2018) como se citó en ESVD (2020), donde se obtiene el valor monetario anual de una hectárea de bosque tropical dado puntualmente por el servicio de control de inundaciones, multiplicando la reducción en la probabilidad de inundación atribuible a la cubierta forestal, por el costo promedio de los daños por inundaciones en las comunales. En el presente proyecto, los valores estimados sobre la eficacia de las medidas y las pérdidas unitarias se asocian para obtener las pérdidas unitarias evitadas por cada medida. Son un valor en USD/m<sup>2</sup> o ha, y se calcula de la siguiente manera:

$$P_{\text{evitada}} = \% \text{ efectividad} \cdot P_u \quad (\text{Ecuación 14})$$

De esta manera, las pérdidas evitadas brindan un servicio de control de inundaciones que se presentan para cada medida como beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de la escorrentía. Por su parte, los costos de cada medida se tomaron de diversas fuentes. Tanto los costos, como los beneficios y demás aspectos del **Cuadro 16** se sistematizaron en los anexos con sus respectivas fuentes de la siguiente manera: **Anexo 23** referente a las Cunetas Verdes, **Anexo 24** referente a la Restauración del Paisaje Forestal, **Anexo 25** referente a las Medidas de conservación de suelo: Rehabilitación, **Anexo 26** referente a la Restauración de vegetación ribereña, y **Anexo 27** referente a los Embalses de detención. A partir de estos, se generaron los índices costo beneficio (ICB) y costo efectividad (ICE) de cada medida que representan los principales insumos del

criterio económico para el análisis multicriterio con el cual se establece el índice de priorización de las medidas propuestas.

En concreto, la valoración de cada medida según los criterios ambientales, sociales, económicos y políticos e institucionales planteados, se estructuró el siguiente análisis multicriterio del **Cuadro 17**.

**Cuadro 17. Estructura del análisis multicriterio (AMC) para la priorización de las medidas.**

Grupo de criterios	Criterios	Peso relativo (1-5)	Descripción	Rangos de calificación	Medidas				
					M	M	M	M	M
					1	2	3	4	5
Ambientales	Restauración de ecosistemas		La medida contribuye a la restauración de ecosistemas.	No contribuye (0). Contribuye medianamente (1-5). Contribuye fuertemente (6-10).					
	Asegura servicios ambientales de regulación		La medida brinda servicios de regulación (e.g. amortiguación de caudales/precipitaciones extremas) que contribuye a la reducción del riesgo de inundación de las comunidades.	No contribuye (0). Contribuye medianamente (1-5). Contribuye fuertemente (6-10)					
Sociales	Atención a las comunidades más vulnerables		La medida se plantea en atención de las comunidades más vulnerables ante las inundaciones del AP.	No las atiende (0). Las atiende medianamente (1-5). Las atiende fuertemente (6-10).					
	Participación		La medida incluye la participación de los habitantes de las comunidades.	No la incluye (0). La incluye medianamente (1-5). La incluye fuertemente (6-10).					

	Urgencia		La medida puede considerarse de urgencia para la reducción del riesgo y disminución de pérdidas.	No es urgente (0). Es medianamente urgente (1-5). Es fuertemente urgente (6-10).					
Económicos	Costo-Beneficio		La medida aporta beneficios sociales.	No aporta beneficios (0). Aporta medianamente beneficios (1-5). Aporta fuertemente beneficios (6-10).					
	Costo-Efectividad		La medida es costo efectiva ante su propósito <sup>1</sup> .	No es costo efectiva (0). Es medianamente efectiva (1-5). Es fuertemente efectiva (6-10).					
Políticos e institucionales	Capacidad institucional		La medida se enmarca en los instrumentos de planificación y normativos existentes, que debe cumplir el gobierno local.	No se enmarca (0). Se enmarca medianamente (1-5). Se enmarca fuertemente (6-10).					
	Coordinación		Existen procesos de coordinación y cooperación entre actores internos o externos del territorio que facilitan la implementación de las medidas.	No existen (0). Existen medianamente (1-5). Existen fuertemente (6-10).					

Nota: <sup>1</sup> El propósito de cada medida se presenta entre los aspectos necesarios para los análisis.

Fuente: Elaboración propia con base en Lara et al. (2017).

Seguidamente, se detalla el índice de priorización de las medidas.

○ **Índice de priorización de medidas**

La generación de este índice empleó los pesos relativos y calificaciones expuestas en el **Cuadro 17**, donde a cada criterio se le asignó un peso entre 1 y 5 (siendo 5 el mayor peso) y a cada medida una calificación entre 0 y 10. Con esto se estableció una ponderación en la cual, el valor del peso relativo de cada criterio se dividió entre el valor total de los pesos relativos y su resultado se multiplicó por el valor de la calificación de cada medida (de 0 a 10), generando valores ponderados individuales por medida y por criterio. Estos se sumaron para dar como resultado el valor ponderado total por medida. Con estas medidas ponderadas se conformó el índice de priorización. La siguiente **Ecuación 15** representa el proceso descrito.

$$I_p = \sum_{M=0}^M M_p = M_n \cdot \frac{C_n}{\sum C_n} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

$M_p$  = valor ponderado de cada medida por criterio.

$M_n$  = valor de la calificación de cada medida.

$C_n$  = valor del peso relativo de cada criterio.

$\sum C_n$  = valor dado por la suma de los pesos relativos de todos los criterios.

$I_p$  = índice de priorización.

De esta manera, se obtiene el índice de priorización de las medidas. Este se presenta mediante un gráfico que agrupa el valor ponderado total de cada medida, respaldando así la viabilidad de las medidas propuestas en el presente proyecto. Como productos del presente punto 3.4.3 sobre la determinación de la viabilidad, se presenta un cuadro similar al **Cuadro 17** con los pesos, calificaciones y valores ponderados por medida, así como el gráfico del índice de priorización de las medidas propuestas.

Es preciso señalar que debido a las restricciones que implicó la pandemia del Covid-19, la metodología del AMC se adaptó de manera que, dentro del alcance del proyecto, la valoración de las medidas dependiera únicamente de los resultados obtenidos y analizados en la investigación, y la validación del comité asesor del proyecto para la determinación de la viabilidad de las medidas. En las recomendaciones del presente proyecto se indican los siguientes pasos para una adecuada implementación.



## 4 Resultados y discusión

Este apartado reúne los hallazgos referentes a la caracterización biofísica y socioeconómica de la subcuenca Paquita y Cañas (Fase 1). Seguidamente, se presenta un análisis sobre la efectividad los diques en la contención de inundaciones (Fase 2). Finalmente, se justifica una propuesta que visibiliza y prioriza las oportunidades de implementar Soluciones basadas en la Naturaleza como aporte para la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca (Fase 3).

### 4.1 Fase 1. Caracterización biofísica y socioeconómica

El primer objetivo específico consistió en un estado de situación de la subcuenca Paquita y Cañas mediante una caracterización de su estado biofísico y socioeconómico para la determinación de posibles causas de inundación. Sus hallazgos se discuten resaltando las características que condicionan el riesgo de inundación y orientan posibles medidas para el tercer objetivo específico, como se presentan a continuación.

#### 4.1.1 Ubicación

La subcuenca Paquita y Cañas está ubicada en la vertiente pacífica del país, limitando con el océano pacífico. Distribuye su área a lo largo de 2 provincias: Puntarenas y San José, 3 cantones: Quepos, Parrita y Tarrazú, y 5 distritos distintos en un área total de 181.3 km<sup>2</sup>. Donde aproximadamente el 63 % de su área pertenece al cantón de Quepos, seguido por un 32 % en Tarrazú y en menor medida Parrita con menos del 4 %, como se aprecia en la siguiente **Figura 7**.



Cañas, relacionando a su vez estos aspectos con la amenaza de inundación (Figura 10). Como se presenta a continuación.

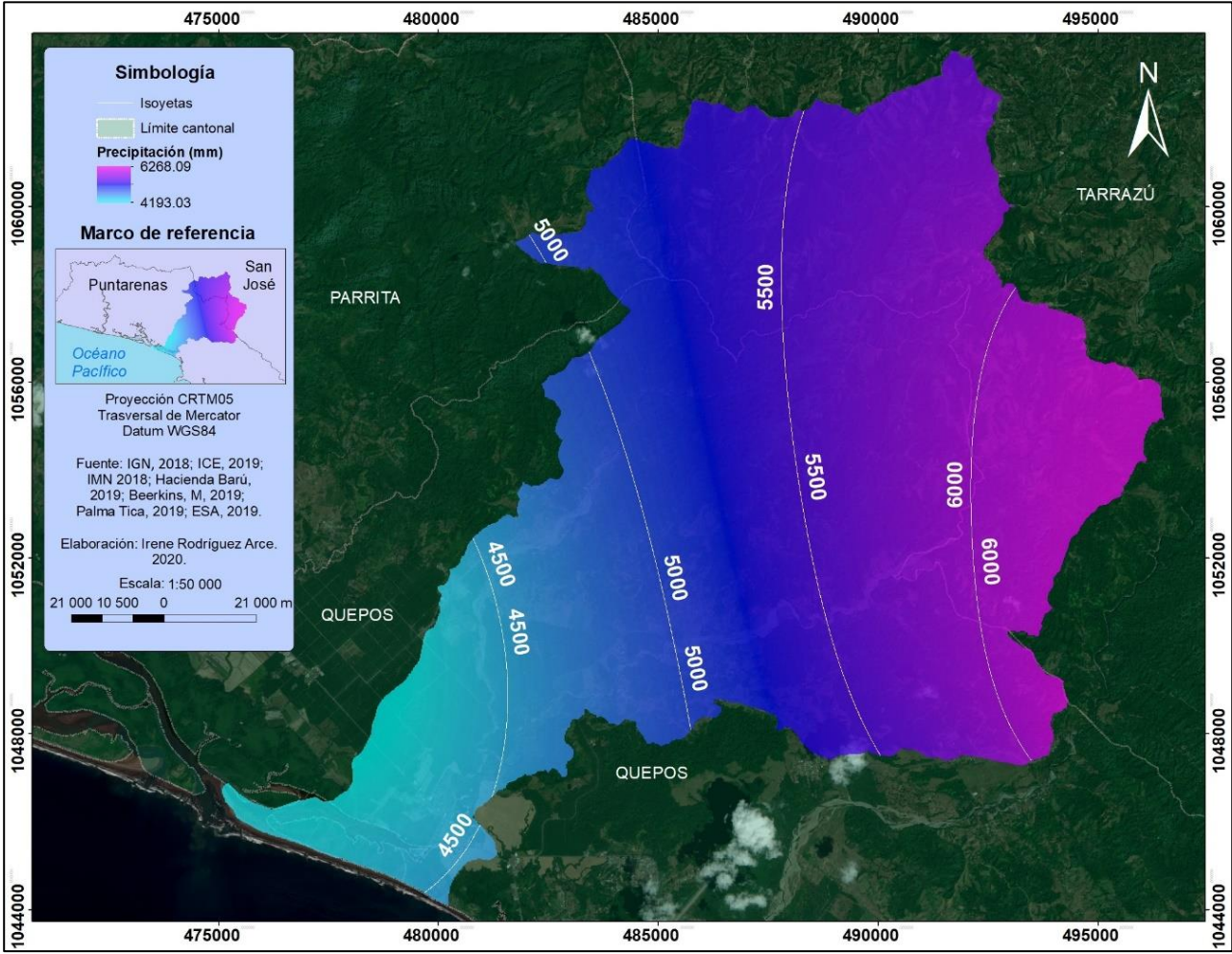
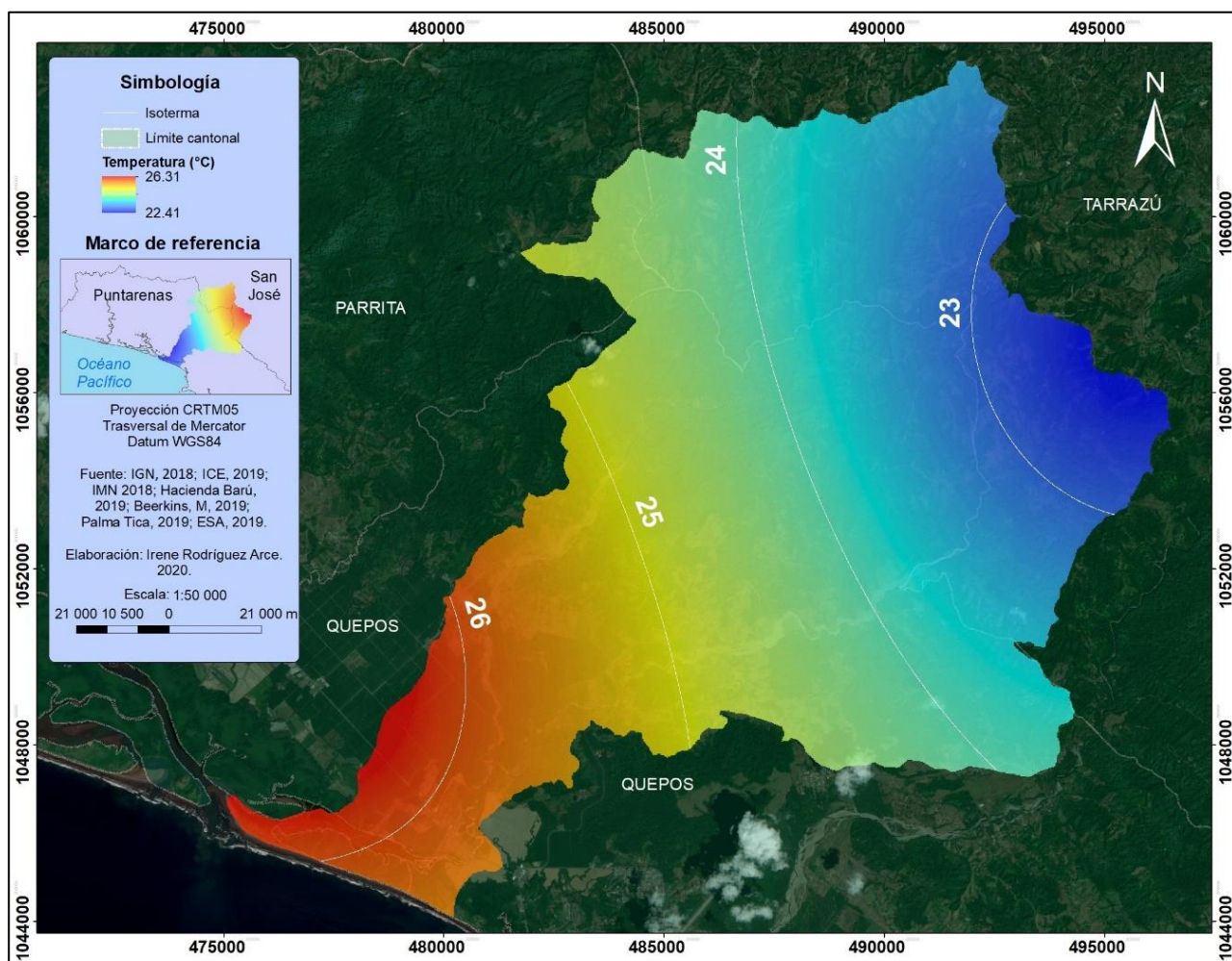


Figura 8. Distribución espacial de la precipitación en la subcuenca Paqueta y Cañas. 2020.



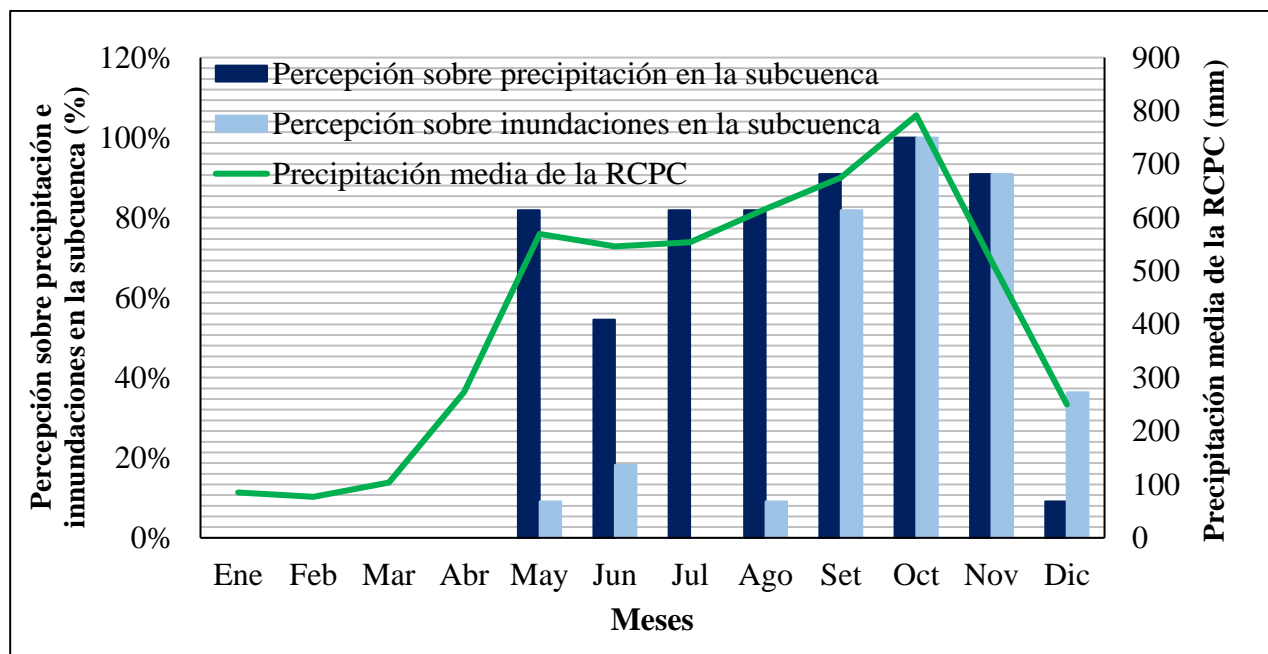
**Figura 9. Distribución espacial de la temperatura en la subcuenca Paquita y Cañas. 2020.**

**Cuadro 18. Características de precipitación y temperatura de la subcuenca.**

	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Media	5361.11	24.26
Mínima	4193.03	22.41
Máxima	6268.09	26.31

El **Cuadro 18** permite afirmar que la subcuenca presenta una precipitación y temperatura media anual de 5361.11 mm y 24.26 °C respectivamente. Esta precipitación es superior al promedio de la Región Climática Pacífico Central (RCPC) en la que se encuentra la subcuenca, donde varía de 3000 a 4000 mm anuales —considerándose por tanto una región excesivamente lluviosa— (Solano y Villalobos, 2001), ya que esta región es susceptible presentar precipitaciones y temperaturas extremas (Rojas, 2008).

De acuerdo con la **Figura 8** y la **Figura 9** en la subcuenca, a mayor elevación, mayor precipitación y menor temperatura, de manera que no necesariamente los eventos de inundación se asocian a precipitaciones en las partes bajas. Para determinar esto, se estableció un patrón de precipitación e inundaciones de la subcuenca a partir de percepción social, validado al coincidir con el patrón de precipitación de la RCPC en la que se encuentra, como se presenta en la **Figura 10**.



**Figura 10. Relación entre los meses de precipitación e inundaciones de la subcuenca y el patrón de precipitación media de la RCPC.**

La época de mayor precipitación en la subcuenca Paquita y Cañas va generalmente de mayo a noviembre, con setiembre, octubre y noviembre (donde comienza a disminuir) como los meses de mayor precipitación. Conforme al patrón de la RCPC, setiembre y octubre son los más lluviosos —coincidiendo con un estudio previo del cantón de Quepos realizado por el IMN en 2013 (ver **Anexo 10**)—, acumulando aproximadamente entre 700 y 800 mm mensuales. Sin embargo, la percepción social obtenida propiamente desde la subcuenca Paquita y Cañas, que es un área más específica dentro de la RCPC, señaló que noviembre también es parte de los meses más lluviosos.

En términos de inundaciones, conforme a la percepción social de la **Figura 10**, estos eventos se presentan con mayor frecuencia entre octubre y noviembre —dos de los meses de mayor precipitación—, pero pueden manifestarse de mayo a diciembre. En esta línea, durante la época de

mayor precipitación, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) ha influenciado los últimos eventos hidrometeorológicos extremos, como el huracán Otto (2016), la tormenta tropical Nate (2017) y los huracanes Eta e Iota (2020) provocando fuertes inundaciones sobre el país, por lo que la subcuenca Paquita y Cañas es susceptible a verse afectada por estos eventos extremos.

Por otra parte, no se encontró un consenso en la percepción social que permita sostener la existencia de una relación entre las variables de precipitación y temperatura en las llanuras de inundación de la subcuenca —donde se encuentran las comunidades consultadas—, con los altos niveles de los cuerpos de agua y posibles inundaciones (ver **Anexo 11**). No obstante, en el taller de cartografía social se señaló que mientras se vea nublado o lloviendo en las zonas montañosas (hacia Tarrazú), es probable presentar inundaciones en la parte baja, pudiendo mencionarse así que las inundaciones no necesariamente se asocian a las precipitaciones de las partes bajas de la subcuenca. De acuerdo con el planteamiento metodológico, este hallazgo permite recomendar la implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones (SATI) en la subcuenca, como medida no estructural de los MIGRI adoptados de (WWF, 2016).

Estos hallazgos refuerzan la afirmación hecha en el punto 1.5. de la introducción, de que las inundaciones fluviales son una amenaza característica de la subcuenca Paquita y Cañas. Esto se evidencia en el **Anexo 7**, con los 137 eventos registrados en 23 años de los 47 años observados en DesInventar (2019) entre 1971 y 2017, lo que corresponde a un promedio de 5.95 inundaciones anuales en la subcuenca y por lo que puede entenderse la adopción de diques como medidas de reducción del riesgo en sus llanuras de inundación.

### **4.1.3 Morfometría**

El análisis de morfometría reflejó los siguientes parámetros de forma, relieve y drenaje de la subcuenca Paquita y Cañas.

**Cuadro 19. Parámetros morfométricos de la subcuenca Paquita y Cañas.**

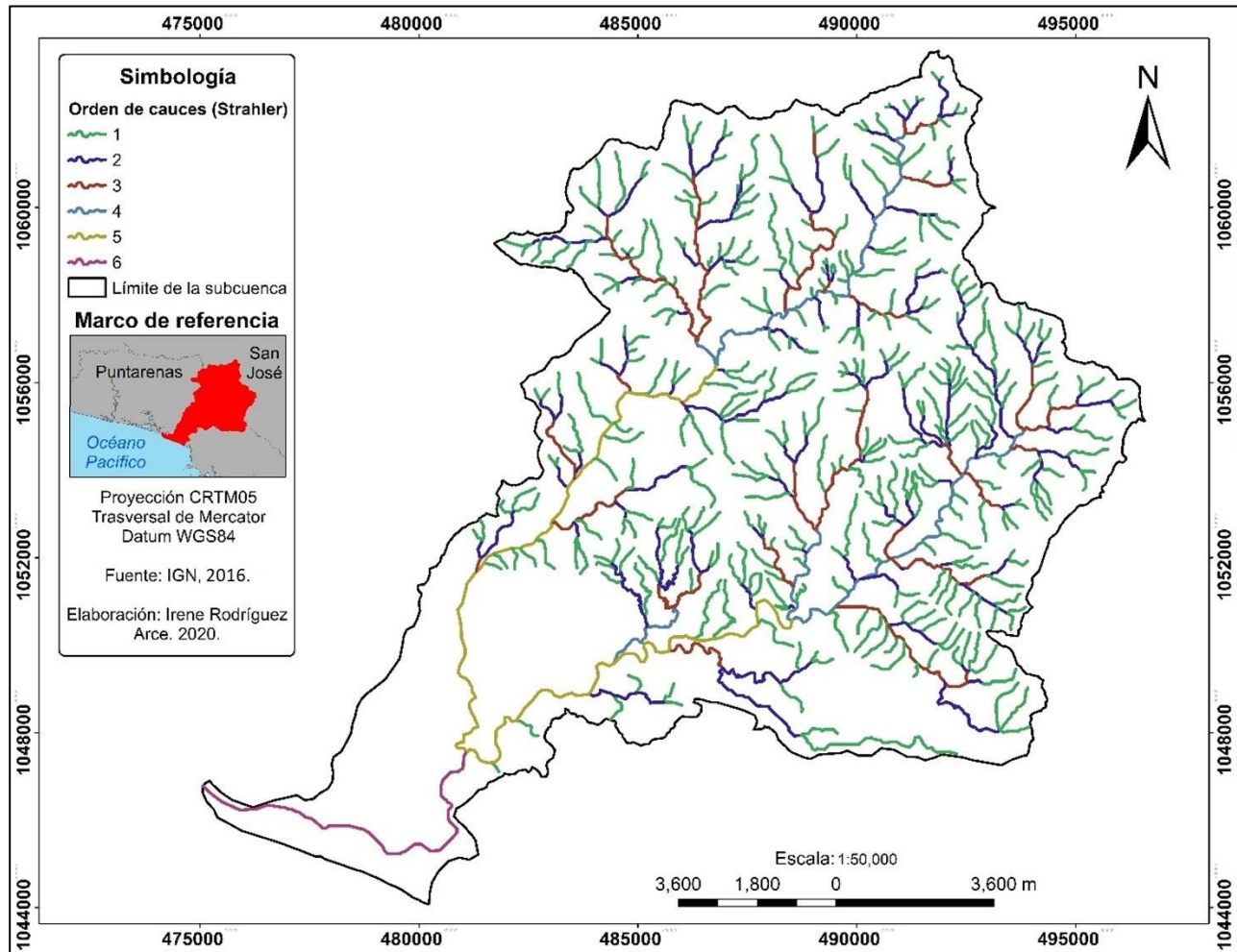
<b>Parámetros de forma y relieve</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>		<b>Valor</b>	
<b>Área</b>	km <sup>2</sup>		181.55	
<b>Perímetro</b>	Km		87.21	
<b>Cauce principal</b>			<b>Paquita</b>	<b>Cañas</b>
<b>Longitud del cauce principal</b>	Km		30.62	20.48
<b>Pendiente del cauce principal</b>	%		3.78	7.16
<b>Pendiente de laderas</b>	%		15	
<b>Índice de compacidad (IG)</b>	-		1.83	
<b>Parámetros de drenaje</b>				
<b>Cantidad de cuerpos de agua principales</b>	#		2	
<b>Cantidad de contribuyentes <sup>1</sup></b>	#		364	
<b>Área potencial de inundación</b>	km <sup>2</sup>	ha	28.65	2864.69
<b>Orden (Strhaler)</b>	#		6	
<b>Densidad de drenaje</b>	Km/km <sup>2</sup>		3.14	
<b>Forma</b>	-		0.27	
<b>Alineamiento</b>			<b>Longitud de los canales</b>	
<b>Recto</b>	km	%	3.23	0.77
<b>Sinuoso transitorio</b>	km	%	337.20	80.83
<b>Meándrico regular</b>	km	%	11.32	2.71
<b>Meándrico irregular</b>	km	%	1.77	0.42
<b>Trenzado</b>	km	%	63.63	15.25
<b>Total</b>			417.14	100

**Nota:** <sup>1</sup> Son ríos conformados por la unión de dos o más segmentos de orden independiente.

Representados como estos últimos suman 744 totales.

A partir del **Cuadro 19** se puede afirmar que la unidad hidrográfica bajo análisis es una subcuenca de tamaño medio, al encontrarse entre un área de 100 y 500 km<sup>2</sup> (Romero, Yanes y Marzol, 2006). Presenta dos cuerpos de agua principales de gran longitud que le dan su nombre y son de pendiente media ligeramente ondulada, según las clasificaciones del Decreto Ejecutivo 41960-MAG-MINAE

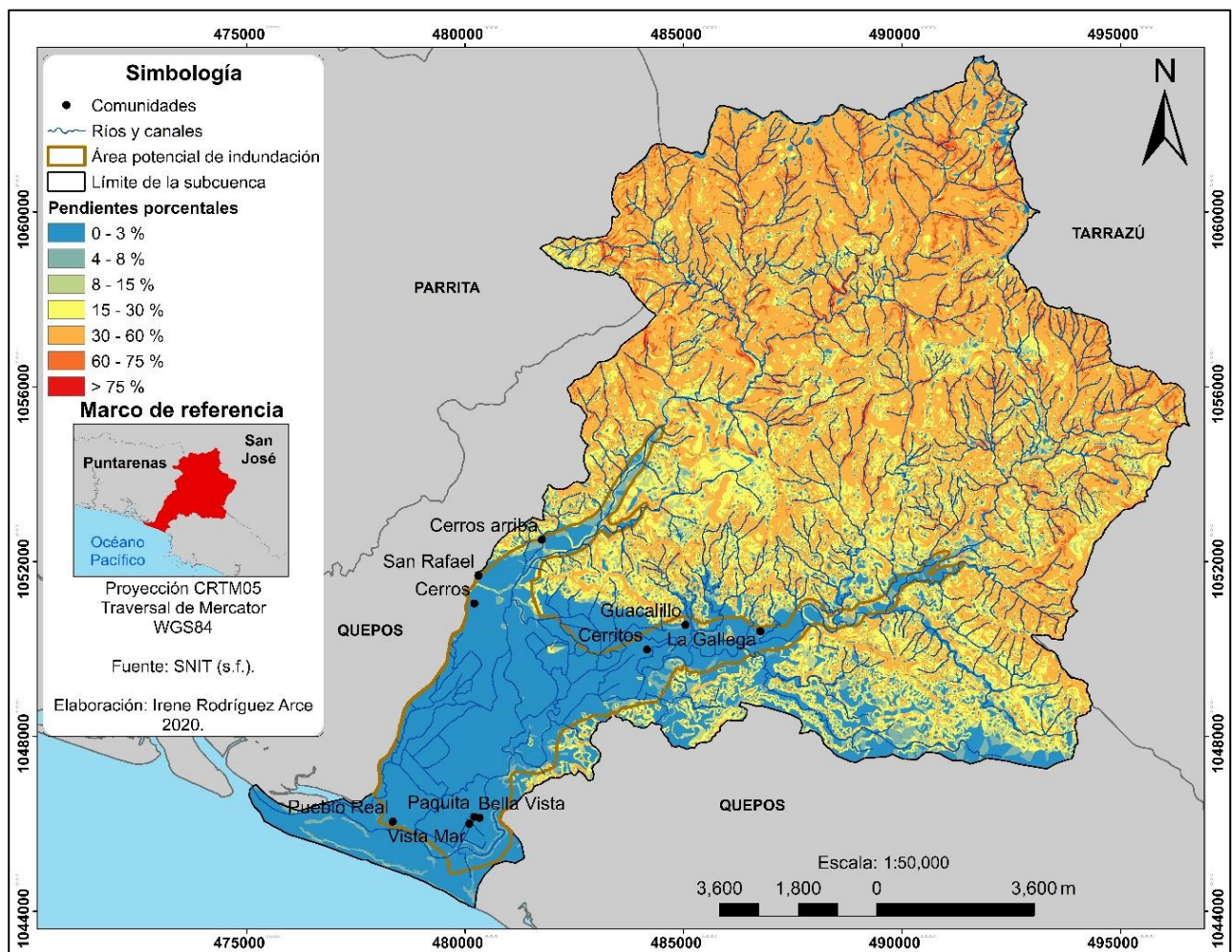
(2019). Estos cuerpos de agua reciben el aporte de 364 contribuyentes —conformados por casi 700 segmentos de canal independientes—, lo cual se refleja en la magnitud del orden, donde la mayoría de los contribuyentes se localizan en las partes superiores de la subcuenca (ver **Figura 11**).



**Figura 11. Orden de drenaje de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020.**

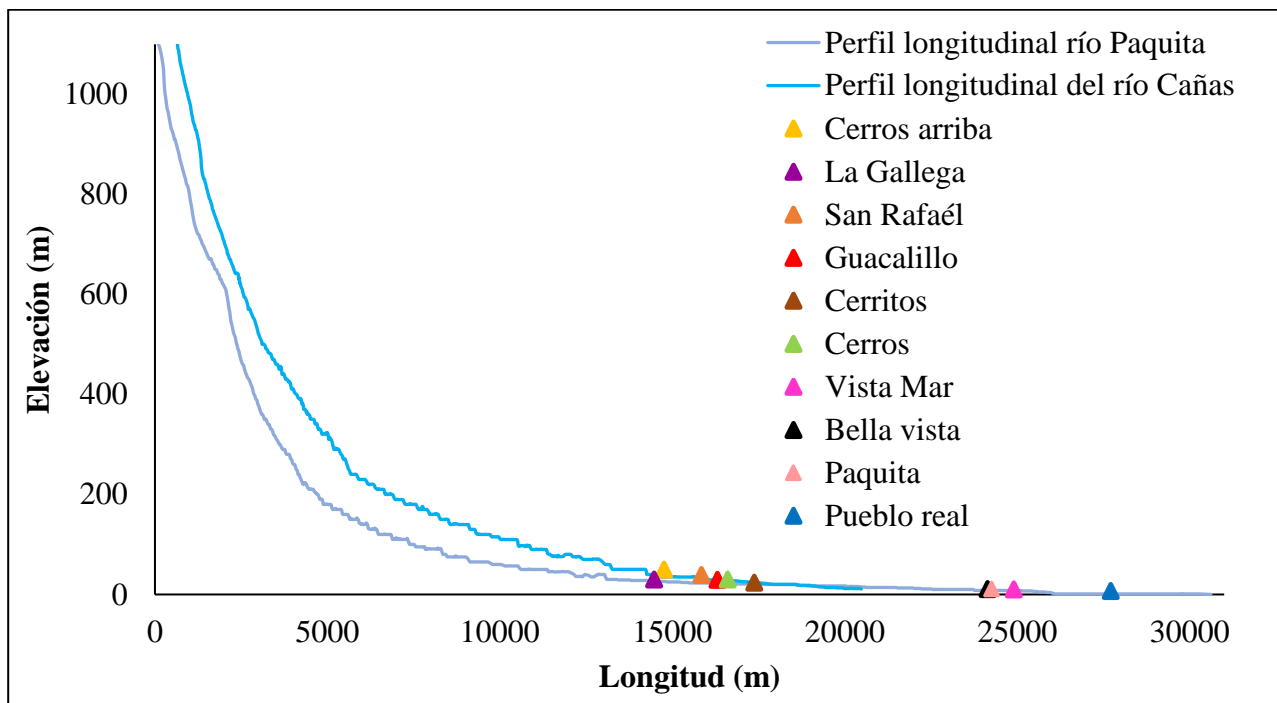
El factor de forma e índice de compacidad encontrados en el Cuadro 19 sugieren una forma alargada (Horton, 1932) y rectangular-oblonga, que es muy irregular (Gaspari, et al. 2012). Asimismo, la pendiente media de las laderas sugiere una topografía ondulada, que según Horton (1939) puede acrecentar los procesos erosivos. Aunado a esto, el alineamiento apunta a que los cuerpos de agua recorren en mayor medida canales de sinuosidad transitoria (poco sinuosos, con pocas curvas), ubicados en las partes medias y superiores de la subcuenca, donde las pendientes son más fuertes, al ser mayores a 15 %, de acuerdo con Decreto Ejecutivo 41960-MAG-MINAE (2019), como se aprecia en la siguiente **Figura 12**.





**Figura 12. Pendientes de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020.**

Por su parte, la densidad de drenajes de la subcuenca ( $3.14 \text{ km/km}^2$ ) según los rangos definidos por Delgadillo y Páez (2008) en Camino et al (2018), se clasifica como muy alta, lo que sugiere una red de drenaje compleja con un tiempo de escorrentía reducido. En esta línea y de acuerdo con los planteamientos de Ochoa (2012), el alineamiento poco sinuoso de los cuerpos de agua en las pendientes pronunciadas de la parte superior de la subcuenca puede generar velocidades de escurrimiento moderadas o fuertes, favoreciendo a los procesos erosivos y el arrastre de sedimentos gruesos hacia las partes bajas y llanas de la subcuenca, donde el escurrimiento es más lento por el alineamiento trenzado y meándrico de los canales, favoreciendo su acumulación natural en estas zonas. Asimismo, podría sugerirse que el aporte de la gran cantidad de contribuyentes desde las partes superiores de la subcuenca (**Figura 11**) participa en la tendencia de los cauces a desbordarse en las llanuras. Por su parte, la siguiente **Figura 13** muestra la ubicación de las comunidades en relación con el perfil de los ríos principales.

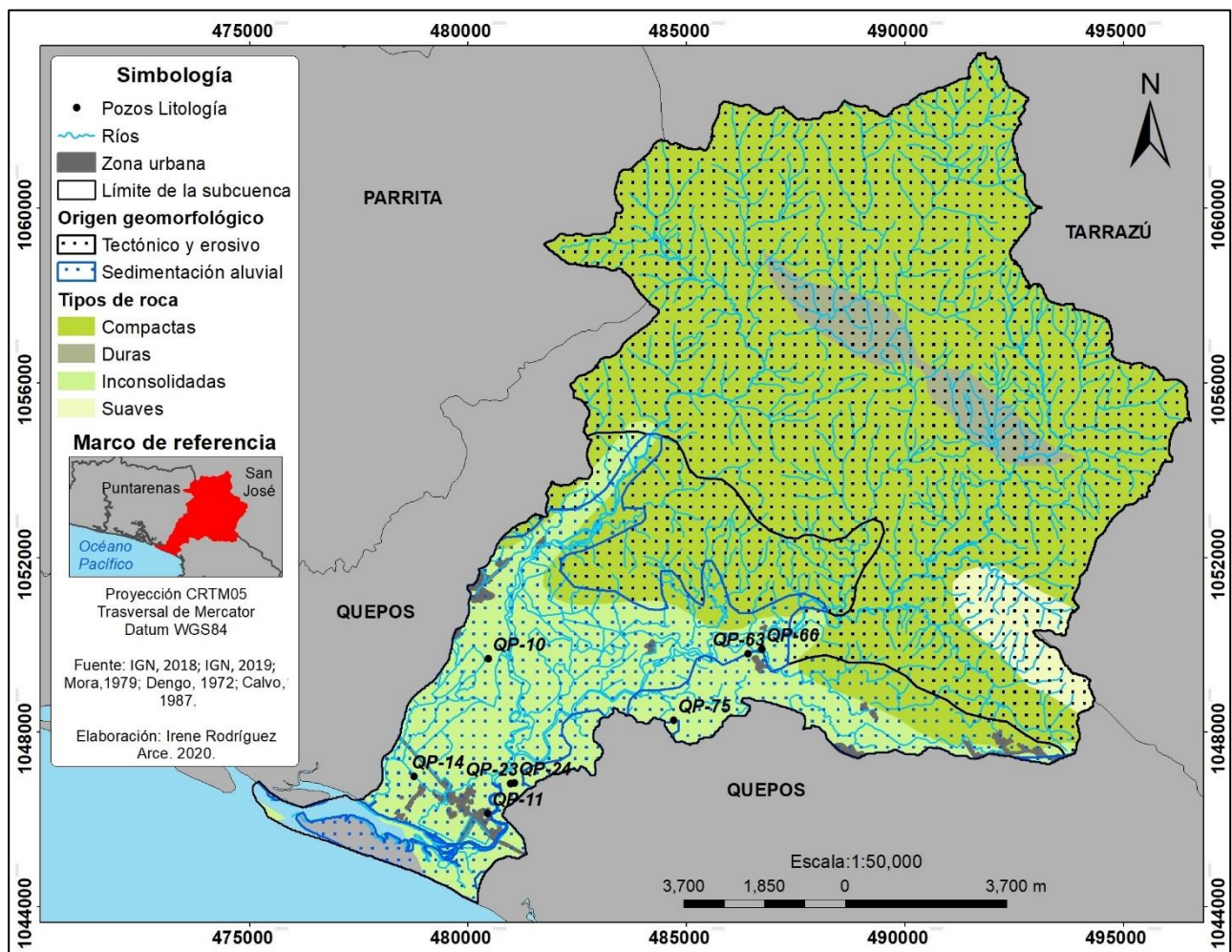


**Figura 13. Perfil longitudinal de los ríos principales de la subcuenca y comunidades aledañas. 2022.**

Esta **Figura 13** muestra que las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas se localizan en los tramos llanos de las pendientes de los cauces principales. Asimismo, en la **Figura 12** se aprecia que las zonas donde se ubican las comunidades presentan las menores pendientes (1 - 3 %) y que conforme al Decreto Ejecutivo 41960-MAG-MINAE (2019) son planas o casi planas y coinciden con los 28.70 km<sup>2</sup> del área potencial de inundación, que abarca un 16 % del área total de la subcuenca.

#### 4.1.4 Geología y tipos de suelo

A nivel de geología y tipos de suelo se encontró que en las partes altas de la subcuenca predominan rocas compactas y suelos erosivos mientras que en las partes bajas destacan rocas inconsolidadas y suelos de origen sedimentario aluvial, como se muestra en la siguiente **Figura 14**, cuyas implicaciones se discuten seguidamente.



**Figura 14. Origen geomorfológico, tipos de roca y pozos litológicos. 2020.**

Estas características, implican que la subcuenca Paquita y Cañas presenta una tendencia natural a la erosión en sus partes altas que se acumulan en de las partes bajas y llanas, donde a su vez se presentan suelos poco permeables que favorecen la escorrentía superficial y los escenarios de inundación que, de acuerdo con los hallazgos de clima expuestos, son característicos a la subcuenca. Los hallazgos litológicos de las partes bajas y llanas de la subcuenca de la **Figura 14** se detallan en el siguiente **Cuadro 20**.

**Cuadro 20. Textura de suelos y profundidad de pozos litológicos en la subcuenca Paquita y Cañas.**

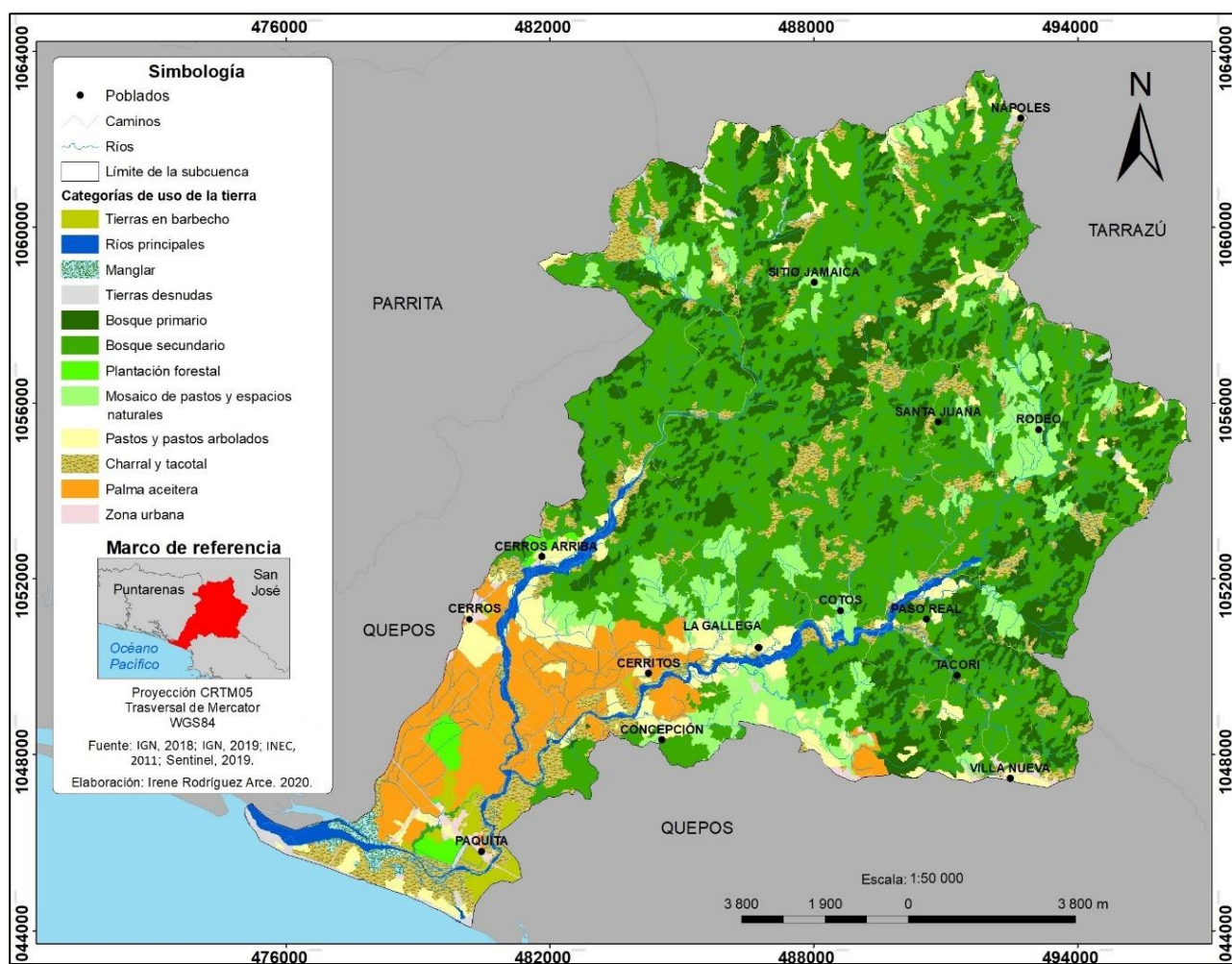
Nombre de los pozos	QP-10	QP-11	QP-14	QP-23	QP-24	QP-63	QP-66	QP-75
Profundidades de las características litológicas	4 m	3 m	2 m	0.5 m	0.5 m	5 m	10 m	5 m
	Limoso arcilloso	Arcilloso no permeable	Limoso arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso poco permeable
	10.6 m	12 m	6 m	12 m	14 m	11 m	17 m	55 m
	Arenoso y grava	Aluvión muy permeable	Arenoso	Aluvión	Aluvión	Arcilloso	Limoso arenoso arcilloso	Arenoso poco permeable
	16.6 m	18 m	13 m			20 m	21 m	
	Limoso arcilloso	Arenoso muy permeable	Arenoso arcilloso y grava			Arenoso y lutitas	Andesitas basálticas consolidadas	
	21 m		19 m			30 m	50 m	
	Arenoso y grava		Arenoso arcilloso			Arenoso	Arenoso	
	25 m		21 m			80 m		
	Arcilloso		Arenoso			Lutitas		

Fuente: SETENA, s.f.

Del cuadro anterior se destaca que en las partes bajas de la subcuenca predominan arcillas de poca a nula permeabilidad en los estratos más superficiales. Estos pozos se ubican en el área potencial de inundación (Figura 14) lo que sugiere que los suelos alrededor de las principales comunidades de la subcuenca no favorecen la infiltración de la escorrentía y tienden a saturarse muy rápido durante eventos de precipitación. Exponiendo así otros de los factores que favorecen los escenarios de inundación.

#### 4.1.5 Uso y cobertura de la tierra

Esta variable se determinó como línea base para identificar los recursos naturales y zonas degradadas de la subcuenca Paquita y Cañas para orientar la selección de medidas del tercer objetivo específico: Priorizar Soluciones basadas en Naturaleza, mediante un análisis de su viabilidad que permita la elaboración de una propuesta integral de reducción del riesgo por inundación. La siguiente **Figura 15** muestra los usos y coberturas de la tierra de la subcuenca y el **Cuadro 21** desglosa las áreas (ha) que representan. Cabe resaltar que el coeficiente de Kappa que valida la exactitud del proceso metodológico de la clasificación supervisada presentó una exactitud de 88.76 % (ver **Anexo 12**) que, conforme a Landis y Coch (1977) en Cerda y Villarroel (2008), sugiere una clasificación “casi perfecta” al ubicarse en un rango entre 81 y 100 %. Lo que indica que el análisis realizado fue bastante exacto. Asimismo, el **Anexo 13** muestra los puntos de GPS que se corroboraron la clasificación.



**Figura 15. Uso y cobertura de la tierra de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020.**

**Cuadro 21. Áreas de las categorías de uso y cobertura de la tierra. 2019.**

Categorías de cobertura	Subcuenca		Área potencial de inundación (API)		Área relativa
	Hectáreas (ha)	%	Hectáreas (ha)	%	% <sup>1</sup>
Bosque primario	2669.82	13.99	3.04	0.11	0.11
Bosque secundario	9157.18	47.97	72.81	2.54	0.80
Charral y tacotal	1727.17	9.05	380.41	13.28	22.03
Manglar	89.77	0.47	3.18	0.11	3.54
Mosaico de pastos y espacios naturales	1656.93	8.68	38.56	1.35	2.33
Palma aceitera	1544.07	8.09	1279.63	44.67	82.87
Pastos y pastos arbolados	1215.95	6.37	423.49	14.78	34.83
Ríos principales	434.06	2.27	308.99	10.79	71.19
Tierras desnudas	126.65	0.66	1.60	0.06	1.26
Tierras en barbecho	186.05	0.97	143.90	5.02	77.34
Zona urbana	132.93	0.70	88.50	3.09	66.58
Plantación forestal	147.08	0.77	120.79	4.22	82.12

Notas: <sup>1</sup> El área relativa representa los usos de la subcuenca en el API.

El **Cuadro 21** muestra que en más de la mitad de la subcuenca predomina una cobertura boscosa, abarcando un ~ 62 % de la subcuenca, ubicada principalmente en las partes medias y altas (**Figura 15**), donde el escenario de conservación es favorable ya que comprende parte de los cantones de Parrita y Tarrazú, y el presente proyecto se plantea para la jurisdicción de Quepos. Puntualmente, de la cobertura boscosa dentro del AP, se destacó que el 83.51 % se encuentra en las áreas de mayor restricción de uso, sobre clases VI, VII y VIII conforme a decreto ejecutivo 41960-MAG-MINAE (2019) (ver **Anexo 14**), donde no se presenta un conflicto de uso de suelo para esta cobertura. De esta manera, el 16.49 % de los usos restantes no se ajustan a aptitud natural de los suelos para dichas clases. Esto podría interpretarse como un cambio de uso de la tierra, al considerar la condición natural como un escenario de conservación (D. Alfaro, comunicación personal, 17 de setiembre de 2019), no obstante, ante la flexibilidad para las clases VII y VIII que permiten usos agropecuarios en algunos

casos (Decreto Ejecutivo 41960, 2019), no podrían asegurarse si el 16.49 % representa usos no conformes.

Por su parte, en las llanuras de inundación se concentra la mayoría de los usos agrícolas: palma aceitera, plantaciones forestales y tierras en barbecho mayormente de arrozales, donde predomina el cultivo de palma aceitera, abarcando casi la mitad de todo el API. También se destaca se concentra el 70 % de la zona urbana (que a pesar de abarcar menos del 1 % del uso de la subcuenca), implicando que al alrededor de las comunidades expuestas a las inundaciones fluviales no se cuenta con una mayoría de infraestructura natural que brinden suficientes servicios de regulación por mitigación de la escorrentía directamente alrededor de estas comunidades.

Puntualmente sobre los canales entre los cultivos de palma aceitera, de acuerdo con afirmaciones hechas en el taller de cartografía social, se destaca el uso de canales de riego que desvían agua de los ríos principales, posteriormente reencausada hacia el río Paquita cerca de la desembocadura. Conforme a los hallazgos sobre el alineamiento de los cuerpos de agua de la subcuenca (**Cuadro 19**), pendientes (**Figura 12**) y origen geomorfológico (**Figura 14**), que apuntan al arrastre y acumulación de sedimentos hacia las llanuras de inundación, no puede descartarse que estos canales no sean participes en el acarreo de sedimentos. Asimismo, alrededor del uso de canales en general, han existido observaciones desde hace más de un siglo que sugieren que pueden cambiar la capacidad natural de respuesta de los cuerpos de agua ante eventuales crecidas (Ameghino, 1984 [1884]). En esta línea, en el taller de cartografía social se encontró que parte de los canales cursan a la orilla la carretera principal en el sector de Paquita y algunos se desbordan por el sector de la bomba en eventos de inundación, invadiendo la carretera, y como se señaló anteriormente, la zona urbana se encuentra alrededor de los cultivos de palma donde se cuenta con estos canales. Por esta razón, se considera que los canales de riego pueden ser factores de vulnerabilidad en el riesgo de inundaciones de la subcuenca.

A partir de esta línea base sobre el uso y la cobertura de la tierra de la subcuenca Paquita y Cañas, se definieron las zonas de intervención para las medidas dentro de la propuesta de SbN.

#### 4.1.6 Principales actividades económicas

De acuerdo con el proceso metodológico, esta variable se determinó a partir de las variables de uso y cobertura de suelo, dragados y los recorridos del proyecto para tener un panorama general de las actividades que al desarrollarse en el área potencial de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas, poseen una vulnerabilidad asociada.

A partir del **Cuadro 21** de la variable de uso y cobertura de la tierra, se encontró que la subcuenca concentra sus actividades económicas en el área potencial de inundación (API), donde un 54 % de la cobertura es agrícola, con cultivos de palma aceitera, plantaciones forestales y arrozales (las tierras en barbecho). Asimismo, el 3 % del API está dado por zonas urbanas, pero representa el 67 % de la mancha urbana total en la subcuenca, zonas donde, a partir de recorridos, se encontró que se desarrollan actividades del sector terciario dadas por actividades comerciales como gasolineras, sodas, restaurantes y servicios de alojamiento en el sector de Paquita.

En el sector de Cerros se cuenta con minisúper, restaurante, servicios de alojamiento y un quebrador para la extracción de materia prima. Alrededor de la comunidad de La Gallega se desarrollan actividades mayormente turísticas como Canopy. La subcuenca también alberga actividades mineras por concesiones de dragado en cauce de dominio público, detalladas más adelante en la variable 4.1.9. De esta manera, dado que las actividades económicas se centran de la subcuenca se desarrollan en el API, siendo su mayoría usos agrícolas y que a su vez es donde se centra la zona urbana, esta área se consideró de gran interés para la definición de las medidas en la propuesta como aporte a la reducción del riesgo de inundación de la subcuenca en el análisis del tercer objetivo específico.

En términos de afectaciones de las inundaciones sobre las actividades productivas de esta zona, se encontró que, de los 137 eventos de desastres por inundación documentados sobre cantón de Quepos en DesInventar (2019) entre 1971 y 2017, 37 correspondieron a afectaciones en la subcuenca Paquita y Cañas (ver **Anexo 7**), donde se presentaron daños y pérdidas en fincas de palma aceitera y plátano, así como en vías de transporte y puentes. Puntualmente, durante la Tormenta Tropical Nate del 5 de octubre de 2017, se contabilizaron daños en 848 ha de cultivos y 6800 mts de vías de transporte, con un estimado de pérdidas monetarias de ₡ 822 232 000. Aunque la fuente no especifica lo cultivos afectados, 848 ha con daños por inundaciones representarían hipotéticamente el 66 % del cultivo de



palma aceitera en el área potencial de inundación de la subcuenca (ver **Cuadro 21**). Es importante señalar que se empleó DesInventar (2019) debido a su practicidad para el presente proyecto, al brindar datos de fuentes oficiales para el país como la CNE (ver **Anexo 7**), recopilados específicamente para el área de interés.

#### 4.1.7 Vivienda y demografía

Conforme al proceso metodológico, las variables de vivienda y demografía se analizan de manera conjunta sobre diversas áreas, como se sintetiza en el siguiente **Cuadro 22**.

**Cuadro 22. Cantidad de viviendas y habitantes en el área potencial de inundación, el área de protección de los ríos y el área del cantón de Quepos presente en la subcuenca.**

Comunidades	Viviendas		Habitantes
	API	Área de protección de los ríos	API
Paquita - Vista Mar - Bella Vista - Pueblo Real	504	14	1484
La gallega - Guacalillo - Cerritos	116	3	311
Cerros - Cerros arriba - San Rafael	386	6	1252
Zonas dispersas	174	0	419
<b>Total</b>	<b>1180</b>	<b>23</b>	<b>3466</b>
<b>Total, en la jurisdicción de Quepos</b>	<b>1643</b>		<b>4927</b>

**Nota:** Esta variable omite el área total de la subcuenca por limitantes de los datos. Sin embargo, a partir de la imagen satelital de la zona y el trabajo de campo se consideró que no representa diferencia.

De los 4927 habitantes y 1643 viviendas en el cantón de Quepos (el área de jurisdicción del proyecto), más del 70 % se localizan dentro del área potencial de inundación (API), donde las comunidades más vulnerables —por exposición— corresponden a la zona de Paquita, Vista Mar, Bella Vista, Pueblo Real al presentar la mayor cantidad de viviendas y habitantes en el API y las áreas de protección de los ríos, estas a su vez se ubican junto al río Paquita y cerca del río Cañas, donde se converge la escorrentía de la totalidad de cuerpos de agua de la subcuenca. De esta manera se respalda la necesidad de considerar medidas de reducción del riesgo de inundación alrededor de las comunidades en el API.

#### 4.1.8 Educación

Esta variable se determinó a partir de la interacción con los habitantes de las comunidades de la subcuenca durante el trabajo de campo del proyecto, desde la gira inicial, los recorridos acompañados con miembros de las comunidades y el taller de cartografía social.

A partir de esto, se encontró que la educación varía según los sectores, notando mayor facilidad para interactuar en los sectores urbanos (los sectores de Cerros y Paquita), donde a su vez se desarrollan más actividades económicas, se cuenta con acceso a más servicios y con más habitantes que en sectores rurales (el sector de La Gallega), que son más alejados de los principales centros urbanos, con menor concentración de actividades económicas, acceso a servicios y habitantes.

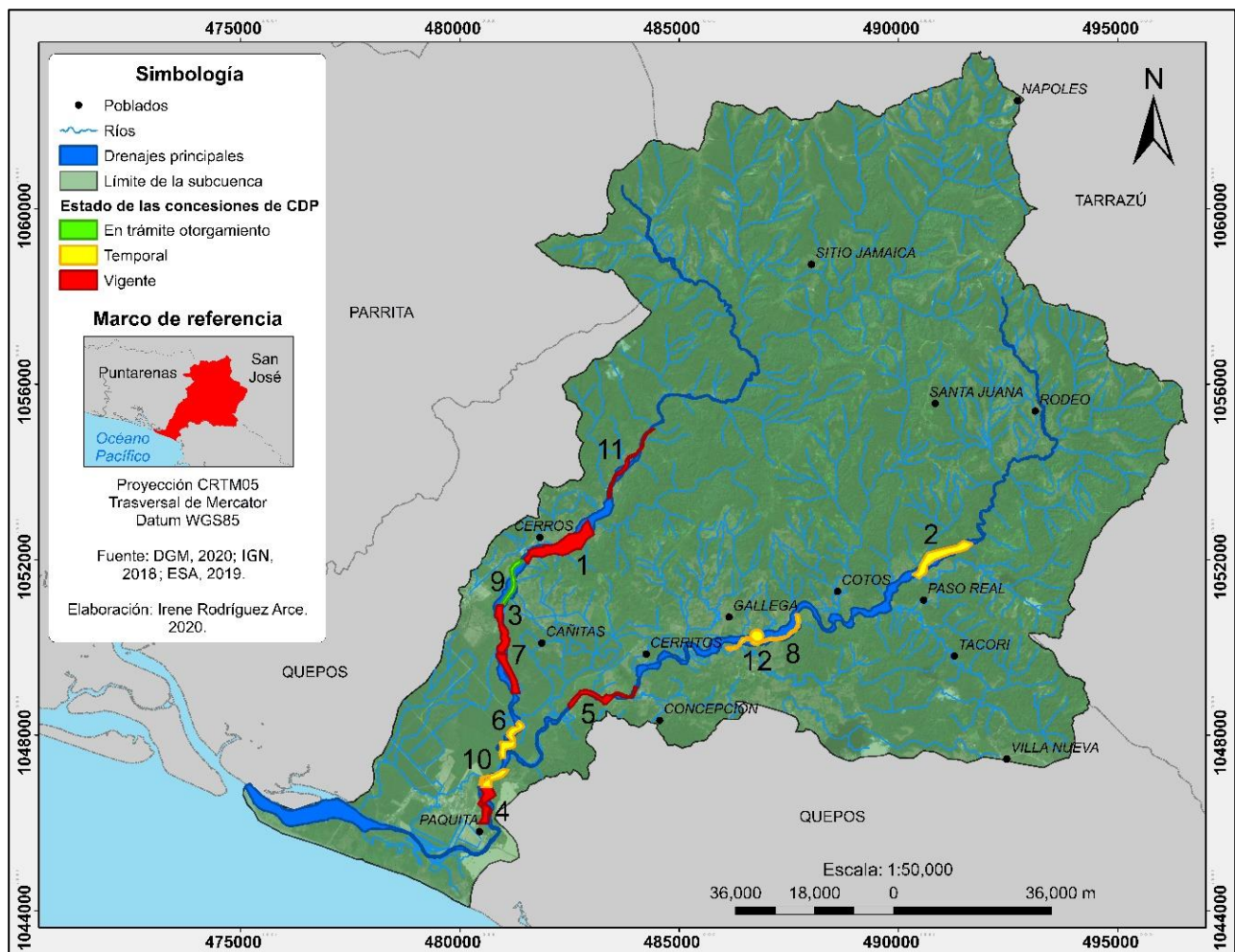
Asimismo, en el taller de cartografía social se contó con la participación de habitantes de los tres sectores mencionados, donde participó una persona en representación de La Gallega con limitaciones para leer y escribir (a la cual se le asignó acompañamiento durante el taller), lo que permitió entrever un nivel educativo variado en los habitantes de la subcuenca Paquita y Cañas según proviniesen de un sector urbano o rural.

En esta línea, el INEC (2011c) comparte de manera general que para los distritos de Naranjito y Quepos —que ubican parte de su área en la subcuenca Paquita y Cañas— se cuenta con un nivel de analfabetismo de 8 %. Lo que a su vez coincide con los datos de INEC (2011a) sobre la Región Pacífico Central que engloba tanto a Quepos como a la subcuenca Paquita y Cañas, donde un 65 % de la población sin educación proviene de zona rural y el restante 35 % de zonas urbanas.

De esta manera, a partir de estos hallazgos se afirma que para el eventual desarrollo de las medidas de la presente propuesta de SbN, se requieren mecanismos de inclusión que permitan involucrar a las personas con este nivel educativo en el marco de gobernanza que se alinea con los principios de las SbN que se establece en Cohen-Shacham *et al.* (2016).

### 4.1.9 Dragados

La subcuenca Paquita y Cañas presenta 193 hectáreas de cauce de dominio público (CDP) concesionadas a actividades de dragado, distribuidas a lo largo de los ríos Cañas y Paquita en 12 concesiones, donde el CDP “se entiende por álveo o cauce de un río o arroyo, el terreno que cubren sus aguas en las mayores crecidas ordinarias.” (Reglamento al Código de Minería 43443 de 2022, Artículo 4). Estas concesiones se observan en la **Figura 16** y se detallan en el **Cuadro 23**.



**Figura 16. Estado de las concesiones de CDP en la subcuenca Paquita y Cañas.**

**Cuadro 23. Concesiones de dragado en ríos de la subcuenca Paquita y Cañas a octubre de 2020.**

#	Expediente	Concesiona	Clase	Estado	Año	Área (Ha)
1	186-94	Mendive S. A.	Privado	Vigente	1994	44.26
2	41T-2011	Producciones GM S.A.	Privado	Temporal	2011	25.69
3	20-2009	Transportes Pila y R S.A.	Privado	Vigente	2009	16.24
4	05-94	Asdrúbal Segura Castillo	Privado	Vigente	1994	15.24
5	20-94	John Luis Carballo Vega	Privado	Vigente	1994	14.78
6	56T-2006	Suministros de Materiales Dara S.A.	Privado	Temporal	2006	14.72
7	05-2008	Estrategias F.A. Cochu S.A.	Privado	Vigente	2008	13.27
8	22T-2013	3-101-639592 S.A.	Privado	Temporal	2013	12.50
9	17-2006	Helicosube S.A.	Privado	En trámite	2006	9.60
10	85T-2016	Asdrúbal Segura Castillo	Privado	Temporal	2016	9.57
11	04-2008	Alfredo Chavarría Ferraro	Privado	Vigente	2008	9.49
12	2017-CDP-CNE-120	CNE (Municipalidad de Quepos)	CNE	Temporal	2017	6.76

De las 12 concesiones presentes en la subcuenca, la mayoría son privadas y tanto el río Paquita como el río Cañas cuentan con 6. La mitad de las concesiones se encontraron vigentes a la fecha de consulta, implicando que el 59 % (113 ha de 193 ha) del área concesionada está operativa. De las 6 concesiones vigentes, 4 se ubican sobre el río Cañas con 83 ha, incluyendo la concesión más extensa y antigua con 26 años y más de 44 ha concesionadas a Mendive S.A., de manera que el 74 % de las concesiones vigentes se encuentra sobre el río Cañas; este río también presenta una concesión en trámite de otorgamiento. Por su parte, el río Paquita presenta las 2 concesiones vigentes restantes en 30 ha, es decir el 26 % de la actividad vigente.

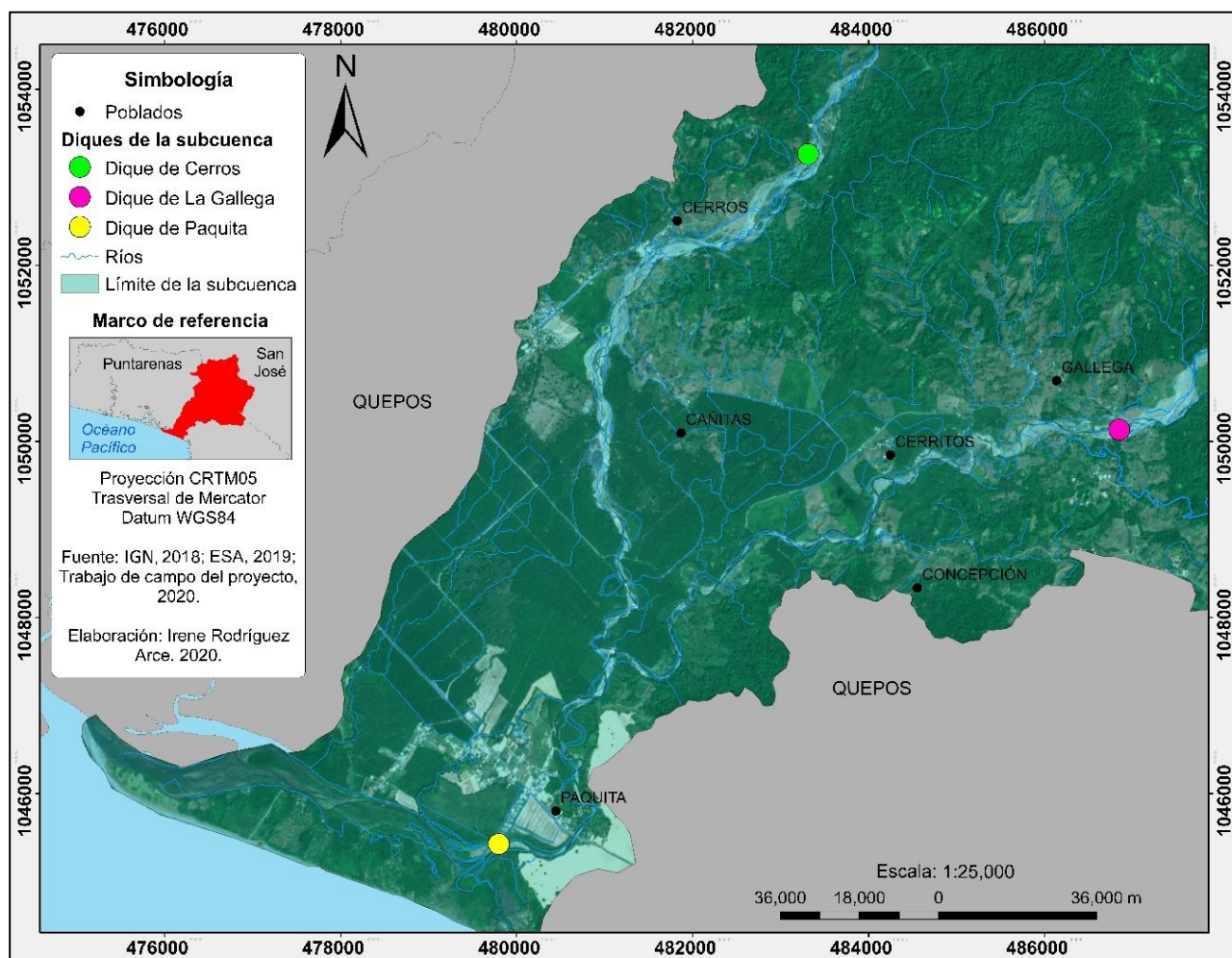
La importancia de estos hallazgos radica en que son actividades económicas ubicadas en áreas donde conforme a los hallazgos sobre el origen geomorfológico y de morfometría de la subcuenca, los cuerpos de agua acumulan los sedimentos generados y arrastrados naturalmente desde las partes altas. En esta línea, partiendo del principio de equilibrio dinámico expuesto en Pollock, Beechie, Wheaton, et al. (2014), dado a que los sistemas tienden al equilibrio, los cuerpos de agua van a buscar recuperar

el equilibrio entre las entradas y salidas de sedimentos cuando están fuera de balance. De esta manera, al dragar material de los cuerpos de agua, estos van a extraer material de algún lugar para arrastrarlo a su lecho o márgenes según la dinámica meándrica de los cuerpos de agua en las áreas donde se desarrollan estas actividades de dragado.

Por consiguiente, que un 60 % de las áreas concesionadas para actividades de dragado estén vigentes, por un lado, puede tanto reducir la carga de material que se acumula y distribuye a lo largo del lecho de estos cuerpos de agua y por otro, agudizar los fenómenos de sedimentación (Wildlife Conservation Society [WCS], 2019) así como generar un aumento en las tasas de degradación en la dinámica geomorfológica de la subcuenca, cambiando patrones en la fuerza de escurrimiento, dirección de los meandros o socavando el lecho (Lane, 1955 en Pollock et al., 2014). Lo que podría participar en el desbordamiento de los cuerpos de agua y las inundaciones fluviales de la subcuenca, y hace válido considerar los dragados como factores de vulnerabilidad en el riesgo de inundaciones de la subcuenca. Esto de la mano con Cajigal Molina y Maldonado González (2019) quienes encontraron un aporte negativo de los dragados a la vulnerabilidad ante inundaciones en un municipio de México.

#### **4.1.10 Diques**

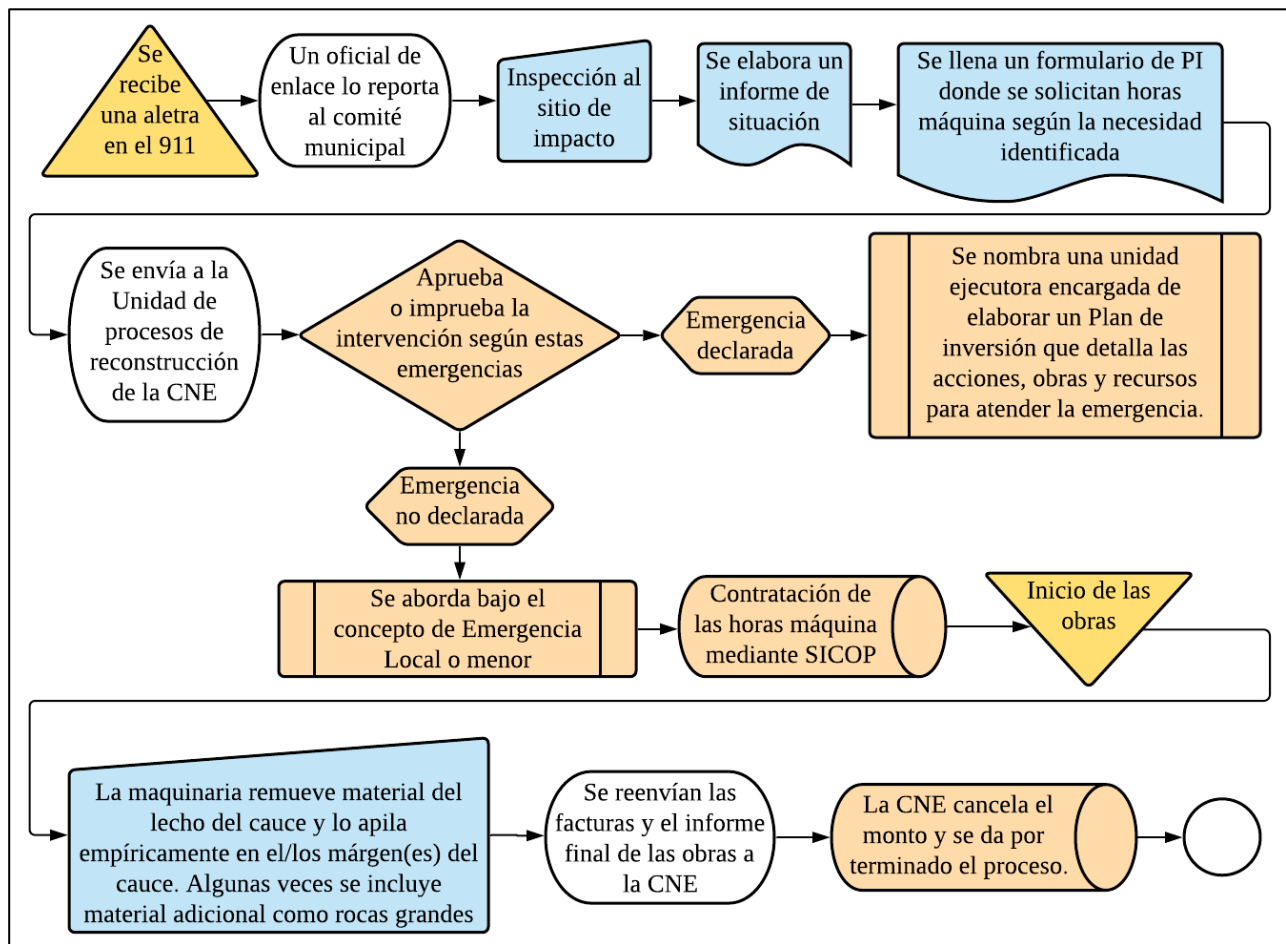
En orden de determinar qué son estas medidas y su función, se presentan los siguientes hallazgos. Donde la **Figura 17** muestra la ubicación de los diques presentes en la subcuenca durante el desarrollo del proyecto, siendo estos: el dique de Cerros, el dique de la gallega y el dique de Paquita.



**Figura 17. Ubicación de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas.**

Los diques que se aprecian en la **Figura 17** son medidas de atención de emergencias de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) por emergencias declaradas y no declaradas. En esta línea, de acuerdo con la Ley 8488 (2006) y su reglamento 34361 (2008), en las primeras media una declaración de estado de emergencia del poder ejecutivo que demanda la realización de *planes de inversión* con estudios que definen las medidas a tomar, por lo que toman tiempo en implementarse. Mientras que las segundas, por su frecuencia o la seria afectación que provocan, demandan servicios denominados *primer impacto* que son inmediatos a la ocurrencia de un evento de emergencia; no se declaran emergencias ya que su atención no puede demorar. Conforme a los hallazgos de *Clima y Morfometría* que respaldan la presencia de inundaciones fluviales en la subcuenca durante gran parte del año, con un escenario de hasta 6 inundaciones anuales —por los más 100 eventos de inundación en 23 años del **Anexo 7**—, se asocia que la recurrencia de estos eventos influye en las emergencias por inundaciones

que desencadenan en el establecimiento de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas como parte de la gestión de la CNE. El proceso de gestión de los diques se sintetiza en el siguiente diagrama de flujo.



**Figura 18. Proceso de gestión de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas. Fuente: entrevistas a funcionarios municipales y validado en el taller realizado.**

El proceso de gestión de los diques documentado en la **Figura 18** se sustentó en entrevistas como comunicaciones personales a los funcionarios municipales encargados de la gestión de estas medidas: A. Moreno (comunicación personal, octubre de 2019) y C. Morera (comunicación personal, octubre de 2019). En relación con este proceso se encontró que el dique de Paquita corresponde a una medida por emergencia declarada. El plan de inversión de este dique lo denominó *obra de protección en la margen* y mencionó explícitamente la construcción de un dique (Acuerdo DE-0183-2009, 2009). Por su parte, el Oficio DICU-590-2018 (2018) y el Oficio DICU-800-2018 (2018) sobre los diques de Cerros y de La Gallega respectivamente, señalan que estos responden a emergencias no declaradas

denominadas *obras de reconstrucción de la margen del cauce*, y donde el dique de Cerros fue señalado como una obra de retención que funciona como dique.

De esta manera, el término “dique” es empleado en los documentos oficiales referentes a dos de las tres medidas implementadas, no obstante, se denominan así por su papel en la contención del cauce para evitar inundaciones. Para considerarlos diques o soluciones grises, solo existe suficiente sustento técnico sobre el dique de Paquita que pueda clasificarlo como un dique (natural) según CIRIA (2013), no obstante, no es una solución gris ya que su plan de inversión no incluye los criterios de ingeniería gris empleados que permitan determinar si es válido considerarlo como tal. Asimismo, los diques de Cerros y La Gallega, al estar exentos de respaldo técnico en su totalidad, tampoco pueden considerarse soluciones grises o diques conforme al Manual Internacional de Diques de CIRIA (2013).

El concepto *obras de protección de la margen* en referencia a las medidas por *primeros impactos* sobre cauces son una sugerencia de la CNE, según señalaron los funcionarios municipales encargados de su proceso de gestión durante el taller de cartografía social, ya que la Ley de emergencias 8488 (2006) y su reglamento 34361 (2008) no definen un concepto o funciones para estas. En cambio, las medidas generadas con planes de inversión definen su nombre y funciones en cada caso, no obstante, en el caso de la medida del dique Paquita no se señalan sus funciones. Esto se destaca, ya que sin una función definida no es posible medir resultados consecuentes, por esta razón la medida de la función (efectividad) que están cumpliendo los diques se la subcuenca se determinó con percepción social.

#### **4.2 Fase 2. Efectividad de los diques en la contención de inundaciones**

En respuesta al segundo objetivo específico de valorar el funcionamiento de los diques mediante información técnica y de percepción de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas para la determinación de su efectividad en la contención de inundaciones, se estableció su efectividad a partir de una medida del cumplimiento de su función, su estado actual (a la fecha del proyecto) mediante su nivel de deterioro, los factores de deterioro y la época del año que implica mayor deterioro para estas medidas. Asimismo, se documentaron una serie de características de los diques que junto con algunas de las variables de la encuesta de percepción social sobre los diques del **Anexo 1**, permitieron respaldar y discutir los hallazgos sobre su efectividad. De este modo, se presentan las características



de los diques de la subcuenca, seguido de la efectividad de los diques y de los hallazgos referentes al estado de estas medidas.

#### 4.2.1 Características de los diques de la subcuenca

Las características de los diques presentes en la subcuenca Paquita y Cañas durante el desarrollo del presente proyecto se sintetizan en el siguiente **Cuadro 24**.

**Cuadro 24. Características de los diques de la subcuenca como medidas ante inundaciones.**

Aspecto de evaluación	Dique de Paquita	Dique de Cerros	Dique de La Gallega
Año de intervención	Del 2010 al 2013	Setiembre de 2018	Diciembre de 2018
Materiales	Material dragado del río	Material dragado del río y rocas de varias dimensiones	Material dragado del río de un banco de arena que dividía al río
Respaldo técnico	Estudio hidrológico e hidráulico	No incluye	No incluye
Dimensiones (longitud)	~ 2968 metros	~ 280 metros	~ 679 metros
Mantenimiento	No recibe	No recibe	No recibe
Aspectos sociales	No contempla	No contempla	No contempla
Objeto de protección	Viviendas, terrenos agrícolas, margen con cobertura natural: pastizal, charral, árboles dispersos. Limita con zona de manglar	Calle y viviendas	Propiedad privada con 8 viviendas no cercanas al río, cobertura natural: pastizal, charral y árboles dispersos
Monto	₡ 352,000,000.00	₡ 20,600,000.00	₡ 20,700,000.00
Fondos	CNE - Decreto 34553	CNE	CNE

Del **Cuadro 24** se resalta que el dique de Paquita es el más antiguo con casi 11 años, en contraparte a los 3 años de los diques de Cerros y La Gallega (Oficio DICU-590-2018, 2018 y Oficio DICU-800-2018, 2018). Los tres diques de la subcuenca están conformados por material dragado del río, únicamente el dique de Cerros presenta material adicional (rocas). El dique de Paquita es el único con respaldo técnico —no obstante, su plan de inversión destaca debilidades—, asimismo es el dique más extenso y el más costoso, lo que puede atribuirse al respaldo técnico (Acuerdo DE-0183-2009, 2009). Asimismo, en los Oficios DICU-590-2018 y DICU-800-2018 y el Acuerdo DE-0183-2009 — documentos oficiales de los diques—, matizan la ausencia de aspectos sociales como la percepción social de las comunidades afectadas o aledañas a los diques para su establecimiento, un aspecto destacable ya que son sus habitantes quienes mejor pueden entender la dinámica de los ríos y la amenaza que los afecta.

#### 4.2.2 Efectividad de los diques

Conforme a la metodología, la efectividad de los diques se determinó en términos de la función que pueden cumplir (función delimitada en el **Cuadro 2** del marco teórico). Esto mediante el método de ponderación de datos generados a través de percepción social, valorados sobre una escala de 5 niveles de nula a alta efectividad. De esta manera se encontró lo siguiente.

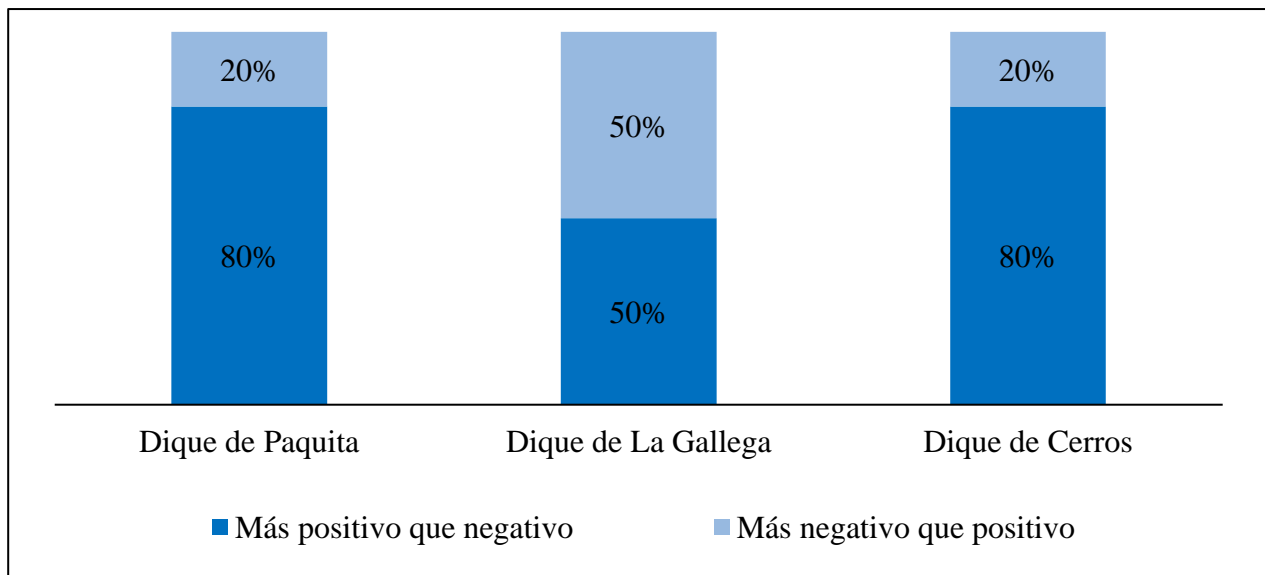
**Cuadro 25. Efectividad en la contención de inundaciones.**

Función realizada	Disminuye o retrasa el impacto de las inundaciones		Evita el impacto de las inundaciones	
	Valor	Efectividad	Valor	Efectividad
Diques				
Dique de Paquita	0.48	Moderada	1.00	Nula
Dique de La Gallega	0.70	Baja	1.00	Nula
Dique de Cerros	0.52	Moderada	1.00	Nula

De acuerdo con el **Cuadro 25**, a partir de la percepción social no se reconoce que los diques de la subcuenca Paquita y Cañas eviten el impacto de las inundaciones, ya que los tres diques presentaron una efectividad nula, al ubicarse en un rango entre 0.81 y 1.00 conforme al planteamiento del **Cuadro 7** en la metodología. Por otro lado, los diques de la subcuenca sí disminuyen o retrasan el impacto de las inundaciones, no obstante, su efectividad fue moderada en los diques de Paquita y Cerros, y baja

en el dique de La Gallega. De este último dique se resalta que, durante el desarrollo del proyecto, el dique desapareció casi en su totalidad, por las fuertes lluvias presentadas en octubre del 2020 y la tormenta tropical ETA del mismo año, provocando que el dique redistribuyera nuevamente su material en el lecho del río.

Dentro de las funciones de los diques, conforme a las características discutidas se considera que no están diseñados para evitar el impacto de las inundaciones, aun así, se esperaría un mayor desempeño en la disminución o retraso de las inundaciones, pero los hallazgos no lo señalan así. Por su parte, en términos de la función que se espera de estos diques o cualquier otra medida que aborde la amenaza de inundación, el 100 % de los encuestados indicó que esperan que cualquier medida que se aplique, pueda evitar el impacto de las inundaciones sobre las comunidades. Esto podría explicar las disconformidades alrededor de los diques actuales, ya que los habitantes de la subcuenca esperan de estas medidas algo que, debido a su diseño y proceso de gestión, no pueden garantizar. No obstante, de acuerdo con la siguiente **Figura 19** que sintetiza la percepción sobre el papel de los diques, para un 80 % de las personas consultadas, los diques de Paquita y de Cerros han sido una medida más positiva que negativa, no así el dique de La Gallega sobre el cual se encontraron opiniones divididas.



**Figura 19. Papel que han tenido los diques de la subcuenca. 2020.**

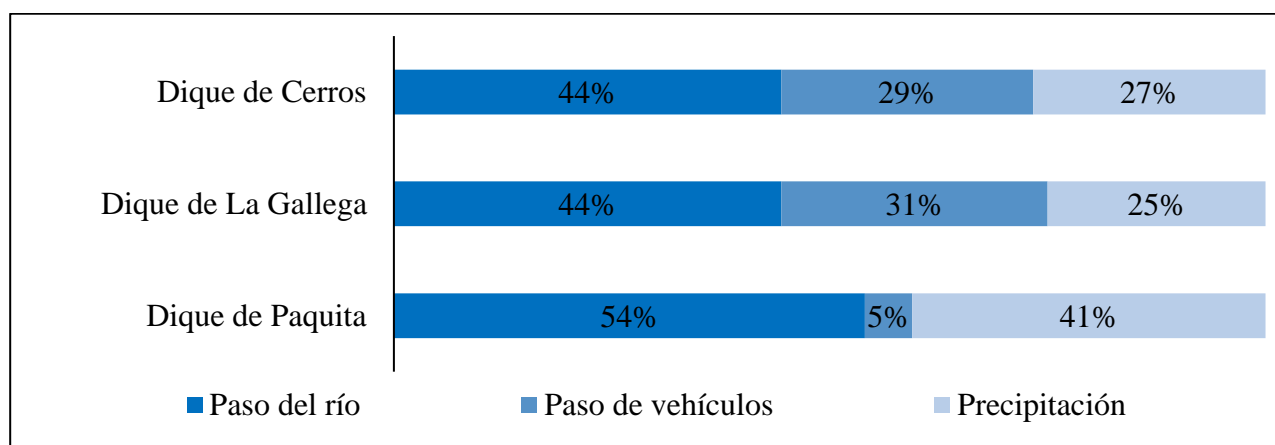
De manera complementaria, la encuesta de percepción social sobre los diques del **Anexo 1**, permitió documentar una serie de comentarios sobre las ventajas y desventajas de los diques. En esta línea de ideas, para el dique de Paquita se resaltó que, a pesar de no recibir mantenimiento, el dique ha resistido,

y se considera que esto ha ayudado a que la comunidad se inunde menos, aunque no evite del todo estos eventos. Su resistencia se atribuyó a que debajo del dique hay un parteaguas. Por su parte, en el sector de Isla Damas se considera que el dique de Paquita los afecta durante los eventos de inundación.

Para el dique de Cerros se señaló que las piedras son de gran ayuda, no obstante, el dique se ha *lavado* un poco. También, se indicó que el dique no es lo suficientemente largo y en ocasiones el río lo ha bordeado, inundando casas y terrenos aledaños. Por su parte, sobre el dique de La Gallega no se documentaron comentarios sobre sus ventajas, se indicó que debido a que este dique se encuentra y protege el margen opuesto a la comunidad, el río ha cambiado su curso hacia la comunidad y *lavado* terrenos con viviendas. Asimismo, de este dique se resaltó un rápido deterioro, a tal punto que casi no existía a la fecha del taller en diciembre del 2020. De esta manera se entrevisté que, en términos generales, las comunidades reconocen que los diques implican una protección e igualmente asocian detrimentos a los mismos. Esto coincide con los señalamientos de Ileiva et al. (2018) donde se señala que los diques pueden transferir el riesgo de inundaciones río abajo. En esta línea de ideas, el descontento con los diques no es exclusivo de esta zona del país, el dique sobre el río Nosara en Guanacaste cuyo costó fue de ₡ 1 149 millones iniciales y ₡ 1 094 millones de rehabilitación, se inundó 2 años después de su instalación y estudios del IMN demostraron que no fue una medida efectiva (Mojica, 2020).

### **4.2.3 Estado de los diques**

Sobre el estado de los diques de la subcuenca Paquita y Cañas se analizaron tres aspectos, siendo estos la época de mayor deterioro, los factores de deterioro y el nivel de deterioro. La siguiente **Figura 20** sintetiza los hallazgos.



**Figura 20. Factores de deterioro de los diques de la subcuenca. 2020.**

De acuerdo con la **Figura 20**, el paso del río es el factor que más deteriora los tres diques de la subcuenca Paquita y Cañas, seguido por la precipitación. Tanto el paso de vehículos como la precipitación deterioran de manera similar a los diques de La Gallega y Cerros, exceptuando al dique de Paquita donde la influencia vehicular es mínima. En esta línea, durante los recorridos se encontró que el dique de Cerros es empleado para el tránsito vehicular y el dique de La Gallega es atravesado de costado por los vehículos que cruzan el río Paquita —también evidenciado durante los recorridos (ver **Anexo 18**)—, ya que este río es una divisoria entre la comunidad de la Gallega y una ruta del otro lado, por lo que los vehículos suelen atravesar el río para acortar camino. Por su parte, en relación con las épocas de mayor deterioro, el 100 % de los encuestados indicó que el mayor deterioro se presenta durante la época lluviosa para los tres diques, lo que refuerza los hallazgos sobre el paso del río y la precipitación como principales factores de deterioro.

En otra línea de ideas, el nivel de deterioro de los diques se presenta en el siguiente **Cuadro 26**, que al igual que la efectividad de los diques, se determinó con el método de ponderación sobre una escala de 5 niveles de nada a muy deteriorado.

**Cuadro 26. Nivel de deterioro de los diques de la subcuenca.**

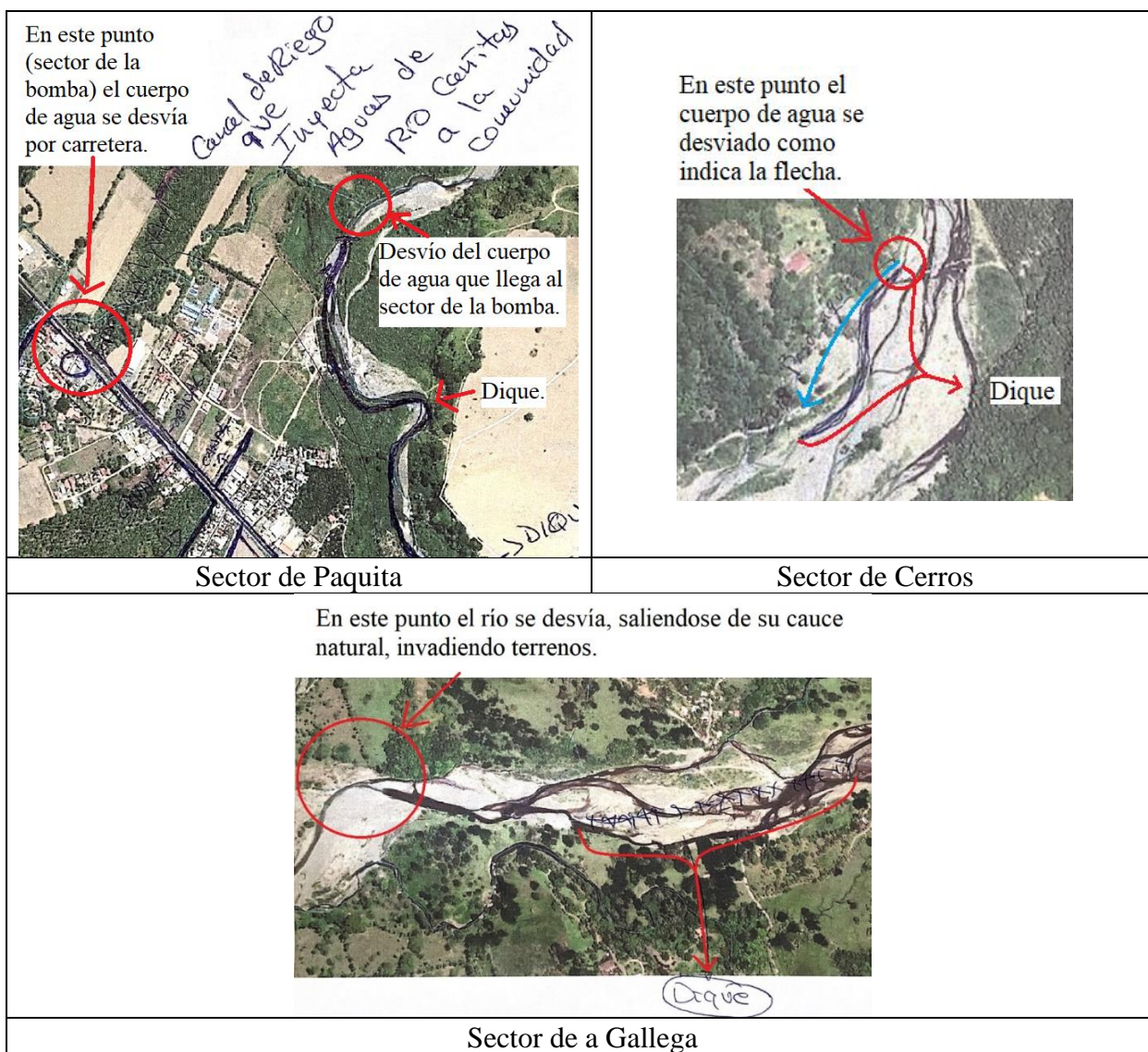
Diques	Valor	Nivel de deterioro
Dique de Paquita	0.8	Deteriorado
Dique de La Gallega	1	Muy deteriorado
Dique de Cerros	0.6	Moderadamente deteriorado

Los hallazgos del cuadro anterior indican que el dique de La Gallega es más deteriorado de la subcuenca, puesto a que en solo 2 años desapareció casi en su totalidad por las fuertes precipitaciones de octubre del 2020 y la influencia de la tormenta tropical Eta. Un aspecto destacable considerando el escenario de eventos hidrometeorológicos extremos que ha presentado el país casi anualmente desde el 2016, y que bajo proyecciones de cambio climático puede seguir así (MINAE - DCC - IMN - MIDEPLAN - CNE, 2017), lo que podría condicionar en gran medida la efectividad de este tipo de medidas. El segundo dique más deteriorado es el de Paquita, sin embargo, este es el más antiguo, y dado a que carece de mantenimiento (como todos), se considera válido afirmar que ha tenido un mejor desempeño que el de La Gallega.

Por su parte, el dique de Cerros tiene una *edad* similar al de La Gallega y es el de menor deterioro (deterioro moderado según el **Cuadro 26**), lo que puede atribuirse a que este es el único que emplea rocas que pueden otorgarse un mayor grado de resistencia ante los factores de deterioro de la **Figura 20**. Por su parte, el uso de rocas puede implicar un mayor costo económico del dique de Cerros en comparación con el de la Gallega —por ser el otro *primer impacto*— ya que las dimensiones del dique de Cerros son casi tres veces más pequeñas que las del dique de La Gallega, sin embargo, presentan un costo muy similar.

#### **4.2.4 Hallazgos del taller sobre los diques y las inundaciones de la subcuenca**

De manera complementaria, el taller de cartografía social brindó información sobre el comportamiento de las inundaciones cerca de los diques de la subcuenca. Las organizaciones representadas en el taller y la distribución de los participantes según los tres sectores (Paquita, Cerros y La Gallega) se encuentran en el **Anexo 15** y **Anexo 16** respectivamente. La siguiente **Figura 21** muestra los hallazgos sobre los diques y las inundaciones de la subcuenca Paquita y Cañas.



**Figura 21. Hallazgos del taller de cartografía social sobre los diques de la subcuenca Paquita y Cañas. 2020.**

La figura anterior muestra que, en el sector de Paquita, el cauce del río tiene una desviación cerca del dique (no puede afirmarse si es un cauce natural o producto de una intervención humana) que pasa por el sector de la bomba de la comunidad, donde durante eventos de inundación se desborda, dirigiéndose sobre la carretera y la comunidad. De manera similar, en el sector de Cerros el cauce del río se desvía de su canal natural por un costado del dique, invadiendo la calle y una zona con casas (conforme a las desventajas señaladas en la encuesta de percepción sobre los diques). Por su parte, en el sector de La Gallega, se señaló que el dique provocó una desviación sobre el cauce del río que invade unas parcelas y llega a la calle y viviendas cercanas.

Asimismo, el dique de Paquita expuesto en la **Figura 21**, es diferente de lo propuesto en el diseño del este (ver **Anexo 17**), lo que respalda parte del descontento de los vecinos del sector de Paquita con el dique. De esta manera, la percepción social sugiere que los diques de la subcuenca son medidas insuficientes para abordar la amenaza de inundación, ya que los ríos se desvían por un costado de estos inundando igualmente a las comunidades e incluso se considera que el dique es un factor que participa en la aparición de desviaciones del río.

Si bien el dique de La Gallega pudo influir en el cambio del cauce del río Paquita hacia el margen donde se ubica la comunidad provocando la socava de algunos terrenos, puede afirmarse que el río continúa dentro de su cauce natural. De acuerdo con los hallazgos de morfometría, en esta zona el río tiende a ser meándrico y trezado por lo que el río puede variar su curso dentro del cauce natural tanto por influencia humana (en este caso por el dique) como por factores naturales. Por tanto, no puede atribuirse el impacto del río sobre la margen y los terrenos exclusivamente al dique, ya que el río eventualmente puede cursar en esta zona por factores naturales y afectar la margen.

Este argumento apunta a una debilidad sobre los diques que son producto de emergencias locales y menores, asociada a la ausencia de acompañamiento de miembros de las comunidades impactadas por la emergencia para guiar su establecimiento y evitar que estas intervenciones sean un factor de transferencia del riesgo de inundación a otras zonas de la comunidad, ya que de acuerdo con la **Figura 21** sobre el sector de la Gallega, se señaló que el dique influyó a que aguas abajo el río tienda a desbordarse por un margen donde no ocurría antes de esta medida. En esta línea, las experiencias evidencian que los diques suelen proteger únicamente áreas pequeñas ante inundaciones frecuentes en relación con las planicies de inundación donde se suelen ubicar, acarreado por tanto el riesgo de fallar, asimismo pueden generar cambios disruptivos en los ríos que incrementan el riesgo de inundación en otras áreas (WWF, 2016 y Ileiva et al., 2018). Asimismo, Knox, Wohl y Morrison (2022) sostienen que los diques son perjudiciales para el funcionamiento de las llanuras de inundación ya que interfieren con la conectividad entre lateral entre los canales de un cuerpo de agua con la llanura de inundación, conectividad que define en gran medida las funciones de la llanura de inundación.

A partir de lo anterior, en respuesta a la pregunta de investigación, se considera que los diques de la subcuenca no tienen un abordaje integral, resiliente y viable de reducción del riesgo de inundaciones de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas.

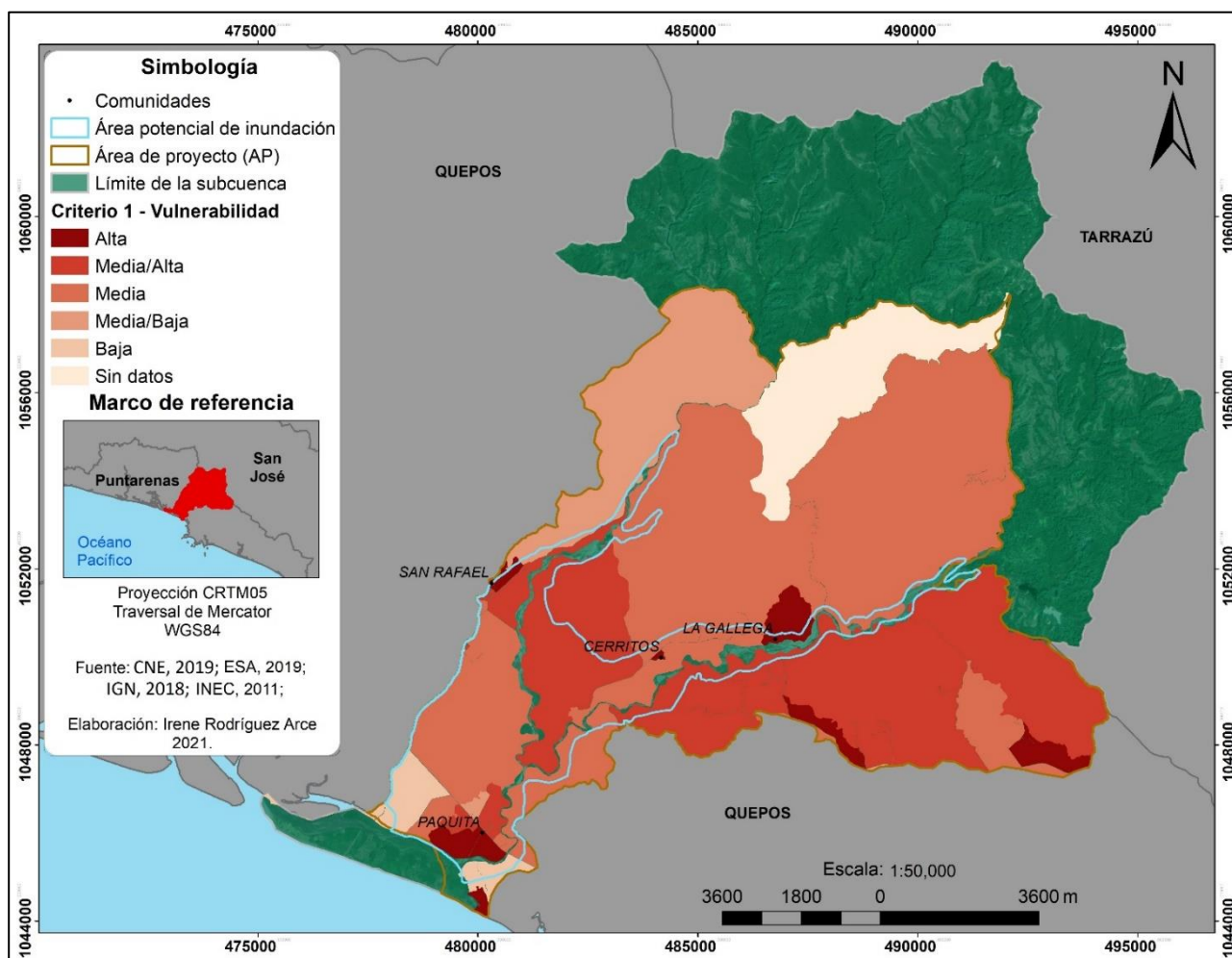


### **4.3 Fase 3. Propuesta de Soluciones basadas en Naturaleza (SbN) para la reducción del riesgo de inundación**

En respuesta al objetivo específico de priorizar Soluciones basadas en la Naturaleza, mediante un análisis de su viabilidad que permita la elaboración de una propuesta integral de reducción del riesgo por inundación, se presentan los siguientes hallazgos.

#### **4.3.1 Identificación de las zonas**

De acuerdo con los criterios para selección de las zonas de intervención de la propuesta (**Cuadro 10**) planteados en la metodología, las zonas de intervención se establecieron en respuesta a la vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones (Criterio 1), y prioridades de intervención según el uso y cobertura de suelo de la línea base (Criterio 2). Donde el criterio 1 se fundamentó en el número de habitantes y viviendas en mal estado a nivel de unidad geoestadística mínima (UGM) en el área del proyecto (AP), correspondiente al área de la subcuenca bajo jurisdicción del cantón de Quepos y donde se ubica el riesgo de inundación. Asimismo, representa 120.92 km<sup>2</sup> de los 181.3 km<sup>2</sup> de la subcuenca (66.69 %). La siguiente **Figura 22** presenta el mapa con los niveles de vulnerabilidad socioeconómica del AP.



**Figura 22. Criterio 1 - Nivel de vulnerabilidad ante inundaciones en el área del proyecto. 2021.**

La **Figura 22** muestra los niveles de vulnerabilidad (baja-alta) socioeconómica en el área del proyecto (AP), correspondiente a la representación espacial del índice de vulnerabilidad socioeconómica (**Anexo 19**). A partir de esta figura se logra identificar las áreas más vulnerables ante inundaciones, siendo estas las áreas con la vulnerabilidad Alta ubicadas dentro de área potencial de inundación (API) —las áreas en rojo oscuro—, correspondientes a las comunidades de Paquita, Cerros, Cerritos y La Gallega.

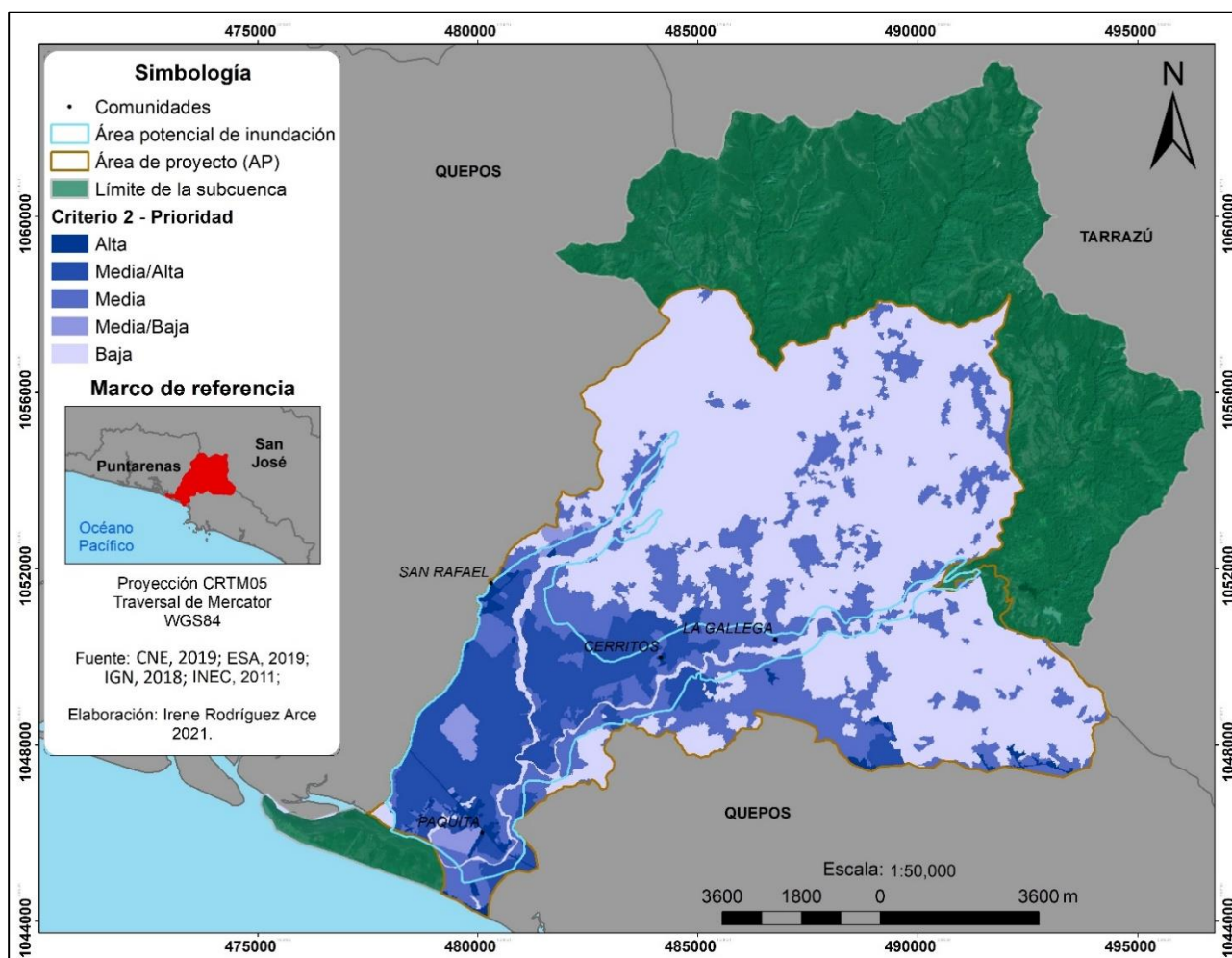
Estos hallazgos permiten identificar a los sectores con las comunidades expuestas a las inundaciones, que de acuerdo con el planteamiento del **Cuadro 1** en el marco teórico, son las áreas con mayor cantidad de personas y viviendas en mal estado. Para esto se consideraron además los recorridos e imágenes satelitales y dieron como resultado lo siguiente.

**Cuadro 27. Área de exposición de las comunidades expuestas a las inundaciones en la Subcuenca Paquita y Cañas. 2021.**

Comunidades	Área (m <sup>2</sup> )
La Gallega	44885.84
Paquita, Vista Mar	632645.63
Cerros, San Rafael	314569.22
Cerritos	51662.15
<b>Total</b>	<b>1043762.84</b>

**Notas:** Los nombres de las comunidades son una aproximación ya que los UGM empleados abarcan áreas extensas que en ocasiones engloban varias comunidades.

Conforme al proceso metodológico, alrededor de estas comunidades se establecieron las zonas de intervención para las medidas. En esta línea, la siguiente **Figura 23** muestra los niveles de prioridad de intervención.



**Figura 23. Criterio 2 - Nivel de prioridad de intervención en el área del proyecto. 2021.**

A partir de los 5 niveles de prioridad de intervención del AP que se aprecian en la **Figura 23**, producto de la reclasificación de las 12 diferentes clases de uso y cobertura de suelo de la subcuenca (**Figura 15**) conforme a los pesos establecidos en el **Cuadro 13** de la metodología, se aprecia que las áreas de mayor prioridad se centran en las llanuras de inundación, donde se ubican las comunidades de la subcuenca. A partir de estos niveles de prioridad se identificaron las zonas de intervención, siendo estas las áreas con prioridad Media, Media-Alta y Alta —conforme a lo propuesto en el **Cuadro 10** con los criterios para selección de las zonas de intervención—, alrededor de las comunidades de Paquita, Cerros, Cerritos y La Gallega, por ser las más vulnerables ante inundaciones identificadas en el criterio 1, y se aprecian tanto en la **Figura 22** del criterio 1 como en la **Figura 23** del presente criterio 2.

De los 120.91 km<sup>2</sup> del AP, 64.96 km<sup>2</sup> tienen prioridad de intervención, lo cual representa un 53.72 % (en otra perspectiva, esto es un 35.83 % del área total de la subcuenca). Sobre esta sección en específico se identifican las medidas de reducción del riesgo de inundación basadas en la naturaleza que pueden recomendarse dentro la propuesta de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). En esta línea, investigaciones como las de Fundasal (2019) en PNUMA (2020) realizaron procesos similares donde a partir de interpretaciones sobre los usos de la tierra de la cuenca Arenal-Monserrat en El Salvador, se identificaron zonas de intervención en 2019 para una iniciativa de SbN. En Xalapa, México se empleó un análisis de vulnerabilidad para diseñar una iniciativa de SbN (PNUMA, 2019). Asimismo, en Fort Collins, Colorado, Estados Unidos se han recuperado terrenos en las planicies de inundación por más de 2 décadas, para implementar medidas de reducción del riesgo de inundaciones (City of Fort Collins, 2011).

#### **4.3.2 Identificación de las medidas**

De acuerdo con la metodología planteada, la identificación de las medidas se basó en dos criterios. Un Criterio 1 – Técnico, donde se operativizan las medidas suaves de los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) según las escalas, objetivos y aplicabilidad en la subcuenca, como se desglosó en el **Cuadro 14** y el **Cuadro 15**. Asimismo, se empleó un Criterio 2 – Social que partió de observaciones hechas por los representantes comunales en el momento 3 del taller de cartografía social, documentadas sobre los recursos expuestos en la **Figura 4** y **Figura 5**, que permitieron identificar medidas acorde a sus necesidades y posibles áreas de intervención (estos hallazgos preliminares se desglosan en el **Anexo 20**).

En este apartado se consideraron los principios para la implementación de medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza 2.2.1 sobre la perspectiva del sistema a escala y 2.2.3. sobre integración con restauración y conservación de ecosistemas, comprometidos en el marco teórico. De esta manera, en el siguiente **Cuadro 28** se presentan, definen y justifican las medidas que prioriza el presente proyecto.

**Cuadro 28.** Medidas a priorizar en la propuesta de soluciones basadas en la naturaleza (SbN).

Medidas a priorizar	Definición y Justificación
1. Restauración del paisaje forestal (RPF)	Proceso planificado para recuperar la funcionalidad ecológica de paisajes deforestados o degradados y mejorar el bienestar humano, ofreciendo múltiples beneficios y usos de la tierra a lo largo del tiempo (Reitbergen-McCracken, Maginnis, Sarre (2007) en Holl, 2020). Se plantea ya que los árboles altos o con follaje exuberante permiten aumentar la intercepción del agua, asistiendo en reducción de su velocidad e infiltración (WWF, 2016). Puede cumplir con el objetivo de reducir, retener, detener y divergir inundaciones (ver <b>Cuadro 14</b> ).
2. Medidas de conservación de suelo: Rehabilitación	Acciones para restablecer la funcionalidad de un ecosistema y su provisión de servicios ecosistémicos sin recrear necesariamente la composición completa del ecosistema (Holl, 2020 y Adaptado de Gann, et al., 2019). Es una medida de conservación de suelo menos compleja que la restauración y pueden plantearse en áreas enteras, o secciones estratégicas, donde se necesite promover la infiltración o reducción de la velocidad de la escorrentía (WWF, 2016) y al igual que la RPF, puede cumplir con el objetivo de reducir, retener, detener y divergir inundaciones.
3. Embalses de detención	Depresiones naturales o generadas en el paisaje para retener temporalmente las aguas pluviales y luego liberarlas lentamente a través de una descarga controlada. Controlando la escorrentía hacia los drenajes o vías fluviales río abajo y reduciendo el riesgo de inundaciones. En llanuras de inundación pueden contribuir a reducir, retener, detener y divergir inundaciones (WWF, 2016).
4. Restauración de vegetación ribereña	Recuperación planificada de los ecosistémicos aledaños a los cuerpos de agua, su vegetación, microorganismos, insectos y animales que realizan procesos de estabilización continua de los suelos (WWF, 2016 y Holl, 2020). Se plantea debido a la socavación de los márgenes de cuerpos de agua e inundaciones de zonas que no presentaban estas características. Las formaciones de raíces de contrafuerte o adventicias de esta vegetación dan estabilidad y firmeza al suelo de la zona radicular, de manera que es especializa en resistir las fluctuaciones de los caudales. En las partes altas asisten frenando la energía de las corrientes con alta velocidad, reduciendo la amenaza de crecidas repentinas y la erosión en las partes bajas (WWF, 2016).

Medidas a priorizar	Definición y Justificación
5. Zanjones: Cunetas verdes	Los zanjones son canales o franjas cubiertas de vegetación que permiten la infiltración, la conducción y el almacenamiento de aguas pluviales. Dentro de estos, las cunetas verdes por lo general se emplean a los lados de las carreteras (WWF, 2016). Se plantea de acuerdo con el <b>Cuadro 14</b> y el <b>Cuadro 15</b> , ya que en la escala de las comunidades pueden reducir, retener, detener y divergir inundaciones y en las llanuras de inundación a mejorar el drenaje y promover la resistencia al daño.

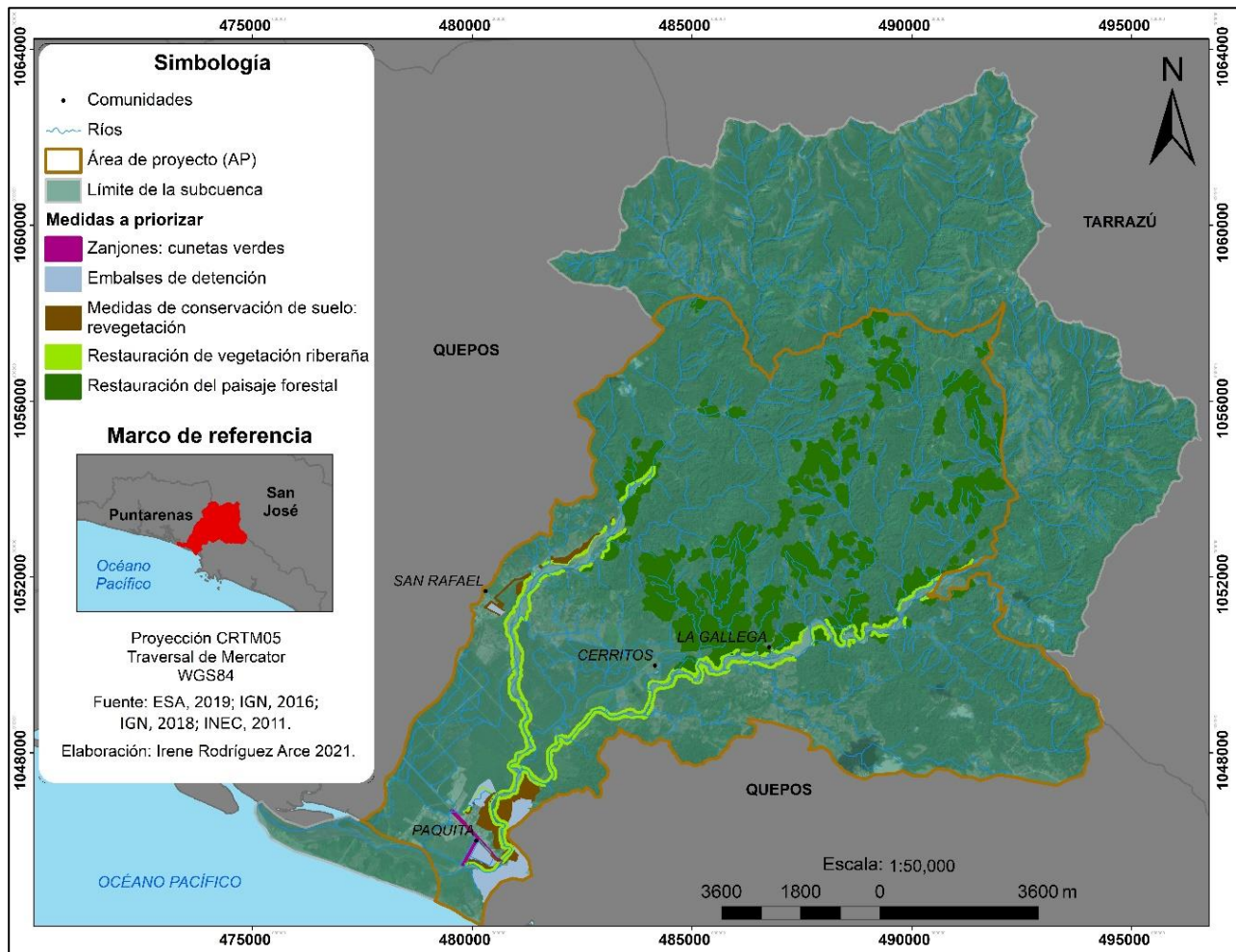
Cabe añadir que, de la lista preliminar de medidas planteada en la metodología, se descartó la restauración de humedales, ya que, de acuerdo con el inventario nacional de humedales del Proyecto Humedales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Global Environment Facility (SINAC-PNUD-GEF, 2018) la subcuenca Paquita y Cañas no cuenta con humedales.

Asimismo, no se consideró la eliminación de barreras como una medida a priorizar en el presente proyecto, ya que, de acuerdo con la definición de la metodología empleada para la definición de las medidas, esta medida implica la remoción de rocas, vegetación y escombros que dificultan el flujo en el lecho del río (WWF, 2016) y en esta línea, de acuerdo con el Reglamento al Código de Minería 43443 (2022) y el Reglamento a la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo 34361 (2008), la extracción de materiales de los cuerpos de agua en el país, se aborda únicamente bajo un enfoque de actividad minera regulada por la Dirección de Geología y Minas o para la atención de emergencias por la CNE.

Adicionalmente, se plantearon embalses de detención y zanjones mediante cunetas verdes, ya que responden a las necesidades identificadas en los hallazgos del momento 3 del taller de cartografía social para la definición de las medidas (ver **Anexo 20**). Se consideró relevante aclarar que, conforme al objetivo general, el presente proyecto busca proponer Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y dentro de los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación (MIGRI) adoptados de WWF (2016) para la definición de las medidas, estas son consideradas blandas/suaves, no híbridas. No obstante, los zanjones propuestos como cunetas verdes emplean infraestructura natural y gris, y los

embalses de detención, conforme establece WWF (2016), requieren de un mecanismo gris o tecnológico como una compuerta o válvula para dejar salir el agua. De esta manera, conforme a la metodología adoptada, clasifican como basadas en naturaleza, lo que se alinea con el objetivo general del proyecto, sin embargo, también podrían considerarse medidas híbridas.

La representación espacial de las cinco medidas priorizadas en el presente proyecto se muestra a continuación.



**Figura 24. Medidas propuestas como Soluciones basadas en la Naturaleza para la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas. 2021.**

La **Figura 24** presenta de manera global, las medidas propuestas como SbN para la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas ubicadas en la jurisdicción del cantón de Quepos que conforma el área del proyecto (AP). Las áreas de estas medidas se desglosan



en el siguiente **Cuadro 29** según el área de exposición definida en el esquema del riesgo de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas (ver **Cuadro 1**), el área fuera del área de exposición —para mantener el principio de conectividad señalado en el marco teórico y la metodología como fundamental para la reducción del riesgo de inundación—, y el área total dentro del AP con medidas.

**Cuadro 29. Áreas de las medidas propuestas sobre la subcuenca Paquita y Cañas.**

Medidas	Área de exposición			Fuera del área de exposición			Área total	
	m <sup>2</sup>	ha	%	m <sup>2</sup>	ha	%	m <sup>2</sup>	Ha
Restauración del paisaje forestal	1116260.40	111.63	10	9895384.79	989.54	90	11011645.19	1101.16
Restauración de riberas	780927.59	78.09	93	56528.04	5.65	7	837455.62	83.75
Rehabilitación	1920500.23	192.05	100	0.00	0.00	0	1920500.23	192.05
Embalses de detención	1074304.72	107.43	100	0.00	0.00	0	1074304.72	107.43
Cunetas verdes	29493.52	2.95	100	0.00	0.00	0	29493.52	2.95
<b>Total</b>	<b>9951912.82</b>	<b>995.19</b>	<b>67</b>	<b>4921486.46</b>	<b>492.15</b>	<b>33</b>	<b>14873399.28</b>	<b>1487.34</b>

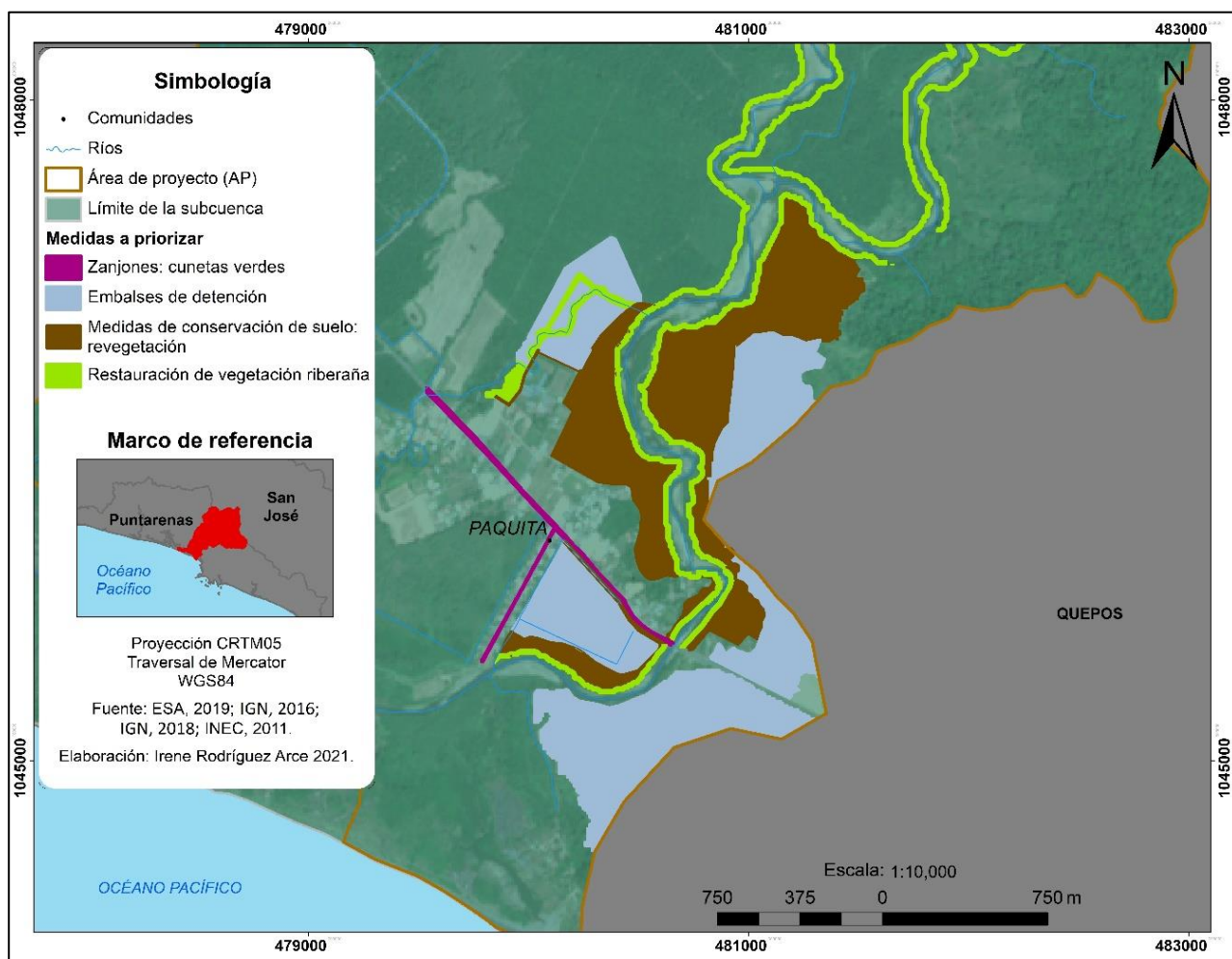
Se destaca que la mayoría de las medidas se distribuyen a lo largo del área de exposición, únicamente la medida de Restauración del Paisaje Forestal (RPF) se ubica de manera significativa fuera de esta. Donde la RPF puede contribuir a reducir, retener, detener y divergir inundaciones si se ubica en las partes medias y altas de una cuenca (WWF, 2016), fuera del área de exposición, que, en el marco del presente proyecto, son las partes montañosas, dadas por las áreas con pendiente mayor al 15 % definida en la **Figura 12**.

De manera similar, la medida de restauración de la vegetación ribereña, aunque se ubica en mayor medida en el área de exposición, un 10 % de su área se encuentra fuera de esta ya que se planteó a lo largo de los cuerpos de agua principales dentro del AP, como parte del principio de conectividad que, en el punto 2.2. del marco teórico, se reconoce como fundamental en iniciativas de Soluciones basadas en la Naturaleza para la reducción del riesgo de inundaciones. De esta medida se resalta que inicialmente se empleó la información catastral del cantón para delimitar el margen de los ríos principales a partir del cual establecer la medida, sin embargo, se descartó al encontrar líneas de tierra

traslapadas con los cuerpos de agua. Asimismo, la línea base para la definición de las medidas de la variable biofísica de uso y cobertura de suelo generada en el presente proyecto, no contempló un estudio de años para delimitar los cuerpos de agua, por lo que se mantuvo el margen de la línea base, puesto que, al ser dos cuerpos de agua principales, dentro del alcance del presente proyecto no se consideró verificar el margen mediante recorridos, no obstante, en las recomendaciones finales se puntualiza más sobre esto. A partir del margen se estableció la medida de restauración de la vegetación ribereña, que conforme a WWF (2016) y WB (2017) aporta en la reducción del riesgo de inundaciones mejorando el drenaje y promoviendo la resistencia a los daños.

Por su parte, las medidas de rehabilitación, embalses de detención y cunetas verdes se ubican dentro del área de exposición debido a que se plantearon en atención directa de las comunidades expuestas —y se discuten posteriormente con los mapas de los sectores en los que se ubican—. De estas medidas se destaca que alrededor de las comunidades expuestas se propuso rehabilitación y no RPF ya que al ubicarse en el área potencial de inundación (API), se consideró preferible no iniciar con medidas complejas y costosas como la restauración sin antes desarrollar medidas que brinden servicios de regulación del flujo y moderación de la escorrentía en las partes medias y altas que garanticen que durante eventos de inundación las medidas en el API no serían comprometidas. No obstante, dado a que estas medidas basadas en la naturaleza (RPF, rehabilitación y restauración de la vegetación ribereña) pueden tardar entre 15 y 20 años en madurar y generar dichos servicios (Holl, 2020), y prevalece la necesidad de brindar resiliencia ante las inundaciones en el API, se planteó la medida de rehabilitación en esta área, al ser una medida de conservación de suelo menos compleja y costosa.

Para visualizar de manera concreta, la representación espacial de las medidas propuestas en cada sector de comunidades: Paquita, La Gallega y Cerros, se presentan y discuten las siguientes figuras.



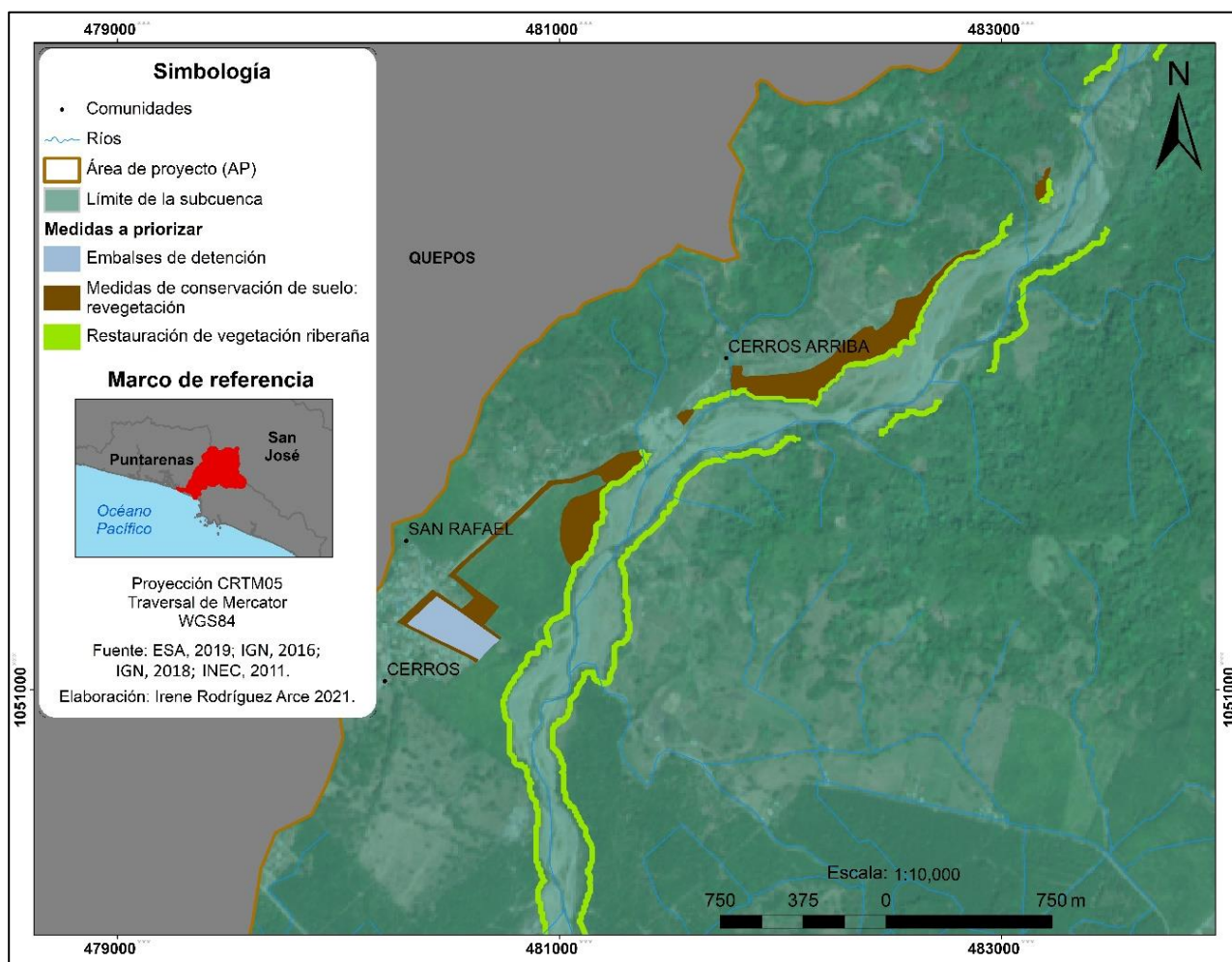
**Figura 25. Medidas basadas en la naturaleza propuestas sobre el sector de Paquita.**

Como se aprecia en la **Figura 25**, sobre el sector de Paquita, donde se ubican comunidades como Paquita, Vista Mar, Bella vista y Pueblo real, se definieron concretamente medidas de rehabilitación, cunetas verdes, embalses de detención y restauración de la vegetación ribereña. De estas medidas, los embalses de detención obedecen a los hallazgos del taller de cartografía social (desglosados en el **Anexo 20**), señalados por los participantes del sector de Paquita para aprovechar los terrenos en barbecho que corresponden a cultivos de arroz. Esta medida se planteó en este sector ya que pueden reducir las inundaciones en áreas urbanas, partes bajas y medias de una cuenca (WWF, 2016). Asimismo, FAO (2013) detalla el antecedente de una iniciativa en Japón donde se han aprovechado los cultivos de arroz para el control de inundaciones, respaldando la aplicabilidad de estas medidas.

Por su parte, las cunetas verdes tienen la característica de que se plantearon estrictamente en el sector de Paquita y responden a los hallazgos de la **Figura 21** sobre el momento 2 del taller de cartografía

social (durante la recopilación de información sobre los diques de cómo se planteó en el **Cuadro 3** de la metodología), donde se identificó el sitio en el sector de Paquita por donde se desborda el cuerpo de agua que suele inundar a las comunidades de este sector (junto a la vía principal, frente a la bomba). En esta línea, debido a que los MIGRI engloban varias posibles medidas dentro de los zanjones, se destacó que las cunetas verdes pueden emplearse junto a las vías de transporte, donde pueden apoyar a las comunidades y llanuras de inundación en la mejora del drenaje, la resistencia al daño y reducción de inundaciones (WWF, 2016). De esta manera, se plantearon cunetas verdes junto a la vía principal del sector de Paquita, desde la bomba hasta el puente sobre el río Paquita.

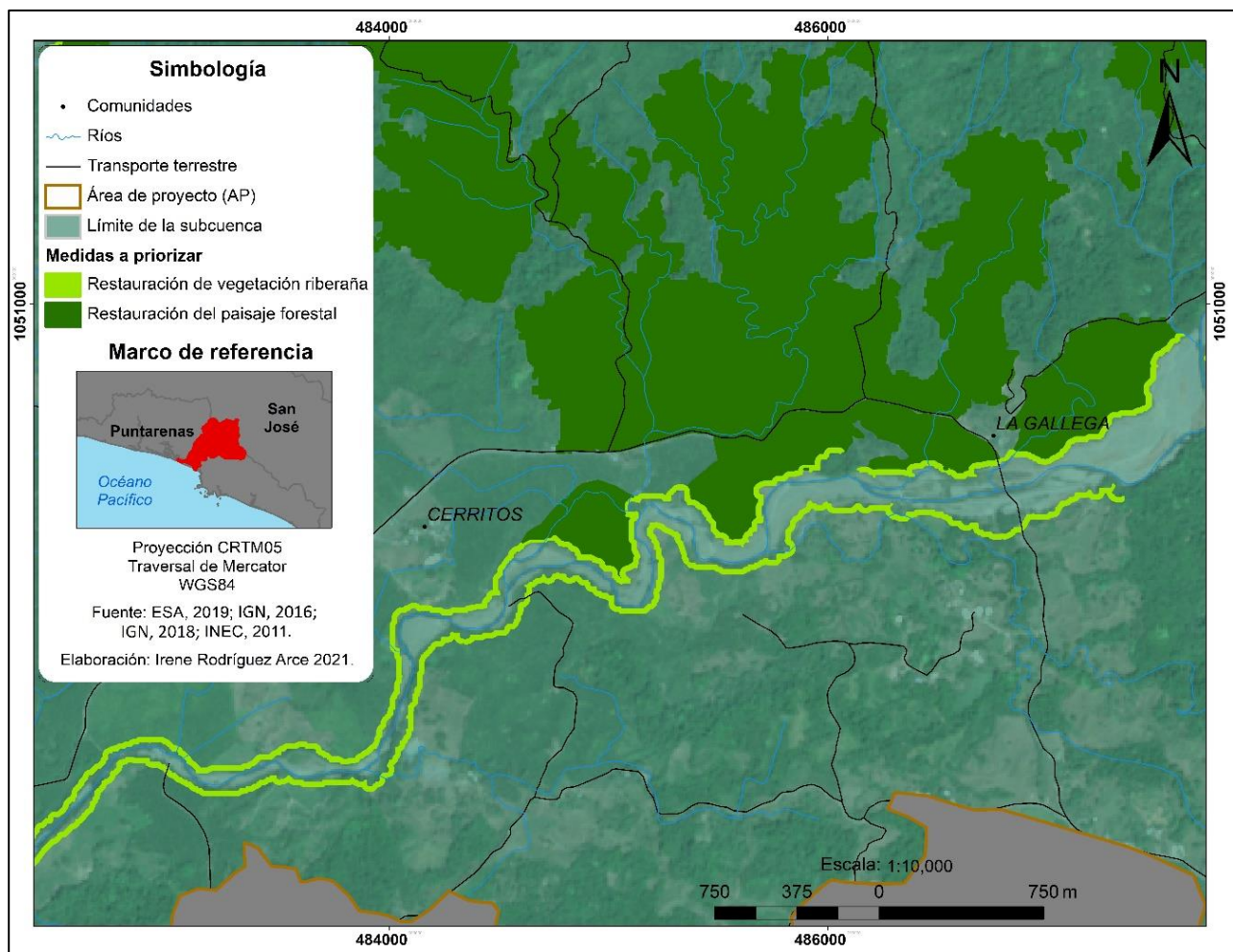
Por otra parte, la medida de rehabilitación se planteó en terrenos junto a los cuerpos de agua como soporte adicional a las medidas de restauración de vegetación ribereña, donde conforme a los hallazgos de uso y cobertura de la tierra de la subcuenca (ver **Figura 15**) se encuentran charrales y tacotales, lo que en este sector no se cuenta con vegetación suficiente entre de las comunidades expuestas y los cuerpos de agua principales que provean de servicios ecosistémicos de regulación de flujo que mitiguen el impacto de las inundaciones, que conforme se ha medido en (ESVD, 2021), una vegetación robusta podría proveer. En esta línea, la rehabilitación de estos puede mejorar la funcionalidad y provisión de servicios ecosistémicos (Holl, 2020 y Adaptado de Gann, et al., 2019), como el amortiguamiento de caudales dentro de los servicios de regulación. Asimismo, de acuerdo con el fundamento presentado en el **Cuadro 14** y **Cuadro 15**, las medidas de rehabilitación y restauración ribereña pueden sumar en la reducción y retención de inundaciones, así como mejorar el drenaje y promover la resistencia al daño en las comunidades del sector de Paquita.



**Figura 26. Medidas basadas en la naturaleza propuestas sobre el sector de Cerros.**

Puntualmente, en el sector de Cerros, donde se encuentran las comunidades de Cerros, Cerros arriba y San Rafael de Cerros, se definieron medidas de embalses de detención, medidas de conservación de suelo mediante rehabilitación y restauración de la vegetación ribereña, como se muestra en la **Figura 26**. De estas, la medida del embalse de detención, al igual que en Paquita se propuso sobre tierras en barbecho y la medida de rehabilitación se definió en algunas partes junto a la medida de restauración de la vegetación ribereña como apoyo a esta, donde el uso y cobertura determinado en el presente proyecto se conforma de charrales, tacotales, pastos o pastos arbolados, y la medida de restauración de la vegetación ribereña se planteó junto al margen del cuerpo de agua principal, donde actualmente se encuentra cultivo de palma aceitera (ver **Figura 15**) y conforme a lo que establece el artículo 33 de la Ley Forestal 7575 (1996) que indica que en terrenos planos y zonas rurales debe dejarse una franja de quince metros en las riberas de los cuerpos de agua, como es el caso del sector de Cerros, según los hallazgos sobre pendientes presentados en la **Figura 12** y el proceso para la determinación de la

variable de Vivienda conforme a INEC (2018). En otra línea de ideas, no puede afirmarse o negarse que las actividades agrícolas han entrado al margen natural que debe estar alrededor de cada cuerpo de agua según lo señalado de la ley forestal, tampoco que estas actividades se han desarrollado posterior a la creación de dicha ley, obligándolas a mantener el margen, únicamente se afirma que actualmente no existe este margen natural y que la restauración de la vegetación ribereña se alinea con lo que señala esta ley. El sector de Cerros se encuentra en el API y parte baja de la subcuenca Paquita y Cañas, donde los embalses de detención y la rehabilitación podrían aportar en la reducción y retención de inundaciones, y la restauración de riberas podría mejorar el drenaje y promover la resistencia al daño en las comunidades de las llanuras de inundación (City of Fort Collins, 2011 y WWF, 2016).



**Figura 27. Medidas basadas en la naturaleza propuestas sobre el sector de La Gallega.**

Como se ve en la **Figura 27**, sobre el sector de La Gallega —que para efectos de este proyecto engloba a las comunidades de La Gallega, Guacalillo y Cerritos— se definieron las medidas de restauración de la vegetación ribereña y del paisaje forestal sobre áreas de charal, tacotal, pastos, pastos arbolados y espacios naturales, de acuerdo con los hallazgos de la **Figura 15**.

La RPF se planteó mayormente en las partes medias y altas de la subcuenca, no obstante, durante el taller de cartografía social los representantes de este sector señalaron el sitio por donde el río principal se sale de su curso e invade terrenos hasta llegar a la comunidad de Cerritos (ver **Anexo 20**) y los vecinos de la comunidad de La Gallega indicaron su preferencia por establecer medidas de protección como reforestación en esta zona (V. Fernández, comunicación personal, 4 de diciembre de 2020). De esta manera, debido a que el sector de La Gallega se conforma de comunidades rurales (INEC, 2018) en la base de las partes montañosas de la subcuenca (ver **Figura 12** sobre las pendientes y **Figura 15** sobre uso y cobertura de la tierra) y en refuerzo al compromiso con el principio de conectividad del punto 2.2.3. del marco teórico, se planteó la RPF en lugar de medidas de rehabilitación. Del mismo modo, la medida de restauración ribereña se mantiene en este sector, también en coherencia con el principio de conectividad a lo largo de los ríos principales de la subcuenca.

### 4.3.3 Determinación de la viabilidad

La viabilidad de las medidas responde al análisis multicriterio (AMC) planteado en la metodología, con el cual se realizó el índice de priorización de las medidas. El siguiente **Cuadro 30** sintetiza los criterios del AMC realizado.

**Cuadro 30. Análisis Multicriterio de las medidas propuestas. Año 2022.**

Grupo de criterios	Criterios	Peso relativo	Descripción	Medidas					
				M1	M2	M3	M4	M5	
Ambientales	Restauración de ecosistemas	5	La medida contribuye a la restauración de ecosistemas.	Calificación	10	5	0	10	0
				Ponderación	1.28	0.64	0.00	1.28	0.00
		5		Calificación	9	6	5	8	5

	Asegura servicios ambientales de regulación		La medida brinda servicios de regulación (e.g. amortiguación de caudales/precipitaciones extremas) que contribuye a la reducción del riesgo de inundación de las comunidades.	Ponderación	1.15	0.77	0.64	1.03	0.64
Sociales	Atención a las comunidades más vulnerables	4	La medida se plantea en atención de las comunidades más vulnerables ante las inundaciones del AP.	Calificación	5	8	8	5	6
				Ponderación	0.51	0.82	0.82	0.51	0.62
	Participación	4	La medida incluye la participación de los habitantes de las comunidades.	Calificación	0	5	9	5	5
				Ponderación	0.00	0.51	0.92	0.51	0.51
	Urgencia	3	La medida puede considerarse de urgencia para la reducción del riesgo y disminución de pérdidas.	Calificación	10	9	8	9	8
				Ponderación	0.77	0.69	0.62	0.69	0.62
Económicos	Costo-Beneficio	4	La medida aporta beneficios sociales.	Calificación	10	8	2	6	4
				Ponderación	1.03	0.82	0.21	0.62	0.41
	Costo-Efectividad	4	La medida es costo efectiva ante su propósito.	Calificación	10	8	4	6	2
				Ponderación	1.03	0.82	0.41	0.62	0.21
Políticos e institucionales	Capacidad institucional	5	La medida se enmarca en los instrumentos de planificación y normativos existentes, que debe cumplir el gobierno local.	Calificación	8	8	0	8	0
				Ponderación	1.03	1.03	0.00	1.03	0.00
	Coordinación	5	Existen procesos de coordinación y cooperación entre actores internos o externos del territorio que	Calificación	8	8	0	8	0
				Ponderación	1.03	1.03	0.26	1.03	0.26



			facilitan la implementación de las medidas.						
Total	39	Total (Índice de priorización)		7.82	7.13	3.87	7.31	3.26	

**Notas:** M1 = Restauración del paisaje forestal. M2 = Medidas de conservación de suelo:

Rehabilitación. M3 = Embalses de detención. M4 = Restauración de la vegetación ribereña. M5 = Zanjonés: Cunetas verdes

En este marco, el primer criterio ambiental sobre restauración de ecosistemas se sustentó en el criterio de prioridad del punto 3.4.1. para la identificación de zonas, que operativiza la variable biofísica de uso y cobertura de la tierra del primer objetivo específico. En esta línea, se consideró que la RPF contribuye fuertemente en este criterio, ya que es en principio una medida de restauración de ecosistemas y parte de los 5 enfoques ecosistémicos que abordan las SbN, del mismo modo se consideró la medida de restauración de la vegetación ribereña. Por su parte, la rehabilitación contribuye medianamente en este criterio ya que no recrea la composición completa del ecosistema (Holl, 2022). Por otro lado, la calificación de las cunetas verdes y embalses de detención se debe a que, por definición (ver **Cuadro 28**) no contribuyen a la restauración de ecosistemas.

El criterio ambiental sobre el aseguramiento de servicios ambientales de regulación se fundamentó en el criterio técnico de la identificación de medidas, que operativizan los MIGRI. De esta manera, se concluyó que la RPF es la que más contribuye a la reducción del riesgo de inundación al plantearse en las partes medias y altas de la subcuenca dentro del AP donde pueden cumplir un objetivo de reducir, retener, detener y divergir inundaciones (**Cuadro 14** y **Cuadro 15** del criterio técnico para la identificación de medidas). De manera similar, la restauración de la vegetación ribereña tiene un aporte importante en la reducción del riesgo de inundación como primera medida entre los cuerpos de agua y las comunidades expuestas. Además, se propusieron bajo una premisa de conectividad entre las medidas y ecosistemas de los que se esperan servicios de regulación. Por su parte, la calificación de las cunetas verdes y embalses de detención se debe a que estas contribuyen medianamente en la reducción del riesgo de inundación, ya que su efectividad depende fuertemente de la presencia de medidas de regulación de flujos por moderación de la escorrentía en las partes medias y altas de la subcuenca, por lo que tienen un grado complementario, que también sucede con las medidas de rehabilitación ubicadas en las partes bajas de la subcuenca, junto a las comunidades expuestas a las inundaciones.

El criterio social de atención a las comunidades más vulnerables se respaldó con el criterio de vulnerabilidad de la identificación de zonas que operativiza las variables socioeconómicas de vivienda y población. En esta línea, los embalses de detención y la medida de rehabilitación son las que atienden con mayor fuerza. Su calificación obedece a que no se pudo considerar mayor área entre los cuerpos de agua que inundan las comunidades y estas por la presencia de actividades económicas. La restauración de la vegetación ribereña se concibió como una barrera a lo largo de la mayoría del margen de los cuerpos de agua principales de la subcuenca, por lo que solo atiende a las comunidades de interés cuando se ubica justo alrededor de estas. La atención de las comunidades de la medida de RPF no es directa si no una transferencia de servicios de regulación de flujo de agua por moderación de escorrentía, y al ser la que abarca mayor área para esto, no se descarta un nivel de atención. Por su parte, las cunetas verdes se plantearon en atención exclusiva para una de las comunidades más expuestas, sin embargo, su calificación obedece a que su efectividad es complementaria, dependiendo fuertemente de la presencia de medidas de regulación de flujos por moderación de la escorrentía en las partes medias y altas de la subcuenca.

El segundo criterio social, sobre Participación, se fundamentó en la información proveniente del taller de cartografía social donde se trabajó la identificación de medidas con los representantes de las comunidades. De esta manera, la calificación de la medida de embalses de detención se debe a que fue más señalada durante dicha actividad (ver **Anexo 20**). En este espacio también se identificó, en menor medida que para los embalses, la preferencia de las comunidades de dar protección a los márgenes de los cuerpos de agua y las áreas entre las comunidades y los cuerpos de agua. Estas se propusieron para responder a la necesidad identificada de protección en las zonas mencionadas. Por su lado, la calificación de las cunetas verdes se sustenta en que fueron señaladas únicamente por uno de los representantes de una de las comunidades y específicamente sobre la comunidad en la que se planteó. Puntualmente, la calificación de la RPF se debe a que, aunque esta fue planteada como una medida de relevancia para la reducción del riesgo, no fue señalada por los participantes del taller.

El último criterio social sobre Urgencia se respaldó en el criterio técnico de la identificación de medidas, donde se operativizan los MIGRI, ya que las medidas se basaron en los objetivos de reducción de reducción de riesgo de inundaciones que pueden cumplir según la escala y ubicación de la subcuenca. De esta manera, se señaló la RPF como la medida más urgente para la reducción del riesgo y disminución de pérdidas por la cual empezar ya que se tardarán en recibir sus beneficios de

servicios en la regulación del flujo por moderación de la escorrentía en 15 o 20 años. Lo mismo sucede con las medidas de conservación de suelo mediante rehabilitación y restauración de la vegetación ribereña, que se ubican mayormente en el área de inundación donde es urgente aportar resiliencia. Por su parte, las cunetas verdes se plantean exclusivamente en la comunidad de Paquita, que es una comunidad prioritaria de atender, al ubicarse en cercanía y aguas abajo de la convergencia de los dos ríos principales de la subcuenca, y en el taller de cartografía social se señaló que uno de los principales causantes de las inundaciones es que parte del río se desvía antes del dique hacia la comunidad, convergiendo con la vía principal donde desborda las cunetas. De manera que las cunetas verdes son una medida de urgencia en la atención directa y pronta a esta comunidad, seguida únicamente por los embalses de detención.

Para los criterios económicos, las calificaciones de las medidas tanto para el criterio de costo-beneficio como el criterio costo-efectividad se sustentó en el índice costo-beneficio y el índice costo-efectividad respectivamente, ambos estimados en el presente proyecto. De esta manera, la medida con el mayor índice recibió la calificación más alta para ambos criterios. El siguiente **Cuadro 31** presenta los resultados del ICB y el ICE de las medidas propuestas, como los principales hallazgos que sustentaron las calificaciones de los criterios económicos.

**Cuadro 31. Índices costo-beneficio y costo-efectividad de las medidas propuestas.**

Medidas	Índice Costo-Beneficio ICB	Índice Costo-Efectividad ICE
Zanjones: Cunetas verdes	0.55	0.98
Medidas de conservación de suelo: Rehabilitación	2.00	9864.36
Restauración del paisaje forestal	2.58	11365.57
Restauración de vegetación ribereña	1.27	9264.84
Embalses de detención	0.18	2781.5

Del cuadro anterior se destaca que tanto las medidas de restauración del paisaje forestal, restauración de la vegetación ribereña y medidas de conservación de suelo mediante rehabilitación, fueron respectivamente las tres medidas más costo-beneficiosas y costo-efectivas. Esto puede deberse a que, aun cuando son medidas costosas de acuerdo con las estimaciones realizadas, donde la restauración del paisaje forestal alcanza costos totales de 28 251 USD (ver **Anexo 24**), la restauración de la

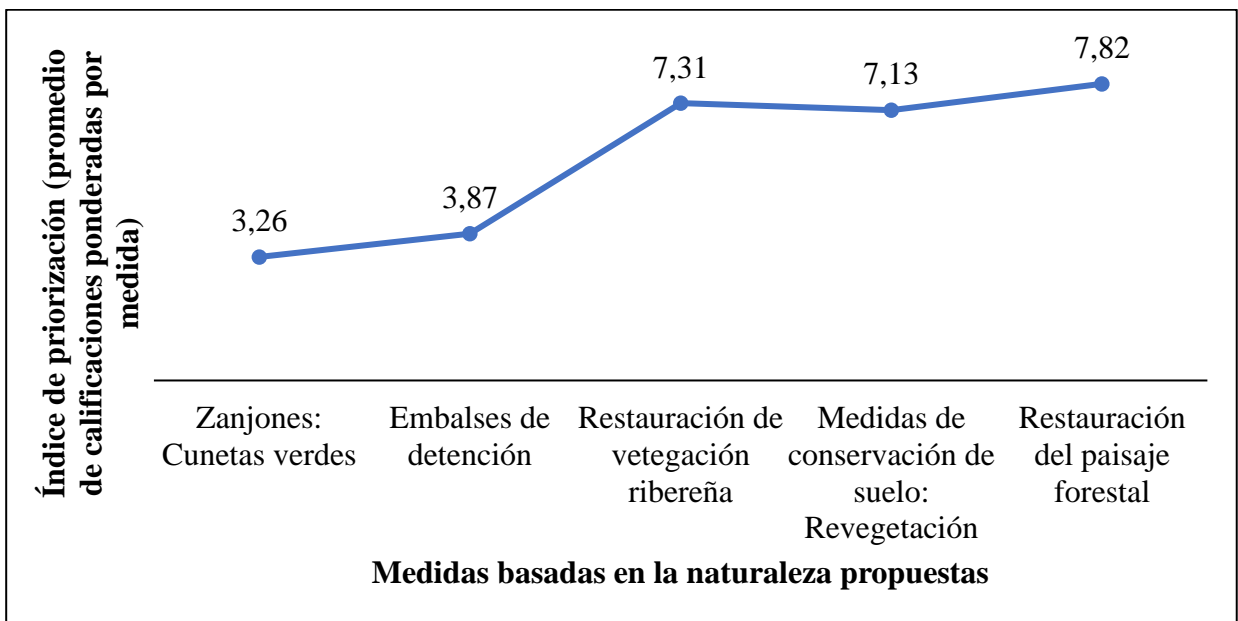
vegetación ribereña hasta 27 866 USD (ver **Anexo 26**) y la rehabilitación unos 9 375 USD (ver **Anexo 25**), los beneficios que brindan se pueden sostener en el tiempo una vez que las iniciativas están maduras, con monitoreos más leves, de acuerdo con la experiencia de Giudice, de Almeida, Brancalion, et al. (2020) y Holl (2020), mientras que las de cunetas verdes (ver **Anexo 23**) y los embalses de detención (ver **Anexo 27**) requieren de mantenimiento a lo largo de toda su vida útil y redimensionamientos para garantizar una sostenibilidad de sus beneficios (Universidad de los Andes, 2017 y EPAa, 2021).

A nivel de criterios políticos e institucionales, el criterio de capacidad institucional se sustentó en el Plan de Acción Climática de Quepos, aprobado por el Concejo Municipal en el año 2019, donde se operativiza la política pública de cambio climático del cantón, dado a que en este plan se realizó una evaluación de la capacidad institucional del gobierno local para abordar la política, en la que se engloba el cambio climático y la gestión de riesgo a desastres en el contexto del cantón. Con base en la evaluación del plan mencionado, se determinó que para las medidas de restauración del paisaje forestal, rehabilitación y restauración de la vegetación ribereña se cuenta con la capacidad institucional del gobierno local de Quepos como respaldo, ya que el gobierno obtuvo puntuaciones en promedio de 3 de 4 en los indicadores sobre capacidad institucional para la mitigación de riesgos naturales y compromisos con la restauración de ecosistemas (Municipalidad de Quepos, 2019), lo que determinó sus calificación en el AMC. Por su parte, sobre las medidas de cunetas verdes y embalses de detención, Costa Rica cuenta con una Agenda 20 - 30 para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible que engloban la infraestructura verde donde se incluyen los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) como las cunetas verdes y los embalses de detención propuestos. Asimismo, en normativa de riesgo, la ley 8848 establece la obligación de integrar en las políticas de desarrollo nacional, soluciones específicas de gestión del riesgo y habilita a las entidades públicas (donde se encuentran los gobiernos locales) a planificar y presupuestar acciones de adaptación al riesgo climático en sus propios procesos de planificación, de manera que son medidas alineadas con la agenda país. No obstante, el presente criterio se califica según las medidas se enmarquen en los instrumentos de planificación y normativos existentes con los que debe cumplir el gobierno local, en esta línea, estas medidas no cuentan con un respaldo de plan regulador urbano (el plan regulador del casco Central de Quepos no abarca la zona de la subcuenca), y de acuerdo con la Municipalidad de Quepos (2022), los instrumentos que el gobierno local está en la obligación de cumplir son la ley de Planificación Urbana, la ley 833 de Construcciones y su Reglamento, y ley para el control Nacional

de Fraccionamientos y Urbanizaciones, por lo que no se cuenta con normativa que obligue, regule y agilice y normalice la construcción de este tipo medidas, lo que incide en su calificación.

En el último criterio del AMC, político e institucional sobre Coordinación se analizó si existen procesos de coordinación y cooperación entre actores internos o externos del territorio que facilitan la implementación de las medidas. Este criterio también se sustentó en el Plan de Acción Climática de Quepos, puntualmente en la evaluación de la capacidad de coordinación del gobierno local para abordar los temas de cambio climático y riesgo, donde obtuvieron en promedio puntuaciones de 3 de 4 sobre capacidad de coordinación en temas de riesgo, gobernanza y gestión de ecosistemas. En congruencia con dichas puntuaciones se establecieron las calificaciones de las medidas de las medidas de restauración del paisaje forestal, rehabilitación y restauración de la vegetación ribereña. Por su parte, para las calificaciones de los embalses de detención y las cunetas verdes, se partió de las observaciones hechas en el criterio anterior de Capacidad Institucional, donde se reconoció que no existe una obligatoriedad que normalice la gestión de estas medidas, a pesar de ello los señalamientos de la Agenda 20 - 30 y la ley 8848 permiten afirmar que el gobierno local tiene injerencia para coordinar con las instancias requeridas este tipo de medidas, por lo que obtuvieron calificaciones bajas.

Posteriormente, como producto principal del análisis de las medidas según los criterios ambientales, sociales, económicos y políticos e institucionales, se estimó el índice de priorización de las medidas propuestas que se presenta en la siguiente **Figura 28**.



**Figura 28. Índice de priorización de las medidas propuestas. 2022.**

La **Figura 28** implica que entre más elevado el valor de la medida, mayor el cumplimiento de los criterios considerados para su priorización. En esta línea, las puntuaciones no indican mayor o menor importancia de las medidas (Lara et al., 2017), si no cuales son las medidas más viables en las 4 dimensiones de los criterios utilizados como el principal sustento de su priorización en la presente propuesta de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como aporte a la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas.

Se destaca que los resultados sobre las cunetas verdes y embalses de detención pueden atribuirse a una ambigüedad sobre su consideración como medidas suaves/blandas, que, como se discutió anteriormente, al emplear en parte infraestructura gris (en el caso de las cunetas verdes) o tecnológica (en el caso de los embalses de detención) podrían considerarse medidas híbridas, de acuerdo con lo definido por Ileiva et al., (2018) y planteado en el punto 2.3.1. del marco teórico sobre los tipos de SbN para la reducción del riesgo de inundación.

Por consiguiente, las medidas de restauración del paisaje forestal, restauración de la vegetación ribereña y revegetación son las medidas de mayor prioridad. Medidas que podrían gestionarse desde la Comisión de Cambio Climático de Quepos, al ser el espacio de trabajo donde surgió y con el cual se desarrolló de manera conjunta la presente propuesta.

Es imperativo recalcar la importancia de contemplar la totalidad de las medidas para su eventual aplicación, ya que es la interconexión entre ellas y con el medio biofísico y socioeconómico en las que se encuentran, lo que permite, en el marco del presente proyecto, conceptualizarlas como Soluciones basadas en la Naturaleza. Asimismo, al alinearse con el comportamiento interconectado de los sistemas naturales, permite a su vez considerar las medidas propuestas como “medidas de no arrepentimiento”, ya a que pueden generar beneficios para los sistemas naturales y socioeconómicos indiferentemente del escenario (Choen *et al.*, 2016), en el caso concreto del presente proyecto, de riesgo de inundaciones. De esta manera, la propuesta puede implicar un abordaje más integral, resiliente y viable de reducción del riesgo de inundaciones de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas, que las medidas actuales.

## 5 Conclusiones

A partir de la fase 1 sobre la caracterización de las variables biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca Paquita y Cañas se concluye lo siguiente:

- La Subcuenca Paquita y Cañas, ubicada en la Región Climática Pacífico Central (RCPC) que es susceptible a inundaciones y eventos extremos, presentó una media anual de precipitación de 5361 mm, superior a la de la RCPC, de 3000 – 4000 mm, y un promedio de 6 inundaciones anuales. Dichas inundaciones, no se relacionaron con las precipitaciones en las comunidades y las llanuras de inundación si no con la presencia de precipitación o nubosidad en las partes altas.
- La densidad de drenaje con más del 80 % de los ríos poco sinuosos (poco curvos), principalmente ubicados en zonas de pendiente fuerte y suelos erosionables, señalaron una red hidrográfica con grandes velocidades de escurrimiento y en tiempos reducidos hacia las llanuras de inundación, donde los suelos poco permeables acumulan sedimentos, se saturan muy rápido y favorecen la escorrentía, condicionando la presencia inundaciones fluviales como una amenaza natural de la subcuenca. Asimismo, el perfil longitudinal de los ríos principales (Paquita y Cañas) respaldó que las comunidades de la subcuenca se ubican en el área potencial de inundación.
- El cambio de uso de suelo en las partes altas de la subcuenca no necesariamente es un factor de vulnerabilidad ante inundaciones ya que centra una importante cobertura boscosa (representa el 60% de uso de la subcuenca). Por su parte, el área potencial de inundación se conforma en más de un 40 % por palma aceitera con canales de riego que durante las crecidas de los ríos a los que están conectados, se desbordan e inundan las comunidades de Paquita, considerando así que los canales pueden ser un factor de vulnerabilidad ante inundaciones para las comunidades de la subcuenca.
- Debido a la generación natural de sedimentos en las partes altas de la subcuenca que se reciben y acumulan en los ríos principales del área potencial de inundación donde se desarrollan las actividades de dragado, y que por principio de equilibrio dinámico estos ríos buscan equilibrar las entradas y salidas de sedimentos, se consideró que los dragados pueden remover parte de los sedimentos acumulados en los ríos, más también influir en que estos socaven y erosionen su lecho



y márgenes para recuperar el material removido, por lo que se consideraron un factor de vulnerabilidad ante inundaciones para las comunidades de la subcuenca.

A partir de la fase 2 sobre el análisis de efectividad de los diques en la contención de inundaciones de la subcuenca Paquita y Cañas se concluye lo siguiente:

- Ningún dique resultó efectivo evitando el impacto de las inundaciones (como esperan en las comunidades de la subcuenca), únicamente disminuyen o retrasan su impacto, con una efectividad de moderada a baja, no obstante, fueron consideradas medidas más positivas que negativas. Esto podría atribuirse al empirismo de la gestión de los diques, ausente de criterios técnicos y estructurales necesarios para cumplir una función clara y efectiva en la reducción del riesgo de las inundaciones.
- El paso del río resultó ser el factor que deteriora los diques en mayor medida, principalmente durante la época lluviosa. Esto se asoció a que los diques se conforman de material extraído del lecho de los mismos ríos donde se ubican, por lo que el material simplemente se redistribuye en el lecho y márgenes del río, por el paso de este, como parte de la búsqueda del equilibrio dinámico.
- El proceso de gestión de los diques de la subcuenca, por emergencias declaradas y emergencias menores o locales, sugiere que sí es posible considerar la participación de los habitantes en el desarrollo de estas intervenciones, que por conocimiento del área podría influir en una mayor eficacia de estas medidas y reducir la posibilidad de transferir el riesgo de inundaciones hacia sectores donde los ríos no suelen desbordarse, como manifestaron en las comunidades.

A partir de la fase 3 sobre la propuesta de SbN como aporte a la reducción del riesgo de inundaciones para las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas se concluye lo siguiente:

- La operativización de los principios adoptados sobre protección de inundaciones basados en la naturaleza, de Soluciones basadas en la Naturaleza de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y los Métodos Integrados de Gestión del Riesgo de Inundación, fue fundamental para identificar las áreas de intervención y medidas prioritarias que respondieran de manera concreta a las necesidades de las comunidades. Donde el uso de un criterio técnico que

orientara la aplicabilidad y eficacia de las medidas según su ubicación, escala y posibles objetivos de reducción del riesgo de inundaciones, validado con la percepción social de las comunidades, fue esencial para la adecuada identificación de medidas.

- Las 5 medidas priorizadas en la propuesta de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), responden a las condiciones de vulnerabilidad ante las inundaciones de la subcuenca y sus comunidades y se ajustan a las condiciones biofísicas conforme a criterios de aplicabilidad técnica, social, ambiental, económica y política e institucional en el contexto actual de la subcuenca y la jurisdicción de Quepos.
- La determinación de la viabilidad permite afirmar que las medidas de restauración del paisaje forestal, rehabilitación y restauración de la vegetación ribereña son las que más se ajustan a los criterios ambientales, sociales, económicos y políticos e institucionales para su priorización, no obstante, no minimiza la necesidad de las cunetas verdes y embalses de detención, que fueron las que tuvieron más respaldo por las comunidades expuestas.
- Las medidas de restauración y rehabilitación contaron con más apoyo político e institucional que las cunetas verdes y embalses de detención, poco conocidas en el país y sin regulación suficiente. Sin embargo, el apoyo a las primeras se asoció casi de manera exclusiva con la gestión ambiental, no con la gestión del riesgo, mientras que las segundas, tienen aplicaciones más puntuales en la reducción del riesgo de inundaciones.
- En respuesta a la pregunta de investigación sobre si podrían las SbN ser alternativas más integrales, resilientes y viables, en comparación a las actualmente empleadas, que puedan aportar en la reducción del riesgo de inundación de las comunidades de la subcuenca Paquita y Cañas, se afirma que el índice de priorización mostró un alineamiento de las medidas con los criterios empleados que respalda que propuesta realizada tiene un abordaje integral, resiliente y viable de la reducción del riesgo de inundaciones para las comunidades de la subcuenca, en acompañamiento a las medidas actuales.

## 6 Recomendaciones

El gobierno local de Quepos podría valorar la coordinación con el cantón de Tarrazú para abordar la importancia de prevenir el incremento del cambio de uso del suelo en la partes superiores y montañosas de la subcuenca que pertenecen a Tarrazú, que puedan influir cambios en la dinámica de generación y arrastre de sedimentos de los cuerpos de agua de la subcuenca y así mantener una gestión más integral del riesgo de inundación de la subcuenca Paquita y Cañas y sus comunidades.

Es pertinente contemplar la implementación de sistemas de alerta temprana de inundaciones (SATI) en la subcuenca Paquita y Cañas para mejorar la preparación de las comunidades ante las inundaciones. Para lo cual se recomienda gestionar la implementación Estaciones Meteorológicas en la subcuenca de forma articulada con instituciones como la Comisión Municipalidad de Emergencias (CME), Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), la Universidad de Costa Rica (UCR) y comunidades, como han realizado cantones con contextos similares.

Debido a que las comunidades de la subcuenca se aglomeran en el área potencial de inundación (API) de la subcuenca, es necesario que el gobierno local de Quepos incorpore regulaciones de construcción de viviendas conforme su injerencia se los permita o las gestione con las instituciones correspondientes como el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), para otorgar mayor resiliencia a la infraestructura, viviendas y medios de vida de dichas comunidades, ante los eventos de inundaciones característicos de la zona en la que se encuentran.

Se recomienda involucrar la percepción de las comunidades aledañas a las áreas de intervención en la gestión de los diques por emergencias declaradas o locales. Debido a que las emergencias declaradas requieren planes de inversión que llevan tiempo para los respaldos técnicos y las emergencias locales o menores conllevan visitas a campo para verificar la emergencia y supervisar las obras, de manera que en ambas hay cabida para la percepción de las comunidades que generen medidas mancomunadas.

Se recomienda dar inicio con las 2 medidas más priorizadas (restauración del paisaje forestal en las partes altas y medidas de conservación del suelo por rehabilitación en las partes llanas), que al brindar

beneficios en la reducción del riesgo de inundación para las comunidades en el largo plazo deben ser gestionadas en el corto plazo. Paralelamente, se recomienda ir gestionando condiciones habilitadoras para las medidas menos priorizadas (cunetas verde y embalses de detención en las comunidades de las llanuras de inundación), con las instituciones pertinentes como pueden ser el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), Gobierno local de Quepos y las comunidades beneficiarias.

Es necesario realizar un análisis hidrológico de la subcuenca Paquita y Cañas para poder monitorear variables como caudales y escorrentía que permitan implementar las medidas de la propuesta con la gestión adaptativa necesaria de las SbN, respondiendo a métricas e indicadores técnicos que aporten y permitan medir el aporte de las medidas a la reducción del riesgo de las inundaciones.

Se recomienda validar posteriormente el análisis multicriterio realizado con los líderes comunales y representantes de la subcuenca que han venido participando activamente en el proyecto, para continuar alineando el mismo con la gobernanza inclusiva y la gestión adaptativa de las SbN al permitir ajustes y mejoras en el tiempo, conforme a las necesidades de las comunidades y las condiciones de la subcuenca.

Es recomendable que el seguimiento a las medidas prioritarias de restauración del paisaje forestal y restauración de la vegetación ribereña sea dado por la Comisión de Cambio Climático de Quepos en coordinación con la comisión municipal de emergencias de Quepos, ya que la primera es la instancia especializada en la gobernanza de temas de cambio climático y gestión del riesgo, en la cual se desarrolló el presente proyecto.

Se recomienda que las medidas priorizadas se continúen gestionando bajo un esquema de gobernanza inclusiva con la participación de las comunidades beneficiarias de las medidas, en respuesta a los principios que condicionan que las iniciativas puedan ser SbN y que promuevan una gestión adaptativa del proyecto mediante la consideración de mecanismos de inclusión de las diferentes perspectiva, niveles educativos, sectores y poblaciones vulnerables de la subcuenca Paquita y Cañas.

## 7 Bibliografía

- Acuerdo DE-0183-2009. *Plan de Inversión Reconstrucción y Ampliación de las obras de protección en la margen derecha Río Paquita, Villa Mar y Otras*. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). 16 de marzo de 2009.
- Addabbo, P., Focareta, M., Marcuccio, S., Votto, C. and Ullo, S. L., (2016). Contribution of Sentinel-2 data for applications in vegetation monitoring. *Acta IMEKO*, 5(2), 44-54.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/80268884.pdf>
- Ameghino, F. (1984 [1884]). *Las secas y las inundaciones en la Provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no de desagüe*. La Plata: Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires.
- Bodin, B., Garavaglia, V., Pingault, N., Ding, H., Wilson, S., Meybeck, A., Gitz, V., D'Andrea, S. and Besacier, C. (2021). A standard framework for assessing the costs and benefits of restoration: introducing The Economics of Ecosystem Restoration. *Restoration Ecology*, 30(3). <https://doi.org/10.1111/rec.13515>
- Bolaños, P. M. (2018). Plan de Desarrollo Municipal 2018-2023.
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., y Camps-Valls, G. (2017). Land use classification from Sentinel-2 imagery. *Revista de Teledetección*, 48(55).  
<https://doi.org/10.4995/raet.2017.7133>
- Boston Water and Sewer Commission. (2013). *Stormwater Best Management Practices: Guidance Document*. Boston, Massachusetts. [https://www.bwsc.org/sites/default/files/2019-01/stormwater\\_bmp\\_guidance\\_2013.pdf](https://www.bwsc.org/sites/default/files/2019-01/stormwater_bmp_guidance_2013.pdf)
- Braceras, I. (2012). *Cartografía participativa: Herramienta de empoderamiento y participación por el derecho al territorio* [Tesis de maestría, Universidad del País Vasco].  
[https://geoactivismo.org/wp-content/uploads/2014/10/Tesina\\_n\\_2\\_Iratxe\\_Braceras.pdf](https://geoactivismo.org/wp-content/uploads/2014/10/Tesina_n_2_Iratxe_Braceras.pdf)

- Buffin-Bélanger, T., Demers, S., & Montané, A. (2017). Hydrogeomorphology: Recognition and Evolution of the Flood Phenomenon. *Floods*, 167-191. <https://doi.org/10.1016/b978-1-78548-268-7.50010-9>
- Cajigal Molina, E. y Maldonado González, A. L. (2019). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático. *Economía, sociedad y territorio*, 19(61), 543-574. <https://doi.org/10.22136/est20191342>
- Cionchi, J. L., Del Río, J. L., Camino, M. A., López de Armentia, A, De Marco, S. G., y Bó, M. J. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>
- City of Fort Collins. (2011) Cache la Poudre River Natural Areas Management Plan Update. <https://www.fcgov.com/naturalareas/pdf/poudre-management-plan2011.pdf>
- City of New Orleans. (2015). Resilient New Orleans. Strategic actions to shape our future de City of New Orleans. [http://resilientnola.org/wp-content/uploads/2015/08/Resilient New Orleans Strategy.pdf](http://resilientnola.org/wp-content/uploads/2015/08/Resilient-New-Orleans-Strategy.pdf)
- Cerda, L. J., y Villarroel del P. L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista chilena de pediatría*, 79(1), 54–58. <https://doi.org/10.4067/s0370-41062008000100008>
- Construction Industry Research and Information Association [CIRIA]. (2013). The international levee handbook. London, United Kingdom: CIRIA.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Eds.). (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2016.13.en>

Consortio Pomca Quindío. (2017). Hidrografía. Caracterización de la cuenca del río La Vieja. Plan de Ordenación de la cuenca del río La Vieja (pp. 1 - 19). Bogotá, Colombia. [https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes\\_y\\_Programas/Planes\\_de\\_Ordenacion\\_y\\_Manejo\\_de\\_Cuencas\\_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/6\\_CapituloI\\_Diagnostico\\_Hidrografia.pdf](https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/6_CapituloI_Diagnostico_Hidrografia.pdf)

Reglamento al Código de Minería 43443 de 2022 [MINAE]. Art. 4. 28 de abril de 2022. Diario Oficial La Gaceta N° 77 (Costa Rica)

Decreto ejecutivo 41960 de 2019 [MAG-MINAE]. Establecimiento de la metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras agroecológicas de Costa Rica. 12 de noviembre de 2019.

DesInventar. (2019). *Inventario histórico de desastres por inundación: Costa Rica 1971 - 2017*. <https://online.desinventar.org/desinventar/#CRI-20180725024752>

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ]. (2015). *Metodología para la priorización de medidas de adaptación al cambio climático. Guía de uso y difusión*. [metodologia-priorizacion\\_guia-uso-difusion.pdf \(www.gob.mx\)](http://www.gob.mx/metodologia-priorizacion_guia-uso-difusion.pdf)

Environmental Protection Agency [EPA]a (2021). *Stormwater Best Management Practice: Dry Detention Pond*. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-dry-detention-ponds.pdf>

Environmental Protection Agency [EPA]b (2021). *Stormwater Best Management Practice: Wet Ponds*. [Archivo PDF] <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-wet-ponds.pdf>

- Espinal, E., & Raudales, Ó. (2016). Diagnostico Biofísico y socioeconómico de la Microcuenca Río Neteapa, Moroceli, El Paraíso (p. 54). Honduras: Programa Adaptación al Cambio Climático en el Sector Forestal - CLIFOR.
- ESVD. (2021). Ecosystem Services Valuation Database. <https://www.esvd.info/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2013). Kabukuri Weltands Win-Win Solutions for Conservation and Development, Osaki City, Miyagi, Japan. <https://www.fao.org/3/bb130e/bb130e.pdf>
- Franklin Regional Council of Governments [FRCOG]. (2016). Economic Benefits of Low Impact Development (LID) Projects for Stormwater Management Highlights from Recent Literature. [https://frcog.org/wp-content/uploads/2016/08/EconomicBenefitsofLID\\_FINAL\\_1-20-2016\\_web.pdf](https://frcog.org/wp-content/uploads/2016/08/EconomicBenefitsofLID_FINAL_1-20-2016_web.pdf)
- Fundación Banco Ambiental [FUNBAM]. (2021). Plan Operativo de Huella del Futuro. <https://huelladelfuturo.cr/recursos/documentos>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., C. Eisenberg, C., et al. (2019). International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration. Washington, DC: Society for Ecological Restoration.
- Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G., Delgado, M. I., Besteiro, S. (2012) Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS* 4, 143-158. <http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showToc>
- Giudice Badari, C., Bernardini, L. E., de Almeida, D. R. A., Brancalioni, P. H. S., César, R. G., Gutierrez, V., Chazdon, R. L., Gomes, H. B., & Viani, R. A. G. (2020). Ecological outcomes of agroforests and restoration 15 years after planting. *Restoration Ecology*, 28(5), 1135–1144. <https://doi.org/10.1111/rec.13171>



- Gutman, V. (2019). Alcances y limitaciones del análisis costo-beneficio (ACB) para la evaluación de medidas de adaptación al cambio climático. [http://www.cambioclimaticoydecisiones.org/wp-content/uploads/2019/09/PolicyBrief\\_ACB\\_Gutman\\_2019.pdf](http://www.cambioclimaticoydecisiones.org/wp-content/uploads/2019/09/PolicyBrief_ACB_Gutman_2019.pdf)
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., y Baptista, L. P. (2014). Metodología de la investigación (6.a ed.). México, D.F.: McGraw-Hill Education.
- Holl, K. D. (2020). Primer of Ecological Restoration. Island Press, Washington, D.C.
- Horton R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. Transactions American Geophysical Union. Washington, USA, 13, 350-361
- Horton, R. E. (1939). The interpretation and application of runoff plat experiments with reference to soil erosion problems. *Soil Science Society of America Journal*, 3(C), 340-349
- Ileiva, L., McQuistan, C., Rodriguez, A. V., Podvin, K., van Breda, A., Guevara, Ó., ... Renaud, F. (2018). Adoptando soluciones basadas en la naturaleza para la reducción del riesgo de inundación en América Latina (p. 24). Lima, Perú: WWF-UICN-Soluciones Prácticas.
- Instituto Meteorológico Nacional [IMN]. (s.f.). Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Regionalizaci%C3%B3n+clim%C3%A1tica+de+Costa+Rica>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2011a). Asistencia a educación formal y nivel educativo de la población según zona y región de planificación, julio 2020.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2011b). Indicadores Cantonales Puntarenas. Recuperado 17 de marzo de 2019. <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/reindicadorcantonalpuntarenas.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2011c). Indicadores educativos y uso de tecnologías de la comunicación e información según cantón y distrito. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>

- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2011d). Censo Nacional 2011. <https://www.inec.cr/censos/censos-2011>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2018). Clasificación de distritos según grado de urbanización: Metodología. 1 ed. San José, C.R.: INEC. 2018. 19 p.
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo [INVU]. (2018). Manual de Planes Reguladores como Instrumento de Ordenamiento Territorial. <https://www.invu.go.cr/documents/20181/32857/Manual+de+Planes+Reguladores+como+Instrumento+de+Ordenamiento+Territorial>
- Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. (2016). Métodos para el cálculo de la precipitación media sobre una cuenca hidrográfica. <https://es.slideshare.net/NatashaMartin10/hidrologia-calculo-de-precipitacion>
- Kalantari, Z., Ferreira, C. S. S., Deal, B., & Destouni, G. (2019). Nature-based solutions for meeting environmental and socio-economic challenges in land management and development. *Land Degradation & Development*, 31(15), 1867–1870. <https://doi.org/10.1002/ldr.3264>
- Knox, R. L., Wohl, E. E., Morrison, R. R. (2022). Levees don't protect, they disconnect: A critical review of how artificial levees impact floodplain functions. *Science of The Total Environment*, 837. <https://doi.org/una.remotexs.co/10.1016/j.scitotenv.2022.155773>
- Lara, J., Guevara, A., Zentella, J. (2017). Análisis costo-beneficio de medidas de adaptación al cambio climático en áreas urbanas de América Latina. [https://comunidadpnacc.com/wp-content/uploads/2019/04/Analisis\\_costo-beneficio\\_de\\_medidas\\_de\\_adaptacion\\_al\\_cambio\\_climatico\\_en\\_areas\\_urbanas\\_de\\_America\\_Latina.pdf](https://comunidadpnacc.com/wp-content/uploads/2019/04/Analisis_costo-beneficio_de_medidas_de_adaptacion_al_cambio_climatico_en_areas_urbanas_de_America_Latina.pdf)
- Ley Forestal 7575 de 1996. Art. 33. 16 de abril de 1996. Diario Oficial La Gaceta N° 72.
- Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo 8848 de 2006. Art. 4. 11 de enero de 2006.

Leopold, L. B., Wolman, M. G. (1957). River Chanel Patterns: Braided, Meandering and Straight. *Physiografic and hydraulic studies of rivers*, 282, 39-85. <https://doi.org/10.3133/pp282B>

López de Ulibarri G. I., Pita, F. S. (2001). Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Atención primaria en la red*, 6, 169-171

MINAE - DCC - IMN - MIDEPLAN - CNE. (2017). Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2018-2030 (p. 84). San José, Costa Rica.

Mojica, Y. (27 de agosto de 2020). Estudio del IMN: dique no es efectivo, se puede inundar con menos lluvia de la proyectada por Senara. La Voz de Guanacaste. <https://vozdeguanacaste.com/estudio-del-imn-dique-no-es-efectivo-se-puede-inundar-con-menos-lluvia-de-la-proyectada-por-senara/>

Municipalidad de Quepos (2019). Presentación del plan de acción climática del cantón Quepos y política pública de cambio climático. <https://muniquepos.go.cr/wp-content/uploads/2019/04/ACTA279-2019-04-04-2019-E-Politica-P%C3%BAblica-y-Plan-de-Acci%C3%B3n-Clim%C3%A1tico-del-Cant%C3%B3n.pdf>

Municipalidad de Quepos (2022). Planificación urbana. <https://muniquepos.go.cr/planificacion-urbana/>

NASA Applied Remote Sensing Training Program [ARSET]. (2018). Evaluando la Precisión de Clasificaciones de la Cubierta Terrestre [Webinar]. <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>

Ochoa, T. (2012). Hidráulica de ríos y procesos morfológicos (Primera edición, reimpresión. ed., Colección: Ingeniería y arquitectura). Colombia: Ecoe ediciones.

Oficio DICU-800-2018 [Municipalidad de Quepos]. Pago de la factura No. 00100001010000000091. Orden de Compra No.6971, Contratación 2018PI-000385-0006500001. 14 de setiembre de 2018.

Oficio DICU-590-2018 [Municipalidad de Quepos]. Pago de la factura No. 00100001010000000044.

Orden de Compra No.6821, Contratación 2018PI-000279-0006500001. 04 de octubre de 2018.

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (1 ed). <https://www.refworld.org/es/docid/5b3d419f4.html>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2019). Estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz. México, 156 pp. <https://cityadapt.com/wp-content/uploads/2020/04/191027-Ana%CC%81lisis-de-Vulnerabilidad-Xalapa.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. 2020. Soluciones basadas en la Naturaleza para ciudades de América Latina y el Caribe - Guía metodológica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe, Panamá.

Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos [WWAP]. (2018). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, Francia: UNESCO.

Proyecto Humedales de SINAC-PNUD-GEF (2018). Inventario Nacional de Humedales. SINAC/PNUD/GEF. 172 pp

Pollock, M. M., Beechie, T. J., Wheaton, J. M., Jordan, C. E., Bouwes, N., Weber, N., & Volk, C. (2014). Using Beaver Dams to Restore Incised Stream Ecosystems. *BioScience*, 64(4), 279–290. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu036>

Postolski, G., Ackerman, S. y Com, S. (2014). Metodología de la investigación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Del Aula Taller

Real Academia Española [RAE]. (2019). Inundación [Diccionario del Español Jurídico - Real Academia Española]. <https://dej.rae.es/lema/inundaci%C3%B3n>

- Reglamento a la Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo 34361 de 2008. 13 de marzo de 2008. Diario oficial La Gaceta N ° 52 (Costa Rica)
- Retana, J., Araya, C., Sanabria, N., Alvarado, L., Solano, J., Barrientos, O., Solera, M., Araya, D. (2011). Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático para contribuir a mejorar el desarrollo humano (p. 98). San José: MINAET-IMN-PNUD.
- Rojas, N. (2008). Curvas de intensidad duración y frecuencia de algunas estaciones meteorológicas mecánicas. *Tópicos meteorológicos y oceanográficos*, 14(2): 29-40. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/revista/topicosmet20152/offline/download.pdf>
- Romero Ruiz, C., Yanes Luque, A., Marzol Jaén, M. V. (2006). Procesos hidrológicos y geomorfológicos en un gradiente de cuencas experimentales. En Alberti, A., López Bedoya, J., (Coord.), *Geomorfología y territorio: actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología, Santiago de Compostela, 13-15 de septiembre de 2006* (pp. 683-696). Universidade de Santiago de Compostela.
- Sánchez, C. (28 de enero de 2020). Citar Comunicación Personal – Referencia Bibliográfica. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/referencias/citar-comunicacion-personal>
- Sahani, J., Kumar, P., Debele, S., Spyrou, C., Loupis, M., Aragão, L., Porcù, F., Shah, M. A. R., & di Sabatino, S. (2019). Hydro-meteorological risk assessment methods and management by nature-based solutions. *Science of The Total Environment*, 696, 133936. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133936>
- SAS Planet. (2019). Imagen satelital de Environmental Systems Research Institute (ESRI) (versión 190707) [Programa]. <http://www.sasgis.org/download/>
- Schanze, J. (2017). Nature-based solutions in flood risk management - Buzzword or innovation? *Journal of Flood Risk Management*, 10(3), 281–282. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12318>

- Short, C., Clarke, L., Carnelli, F., Uttley, C., & Smith, B. (2018). Capturing the multiple benefits associated with nature-based solutions: Lessons from a natural flood management project in the Cotswolds, UK. *Land Degradation & Development*, 30(3), 241–252.  
<https://doi.org/10.1002/ldr.3205>
- Solano, J., Villalobos, R. (2001). Aspectos Fisiográficos aplicados a un Bosquejo de Regionalización Geográfico Climático de Costa Rica. *Tópicos meteorológicos y oceanográficos*, 8(1): 26-39.
- UICN (2020). Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, el diseño y la extensión de SbN. Primera edición. Gland, Suiza: UICN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.es>
- UICN Francia. (2016). Nature-based Solutions to Address Climate Change. París, Francia: UICN.
- Universidad de los Andes. (2017). Investigación de las tipologías y/o tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) que más se adapten a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C. Producto 3 - Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). [https://issuu.com/sda2015/docs/gu\\_a\\_t\\_cnica\\_de\\_dise\\_o\\_y\\_construcci](https://issuu.com/sda2015/docs/gu_a_t_cnica_de_dise_o_y_construcci)
- Villalobos, R., Jiménez, E., Hernández, K., Córdoba, J., & Solano, P. (2014). Descripción del clima Cantón de Aguirre (p. 17). Costa Rica: MINAE - IMN.
- Wet Tropics Management Authority [WTMA] (2020). Ecological tree-planting and pasture conversion costs on the southern Atherton Tablelands. Cairns, Australia.  
[https://www.treat.net.au/resources/WTMA\\_2020\\_Revegetation\\_Costs.pdf](https://www.treat.net.au/resources/WTMA_2020_Revegetation_Costs.pdf)
- Wildlife Conservation Society [WCS] (2019). Análisis del Proyecto: Hidrovía Amazónica. Ríos Marañón, Amazonas, Huallaga y Ucayali.  
<https://peru.wcs.org/Portals/94/PDF/An%C3%A1lisis%20t%C3%A9cnico%20del%20Proyecto%20Hidrovia%20amazonica.pdf?ver=2019-02-19-143512-707&timestamp=1550586932879>

World Bank. (2017). Implementing nature-based flood protection: Principles and implementation guidance. Washintong, DC.

World Wildlife Fund [WWF]. (2016). Natural and Nature-based Flood Management: A Green Guide (p. 194). Washintong, DC: World Wildlife Fund.

## Anexo 1. Encuesta de percepción social sobre los diques.

<b>Sección 1. Representación</b>					
<b>1. Indique cuál de las siguientes organizaciones representa</b>					
<input type="checkbox"/> ADI					<input type="checkbox"/> Municipalidad
<input type="checkbox"/> Comité de emergencias					<input type="checkbox"/> Empresa privada
<input type="checkbox"/> Líder o representante comunal					<input type="checkbox"/> ONG o fundación
<input type="checkbox"/> ASADA o CAD					<input type="checkbox"/> Particular
<input type="checkbox"/> Comisión de Cambio Climático de Quepos					<input type="checkbox"/> Otra (indique)
<b>2. Las siguientes preguntas sobre diques solo puede contestarlas para <u>UNO</u> de ellos: <u>con el que esté más familiarizado</u>. Indique sobre cuál dique va a contestar (aunque alguno ya no exista parcial o totalmente).</b>					
<input type="checkbox"/> Dique en Paquita.					
<input type="checkbox"/> Dique en Cerros arriba.					
<input type="checkbox"/> Dique en La Gallega					
<b>Sección 2. Percepción sobre deterioro</b>					
<b>3. Según la época seca o lluviosa ¿de qué manera se erosiona el material del dique?</b>					
<input type="checkbox"/> En época lluviosa <b>más</b> que en la época seca					
<input type="checkbox"/> Es <b>similar</b> a ambas épocas					
<input type="checkbox"/> En época lluviosa <b>menos</b> que en la época seca					
<b>4. Señale los factores que erosionan (lavan) el material de los diques y la frecuencia con la que sucede (4 = erosiona con mayor frecuencia - 1 = erosiona con menor frecuencia) *Puede dejar opciones vacías: indica que no erosiona*</b>					
4	<input type="checkbox"/> Paso del río				
3	<input type="checkbox"/> Paso de vehículos				
2	<input type="checkbox"/> Paso de personas o animales				
1	<input type="checkbox"/> Luvia (sin que el río esté crecido)				
<b>5. Indique su percepción del <u>estado actual</u> del este dique, en comparación a como estaba inicialmente:</b>					
<input type="checkbox"/> Muy deteriorado					
<input type="checkbox"/> Deteriorado					
<input type="checkbox"/> Moderadamente deteriorado					
<input type="checkbox"/> Poco deteriorado					
<input type="checkbox"/> Nada deteriorado					
<b>Sección 3. Percepción sobre función y desempeño</b>					
<b>6. Seleccione la función que ha tenido/tuvo este dique <u>en relación con las inundaciones</u> y especifique con qué frecuencia cumple/cumplió dicha función.</b>					
	Siempre	Casi siempre	En ocasiones	Casi nunca	Nunca
Evita el impacto de las inundaciones					
Disminuye o retrasa el impacto de las inundaciones					
<b>7. ¿Qué función espera de un dique o cualquier medida que aborde la amenaza de inundación?</b>					
<input type="checkbox"/> Evita el impacto de las inundaciones					
<input type="checkbox"/> Disminuye o retrasa el impacto de las inundaciones					



<input type="checkbox"/> Otra (especifique)	
<b>8. Comente qué ventajas y desventajas que ha tenido este dique.</b>	
Ventajas:	
Desventajas:	
<b>9. Con base en sus afirmaciones sobre este dique, considera que ha sido:</b>	
<input type="checkbox"/> Más positivo que negativo	
<input type="checkbox"/> Más negativo que positivo	

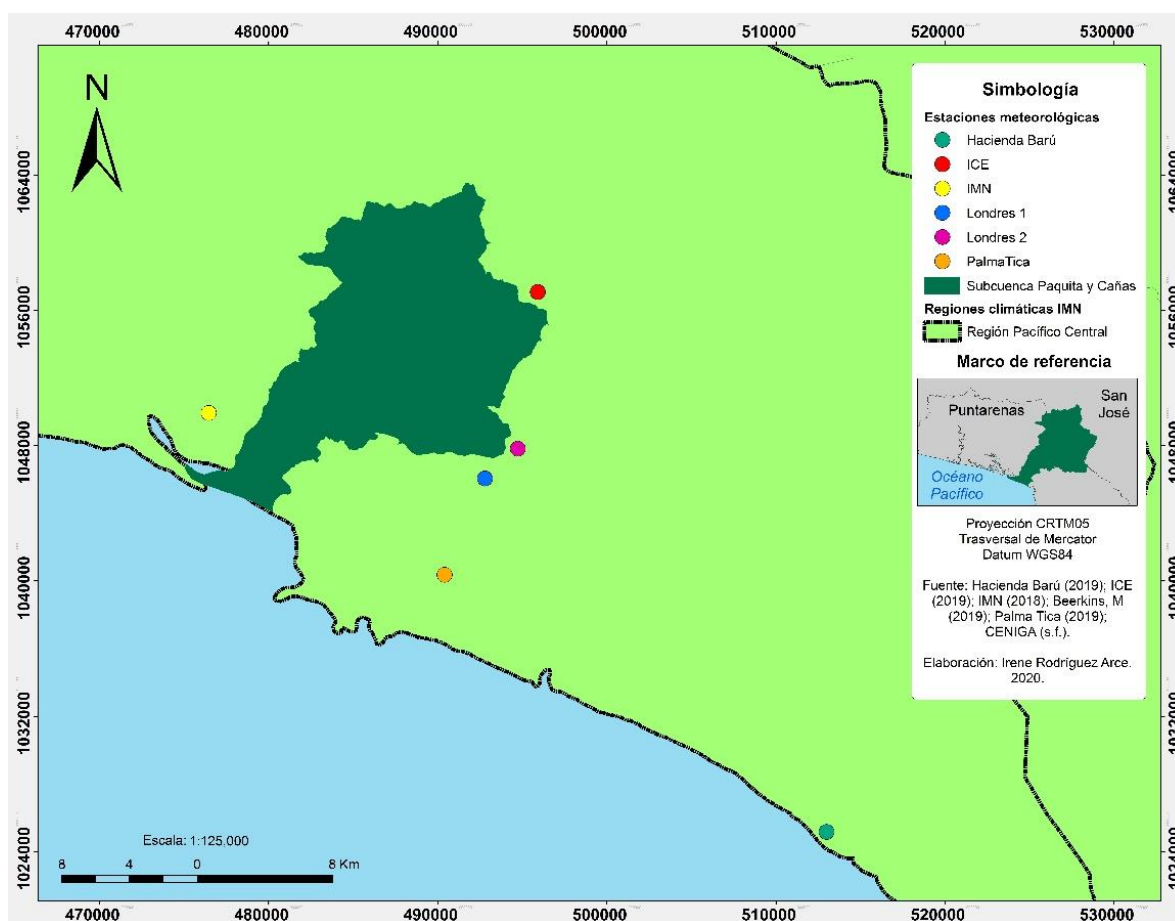
### Anexo 2. Encuesta de percepción sobre clima.

¿Cuáles son los meses más lluviosos del año?											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
¿Cuáles son los meses en el que el nivel del río suele ser más alto y tiende a desbordarse?											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
¿Los períodos de alta precipitación y altos niveles del río ocurren al mismo tiempo, o cerca del mismo tiempo? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No											
¿Los períodos de alta temperatura y altos niveles de ríos se producen al mismo tiempo o cerca del mismo tiempo? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No											

Fuente: Adoptado de la WWF (2016).

### Anexo 3. Identificación de organizaciones y sectores representados en el taller de cartografía social.

Organización que representa	
<input type="checkbox"/> ADI <input type="checkbox"/> Comité de emergencias <input type="checkbox"/> Líder comunal <input type="checkbox"/> ASADA o CAD <input type="checkbox"/> CCCQ	<input type="checkbox"/> Municipalidad <input type="checkbox"/> Empresa privada <input type="checkbox"/> ONG o fundación <input type="checkbox"/> Particular con conocimiento de la zona
Sector con la que está familiarizado (a) sobre el que va a aportar en el taller	
<input type="checkbox"/> Sector 1. Paquita, Damas. <input type="checkbox"/> Sector 2. Cerros, Cerros arriba, San Rafaél. <input type="checkbox"/> Sector 3. La Gallega, Cerritos, Guacalillo.	



**Anexo 4. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas consultadas.**

**Anexo 5. Precipitación promedio mensual y periodos para los análisis de la variable de clima.**

Periodo	1997-2016	1981-2018	1984-1994	1995-2018	1982-2018	2012-2018
	19 años	37 años	10 años	23 años	37 años	7 años
Estación	<i>Damas</i>	<i>Barú</i>	<i>Londres 1</i>	<i>Londres 2</i>	<i>ICE</i>	<i>Palma Tica</i>
Precipitación promedio anual (mm)	3754.75	4426.45	5364.45	6705.07	6566.23	3543.63
Temperatura media anual (°C)	26.71	27.57	-	-	22.18	26.56

**Nota:** Las mediciones de Londres 1 y Londres 2 (Beerkins, 2019) solo contemplaban precipitación.

**Anexo 6. Pendiente de la cuenca (%) según intervalos del Decreto Ejecutivo 41960-MAG-MINAE.**

Rango de pendientes (%)			Número de ocurrencias	Promedio por número de ocurrencias
Inferior	Superior	Promedio		
0	3	1.5	113421	1701.32
3	8	5.5	54018	2970.99
8	15	11.5	102182	11750.93
15	30	22.5	169910	38229.75
30	60	45.0	33681	15156.45
60	75	67.5	82	55.35
75	100	87.5	17	14.875
Total			473311	69879.66
Pendiente de la cuenca (%)				14.76

**Anexo 7. Registro histórico de 23 años de inundación en el cantón de Quepos, periodo 1971 – 2017.**

Fecha (AMD)	Distrito	Comunidades afectadas	Descripción	Fuente
1971/9/19	Quepos	Río Naranjo	Tormenta tropical Irene. Ríos: Parrita, Valeria, Quebrada y Amaya. Afectados los sembradíos de yuca, banano y arroz. Viviendas afectadas: 8	La Nación
1973/8/29	Quepos	Río Paquita	Sistema de baja presión. Desbordados ríos Savegre, Balsar y Paquita	La Nación
1975/5/30	Quepos	Quepos	Viviendas afectadas o damnificados.	La Nación
1975/7/17	Quepos	Londres	Río Naranjo desbordado.	La Nación
1975/9/19	Quepos	Londres	Desbordado río Naranjo. Viviendas anegadas y evacuados.	La Nación
1975/12/2	Quepos	Quepos	Iglesia afectada.	La Nación
1978/10/22	Quepos	Río Parrita y Colorado	Choque vientos zona sur y zona de convergencia intertropical. Aislado Quepos desbordados ríos Parrita y Colorado.	La Nación
1979/9/1	Quepos	Quepos	Influencia huracán David. Quepos aislado.	La Nación
1990/2/14	Quepos	Quepos	La fecha corresponde al día de publicación.	La Nación
1993/6/12	Quepos	Barrio Los Ángeles	Inundaciones.	Al Día
1993/8/14	Quepos	Quepos	Inundaciones.	La República
1993/9/15	Quepos	Manuel Antonio	Tormenta Tropical Gert. Destruídas cabinas turísticas. El Parque Nacional Manuel Antonio sufrió graves daños ecológicos.	La Nación
1993/9/15	Quepos	Centro	Tormenta Tropical Gert.	La Nación
1996/7/25	Quepos	Río Grande de Térraba	Huracán César. Desbordado río Grande de Térraba.	CNE
1996/7/25	Naranjito	Naranjo y Grande de Térraba	Huracán César. Desbordado Naranjo y Grande de Térraba.	CNE
1996/10/12	Naranjito		Tormenta Tropical Lilly. Dañado el Acueducto.	Al Día
1999/9/13	Quepos	La Paquita	Viviendas afectadas: 4. Evacuados y damnificados: 27.	CNE
1999/9/13	Quepos	DAMAS	Viviendas afectadas: 2. Evacuados y damnificados: 10.	CNE

1999/9/14	Quepos	Río Paquita y Damas	Influencia huracán Floyd. Desbordados ríos Paquita y Damas. Viviendas afectadas: 10. Evacuados: 60.	La Nación
1999/10/18	Quepos	Quepos	Desbordada una quebrada. Viviendas afectadas: 4.	CNE
2000/6/21	Quepos	Centro	Lluvias y alcantarillas obstruidas. Viviendas inundadas.	CNE
2000/9/29	Quepos	Londres	Influencia huracán Keith. Se desconoce número de viviendas afectadas y damnificados	CNE
2001/6/29	Quepos	Paso sobre río La Mangua entre Quepos y Dominical	Sistema de baja presión. Paso regulado por daño en puente sobre río La Managua.	La Nación
2003/7/3	Quepos	en el sector Hotel Parador; Quepos centro	Inundaciones.	CNE
2003/7/6	Quepos	Junta Naranjo.	100 sur gasolinera Serymar. Viviendas anegadas.	CNE
2003/7/6	Quepos	Ciudadela Carmen Lyra	Lluvia y problemas en el alcantarillado. Viviendas anegadas.	CNE
2003/7/6	Naranjito	Pascua	Desbordamiento de acequia.	CNE
2003/11/29	Quepos	Quepos-Portalón	15 viviendas afectadas.	CNE
2004/5/20	Quepos	Paquita	Fuertes lluvias y desbordado río. Varias viviendas anegadas	CNE
2004/5/20	Quepos	Damas	Fuertes lluvias y desbordado río. 25 viviendas afectadas.	CNE
2005/6/28	Quepos	Paquita, segunda calle después de cervecería a mano derecha	Desbordamiento del río. Reportan que todo el pueblo está inundado.	CNE
2005/8/26	Quepos	Entrada principal de La Inmaculada	Desbordamiento de la laguna La Inmaculada.	CNE
2005/8/26	Quepos	Londres en rest. Robin Hood por el puente	Desbordamiento del río Naranjo.	CNE
2005/9/19	Quepos	Sector de Paquita frente a cervecería	Por anegamiento.	CNE
2005/9/23	Quepos	Paquita de Quepos	Agua a la altura de las rodillas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Frente a la bomba Inmaculada	13 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/23	Quepos	En Savegre	15 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Hacia La Inmaculada en la finca de los Novoa	Por desbordamiento de quebrada.	CNE
2005/9/23	Quepos	En Cerros, San Rafael	25 viviendas afectadas, en precarios.	CNE
2005/9/23	Quepos	B° Los Ángeles	Lluvia y desbordamiento de alcantarillado. 6 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Mata Palo, 100 E de la plaza	Desbordamiento de ríos Matapalo, Portalón y Savegre.	CNE
2005/9/23	Quepos	Hatillo Nuevo de Quepos	Desbordamiento del río Dos Bocas. 1 casa arrastrada por la corriente deja 4 damnificados.	CNE
2005/9/23	Quepos	Dominical centro frente a rest. Sn Clemente	Desbordamiento del río. 6 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Portalón 1 Km norte de la escuela	Desbordamiento del río.	CNE
2005/9/23	Quepos	Finca Marítima 500 m de la entrada	Desbordamiento del río Savegre. 5 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Alto de MI Antonio 75 E de pulp. Blanco	1 vivienda afectada.	CNE

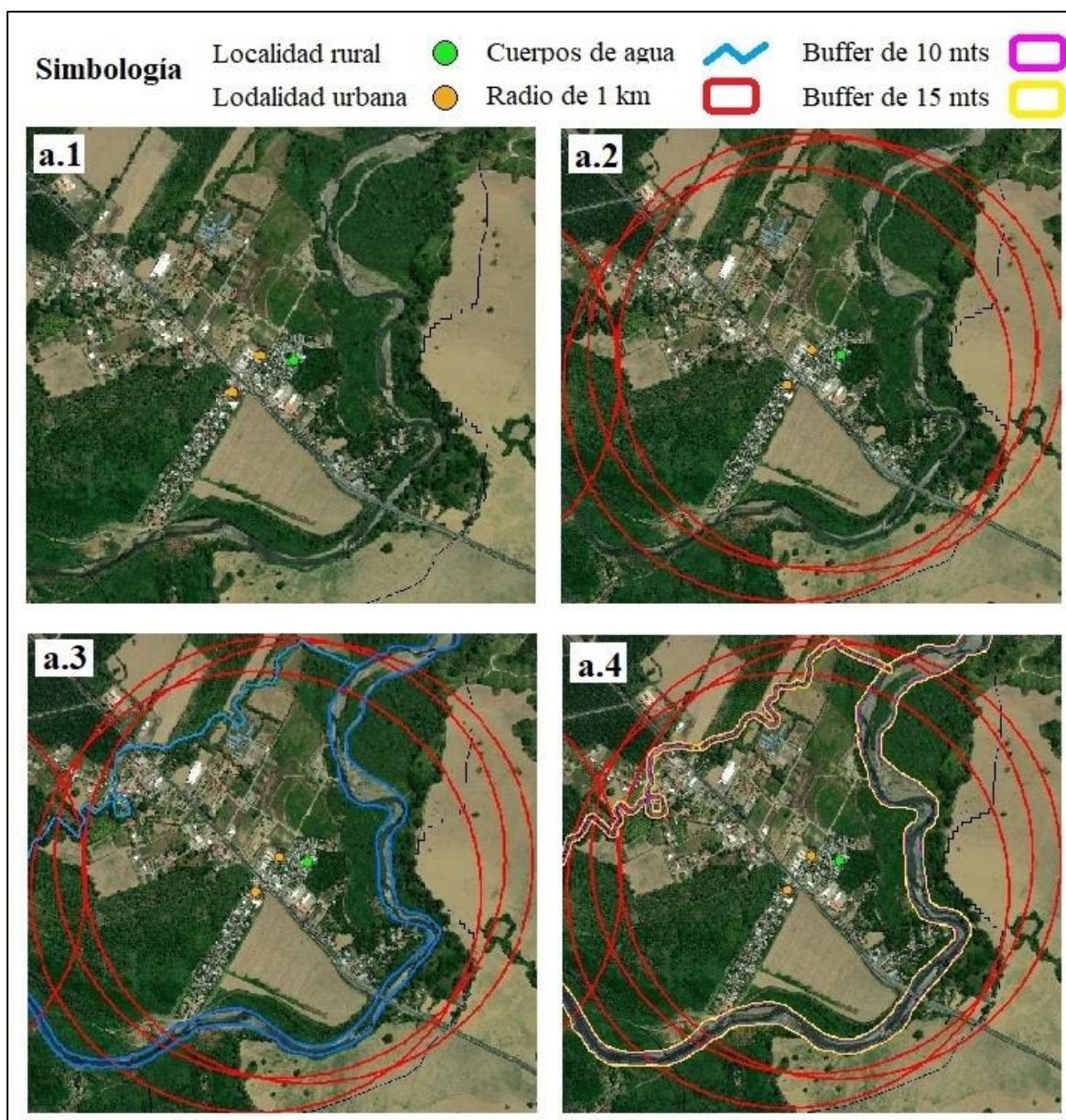
2005/9/23	Quepos	Del Pasito 2 Km hacia Dominical	Por desbordamiento de ríos.	CNE
2005/9/23	Quepos	Cerros Sn Rafael 100 N de la plaza	Por desbordamiento del río Cañas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Detrás de Soda Mary	1 vivienda afectada.	CNE
2005/9/23	Quepos	La Pascua	Por desbordamiento del río. Hay personas dentro de las viviendas. 5 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/23	Quepos	Portalón por la plaza	Por desbordamiento del río Portalón.	CNE
2005/9/23	Quepos	Damas en el cuadrante viejo	Desbordamiento del río. Corriente se llevó puente de madera. 1 vivienda afectada.	CNE
2005/9/23	Quepos	En el Tajo carretera vieja a MI Antonio	1 vivienda afectada.	CNE
2005/9/23	Quepos	Boca Vieja. Los Alfaro	1 vivienda afectada contiguo al estero.	CNE
2005/9/23	Quepos	Del hotel Oasis 800 hacia la playa 400 S	Por desbordamiento del río. Todo el pueblo está anegado	CNE
2005/9/23	Quepos	Río San Antonio y Pirrís	Desbordamiento de río San Antonio y Pirrís. 4 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/24	Quepos	De la bomba Managua 3ra casa	3 viviendas afectadas.	CNE
2005/9/24	Quepos	2 km antes de pueblo El Brujo	7 personas aisladas y damnificadas.	CNE
2005/9/24	Quepos	Frente a la plaza de Portalón	Caída anterior de puente tiene a los damnificados asilados	CNE
2005/9/25	Quepos	1 km NE de cuadrante finca Carritos	Inundaciones.	CNE
2005/10/3	Quepos	En la Paquita	Desbordamiento de río Paquita.	CNE
2005/10/21	Quepos	Playón Sur	Desbordamiento de río Parrita. 17 personas damnificadas.	CNE
2005/10/21	Quepos	Puente sobre río Savegre	Desbordamiento de río. Carretera destruida.	CNE
2005/10/22	Quepos	Ruta 34 en el Km 100	Desbordamiento de ríos. Sólo hay paso para vehículos pesados y 4x4	CNE
2005/11/4	Quepos	Llamarón	Desbordamiento de río Llamarón.	CNE
2006/6/9	Quepos	Portalón	Puente sobre río Portalón colapsa Km 148 Quepos. 40 personas aisladas y damnificadas, 60 viviendas afectadas.	CNE
2006/6/9	Quepos	Sector hacia Matapalo 7 km hacia Pérez Zeledón	Inundaciones en Matapalo.	CNE
2006/6/9	Quepos	Quebrada Moncho Mora	Desbordado quebrada Moncho Mora. Comunidad incomunicada	CNE
2006/6/10	Quepos	Paquita costado de la cervecería	Desbordado río Paquita (Km 148 de la ruta 34 costanera sur). 40 viviendas afectadas.	CNE
2006/7/13	Quepos	Barrio Los Ángeles	Inundaciones.	CNE
2006/7/13	Quepos	Entrada a la Inmaculada	Desbordadas alcantarillas.	CNE
2006/10/15	Quepos	Portalón	Río sobrepasó el puente. Inundada la plaza y salón comunal. Falta fluido eléctrico y colapsó acueducto	CNE
2007/3/29	Quepos	Sector de Barrio Acapulco	Fuertes lluvias. Desbordamiento de alcantarillado. 1 vivienda anegada. 5 personas damnificadas.	CNE
2007/5/18	Quepos	Rancho Grande	Fuertes lluvias por sistemas de baja presión. Alcantarilla taponeada causa problemas. 1 vivienda afectada y 5 personas damnificadas.	CNE

2007/5/21	Quepos	Calle el Tajo en Rancho Grande de Quepos	Fuertes lluvias. 1 vivienda inundada por obstrucción de alcantarillado en calle El Tajo.	CNE
2007/5/22	Quepos	Inmaculada – Laguna	Fuertes lluvias. Saturación de alcantarillado, varias casas en peligro de inundación.	CNE
2007/10/12	Quepos	Paquita	Fuertes lluvias provocan inundaciones en Paquita. 20 viviendas afectadas.	CNE
2008/5/18	Quepos	Inmaculada en el sector de la laguna	Varias familias afectadas.	CNE
2008/5/20	Quepos	Quepos	Arrasó un vehículo con 4 ocupantes.	CNE
2008/5/29	Quepos	Vista Mar	Inundaciones en Vista Mar. 72 casas con el agua a metro y medio de altura. 188 damnificados.	CNE
2008/5/29	Quepos	Paquita en el sector de Miravalles	Desbordamiento del río en el sector de Miravalles de Paquita. 60 casas inundadas hasta el techo. 240 damnificados.	CNE
2008/5/30	Quepos	Paquita	Inundación en el sector de Paquita.	CNE
2008/10/12	Quepos	Hogar de ancianos	Desbordamiento del río Paquita. Se evacuó el hogar de ancianos.	CNE
2008/10/16	Quepos	Matapalo	Desbordamiento del río Matapalo.	CNE
2008/10/16	Quepos	Paquita	1 vivienda afectada.	CNE
2008/11/30	Quepos	Cocal	Desbordamiento del río Paquita provoca inundaciones en el Cocal y 5 viviendas afectadas.	CNE
2010/5/20	Quepos	Delegación de policía	Fuertes lluvias. 15 cm el nivel de agua en la delegación de policía	CNE
2010/6/2	Quepos	Cocal	Onda tropical No.8 del 2-4 junio. 15 viviendas afectadas y 60 damnificados.	CNE
2010/6/2	Quepos	El INVU	Onda tropical No.8 del 2-4 junio. Desbordada quebrada El Padre. 10 viviendas afectadas y 40 damnificados.	CNE
2010/7/1	Quepos	Río Paquita	Desbordamiento de río frente lluvias. 50 viviendas afectadas y 200 damnificados.	CNE
2010/7/1	Naranjito	Paquita	lluvias y desbordamiento río Paquita. 60 viviendas afectadas y 240 damnificados.	CNE
2010/7/6	Quepos	Comunidades entre La Gallega y San Marcos	Desbordamiento y lluvias. Aisladas comunidades entre La Gallega y San Marcos al desbordarse el río Guacalillo y dejar incomunicadas a las comunidades.	CNE
2010/8/28	Quepos	Paquita	Viviendas con 50 cm de agua. 25 viviendas afectadas y 100 damnificados.	CNE
2010/9/5	Quepos	Barrio Los Ángeles	Nivel del agua a la cintura. Varias viviendas anegadas.	CNE
2010/9/5	Quepos	frente antiguo taller Palma Tica	Anegadas varias viviendas	CNE
2010/9/5	Quepos	Quepos, Rancho Grande	Viviendas y carretera inundadas	CNE
2010/9/5	Quepos	San Rafael de Cerros	Fuertes lluvias desbordado río Cañas. viviendas anegadas.	CNE
2010/9/22	Quepos	San Rafael, de Cerros en la entrada de la iglesia	Nivel del agua a 1 metro, asilados no pueden salir. 5 personas evacuadas.	CNE
2010/10/28	Quepos	De pulpería La Espiral, 300 camino sur hacia la playa	Inundación.	CNE
2010/10/28	Quepos	Quepos	Fuertes lluvias. Cuatro niños y cuatro adultos aislados. 8 damnificados y 8 viviendas afectadas.	CNE
2011/4/10	Quepos	Paquita	El dique se rebalsó. Viviendas anegadas.	CNE
2011/6/1	Quepos	Cerros	Fuertes lluvias. Varias viviendas anegadas.	CNE
2011/7/6	Quepos	Barrio Paquita 2 en Cerros	10 viviendas afectadas y 40 damnificados.	CNE
2011/7/11	Quepos	Isla Damas	Viviendas anegadas.	CNE

2011/7/11	Naranjito	Londres	Desbordamiento de quebrada Londres. Fuertes lluvias. Viviendas anegadas.	CNE
2011/7/11	Quepos	Finca La Anita	3 viviendas afectadas y 12 damnificados.	CNE
2011/7/27	Quepos	Sector del Hospital	Destruído la mitad del dique construido.	CNE
2011/7/27	Quepos	Gallega	Comunidad aislada por daños en el camino de acceso.	CNE
2011/7/27	Naranjito	Santa Juana	Afectado el ingreso a la comunidad.	CNE
2011/8/19	Quepos	Cerros	Desbordado río Cañas. Varias viviendas anegadas.	CNE
2011/8/24	Quepos	Quepos, Barrio El Trompo	1 vivienda afectada. 4 damnificados.	CNE
2011/9/1	Quepos	Gallega	Fuertes lluvias, desbordado el río. Río lavo el camino	CNE
2011/9/16	Quepos	San Rafael Arriba de Cerros	El río lavó la calle.	CNE
2011/10/19	Quepos	Cerros	Sistema de baja presión y Depresión Tropical No. 12. Se reporta un daño en el dique.	CNE
2011/10/19	Quepos	Ruta 234. Las Delicias	Sistema de baja presión que se convirtió en la Depresión Tropical. Cierre total de Ruta 234.	CNE
2011/11/16	Quepos	Quepos-La Gallega	Desbordamiento de quebrada por fuertes lluvias. Colapso puente entre La Gallega y Quepos (se cayó). Comunidades aisladas.	CNE
2011/11/17	Quepos	Isla Damas	Desbordamiento río Paquita, fuertes lluvias. 15 viviendas afectadas y 60 damnificados.	CNE
2012/5/8	Quepos	San Rafael	1 vivienda afectada y 4 damnificados.	CNE
2012/6/2	Quepos	Cerritos	Alcantarillado sobrepasado por las lluvias. Colapso de la vía por desbordamiento de alcantarillado. Vehículos con dificultades para transitar.	CNE
2012/6/28	Quepos	La Inmaculada	Afectaciones en viviendas.	CNE
2012/7/22	Quepos	Cerros	Municipalidad tapó una zanja al lado del precario. 1 vivienda en asentamiento irregular anegada y 4 damnificados.	CNE
2012/11/7	Quepos	Managua	Viviendas afectadas y damnificados.	CNE
2013/6/20	Quepos	San Rafael de Cerros.	Se reportan varias viviendas inundadas por el desbordamiento de una acequia, no se indica cuántas y no se puede estimar los damnificados.	CNE
2013/6/24	Quepos	San Rafael de Cerros.	1 vivienda inundada y con daños y 4 damnificados.	CNE
2013/8/16	Quepos	Paquita.	Precipitaciones intensas características de la época lluviosa. Varias viviendas inundadas y damnificados.	CNE
2013/10/3	Quepos	Paquita y La Pascua.	Desbordamiento del Río Paquita. Varias viviendas inundadas.	CNE
2014/10/10	Quepos	Paquita	Se desbordó el río Paquita. Afectó 10 viviendas y dejó 40 damnificados.	Sistema 911
2017/10/5	Naranjito	Villa Nueva	Tormenta Tropical Nate. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (C): 160000000. Daños en vías de transporte (mts): 6600	CNE
2017/10/5	Quepos	Paquita, Boca Vieja	Tormenta Tropical Nate. Daños en 9 fincas pesqueras Daños en obras en Ríos y Quebradas. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (C): 327600000. Daños en vías de transporte (mts): 3500	CNE
2017/10/5	Quepos	Cerritos, Cerros de Filadelfia, San Rafael de Cerros	Tormenta Tropical Nate. Pérdidas en 6 fincas de Plátano y 19 fincas de Palma. Daños en puentes y obras en ríos. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Daños en cultivos (ha): 848. Pérdidas monetarias (C): 82232000. Daños en vías de transporte (mts): 6800	CNE

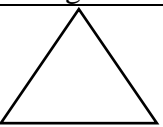

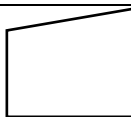
2017/10/5	Quepos	La Inmaculada, La Pascua	Tormenta Tropical Nate. Pérdidas en 3 fincas de arroz. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Daños en cultivos (ha): 69. Pérdidas monetarias (€): 140000000. Daños en vías de transporte (mts): 5600	CNE
2017/10/5	Naranjito	El Negro, Los Piñeros	Tormenta Tropical Nate. Daños en puentes. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (€): 174000000. Daños en vías de transporte (mts): 6800	CNE
2017/10/5	Quepos	Dos Bocas, Manuel Antonio	Tormenta Tropical Nate. Daños en puente y obras en ríos. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (€): 454808000. Daños en vías de transporte (mts): 8000	CNE
2017/10/5	Quepos	Cerros, Santa Juana	Tormenta Tropical Nate. Pérdidas en puentes. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (€): 310000000. Daños en vías de transporte (mts): 12500	CNE
2017/10/5	Naranjito	Naranjito Centro, Marítima, Finca Morales, Paso Real	Tormenta Tropical Nate. 16 damnificados, 12 evacuados, 3 casas destruidas y 4 afectadas. Pérdidas en 1 finca de cerdos (40 animales). Pérdidas en puentes y obras en ríos. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Daños en cultivos (ha): 1. Pérdidas monetarias (€): 719900000. Daños en vías de transporte (mts): 4400	CNE
2017/10/5	Naranjito	Delio Morales, Finca Morales	Tormenta Tropical Nate. Daños en Puentes. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (€): 270000000. Daños en vías de transporte (mts): 1200	CNE
2017/10/5	Naranjito	Buenos Aires	Tormenta Tropical Nate. Erosión de la vía y pérdida de material de la superficie de ruedo. Pérdidas monetarias (€): 100000000. Daños en vías de transporte (mts): 4000	CNE


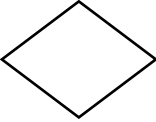
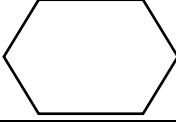

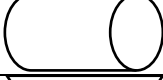
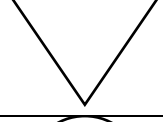



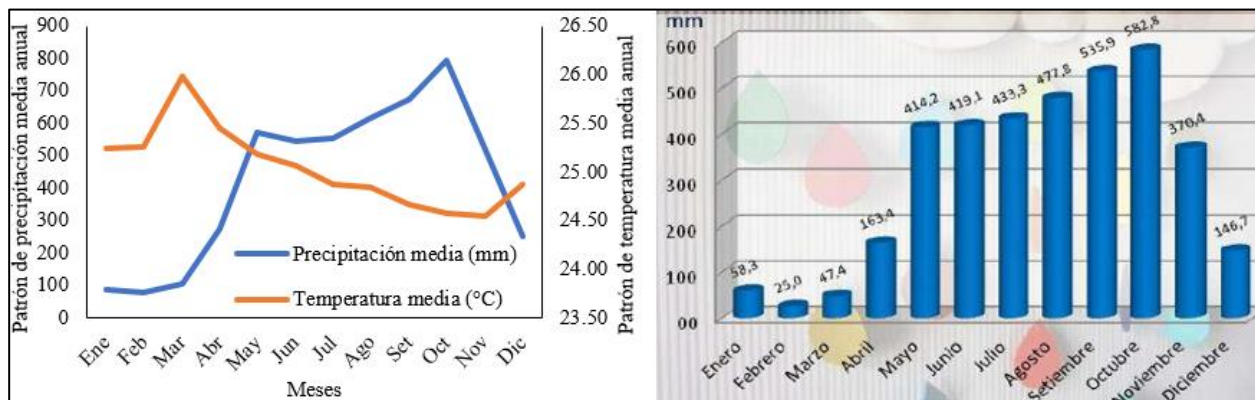


**Anexo 8. Identificación de viviendas en las áreas de protección de los cuerpos de agua.**

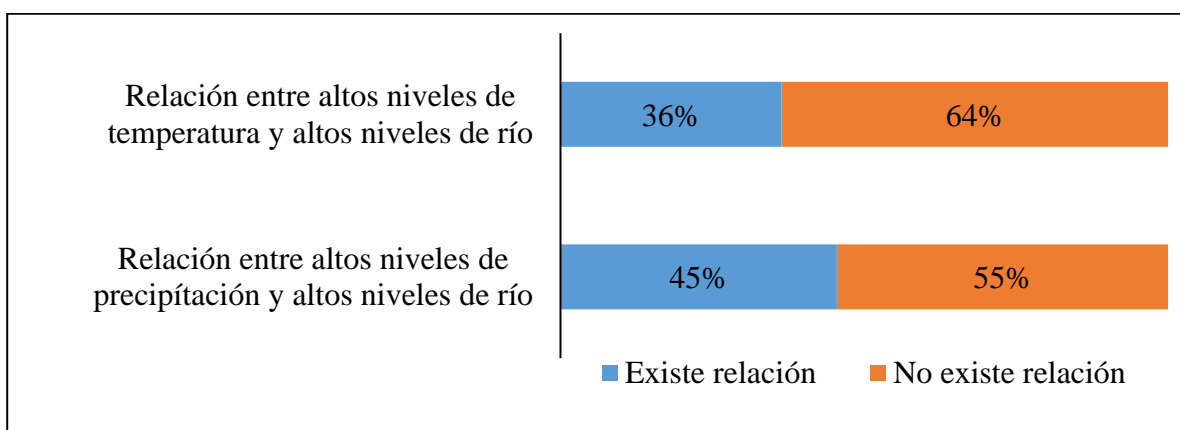
**Anexo 9. Simbología del diagrama de flujo.**

Figura	Definición
	Inicio del proceso.
	Actividad de enlace entre varias instituciones.
	Trabajo de campo.

	Documentación o informes.
	Decisión.
	Tipo de emergencia.
	Proceso definido.
	Contratación y pago de servicios.
	Inicio de las obras.
	Fin del proceso.



**Anexo 10. Patrón de precipitación y temperatura media de la región climática Pacífico Central (RCPC) (izquierda). Patrón de precipitación de la estación Damas-IMN (derecha) (Villalobos et al., 2014).**



**Anexo 11. Relación entre las variables climáticas con posibles inundaciones en la subcuenca.**

**Anexo 12. Coeficiente de Kappa de la clasificación supervisada de uso y cobertura de suelo. 2020.**

Clases <sup>1</sup>		Clases observadas												Total	Precisión (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Clases precedidas	1	23	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	24	96
	2	0	22	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	27	81
	3	0	1	17	0	2	0	1	0	0	1	0	0	22	77
	4	0	0	0	18	1	0	0	0	0	0	0	1	20	90
	5	0	0	0	2	28	0	0	0	0	0	0	0	30	93
	6	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	100
	7	0	3	0	0	0	0	31	0	0	1	0	0	35	89
	8	0	1	0	0	0	0	1	36	0	1	0	0	39	92
	9	1	0	0	0	0	0	0	0	29	0	1	0	31	94
	10	0	0	1	0	0	0	1	1	0	11	0	0	14	79
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	18	0	19	95
	12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13	14	93
Total		24	27	19	21	31	10	37	38	31	14	19	14	285	
Precisión (%)		96	81	89	86	90	100	84	95	94	79	95	93		
Precisión general (%)		Esperado		Matrix de productos				Suma acumulativa del producto de la matriz				Coeficiente de Kappa (%)			
		0.0944		7664				81225				88.76			

**Notas:** <sup>1</sup> Conforme al número de clase definido en el Cuadro 6.

**Anexo 13. Puntos GPS de verificación de la clasificación supervisada de uso y cobertura de suelo realizada. 2020.**

#		Clase	Latitud	Longitud
1	7 y 8*	Bosque	9.52349	-84.080328
2	7 y 8*	Bosque	9.51904	-84.083436

3	3	Charral y tacotal	9.48498	-84.160886
4	3	Charral y tacotal	9.52305	-84.15589
5	5	Mosaico de pastos y espacios naturales	9.49104	-84.118408
6	5	Mosaico de pastos y espacios naturales	9.48972	-84.118669
7	5	Mosaico de pastos y espacios naturales	9.51345	-84.089981
8	5	Mosaico de pastos y espacios naturales	9.52986	-84.082142
9	5	Mosaico de pastos y espacios naturales	9.49211	-84.118594
10	2	Palma aceitera	9.48443	-84.173719
11	2	Palma aceitera	9.51119	-84.17598
12	2	Palma aceitera	9.48704	-84.158089
13	2	Palma aceitera	9.48589	-84.161844
14	2	Palma aceitera	9.48430	-84.16448
15	2	Palma aceitera	9.48860	-84.177628
16	4	Pastos y pastos arbolados	9.51833	-84.1643
17	4	Pastos y pastos arbolados	9.51857	-84.162719
18	4	Pastos y pastos arbolados	9.51964	-84.161428
19	4	Pastos y pastos arbolados	9.52508	-84.152814
20	4	Pastos y pastos arbolados	9.49568	-84.119428
21	6	Plantación forestal	9.48029	-84.18969
22	6	Plantación forestal	9.48374	-84.18857
23	6	Plantación forestal	9.48597	-84.186092
24	6	Plantación forestal	9.46089	-84.181572
25	6	Plantación forestal	9.51657	-84.168111
26	11	Ríos principales	9.497168	-84.11978
27	11	Ríos principales	9.525463	-84.15201
28	11	Ríos principales	9.455	-84.184
29	12	Tierras en barbecho	9.458419444	-84.17931
30	12	Tierras en barbecho	9.508638889	-84.17883
31	1	Zona urbana	9.49887	-84.120425
32	1	Zona urbana	9.51747	-84.167197
33	1	Zona urbana	9.45686	-84.177994

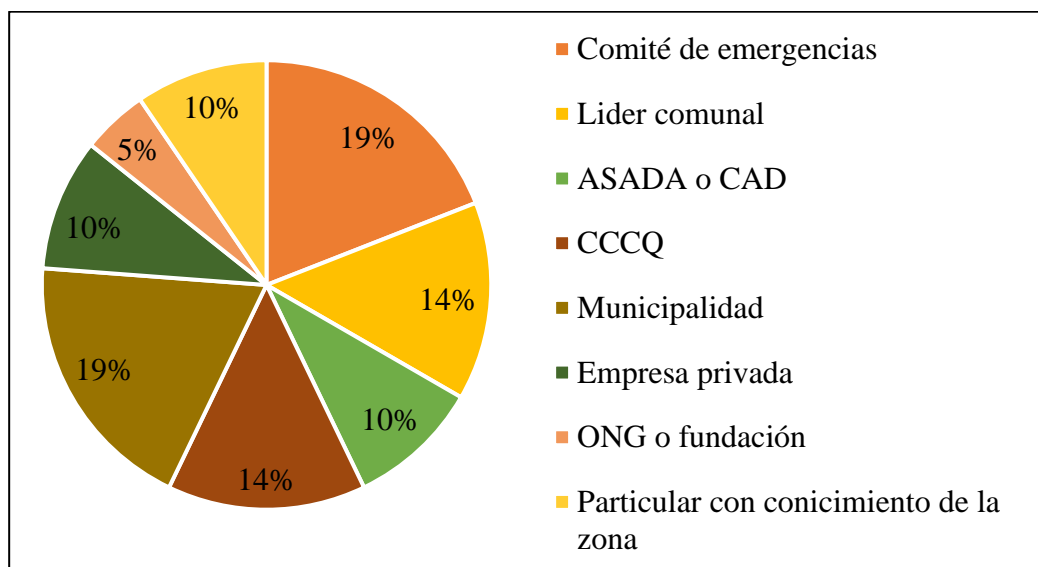
34	1	Zona urbana	9.45501	-84.183964
35	1	Zona urbana	9.45945	-84.181517
36	1	Zona urbana	9.51318	-84.173992

**Notas:** \* Los recorridos no permitieron diferenciar entre Bosque Primario o Secundario. Esta se basó únicamente en la clasificación en SIG y su comparación visual con un mapa de uso de suelo de Quepos 2018 de la Municipalidad de Quepos. No se verificaron clases 9 (Tierras desnudas) ya que no se encontraron desde las vías recorridas, ni 10 (Manglar) por dificultades de acceso.

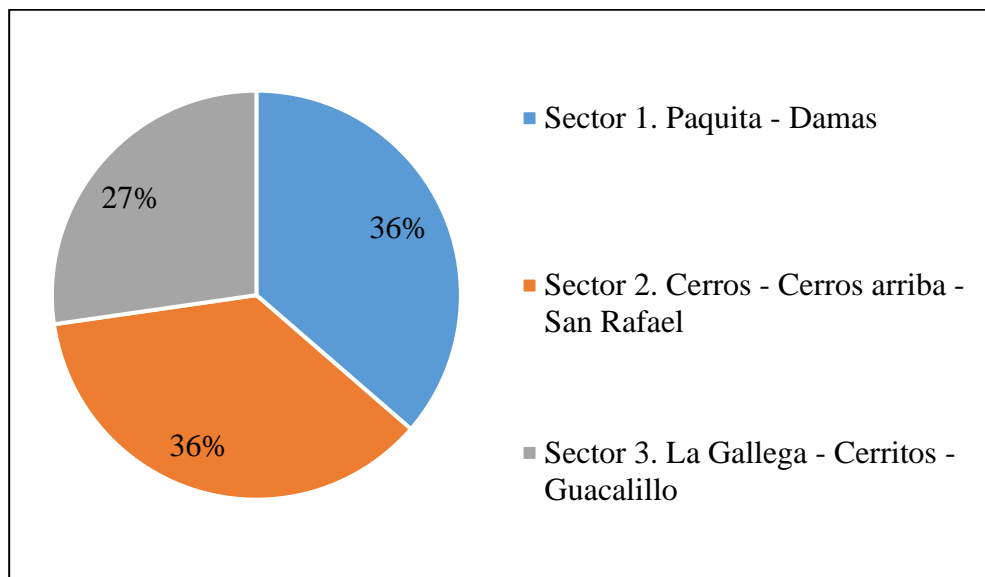
#### Anexo 14. Conflicto de uso de suelo según cobertura para capacidades de uso VI, VII y VIII.

Cobertura de suelo	Capacidad de uso	Conflicto	Área	
			km <sup>2</sup>	%
Bosque secundario	VII	Conforme	<b>50.9226</b>	66.37
Tierras desnudas	VII	No conforme	0.0019	0.00
Bosque primario	VII	Conforme	<b>13.1479</b>	17.14
Charral y tacotal	VII	No conforme	5.8362	7.61
Pastos y pastos arbolados	VIII	No conforme	1.2275	1.60
Mosaico de pastos y espacios naturales	VIII	No conforme	5.5893	7.28
Palma aceitera	VI	Conforme	0.0007	0.00
Total			76.7260	100.00

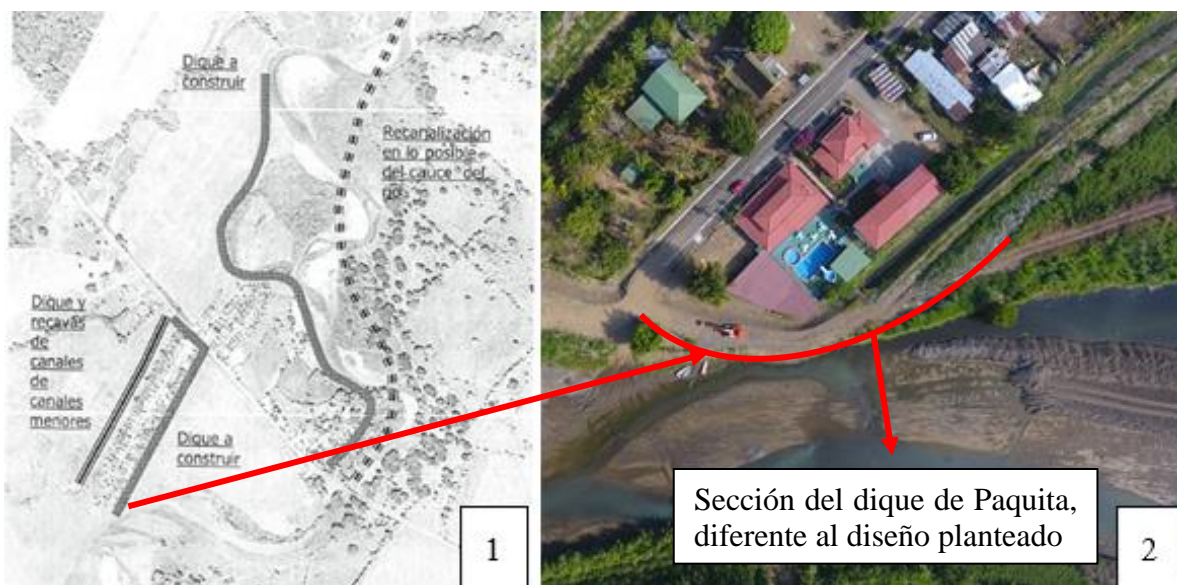
**Notas:** El 92 % de la cobertura del área del proyecto presenta usos conformes a la capacidad definida en el decreto ejecutivo 41960-MAG-MINAE (2019), de manera que solo se destacan los usos relevantes para la discusión con clases VI, VII y VIII.



**Anexo 15. Organizaciones representadas en el taller de cartografía social.**



**Anexo 16. Sectores representados en el taller de cartografía social.**





**Anexo 17. Diseño planteado del dique de Paquita (1) y fotografía al 2018 facilitada por vecino de la comunidad de Paquita (2) (J. C. Retana, comunicación personal, Julio de 2019).**



**Anexo 18. Fotografías del trabajo de campo sobre los diques.**

**Anexo 19. Índice de vulnerabilidad socioeconómica. 2020.**

Valores	Vulnerabilidad
37.79 - 100.00	Alta
17.79 - 37.78	Alta/Media
10.36 - 17.78	Media
6.35 - 10.35	Media/Baja
0 - 6.34	Baja

<p>Grupo 1</p> 	<p>Medidas señaladas por los habitantes de las comunidades del sector de Paquita durante el momento 3 del taller de cartografía social.</p>
<p>Grupo 3</p> 	<p>Medidas señaladas por los habitantes de las comunidades del sector de La Gallega durante el momento 3 del taller de cartografía social.</p>
<p><b>Notas:</b> Del sector de Cerros no se hicieron señalamientos sobre la cartografía social, únicamente de manera verbal.</p>	

**Anexo 20. Medidas planteadas por los representantes de las comunidades en el taller de cartografía social. 2020.**



**Anexo 21. Pérdidas económicas por inundaciones en las comunidades de la subcuenca. 2019.**

Fecha del evento	Ubicación <sup>1</sup>	Área (m <sup>2</sup> )	Pérdidas (USD) <sup>2</sup>
2017/10/5	Paquita y Boca vieja	636247	546000
2017/10/5	Cerros y San Rafael	319836	1370387
2017/10/5	Cerritos	51662	516667
Total, de pérdidas		1007745	2433053
Pérdidas en área (USD/m <sup>2</sup> )		2.41	
Pérdidas en área (USD/ha)		24143.53	

Notas: <sup>1</sup> La fuente no registra pérdidas en todas las comunidades de la subcuenca. <sup>2</sup> Los valores originales están en colones (CRC), se asumió 1 USD = 600 CRC para la conversión.

Fuente: Elaboración propia con datos de DesInventar (2019).

**Anexo 22. Porcentaje de efectividad en regulación de flujos de agua por moderación de escorrentía de cada medida. 2022.**

Medidas	Porcentaje de efectividad [% efectividad]	Descripción
Restauración del paisaje forestal	53	Asumiendo el CE para bosque con pendientes de 2 a 7% de 0.47 (Chow, et al., 1994)
Restauración de la vegetación ribereña	53	Asumiendo el CE para bosque con pendientes de 2 a 7% de 0.47 (Chow, et al., 1994)
Medidas de conservación de suelo: rehabilitación	49	Asumiendo el CE para cultivo con pendientes de 2 a 7% de 0.51 (Chow, et al., 1994)
Embalses de detención	47	Asumiendo el CE para zona verde con cubierta de pasto menor del 50 % del área con pendientes de 2 a 7% de 0.53 (Chow, et al., 1994)
Zanjones: Cunetas verdes <sup>1</sup>	33	Eficacia de reducción de escorrentía de Boston Water and Sewer Commission (2013) para cunetas verdes (Baja). Asumiéndola como 33.33 % de baja, media y alta.

**Notas:** <sup>1</sup> Las cunetas verdes son la única medida que se basó en una fuente que señala directamente una eficacia propia.

**Anexo 23. Datos usados para la estimación del índice costo-beneficio y costo-efectividad de las Cunetas Verdes. 2022.**

ID	C1	C2	B1	B2
Tipo	Económico	Económico	Económico	Económico
Impacto	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo
Categoría	Costos implementación	Costos mantenimiento	Beneficio por ahorro de medidas convencionales	Beneficios de regulación de flujos de agua

				por moderación de escorrentía
Detalle	Implementación	Mantenimiento	Ahorro de medidas convencionales	Por su eficacia en la moderación de la escorrentía
Propósito	0	0	0	1
Frecuencia	Inicial	Anual	Una vez	Anual
Unidad de medida	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Cantidad	29493.52	29493.52	29493.52	29493.52
Pesimista	29493.52	29493.52	29493.52	29493.52
Optimista	29493.52	29493.52	29493.52	29493.52
Costo/Beneficio unitario (USD)	12.13	0.61	2.07	0.80
Pesimista	12.13	0.61	2.07	0.80
Optimista	12.13	0.61	2.07	0.80
Inicio	4/19/2022	4/19/2023	4/19/2022	4/19/2023
Final	4/19/2022	4/19/2123	4/19/2022	4/19/2123
Externalidad	0	0	0	0
Modelo	lineal	lineal	lineal	lineal
Fuente	Franklin Regional Council of Governments [FRCOG] (2016)	Universidad de los Andes (2017)	Franklin Regional Council of Governments [FRCOG] (2016)	Estimado en el presente proyecto. Ver <b>Anexo 21.</b>

**Notas:** Estas medidas requieren mantenimiento toda su vida útil, la cual está dada por los periodos de retorno de su dimensionamiento y tomada de Universidad de los Andes (2017).

#### **Anexo 24. Datos usados para la estimación del índice costo-beneficio y costo-efectividad de la Restauración del Paisaje Forestal. 2022.**

ID	C1	C2	B1	B2
Tipo	Económico	Económico	Económico	Económico
Impacto	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo
Categoría	Costos de establecimiento	Costos de seguimiento anual	Beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de escorrentía	Beneficios por prevención de erosión de suelo
Detalle	Establecimiento	Seguimiento anual	Por su eficacia en la moderación de la escorrentía	Prevención de erosión
Propósito	0	0	1	0
Frecuencia	Inicial	Anual	Anual	Anual
Unidad de medida	ha	ha	ha	ha
Cantidad	1101.16	1101.16	1101.16	1101.16

pesimista	1101.16	1101.16	1101.16	1101.16
optimista	1101.16	1101.16	1101.16	1101.16
Costo/Beneficio unitario (USD)	25830.00	2421.00	12796.07	2959.33
pesimista	25830.00	2421.00	12796.07	2959.33
optimista	25830.00	2421.00	12796.07	2959.33
inicio	4/19/2022	4/19/2023	4/19/2038	4/19/2038
final	4/19/2022	4/19/2038	4/19/2138	4/19/2138
externalidad	0	0	0	0
modelo	lineal	lineal	lineal	lineal
Fuente	Bodin, B., Garavaglia, V., Pingault, N., Ding, H., Wilson, S., Meybeck, A., . . . Besacier, C. (2021).		Bodin, B., et al. (2021). Estimado en el presente proyecto. Ver <b>Anexo 21</b> .	Ecosystem Services Valuation Database [ESVD]. (2021).

**Notas:** Esta medida requiere seguimiento o mantenimiento desde su implementación hasta que madura y se sostiene sola, se asume que esto sucede a los 15 años conforme a la experiencia de Giudice, de Almeida, Brancalion, et al. (2020).

**Anexo 25. Datos usados para la estimación del índice costo-beneficio y costo-efectividad de las Medidas de conservación de suelo: rehabilitación. 2022.**

ID	C1	C2	B1	B2
Tipo	Económico	Económico	Económico	Económico
Impacto	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo
Categoría	Costos iniciales de preparación de sitio plántulas y siembra	Costos de mantenimiento anual	Beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de escorrentía	Beneficios por prevención de erosión de suelo
Detalle	Preparación de sitio plántulas y siembra	Mantenimiento anual	Por su eficacia en la moderación de la escorrentía	Prevención de erosión
Propósito	0	0	1	0
Frecuencia	Inicial	Anual	Anual	Anual
Unidad de medida	ha	ha	ha	ha
Cantidad	192.05	192.05	192.05	192.05
pesimista	192.05	192.05	192.05	192.05
optimista	192.05	192.05	192.05	192.05
Costo/Beneficio unitario (USD)	24686.00	3180.00	11830.33	2959.33
pesimista	24686.00	3180.00	11830.33	2959.33
optimista	24686.00	3180.00	11830.33	2959.33

inicio	4/19/2022	4/19/2023	4/19/2038	4/19/2038
final	4/19/2022	4/19/2038	4/19/2138	4/19/2138
externalidad	0	0	0	0
modelo	lineal	lineal	lineal	lineal
Fuente	Wet Tropics Management Authority [WTMA] (2020).	Wet Tropics Management Authority [WTMA] (2020).	Estimado en el presente proyecto. Ver <b>Anexo 21</b> .	Ecosystem Services Valuation Database [ESVD]. (2021).

**Notas:** Esta medida requiere seguimiento o mantenimiento desde su implementación hasta que madura y se sostiene sola, se asume que esto sucede a los 15 años conforme a la experiencia de Giudice, de Almeida, Brancalion, et al. (2020).

### Anexo 26. Datos usados para la estimación del índice costo-beneficio y costo-efectividad de la Restauración de la vegetación ribereña. 2022.

ID	C1	B1	B2	B3
Tipo	Económico	Económico	Económico	Económico
Impacto	Negativo	Positivo	Positivo	Positivo
Categoría	Costos de planificación, ejecución, seguimiento	Beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de escorrentía	Beneficios de moderación de eventos extremos por regulación de inundaciones	Beneficios por prevención de erosión de suelo
Detalle	Costos de planificación, ejecución, seguimiento	Por su eficacia en la moderación de la escorrentía	Moderación de eventos extremos de inundación por bosque tropical	Prevención de erosión
Propósito	0	0	0	1
Frecuencia	Anual	Anual	Anual	Anual
Unidad de medida	ha	ha	ha	ha
Cantidad	83.75	83.75	83.75	83.75
pesimista	83.75	83.75	83.75	83.75
optimista	83.75	83.75	83.75	83.75
Costo/Beneficio unitario (USD)	9375.00	12796.07	808.61	2959.33
pesimista	9375.00	12796.07	808.61	2959.33
optimista	9375.00	12796.07	808.61	2959.33
inicio	4/19/2022	4/19/2037	4/19/2037	4/19/2037
final	4/19/2037	4/19/2137	4/19/2137	4/19/2137
externalidad	0	0	0	0
modelo	lineal	lineal	lineal	lineal

Fuente	Fundación Banco Ambiental [FUNBAM] (2021).	Estimado en el presente proyecto. Ver <b>Anexo 21.</b>	Ecosystem Services Valuation Database [ESVD]. (2021).	Ecosystem Services Valuation Database [ESVD]. (2021).
--------	--	--	---	---

**Notas:** Esta medida requiere seguimiento o mantenimiento desde su implementación hasta que madura y se sostiene sola, se asume que esto sucede a los 15 años conforme a la experiencia de Giudice, de Almeida, Brancalion, et al. (2020).

**Anexo 27. Datos usados para la estimación del índice costo-beneficio y costo-efectividad de los Embalses de detención. 2022.**

ID	C1	C2	B1	B2
Tipo	Económico	Económico	Económico	Económico
Impacto	Negativo	Negativo	Positivo	Positivo
Categoría	Costos de construcción	Costos de mantenimiento	Beneficios ahorro de medida convencional	Beneficios de regulación de flujos de agua por moderación de escorrentía
Detalle	Inversión inicial	Mantenimiento	Ahorro de medida convencional	Por su eficacia en la moderación de la escorrentía
Propósito	0	0	0	1
Frecuencia	Inicial	Cada 6 meses	Una vez	Anual
Unidad de medida	ha	ha	ha	ha
Cantidad	107.43	107.43	107.43	107.43
pesimista	107.43	107.43	107.43	107.43
optimista	107.43	107.43	107.43	107.43
Costo/Beneficio unitario (USD)	111197.32	2223.95	74131.55	11347.46
pesimista	111197.32	2223.95	74131.55	11347.46
optimista	111197.32	2223.95	74131.55	11347.46
inicio	4/19/2022	4/19/2023	4/19/2022	4/19/2023
final	4/19/2022	4/19/2053	4/19/2022	4/19/2053
externalidad	0	0	0	0
modelo	lineal	lineal	lineal	lineal
Fuente	Environmental Protection Agency [EPA]a (2021).	EPAA (2021).	EPAb (2021).	Estimado en el presente proyecto. Ver <b>Anexo 21.</b>

**Notas:** Estas medidas requieren mantenimiento toda su vida útil, EPAA (2021) establece un mantenimiento por 50 años, esto se toma como la vida útil.