



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



THE WORLD BANK
Working in a World Free of Poverty

Proyecto Piloto sobre Sistemas de Alerta Temprana (SAT)
para Amenazas Hidrometeorológicas en Costa Rica

INFORME FINAL DEL PROYECTO



Rafael Oreamuno
Consultor técnico

Gerardo Quirós Cuadra
Consultor Gestión del Riesgo de Desastres

TABLA DE CONTENIDO

Resumen ejecutivo	5
i. Metas y metodología	5
ii. Involucramiento de socios del proyecto	5
iii. Involucramiento de la comunidad.....	6
iv. Resultados y logros claves	6
v. Pasos siguientes	7
1. Antecedentes del proyecto.....	7
2. Objetivos del proyecto	8
3. Socios del proyecto	9
4. Organización y funcionamiento del proyecto	10
4.1. Personal del proyecto.....	11
4.1.1. Responsabilidad del consultor técnico.....	11
4.1.2. Responsabilidad del consultor de GDR	12
5. Perfil del sitio piloto (Municipalidad de Sarapiquí)	13
6. Marco y contrapartes en Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).....	15
6.1. Marco legal e institucional de GRD	15
6.2. Antecedentes de SAT en Costa Rica	16
7. Componente técnico del proyecto	17
7.1. Características de la cuenca del río Sarapiquí.....	17
7.1.1 Propiedades físicas de la cuenca del río Sarapiquí	18
7.1.2. Uso del suelo	20
7.1.3. Observaciones históricas y monitoreo de la precipitación y escorrentía asociada	24
7.1.4. Nuevas estaciones meteorológicas automáticas	26
7.2. Modelación hidrológica.....	27

7.3. Modelación hidráulica.....	28
8. Componente de Gestión de Riesgos de Desastre del proyecto	30
8.1. Organización y capacitación comunal para el SAT.....	30
8.2. Elaboración de Procedimientos Operativos	31
8.3. Comprobando el nuevo SAT con un ejercicio de simulacro.....	33
8.4. Resultados del ejercicio de simulacro	34
9. Participación en la IV Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres .	38
10. Conclusiones y recomendaciones	39
10.1. Conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento de los procedimientos operativos, y los aspectos de preparación y respuesta para emergencias	39
10.2. Conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento de los aspectos de pronóstico hidrometeorológico	40
10.3. Recomendaciones generales para la réplica futura del proyecto	41
ANEXO 1. Características físicas de la cuenca del río Sarapiquí.....	43
ANEXO 2. Modelo de precipitación-escorrentía del Servicio de Conservación de Suelos	51
ANEXO 3. Calibración del modelo hidrológico.....	53
ANEXO 4. Modelo hidráulico.....	65
ANEXO 5. Mapas de profundidad del flujo.....	67
ANEXO 6. Mapas de velocidad del flujo	79
ANEXO 7. Procedimientos Operativos para el Sistema de Alerta Temprana de la cuenca del Sarapiquí	91
ANEXO 8. Informe del simulacro para probar el SAT de la cuenca del río Sarapiquí. .	101

Resumen ejecutivo

i. Metas y metodología

Este proyecto fue ejecutado desde principios de 2012 hasta mayo de 2013, y su objetivo fue desarrollar un marco efectivo para un sistema operacional de alerta temprana en el sitio piloto de la cuenca del río Sarapiquí, con el fin de:

- a. Fortalecer los esfuerzos de cooperación entre el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), en colaboración con otros organismos gubernamentales nacionales y organizaciones no gubernamentales en el nivel local;
- b. Promover la replicación en otros sitios;
- c. Integrar el marco legal costarricense y los instrumentos de política con los estándares de procedimientos operativos y protocolos existentes;
- d. Desarrollar un mecanismo de retroalimentación para mejorar el enfoque preventivo, la coordinación general y la operación durante su diseño y ejecución;
- e. Proporcionar al IMN y a la CNE las herramientas necesarias para optimizar la información para la toma de decisiones.

El proyecto contó con un componente técnico-científicos (GRD) y uno de gestión de riesgo (DGR) a cargo de dos consultores bajo la supervisión de un Equipo Nacional de Proyecto compuesto por representantes del IMN, la CNE y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), con el apoyo y monitoreo cercano de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Los consultores trabajaron de manera muy cercana y recibieron instrucciones de mantener una relación coherente entre los dos componentes, ya que sus actividades se interrelacionan

Las instituciones participantes aportaron recursos humanos y técnicos y apoyaron a toda la organización y al proceso de implementación, en estrecha coordinación con las instituciones y comunidades locales en el sitio piloto.

ii. Involucramiento de socios del proyecto

La implementación de este proyecto fue posible gracias a la interacción de las instituciones a nivel internacional y nacional.

- ✓ El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) fue el responsable de la coordinación general, y aportó apoyo especializado para el desarrollo del componente técnico-científico del Proyecto
- ✓ Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y de Atención de Emergencias (CNE) coordinó todas las actividades del Proyecto relacionadas con la gestión del riesgo y los desastres.

- ✓ El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) dio apoyo al componente técnico-científico del proyecto al proporcionar información importante obtenida de sus amplias redes de monitoreo hidrometeorológico en las cuencas.
- ✓ El Fondo Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (FGRRD, por sus siglas en inglés) y el Banco Mundial aportaron fondos, seguimiento y apoyo técnico al Proyecto.
- ✓ La Organización Meteorológica Mundial (OMM) realizó un seguimiento general para garantizar la adecuación de todos los componentes y la sincronización de todas las actividades del proyecto.

iii. Involucramiento de la comunidad

Más de doscientas personas en veinte comunidades participaron con entusiasmo en las diferentes actividades desarrolladas durante el proyecto. El simulacro reunió y movilizó a más de ochocientas personas, y los Comités Comunales de Emergencia (CCE) de la región se han organizado, fortalecido y capacitado en el marco del Sistema de Alerta Temprana (SAT).

iv. Resultados y logros clave

Los principales resultados de este proyecto fueron:

- ✓ Análisis de las amenazas, la vulnerabilidad y la cartografía de los eventos hidrometeorológicos en la cuenca del río Sarapiquí, como base para el desarrollo de un modelado hidrológico e hidráulico y el diseño de un protocolo basado en umbrales de precipitación y flujos, para generar y emitir alertas tempranas de inundaciones y deslizamientos.
- ✓ Diseño e implementación de un SAT, incluyendo procedimientos operacionales que establecen las acciones y responsabilidades de los distintos actores relacionados con las acciones de alerta y respuesta en caso de inundaciones en el área de la cuenca del Sarapiquí.
- ✓ Aumento de la capacidad local para utilizar oportunamente y de manera coordinada los sistemas de alerta temprana al momento de enfrentarse a advertencias hidrometeorológicas.
- ✓ El desarrollo de un simulacro con la participación de las instituciones nacionales y locales, así como organizaciones de la comunidad, para poner a prueba la pertinencia y eficacia del sistema de alerta temprana.

Todos los resultados fueron logrados con éxito; se desarrollaron las herramientas de modelado y el personal del IMN recibió entrenamiento en su uso. Dos nuevas estaciones meteorológicas automáticas fueron instaladas en puntos estratégicos de la cuenca con el fin de aumentar los insumos y la exactitud de la modelización. El SAT fue diseñado mediante un proceso participativo con las comunidades e instituciones, y fue puesto a prueba por medio de un simulacro que involucró a las comunidades en riesgo. El ejercicio permitió identificar los aspectos de la organización local que necesitan ser fortalecidos para lograr una respuesta más eficiente.

v. Pasos siguientes

El desarrollo de un marco eficaz para el funcionamiento de Sistemas de Alerta Temprana (SAT) en Costa Rica, que fue demostrado con éxito en la aplicación del SAT para la cuenca del río Sarapiquí, supuso un aprendizaje significativo y un compromiso para todas las partes involucradas, y también la reafirmación de las responsabilidades y necesidades de colaboración de los organismos nacionales y locales en temas de preparación y respuesta a las inundaciones.

Los resultados y experiencias positivas que implican la colaboración entre los servicios meteorológicos, hidrológicos y de las agencias nacionales de gestión de riesgos de desastres, junto a actores clave municipales, comunales e intercomunales, deben ser trasladados a otras regiones dentro del país, así como a otros países de la región, con el fin de ampliar y mejorar las herramientas técnicas, los procedimientos operativos y la cultura de prevención y gestión de riesgos. Para ello, la cooperación internacional técnica y financiera ha demostrado ser, y se espera que continúe siendo, de gran valor. Los proyectos de esta naturaleza se deben seguir promoviendo.

1. Antecedentes del proyecto

El terremoto de magnitud 6.2 en escala Richter del 8 de enero de 2009 en la zona de Cinchona tuvo un impacto importante en el paisaje y en la respuesta hidrológica de la cuenca del Sarapiquí. El terremoto y los deslizamientos asociados cambiaron el escenario de riesgo en la cuenca al alterar los patrones de drenaje, lo que dio lugar a nuevas zonas de riesgo de inundaciones repentinas, deslizamientos de tierra y árboles caídos en el lecho del río. Las toneladas de material de derrumbe que cayeron en el río provocaron una enorme avalancha que bajó a alta velocidad por el cauce, poniendo en peligro las comunidades ribereñas y dejando gran parte de los márgenes desnudos de vegetación. También aumentó la altura del lecho del río debido a los sedimentos acumulados.

Los deslizamientos de tierra siguen activos en las áreas montañosas de la cuenca superior, y pueden caer en el río en una situación de fuertes lluvias o nuevos terremotos. El comportamiento normal del río ha cambiado debido a la acumulación de sedimentos resultantes de los deslizamientos de tierra, y esto ha aumentado el nivel del lecho del río. Por lo tanto, el escenario de riesgo ha sido reconfigurado, añadiendo nuevos elementos y complejidad a la situación de riesgo prevalente.

La cuenca del río Sarapiquí es una de las 34 cuencas principales de Costa Rica y es una subcuenca del Río San Juan. Se encuentra ubicada en la región del Caribe norte del país y desemboca en el río San Juan (ver gráfico 1).

Debido a las condiciones climáticas de las regiones del norte y del Caribe, y a las características topográficas del país, el río Sarapiquí y varios de sus afluentes han tenido una larga historia de inundaciones recurrentes, generalmente relacionadas con la temporada de lluvias continuas e intensas en las regiones norte y Caribe de Costa Rica.

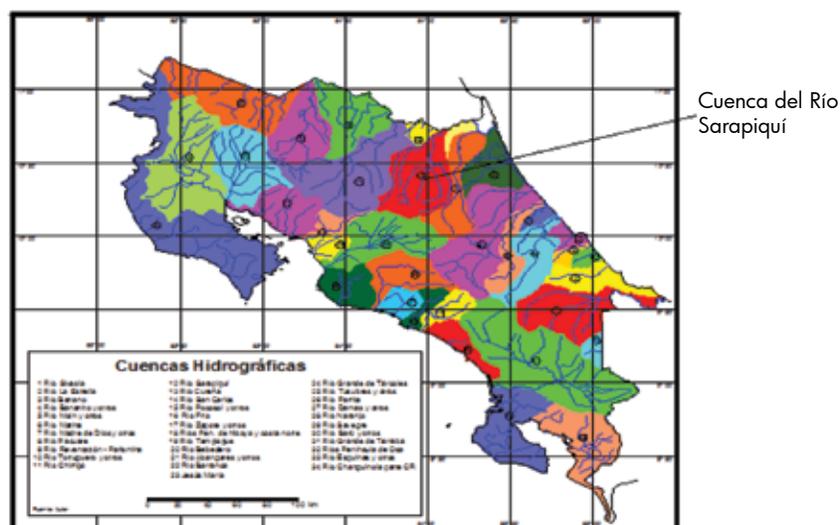


Imagen 1: Cuencas de Costa Rica

Muchas de las comunidades de la cuenca media y baja del Sarapiquí están expuestas a las inundaciones del río. Además, el aumento de la población en las zonas propensas a la inundación aumenta la vulnerabilidad general de la comunidad.

En estas circunstancias, se identificó la necesidad de caracterizar y monitorear los riesgos, lo cual es necesario para apoyar a las comunidades y organizaciones en las áreas de impacto potencial de inundación. Para hacer frente a estos desafíos, la OMM, a través de su Programa de Reducción del Riesgo de Desastres, la Oficina de la Asociación Regional IV y el Programa de Hidrología y Recursos Hídricos, en colaboración con el Banco Mundial y el FGRRD, trabajaron junto al IMN, la CNE y el ICE para desarrollar el “Proyecto Sistemas de Alerta Temprana para Riesgos Hidrometeorológicos en Costa Rica” para la cuenca del río Sarapiquí.

El Fondo Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (FGRRD) financió el proyecto.

2. Objetivos del proyecto

Los objetivos generales de este proyecto fueron:

- ✓ Llevar a cabo un análisis de las amenazas, la vulnerabilidad y la cartografía de los eventos hidrometeorológicos en la cuenca del río Sarapiquí.
- ✓ Llevar a cabo el modelado hidrológico e hidráulico de la cuenca y el diseño de un protocolo basado en la precipitación y los umbrales de flujo que actúan como insumo para pronósticos de alertas tempranas en relación con inundaciones repentinas, aludes y otras inundaciones.
- ✓ Llevar a cabo un análisis y facilitar un simulacro para el sistema de alerta temprana y trabajar con las comunidades locales para asegurar que estos sistemas incorporen la información y los datos de la parte técnica de este proyecto.

3. Socios del proyecto

- ✓ El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) es una entidad científica que depende del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), responsable de la coordinación de todas las actividades meteorológicas en el país, incluido el apoyo a las instituciones nacionales para la prevención de los desastres hidrometeorológicos
- ✓ La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) es la institución responsable de coordinar todas las actividades relacionadas con la gestión de riesgos y desastres. El Sistema Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres trabaja bajo la rectoría de la CNE. Se trata de un mecanismo multisectorial que reúne a diversos actores involucrados en la gestión del riesgo de desastres en el país.
- ✓ El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es una entidad pública que proporciona servicios de electricidad y telecomunicaciones. Es el participante más grande en el sector eléctrico de Costa Rica. Lleva a cabo estudios importantes e instala amplias redes de monitoreo hidrometeorológico en cada una de las cuencas donde desarrolla proyectos de energía hidroeléctrica. El ICE mantiene información y registros extremadamente críticos y relevantes sobre la cuenca del río Sarapiquí. La vinculación de la red de monitoreo de gran alcance del ICE con la del IMN es crucial para muchas tareas hidrometeorológicas en el país.
- ✓ Las comunidades y grupos locales de interés. Los Comités Comunales de Emergencia (CCE) han sido el punto de partida para organizar el trabajo local de este proyecto. Se trata de una figura establecida por la Ley Nacional de Emergencias y Prevención de Riesgos de Costa Rica (Ley 8488), y están compuestos principalmente por representantes de la sociedad civil. Algunas de sus principales actividades son la promoción de la organización comunal para la reducción del riesgo de desastres y la implementación de las intervenciones de emergencia en sus comunidades. Otro actor importante es el Comité Municipal de Emergencias (CME), encargado por ley de promover y coordinar todos los temas de preparación y respuesta a las emergencias en el nivel municipal. Se trata de un órgano interinstitucional integrado principalmente por organizaciones gubernamentales, el cual debe agrupar a todos los sectores estratégicos que participan en estas tareas. El CME es el responsable de la organización y del apoyo de los CCE, y el responsable de este Comité es el Alcalde Municipal.
- ✓ El Banco Mundial es una fuente de asistencia financiera y técnica para los países en vías de desarrollo, y ayuda en áreas clave orientadas a reducir la pobreza y lograr un desarrollo sostenible.
- ✓ El Fondo Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (FGRRD) es una asociación de 41 países y 8 organizaciones internacionales comprometidas con la ayuda a los países en vías de desarrollo con el fin de reducir su vulnerabilidad a los peligros naturales y adaptarse al cambio climático.
- ✓ La Organización Meteorológica Mundial (OMM) es un organismo especializado de las Naciones Unidas. Es la voz autorizada del sistema de las Naciones Unidas sobre el estado y el comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con los océanos, el clima que produce y la distribución resultante de los recursos hídricos.

4. Organización y funcionamiento del proyecto

El proyecto fue ejecutado desde principios del 2012 hasta mayo del 2013, bajo la supervisión de un equipo nacional de Proyecto compuesto por representantes de la IMN, la CNE y el ICE, con el apoyo y monitoreo cercano de la OMM.

Con el fin de desarrollar un adecuado SAT con todos sus componentes interrelacionados y sincronizados, la estrategia de ejecución del Proyecto implicó una cercana y comprometida relación de coordinación y apoyo mutuo entre las diferentes instituciones participantes, así como organizaciones locales y comunidades del sitio piloto. Fue un proceso en el que cada entidad desarrolló los temas de su especialidad, pero también dio apoyo al desarrollo de otras acciones institucionales, bajo el entendido de que todas las actividades del SAT son cruciales y complementarias entre sí.

El proyecto tuvo dos componentes principales:

- ✓ Un componente Técnico-Científico para establecer la caracterización hidrometeorológica de la cuenca del río Sarapiquí; para definir el comportamiento de la cuenca en los escenarios extremos de precipitación; y para elaborar luego un modelo hidrológico e hidráulico basado en las precipitaciones y los umbrales de flujo, que sirvan de insumos para difundir las alertas tempranas de inundaciones repentinas, avalanchas e inundaciones.
- ✓ Un componente de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) para facilitar la organización, fortalecimiento y capacitación de las instituciones y de las comunidades locales; para estar preparados y responder a las emergencias de inundaciones mediante la aplicación de procedimientos estandarizados; para guiarlos a través de la vigilancia, la activación de alertas y la respuesta a los eventos. Esto incluyó un simulacro para probar la pertinencia y la apropiación de los procedimientos estandarizados.

Una estrecha relación entre estos dos componentes resulta crucial, ya que sus actividades se influyen mutuamente.

Es importante mencionar que las instituciones participantes proporcionaron al proyecto más de lo que se esperaba, en términos de recursos humanos y técnicos y de la participación e interés general en la organización y ejecución de todo el proceso.

También es importante mencionar la motivación y el entusiasmo de las comunidades que participaron en el proyecto. Ellas saben que durante las primeras horas, o incluso días, tienen que hacer frente a la emergencia por su propia cuenta, y en estas condiciones es fundamental estar bien preparadas y capacitadas.

4.1. Personal del proyecto

Dos consultores fueron contratados para facilitar y dar apoyo en la ejecución de las tareas del proyecto. Un consultor técnico estuvo a cargo de los contenidos hidrometeorológicos, mientras que un consultor de GDR dio apoyo en la preparación para emergencias y simulacros a nivel comunitario.

4.1.1. Responsabilidad del consultor técnico

El consultor técnico fue contratado para completar los siguientes términos de referencia bajo la supervisión del equipo nacional del proyecto:

- ✓ Desarrollar una propuesta metodológica y un plan de trabajo para llevar a cabo los Términos de Referencia.
- ✓ Llevar a cabo un inventario de los datos hidrometeorológicos disponibles en la cuenca del Sarapiquí.
- ✓ Analizar las variables hidrometeorológicas pertinentes (como la precipitación, la temperatura, la radiación, la evapotranspiración) por medio de:
 - a. La utilización de una escala temporal mensual y anual, presentando los resultados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), en formato ArcView (a una escala espacial de 1:200.000).
 - b. La caracterización del régimen de precipitaciones en la región, teniendo en cuenta la topografía y la variación interanual de las variables meteorológicas.
 - c. La realización, en estaciones de base seleccionadas, de un análisis de series temporales de los diferentes índices de control de las oscilaciones atmosféricas relacionados con la variabilidad del clima.
 - d. La realización de un análisis de las tendencias de series homogéneas, para estimar las anomalías y los valores extremos puntuales.
- ✓ Analizar la distribución actual de la red de estaciones meteorológicas en la zona del estudio, para proponer una nueva distribución que contemple las nuevas y diversas necesidades de los usuarios (sistemas de alerta temprana, los impactos de variabilidad climática, estudios hidrológicos, etc), y para definir las especificaciones técnicas de las estaciones.
- ✓ Desarrollar y calibrar un modelo hidrometeorológico que permita, con anticipación, advertir a la población en riesgo de inundación sobre la probable ocurrencia de un evento potencialmente peligroso. Los modelos calibrados serán conservados en el Instituto Meteorológico Nacional.
- ✓ Identificar las zonas propensas a inundaciones con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Los mapas de inundación se basarán en la información topográfica de las secciones transversales de los ríos de interés, que tendrán que ser medido directamente en el campo. Se deben estudiar también otros puntos de referencia en terrenos más elevados fuera del canal principal del río. Con base en esta información topográfica se elaborará un modelo de elevación digital de las zonas potencialmente inundables, y las zonas que puedan verse afectados estarán marcadas para cada uno de los periodos de retorno establecidos. Los mapas generados tendrán que ser elaboradas en una escala de 1:25.000 o menos.
- ✓ Definir los umbrales de precipitación que requieren la intervención de las autoridades de emergencia y del público, para garantizar la vida y la propiedad.
- ✓ Revisar los protocolos de alerta existentes (y desarrollar otros nuevos, si fuera necesario), en colaboración con el consultor de GDR y las comunidades locales.
- ✓ Desarrollar un proceso SAT que integre las capacidades de pronóstico meteorológico existentes del IMN y las capacidades de modelización hidrometeorológica desarrolladas a través de este

proyecto, con los protocolos de alerta asociados de la cuenca del Sarapiquí, y participar en el simulacro con el consultor de GDR y las comunidades locales.

- ✓ Preparar, en colaboración con el consultor de GDR, los Términos de Referencia, facilitar y monitorear un simulacro con las autoridades locales y con los organismos nacionales que participan en el proyecto (en coordinación con el Equipo Nacional del Proyecto), para poner a prueba los protocolos y procedimientos de emergencia en el contexto del nuevo sistema de alerta temprana de inundaciones.

4.1.2. Responsabilidad del consultor de GDR

El consultor de GDR fue contratado para completar los siguientes Términos de Referencia bajo la supervisión del equipo nacional del proyecto:

- ✓ Revisar la preparación y la planificación existentes de acuerdo con el marco institucional y jurídico tanto a nivel nacional como a nivel local en el caso del sitio piloto de emergencia.
- ✓ En cooperación con el Consultor Técnico:
 - a. Revisar los protocolos y procedimientos de emergencia existentes, los mecanismos de comunicación y los factores relacionados en el sitio piloto, y evaluarlos en el contexto de la nueva información disponible sobre pronóstico de inundaciones, alerta temprana y otra información meteorológica e hidrológica relevante desarrollada mediante este Proyecto. De ser necesario, proponer modificaciones a los protocolos y procedimientos para dar cabida a la nueva información, en consulta con las comunidades locales y el equipo nacional del proyecto.
 - b. Preparar los Términos de Referencia, facilitar y monitorear un simulacro con las autoridades locales y con los organismos nacionales que participan en el proyecto (en coordinación con el equipo nacional del proyecto) para poner a prueba los protocolos y procedimientos de emergencia en el marco del nuevo sistema de alerta temprana.
- ✓ Documentar y analizar los resultados del simulacro en consulta con todos los actores que participan, para documentar las fortalezas, debilidades y lecciones aprendidas.
- ✓ Elaborar recomendaciones para mejorar la preparación para emergencias y los protocolos de respuesta, los mecanismos de comunicación, el contenido de la información y los procedimientos operativos entre las partes interesadas, tanto a nivel nacional como local, para dar apoyo a la preparación para emergencias y operaciones de respuesta.
- ✓ Cooperar con el Consultor Técnico para preparar un informe final sobre los resultados del simulacro, incluyendo las recomendaciones para la mejora del SAT y los protocolos relacionados con el fin de mejorar la preparación y respuesta ante emergencias.

5. Perfil del sitio piloto: Municipalidad de Sarapiquí

Sarapiquí fue establecido como el décimo municipio de la provincia de Heredia en noviembre de 1970. Sin embargo, su territorio ocupa parte relevante de la historia de Costa Rica. En la época precolombina, los pueblos indígenas llamados Votos habitaban este territorio. El nombre de la región está vinculado al río que la drena, y que fue mencionado por primera vez en las crónicas de los conquistadores españoles en 1539.

Aunque desde 1634 hubo esfuerzos por establecer un puerto en el río Sarapiquí, no fue sino hasta después de la Declaración de Independencia, en 1821, que las autoridades costarricenses se preocuparon por establecerlo en la costa del Caribe y una forma de acceso a la región. La búsqueda de caminos que condujeran a estas costas permitió que, entre 1826 y 1827, el río Sarapiquí fuera explorado hasta su desembocadura en el río San Juan, y fue durante este período que la mayor parte de sus afluentes recibió un nombre.

En ese momento, se abrió un camino hacia Sarapiquí desde la ciudad de Heredia y hasta la orilla oeste del río Sarapiquí, en un lugar llamado El Muelle.

Las coordenadas geográficas del Municipio de Sarapiquí son 10°29'23" de latitud norte y 83° 56'15" de longitud oeste. Es uno de los municipios más grandes de Costa Rica, pues cuenta con una superficie de 2140 km², lo que equivale a poco más del 80% de la superficie total de la provincia de Heredia, en la frontera con Nicaragua (ver Imagen 2).

El municipio tiene una población de 57147 habitantes distribuidos en cinco distritos (ver Cuadro 1). Su ciudad principal es Puerto Viejo, aunque el pueblo de Horquetas está más poblado. Por el contrario, los pueblos Llanuras del Gaspar y Cureña están muy despoblados. Más del 80% de la población es rural y en gran medida dispersa y periférica.



Imagen 2: Localización del cantón de Sarapiquí

Dada la proximidad de la frontera con Nicaragua y la existencia de actividades de producción agrícola, hay una inmigración informal significativa de fuerza laboral nicaragüense, la cual es considerada como una población transitoria con una tendencia a quedarse de manera permanente. Por lo general, esta población se encuentra en condiciones precarias y a menudo ocupa territorios de manera informal.

Instituciones como el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), el Patronato Nacional de la Infancia (PANI), la Dirección Nacional de Desarrollo Comunal (DINADECO), el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Salud, entre otros, tienen su sede regional en el municipio. Asimismo, en Puerto Viejo opera una clínica de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS).

Los servicios bancarios básicos están disponibles en el área y las empresas están creciendo. La Cooperativa de Electrificación de San Carlos (Coopesca) proporciona electricidad, televisión por cable y servicios de Internet. Hasta la fecha, esta cooperativa ha finalizado la construcción del proyecto hidroeléctrico Cubujuquí en Horquetas, y sus actividades de responsabilidad social ofrecen beneficios para el desarrollo del municipio.

Cuadro 1. Territorio y población del municipio de Sarapiquí

Distrito	Area	km ²	Mujeres	Hombres	Total	Densidad Hab/ km ²
1	Puerto Viejo	426.73	9857	10327	20184	47
2	La Virgen	513.65	5236	5285	10521	20
3	Horquetas	566.44	12067	12264	24331	43
4	Llanuras del Gaspar	266.21	514	646	1160	4
5	Cureña	367.51	416	535	951	3
	Total	2140.54	28090	29057	57147	27

Hay escuelas primarias en diferentes barrios y pueblos. En Puerto Viejo hay un Colegio Técnico Agropecuario desde 1972, y para la educación superior hay una sede regional de la Universidad Nacional (UNA) ubicada en Horquetas. Las principales vías de acceso están en buen estado, aunque la conexión con San José y el Valle Central se interrumpe con frecuencia debido a los deslizamientos de tierra en la Ruta 32 (la carretera principal), especialmente en la estación lluviosa.

Las actividades económicas principales son la producción de piña, café, cítricos, plátano, palma, frutas y ganado de engorde y de leche. Además, el turismo y sus servicios asociados generan un gran dinamismo en la economía local. Grandes áreas de conservación forestal, junto al atractivo del río Sarapiquí, hacen del turismo ecológico y de aventura el principal atractivo de la zona, y justifican la existencia de un gran número de hoteles variados en tamaño y características. Además, Sarapiquí es parte de un circuito turístico que continúa hacia San Carlos y Guanacaste.

Desde el punto de vista ambiental, la región de Sarapiquí es extremadamente importante, ya que forma parte tanto de la zona de conservación de la Cordillera Central como del Área de Conservación Tortuguero. Las reservas privadas también son importantes; tal es el caso de la Estación Biológica La Selva, propiedad de la Organización para Estudios Tropicales (OET), que cuenta con 1600 hectáreas de bosques dedicados a la investigación y actividades académicas de nivel universitario. La reserva privada La Tirimbina cuenta con 345 hectáreas dedicadas a la investigación.

El territorio de la Municipalidad de Sarapiquí es vulnerable a dos tipos principales de amenazas naturales:

- ✓ Amenazas hidrometeorológicas: El bien definido sistema fluvial formado por un grupo de los ríos y arroyos que bajan de las montañas es alimentado por precipitaciones durante todo el año, con un periodo de fuertes lluvias entre noviembre y enero. La falta de planificación de los asentamientos humanos y la construcción de infraestructura en las zonas propensas a las inundaciones, junto con el rápido deterioro de las cuencas hidrográficas, han creado un gran peligro para la vida y los bienes de las personas. Los ríos principales asociados con las inundaciones son los ríos Sucio, Sarapiquí y Puerto Viejo.
- ✓ Amenazas geológicas: A pesar de encontrarse en una zona de baja actividad sísmica, existe la posibilidad que de que sucedan eventos sísmicos que pueden producir daños significativos. El terremoto de Cinchona se produjo en una zona relativamente cercana, y a pesar del hecho de

que no tuvo efectos directos significativos sobre los asentamientos humanos en la municipalidad de Sarapiquí, los efectos generados a lo largo de la ribera del río, incluyendo una avalancha masiva que viajó río abajo, muestran la fragilidad de esta zona debido a sus características topográficas, que la vuelven altamente vulnerables a deslizamientos de tierra.

6. Marco y contrapartes en Gestión de Riesgos de Desastre (GRD)

6.1. Marco legal e institucional de DGR

La CNE es el órgano de gobierno establecido por la ley para la prevención de riesgos y los preparativos de emergencia (Ley Nacional de Prevención de Riesgos y Emergencias N° 8488). Entre otros, la CNE está facultada para realizar actividades ordinarias en tiempos normales en relación con la articulación, coordinación y promoción de las actividades de gestión de riesgos con los diferentes organismos e instituciones involucradas en todos los niveles, así como la supervisión, el control, la regulación y la resolución de riesgo de desastre y situaciones de peligro.

Para ello, la CNE cuenta con varias herramientas funcionales y organizativas, tales como el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo, el Plan Nacional de Gestión de Riesgos y otros mecanismos sectoriales y de coordinación.

En cuanto a los mecanismos sectoriales, vale la pena mencionar al Comité Técnico Asesor de Hidrometeorología y Ríos, un equipo técnico interdisciplinario integrado por especialistas que asesora a la CNE en elementos técnicos y científicos para la toma de decisiones relacionadas con la prevención y respuesta ante emergencias en esta área. Para los mecanismos de coordinación, se hace una subdivisión en comités regionales, municipales y comunales que permite una cobertura más enfocada del territorio nacional.

En Sarapiquí existe un Comité Municipal de Emergencias (CME) y algunos comités comunales de emergencias (CCE) que han surgido como resultado de un proyecto previo del PNUD desarrollado en la zona, en relación con el proceso de recuperación tras el terremoto de Cinchona de 2009.

El CME y los CCE juegan un papel clave en la implementación de los esfuerzos relacionados con la organización, preparación y respuesta a emergencias a nivel local. La Ley Nacional de Emergencias regula su organización, funciones y responsabilidades.

El CME tiene alcance a nivel municipal y está integrado por representantes de instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales y del sector privado que desarrollan actividades dentro del municipio. La participación de los funcionarios públicos designados para estos comités se considera como parte de sus responsabilidades regulares, y por lo tanto obligatorias.

Sin embargo, el CME actual tiene una limitada participación en todas las decisiones y acciones de preparación, ya que la mayor parte de las responsabilidades de respuesta a emergencias son asumidas por la Cruz Roja, el Departamento de Bomberos y la Policía, que fungen como agencias de respuesta inmediata.

Los CCE incluyen a representantes de la sociedad civil, a las organizaciones comunales, a las organizaciones no gubernamentales y al sector privado, y desarrollan actividades a nivel distrital, comunitario y vecinal. Su organización, seguimiento y asesoría serán responsabilidad del respectivo CME, bajo el apoyo y la supervisión del Oficial de Enlace de la CNE.

6.2. Antecedentes del SAT en Costa Rica

Algunas experiencias relevantes sobre el SAT que hay que señalar son las siguientes:

- ✓ Debido a los efectos del huracán Joan en Costa Rica, desde 1988 la CNE, el ICE y el IMN establecieron mecanismos mediante los cuales los habitantes de las comunidades de las cuencas de La Estrella y Sixaola comunican a la CNE datos de clima y niveles de agua por medio de los sistemas de comunicación de radio, y reciben a su vez alertas y advertencias asociadas a eventos hidrometeorológicos.
- ✓ Esta experiencia promovió el establecimiento de la Red Interinstitucional de Comunicaciones y Monitoreo de la CNE, que realiza un seguimiento de los eventos de riesgo en todo el país a través de un sistema de radios y repetidoras, con el fin de alertar a las poblaciones en peligro. Aunque al inicio esta red se utilizó para controlar solamente los eventos hidrometeorológicos, en la actualidad también monitorea la actividad volcánica, deslizamientos de tierra y otros peligros, de acuerdo con las necesidades presentes.
- ✓ En abril de 1991, el terremoto de Limón afectó gravemente varias cuencas en el Caribe de Costa Rica, causando numerosos derrumbes que vertieron toneladas de materiales en los cauces. Entre los ríos más afectados se encontraban La Estrella, Banano y Sixaola, todos los cuales presentan caudales altos y son los responsables de las recurrentes inundaciones en la zona. Una vez más, se establecieron comités comunales de vigilancia capacitados en el uso de equipos básicos de meteorología y radio para vigilar el clima y las condiciones de los ríos, y en la manera de responder a las alertas. Este mecanismo ha contribuido a salvar numerosas vidas cada vez que una perturbación meteorológica ha provocado fuertes lluvias en las zonas montañosas hasta rebasar varios de los embalses existentes, de manera tal que se generaron alertas oportunas por parte de los voluntarios de la comunidad, y esto permitió la evacuación de la población en riesgo.
- ✓ En colaboración con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), la CNE ha organizado un exitoso proyecto a nivel local y municipal para el río Cañas (Guanacaste), que incluye la construcción de diques hechos con neumáticos viejos, y la implementación de un sistema de alerta de base comunitaria.
- ✓ Debido a los efectos del terremoto de Cinchona de 2009 sobre la geomorfología de la cuenca del Sarapiquí, incluyendo la avalancha presentada en ese momento, el Comité Técnico Asesor sobre la Hidrometeorología y Ríos de la CNE preparó una propuesta para el establecimiento de un sistema de alerta temprana en la cuenca del río Sarapiquí. Esa propuesta identificó comunidades de la zona baja de la cuenca, tales como La Virgen, Chilamate, Bajo Chilamate y Puerto Viejo, como áreas que podrían estar expuestas a la deposición de sedimentos arrastrados. Como parte de este plan, se instalaron radios, sensores remotos y sirenas en diferentes puntos de control a lo largo del río Sarapiquí. Sin embargo, los habitantes e instituciones locales no tuvieron suficiente información y formación, lo que reduce la capacidad de la organización y la respuesta local con respecto a las acciones propuestas en el plan.
- ✓ Actualmente, existe una red de vigilancia y monitoreo en la zona, que incluye al menos a 20

estaciones de meteorológicas, medidores de precipitación y de caudal -propiedad del ICE y del IMN- así como a 17 radios instalados por la CNE en diferentes sitios (no todos funcionan).

- ✓ Un proyecto anterior del PNUD incluyó varias actividades para reforzar el SAT, con énfasis en el fortalecimiento de la organización de las comunidades y las instituciones locales con el fin de lograr una respuesta organizada en caso de inundaciones o avalanchas. Los comités comunales de emergencia fueron reactivados en las localidades de El Amigo, La Delia, Las Delicias, Caño San José y Rojo Maca, todos ubicados en la cuenca baja. Además, el proyecto incluyó la provisión de tres estaciones meteorológicas automáticas, tres medidores de caudal y una base de radio UHF-VHF para ser incluido en la red de monitoreo del IMN y del ICE.
- ✓ En la actualidad, varios puestos de observación y vigilancia son monitoreados las 24 horas del día en todo el país, y la información producida es transmitida para ayudar en la toma de decisiones en situaciones de emergencia. Esto se realiza a través del sistema de comités de emergencia establecido por la CNE, con el apoyo de la Red Interinstitucional de Comunicaciones y Monitoreo que vincula a muchos ministerios, estaciones de bomberos, oficinas de la Cruz Roja, el IMN y otros organismos científicos, las empresas de servicios públicos, las oficinas de la policía, entre otras. Esta red de monitoreo cubre el 90% del territorio nacional y verifica las condiciones de lluvia, el caudal de los ríos, las emergencias médicas y otras situaciones que requieren atención por parte de las autoridades de emergencia. En condiciones hidrometeorológicas extremas, o por petición expresa del IMN, la intensidad del proceso de seguimiento se incrementa en las zonas afectadas o amenazadas.

7. Componente técnico del proyecto

7.1. Características de la cuenca del río Sarapiquí

El diseño de un sistema de alerta temprana requiere el conocimiento de la respuesta hidrológica que tiene la cuenca en relación con las precipitaciones. La respuesta hidrológica de una cuenca a la precipitación se representa por el hidrograma de crecida, que es “una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen la relación entre la precipitación y la escorrentía de una cuenca de drenaje particular” (Chow, 1964).

Por lo tanto, las características físicas de una cuenca, la condición de uso del suelo, la variación espacial y temporal de la precipitación y la variación simultánea de los procesos de extracción, definen las características de escorrentía de una tormenta dada. Cuando han realizado las abstracciones locales, el agua comienza a fluir como flujo superficial y, finalmente, hacia un canal de desagüe. Cuando se alcanza esta condición, el sistema hidráulico de los canales naturales de drenaje tiene una gran influencia en los patrones de escorrentía de la cuenca.

Por lo tanto, a fin de establecer la respuesta hidrológica de la cuenca del río Sarapiquí, es necesario determinar las características físicas de la cuenca, las condiciones de uso del suelo y la distribución espacial y temporal de la precipitación en el área de drenaje.

7.1.1 Propiedades físicas de la cuenca del río Sarapiquí

La cuenca del río Sarapiquí es una de las 34 cuencas principales de Costa Rica y es una subcuenca del Río San Juan. Los muelles del río Sarapiquí se encuentran en el flanco norte de la Cordillera Volcánica Central. El principal río fluye con una dirección predominantemente norte hasta unirse al río San Juan en La Trinidad, en la frontera entre Costa Rica y Nicaragua.

La red fluvial de la cuenca del río Sarapiquí está formado por tres canales principales: el principal río Sarapiquí, el río Puerto Viejo y el río Sucio. El río Puerto Viejo se une al río Sarapiquí, en la cuenca baja, cerca de 1 km aguas arriba de la ciudad de Puerto Viejo. A partir de ese punto, el río continúa con el nombre de Sarapiquí, uniéndose al río Sucio aproximadamente 9 km aguas abajo de la ciudad de Puerto Viejo.

Aguas abajo de la confluencia con el río Sucio, el canal principal continúa bajo el nombre de Sarapiquí hasta La Trinidad, que está a unos 30 km río abajo de la ciudad de Puerto Viejo.

El río Sarapiquí, del cual deriva su nombre la cuenca, tiene sus nacientes en la ladera norte del volcán Poás. Fluye con una dirección norte hasta la parte media de la cuenca. Cerca del pueblo de San Miguel, el río toma una dirección noreste hasta la confluencia con el río Puerto Viejo.

El río Puerto Viejo tiene su cabecera en la ladera norte del volcán Barva. Fluye con dirección norte hasta su confluencia con el río Sarapiquí.

El río Sucio tiene sus nacientes en la ladera norte del Volcán Irazú. El río fluye con dirección noroeste hasta la confluencia con el río Sarapiquí. El modelo de elevación digital para estos tres subcuencas se muestra en la Imagen 3. El área de drenaje de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo fue delimitada hasta la confluencia de ambos ríos.

El modelo de elevación digital de la cuenca del río Sucio se delimitó hasta la confluencia del río Sucio con el río Sarapiquí. Las características físicas muestran que las cuencas del Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio son cuencas montañosas. El índice de la pendiente es de aproximadamente 20%, y las laderas medias del canal tienen valores entre 6% y 7% en el caso de los ríos

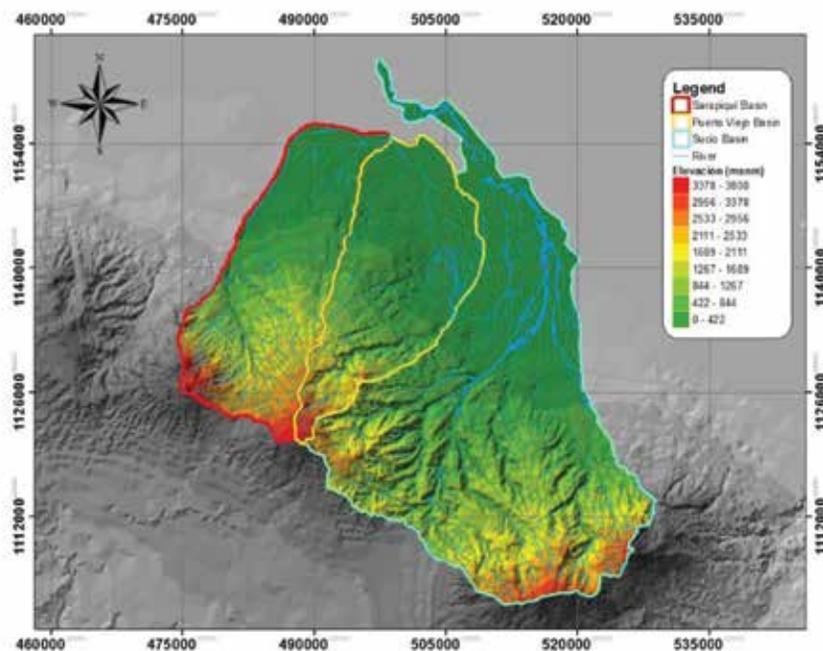


Imagen 3. Modelo de elevación digital de las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio.

Cuadro 2: Características físicas obtenidas para las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio

Parámetro	Cuenca		
	Sarapiquí	Puerto Viejo	Sucio
Área (km ²)	415.59	385.75	1008
Perímetro (km)	99.94	94.54	196
lc	1373	1348	1729
Media de Elevación (msnm)	1977.84	2678.50	988.87
Altura mínima (msnm)	100	100	100
Máxima Elevación (msnm)	2744.85	2900	3400
lp (%)	23.25	21.06	17.07
l (km)	10.54	10.49	11.68
L (km)	39.43	36.78	86.32
Sbasin (%)	11.26	9.45	18.22
Longitud del canal principal (km)	86.58	75.45	162.50
Media de laderas del canal	6%	7%	4%
Long. total de la red de canales (km)	692.27	530.32	1785.70
Dd (km/km ²)	1666	1375	1772
Xcentroide (m)	485822	49890	510600
Ycentroide (m)	1138380	1139000	1124000

lc: Ratio de circularidad, lp: Índice de laderas, l: Longitud del lado más corto del rectángulo equivalente, L: Longitud del lado más largo del rectángulo equivalente, Sbasin: media de laderas de la cuenca, Dd: Densidad del drenaje, Xcentroide: longitud geográfica del centroide de cuenca, Ycentroide: Latitud geométrica del centroide de cuenca.

Sarapiquí y Puerto Viejo, y cerca del 4% para el Río Sucio. (Véase el “Anexo 1. Características físicas de la cuenca del río Sarapiquí”, para más detalles sobre las curvas hipsométricas y modelos de elevación digital).

Cada una de estas cuencas se analizó de forma individual para obtener los hidrogramas de crecida para diferentes periodos de retorno. Estos hidrogramas se muestran en el “Anexo 3. Calibración del modelo hidrológico”. Las características físicas obtenidos para las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio, se muestran en el Cuadro 2.

7.1.2. Uso del suelo

El uso del suelo afecta significativamente las características de escorrentía de una cuenca. Si el uso del suelo es variable, incluso cuando otras características de las cuencas hidrográficas se mantienen constantes, el patrón de escurrimiento puede variar significativamente. Por lo tanto, las características de uso del suelo son un factor importante para determinar el hidrograma de crecida de una cuenca.

Muchos descriptores de uso del suelo son empleados en el análisis hidrológico. Muy a menudo, una descripción cualitativa del uso de la tierra se transforma en un índice cuantitativo del potencial de escurrimiento. En este estudio, el índice de escorrentía desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE.UU. (antes Servicio de Conservación de Suelos), llamado 'número de curva', se utiliza para estimar el potencial de escurrimiento de las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio. El número de la curva es una integración de los efectos hidrológicos de uso del suelo, tipo de suelo y condición de humedad antecedente.

El uso del suelo en la cuenca de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio se caracteriza por el alto porcentaje de zonas forestales y bosques. En las tres subcuencas las zonas boscosas cubren más del 67%. Esto se debe a que las partes superiores de las tres cuencas son las tierras del parque nacional.

Las zonas inferiores de las tres cuencas se utilizan para potreros, pastizales, pequeñas actividades agrícolas y pequeñas áreas urbanas, como la ciudad de Puerto Viejo. Casi el 30% de la superficie de cada cuenca se dedica a potreros y pequeñas actividades agrícolas y turísticas.

De acuerdo con estas características de uso del suelo, se puede esperar que la interceptación y la infiltración jueguen un papel importante en la disminución del volumen de escorrentía. Sin embargo, estas cuencas están bajo la influencia constante de los vientos alisios, que traen continuamente la humedad del mar Caribe. Por lo tanto, el nivel de humedad del suelo y la vegetación es muy alto y, en consecuencia, el volumen de escurrimiento también es alto.

Las características de uso del suelo de la cuenca del río Sarapiquí se muestran en la Imagen 4 y en el Cuadro 3, mientras que para la cuenca del río Puerto Viejo se muestra en la Imagen 5 y en el Cuadro 4. Las mismas características de la cuenca del río Sucio se presentan en la Figura 6 y en el Cuadro 5.

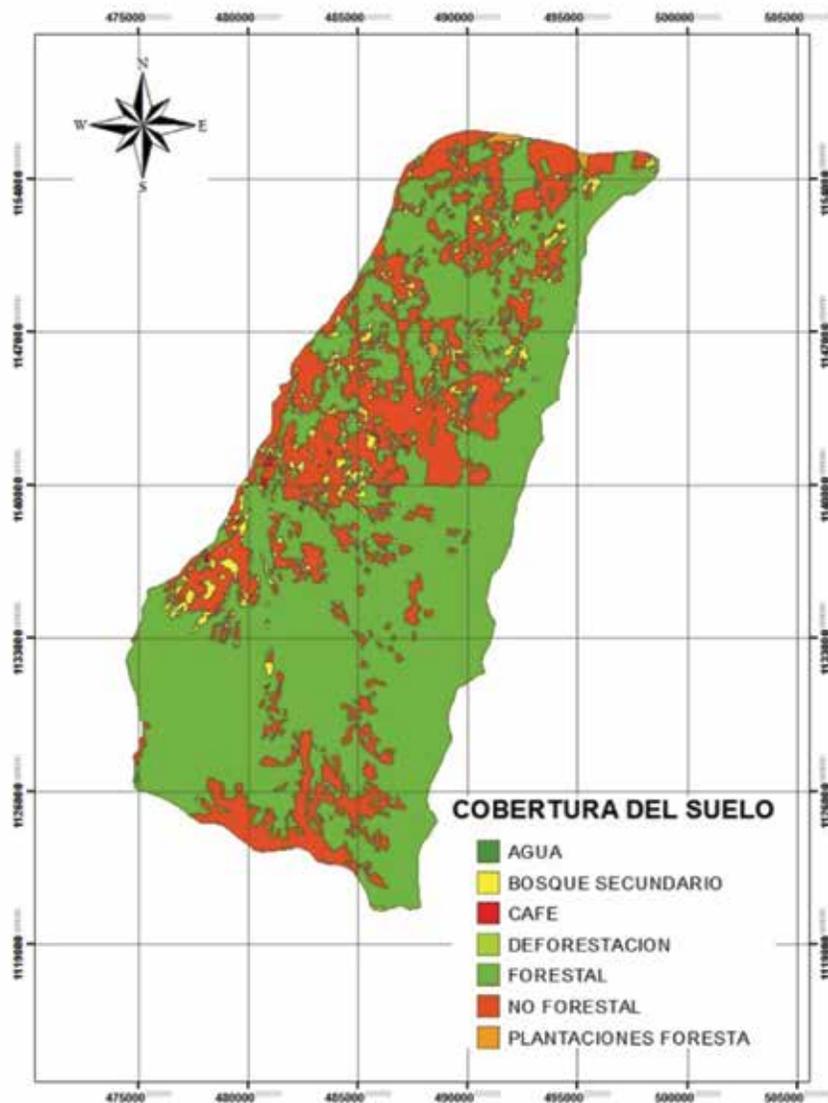


Imagen 4: Características del uso del suelo de la Cuenca del río Sarapiquí

USO DEL SUELO	Área Km ²	PORCENTAJE
AGUA	0.14	0.03
BOSQUE SECUNDARIO	18.99	4.57
CAFÉ	0.83	0.20
DEFORESTACIÓN	0.01	0.00
BOSQUES/ARBOLEDAS	282.57	67.99
POTREROS, PASTIZALES, Y PEQUEÑAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	111.79	26.90
PLANTACIONES FORESTALES	1.26	0.30

Cuadro 3: Características del uso del suelo de la Cuenca del río Sarapiquí.

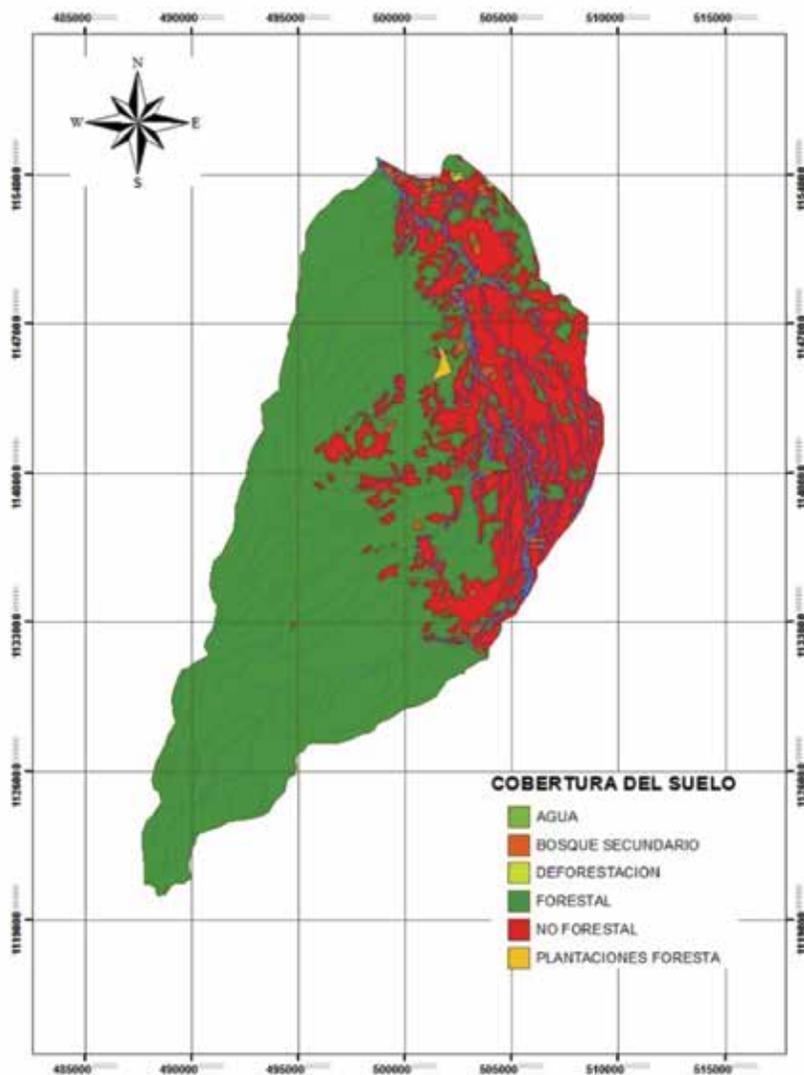


Imagen 5: Características del uso del suelo de la Cuenca del río Puerto Viejo

USO DEL SUELO	Área Km ²	PORCENTAJE
AGUA	0.30	0.08
BOSQUE SECUNDARIO	7.37	1.91
DEFORESTACIÓN	0.36	0.09
BOSQUES/ARBOLEDAS	271.66	70.42
POTREROS, PASTIZALES, Y PEQUEÑAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	105.34	27.31
PLANTACIONES FORESTALES	0.72	0.19

Cuadro 4: Características del uso del suelo de la Cuenca del río Puerto Viejo.

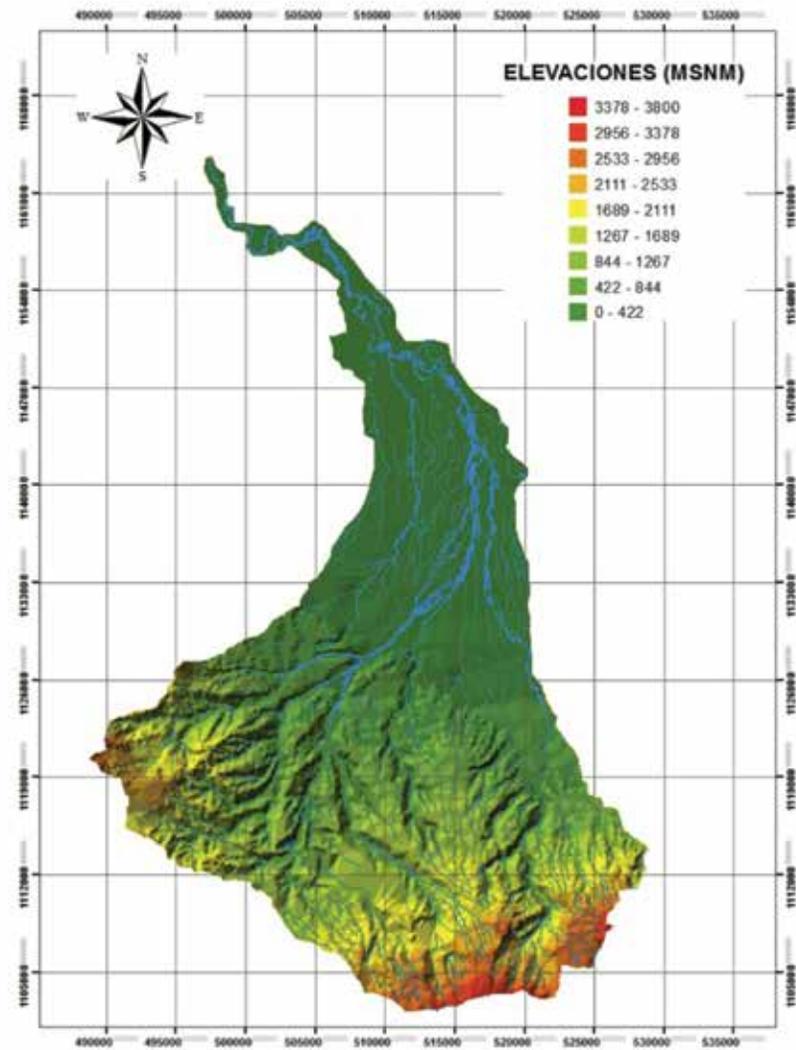


Imagen 6: Características del uso del suelo de la Cuenca del río Sucio

USO DEL SUELO	Área Km ²	PORCENTAJE
AGUA	17.78	1.76
BOSQUE SECUNDARIO	18.30	1.82
DEFORESTACIÓN	3.76	0.37
BOSQUES/ARBOLEDAS	689.10	68.38
POTREROS, PASTIZALES, Y PEQUEÑAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	274.86	27.27
NUBOSIDAD	0.67	0.07
PLANTACIONES FORESTALES	3.33	0.33
CONSTRUCCIÓN	0.01	0.00

Cuadro 5: Características del uso del suelo de la Cuenca del río Sucio.

7.1.3. Observaciones históricas y monitoreo de la precipitación y escorrentía asociada

La red meteorológica de la cuenca del río Sarapiquí comenzó a aplicarse en la década de 1950. En 1955, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) instaló una estación pluviómetro en Puerto Viejo de Sarapiquí. En 1959, el IMN instaló un segundo medidor de lluvia en la Colonia Penal y una tercera estación en San Miguel de Sarapiquí, en 1960. El ICE se aunó a los esfuerzos del IMN y en 1964 instaló una estación pluviómetro en Vara Blanca, y una segunda estación en la Colonia Los Angeles en 1964. Desde entonces, el ICE y el IMN han instalado un total de 31 estaciones de medición de lluvia y dos estaciones de aforo de ríos. La red del ICE es principalmente para fines de generación hidroeléctrica y, por lo tanto, se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Sarapiquí. La red de IMN se encuentra en la parte media de la cuenca. La cuenca baja no tiene estaciones de aforo hidrometeorológico. De las 31 estaciones de medición de lluvia que se han instalado, sólo hay 20 que están en funcionamiento hasta la fecha, y de las dos estaciones de aforo del río sólo una sigue en funcionamiento. De las 20 estaciones de medición de lluvia, 10 estaciones son pluviómetros y 10 son pluviógrafos.

Como se puede observar en la Imagen 7, todas las estaciones están ubicadas en la cuenca del río Sarapiquí, y no hay ninguna en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio. Esto se debe a que, desde la época colonial, ha existido un camino que comunica la Meseta Central con la comunidad de Puerto Viejo. Las estaciones de medición de lluvia se encuentran a lo largo de este camino y en diferentes comunidades a lo largo de la carretera, de manera que alguien pueda hacerse cargo de las estaciones.

Nuevas estaciones pluviométricas fueron añadidas a la red a medida en que la red de carreteras mejoró. Sin embargo, puesto que no se han desarrollado actividades sociales y económicas en las partes medias y altas de las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio, no se han instalado estaciones de medición de lluvia o de aforo en estas cuencas.

En mayo de 1964, el ICE instaló una estación de aforo en la parte alta del río Sarapiquí, a 750 metros sobre el nivel del mar. El nombre de esta estación de aforo es Cariblanco. Esta estación de medición se encuentra todavía en operación. En noviembre de 1968, el ICE instaló una segunda estación de aforo cerca de la comunidad de Puerto Viejo, en la cuenca baja. Esta estación se encuentra 1 km río abajo de la confluencia del los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. Esta estación de medición, llamada Puerto Viejo, está fuera de servicio desde 1998.

En la cuenca del río Sarapiquí, el único parámetro climático que se mide es la precipitación. Sin embargo, se pueden estimar indirectamente algunos parámetros climáticos a través de las zonas de vida presentes en el área de drenaje de la cuenca del río Sarapiquí.

Ahora bien, según Holdridge L.R., las asociaciones o comunidades de flora y fauna pueden agruparse en zonas o formaciones de vida, donde cada zona de vida comprende una gama definida de condiciones climáticas, edáficas y atmosféricas. La misma zona de vida y sus asociaciones puede aparecer en regiones tan distantes como los distintos continentes. Dentro de dos comunidades muy distantes entre sí que tienen las mismas condiciones climáticas, edáficas y atmosféricas, las especies de flora y fauna pueden ser completamente diferentes, pero el aspecto general y la forma de vida de la flora y fauna son los mismos.

Los tres factores climáticos principales para una forma de vida son el calor, la precipitación y la humedad.

En la cuenca del río Sarapiquí se presentan tres grandes zonas de vida. En la cuenca baja, entre los 100 y los 700 metros sobre el nivel del mar se encuentra el bosque tropical húmedo. En la parte media de la cuenca, entre los 700 y los 1500 metros sobre el nivel del mar, se encuentra el bosque húmedo premontano. En la parte alta de la cuenca, entre 1500 y 3400 metros sobre el nivel del mar, está el bosque montano lluvioso bajo.

De acuerdo con esta distribución de zonas de vida, es posible trazar el perfil de temperatura y precipitación de la cuenca del río Sarapiquí. En la cuenca baja, la temperatura media anual es de 27°C. La temperatura media desciende a 24°C en el punto en que se alcanza el límite entre el bosque húmedo tropical y el bosque lluvioso premontano, a 700 metros sobre el nivel del mar. Desde esa altura y hasta los 1500 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual sigue disminuyendo hasta los 17°C, cuando alcanza el límite entre el bosque húmedo premontano y el bosque lluvioso montano bajo. A partir de los 1500 metros sobre el nivel del mar y hasta a las zonas más altas de la cuenca, a 3400 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual se reduce a 12°C.

En todas las zonas de vida presentes en la cuenca del río Sarapiquí, la precipitación media anual es superior a los 4000 mm. Según el balance hídrico para Costa Rica, elaborado por la UNESCO en colaboración con el ICE, el IMN, el CNHM y el CRRH¹, la precipitación anual media en el área de drenaje de la cuenca del río Sarapiquí es de 4724 mm, con un escurrimiento medio anual de 3652 mm y una evaporación media anual de 1043 mm.

Para la definición del patrón de escurrimiento de las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio, se utilizó la información histórica de las tormentas severas y los hidrogramas de flujo asociados que fueron registrados por la red meteorológica y los medidores de caudal del río Puerto Viejo. La serie de datos empleada para analizar el patrón de escurrimiento para cada tormenta no fue siempre la misma, ya que para los registros anteriores solo se disponía de cuatro o cinco pluviómetros, mientras que para las tormentas más recientes algunas de las estaciones no estaban funcionando cuando estas tormentas impactaron la cuenca del río Sarapiquí.

La interpretación de los registros de los pluviómetros fue hecha en intervalos de diez minutos para cada tormenta. Esta tarea fue muy difícil porque la tinta en algunos de los gráficos se ha ido desvaneciendo. En casi un tercio de los gráficos, lo único que queda en el papel es la marca del lapicero. Estos datos fueron interpretados utilizando imágenes en alta definición de los gráficos y haciendo “zoom”, para buscar hasta el más mínimo contraste en la imagen que permitiera la determinación de las marcas de tinta originales. Este proceso fue largo y exigió más tiempo y esfuerzo de lo previsto en las estimaciones iniciales hechas en la fase de diseño del proyecto.

A pesar de las condiciones de los gráficos, fue posible recuperar la información sobre tormentas severas y los hidrogramas correspondientes. Cada una de estas tormentas fue analizada y se comprobó la consistencia de la tormenta con el hidrograma de crecida para determinar el nivel de confianza de los registros hidrometeorológicos. De un total de 22 tormentas, se tomaron en cuenta 12 para cumplir con los estándares de calidad que se utilizaron para la calibración del modelo hidrológico seleccionado para determinar el patrón de escurrimiento de la cuenca del río Sarapiquí.

Los gráficos de nivel de agua de la estación de aforo de Puerto Viejo fueron hallados en mejores condiciones. Estos gráficos fueron interpretados en intervalos de una hora de tiempo.

¹ UNESCO, 2007. Balance hídrico superficial de Costa Rica. Período: 1970-2002. Documentos Técnicos del PHILAC, N° 10.

7.1.4. Nuevas estaciones climáticas automáticas

Con el fin de mejorar la red meteorológica de la cuenca del río Sarapiquí, el proyecto del SAT adquirió e instaló dos estaciones meteorológicas. Estas dos estaciones cuentan con sensores de dirección y velocidad del viento, así como de temperatura, humedad relativa, presión barométrica, radiación solar y sensores de precipitación.

Una de las estaciones ha sido instalada en la cuenca baja del río Sarapiquí, específicamente en la estación de policía en Puerto Viejo; y la segunda en la parte media de la cuenca, en un bosque de la reserva natural llamada El Ceibo, que pertenece al MINAE. La segunda estación se encuentra en un lugar estratégico, cerca de la divisoria de las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sarapiquí.

La estación meteorológica instalada en la estación de policía es muy importante ya que brindará información sobre la posible contribución de flujo de los pequeños arroyos y ríos ubicados en las llanuras y que desembocan en el río Sarapiquí. En la cuenca baja del río Sarapiquí no hay estaciones meteorológicas. Estos pequeños arroyos y ríos pueden crecer e inundar partes de las llanuras antes de que los principales ríos aumenten su caudal. Cuando esto sucede, algunas zonas de las llanuras de inundación pueden quedar aisladas, y los habitantes pueden no tener tiempo para evacuar y llegar con seguridad a los albergues.

Tener una estación meteorológica en la cuenca baja del río Sarapiquí permitirá mejorar el modelo hidrológico, al incorporar en el SAT algunos de los pequeños arroyos y ríos de las llanuras.

La estación meteorológica instalada en el bosque de la reserva natural El Ceibo permitirá validar algunas de las suposiciones hechas sobre la distribución espacial y temporal de la precipitación en la cuenca del río Puerto Viejo. Es importante señalar que en las partes medias y altas de la cuenca de los ríos Puerto Viejo y Sucio no hay actividades sociales o económicas. Esto se debe, en parte, a las severas condiciones climáticas de la zona, y también a la ubicación del Parque Nacional Braulio Carrillo y la Zona de Conservación de la Cordillera Volcánica Central. Por lo tanto, la mayor parte del uso del suelo en las partes medias y altas de la cuenca de los ríos Puerto Viejo y Sucio es para bosque primario con presencia de una densa selva. Resulta muy costoso abrir, operar y mantener una estación meteorológica en esta zona, ya que no hay vías de acceso o personas para cuidar de ella. Por otra parte, la implementación de una estación meteorológica en la parte media de la cuenca del río Sarapiquí, cerca de la divisoria de aguas de la cuenca del río Puerto Viejo, proporcionaría información valiosa sobre el patrón de la precipitación de la cuenca del río Puerto Viejo, a pesar de que la estación meteorológica no está dentro del área de drenaje de la cuenca del río Puerto Viejo.

La mejora de la red meteorológica y la validación de las hipótesis formuladas para generar sintéticamente los hidrogramas de crecida de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo incrementará el nivel de confianza, tanto en el monitoreo de la precipitación como en el pronóstico de escorrentía. Esto, a su vez, reducirá el número de falsas alarmas de inundación, proporcionando a los habitantes de las zonas propensas a inundaciones un SAT más preciso, basado no sólo en la base teórica muy conocida, sino también en las observaciones y mediciones de campo.

7.2. Modelación hidrológica

Con el fin de poder de diseñar un sistema de alerta temprana de inundaciones en la cuenca baja del río Sarapiquí, es necesario determinar el patrón de escurrimiento de la cuenca y su respuesta hidrológica a las precipitaciones. La respuesta hidrológica de la cuenca a la lluvia no sólo depende de las características físicas y del uso del suelo de la cuenca, sino también de la distribución de las precipitaciones espaciales y temporales.

La respuesta hidrológica de cada una de las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio fue determinada a partir de la aplicación de un modelo hidrológico. Se calibró un modelo hidrológico agregado para determinar los parámetros que definen el comportamiento hidrológico de cada cuenca. El modelo fue calibrado con base en los registros anteriores de los volúmenes de precipitación de inundaciones y el de los hidrogramas correspondientes.

Como se puede observar en la Imagen 7, las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio no tienen ningún dato de precipitación en la estación meteorológica. En la cuenca del río Sarapiquí hay 22 estaciones meteorológicas, la mayoría de ellas situados en la parte alta de la cuenca.

Hay dos estaciones de aforo de ríos: 69-1202 Cariblanco, en la zona superior del río Sarapiquí; y 69-1203 Puerto Viejo, río abajo de la confluencia de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo.

Debido a su ubicación en la parte alta de la cuenca, la estación de aforo de 69-1202 Cariblanco no se utilizó para caracterizar el patrón de escurrimiento de la cuenca del río Sarapiquí. La estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo registra el escurrimiento del los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo de manera agregada. Por lo tanto, los hidrogramas obtenidos en la estación de aforo de 69-1203 Puerto Viejo se utilizaron para calibrar un modelo hidrológico y establecer el patrón de escurrimiento de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo de manera agregada. La calibración de los hidrogramas agregados se llevó a cabo utilizando la profundidad de la precipitación registrada en la cuenca del río Sarapiquí para estimar un volumen de precipitación equivalente para el conjunto agregado de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. Una vez que el modelo hidrológico se calibró con los registros de precipitación de la cuenca del río Sarapiquí, se generaron hidrogramas de crecida para cada tormenta de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, de forma sintética e independiente. Ambos hidrogramas se añadieron en la confluencia y luego se compararon con los



Imagen 7: Estaciones meteorológicas y de aforo en las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio. Fuente: ICE, Boletín Hidrológico, 1990.

hidrogramas de agregados registrados en la estación de aforo de Puerto Viejo 69-1203, con el fin de comprobar la representatividad de los parámetros utilizados en la generación de los hidrogramas sintéticos de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo

Como se mencionó antes, en la cuenca del río Sucio no hay estaciones meteorológicas ni de aforo. Por lo tanto, el volumen de la precipitación se estima a través de los registros de la estación meteorológica de la cuenca vecina del río Chirripó. El hidrograma de crecida fue generado de manera sintética utilizando los parámetros obtenidos en la calibración del modelo hidrológico con los registros de la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo.

Dado que la mayor parte de la información del patrón de escurrimiento de las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio tuvo que ser generada de forma sintética, para este fin se decidió utilizar un modelo precipitación-escorrentía que no requiere parámetros hidrometeorológicos muy detallados y específicos. Por lo tanto, se seleccionó el modelo HEC-HMS para definir los parámetros precipitación-escorrentía que describen la respuesta hidrológica de las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio.

La precipitación efectiva se calculó con el número de curva del Servicio de Conservación de Suelos (para obtener una descripción de este método véase el Anexo 2 “Modelo Escorrentía-Precipitación del Servicio de Conservación de Suelos”). Los hidrogramas se generaron utilizando la metodología Snyder de hidrograma unitario. Se calculó el volumen promedio de precipitación sobre la cuenca del río Sarapiquí asignando factores de peso a la serie de precipitación de cada estación meteorológica de esa cuenca, y luego sumándolos. La distribución temporal de la precipitación fue calibrada usando los incrementos de las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas con registros continuos, y los hidrogramas de crecida registrados en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo.

El modelo HEC-HMS fue calibrado para el caso de 22 hidrogramas registrados en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo (véase el Anexo 3 “Calibración del modelo hidrológico”). El hidrograma de crecidas registrado en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo describe el patrón de escurrimiento agregado y la respuesta hidrológica agregada de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo.

7.3. Modelación hidráulica

La modelación hidráulica (véase el Anexo 4 “Modelo Hidráulico”) fue construida utilizando un modelo bidimensional sobre la llanura de inundación y los cauces de los ríos. El modelo bidimensional utiliza una cuadrícula no estructural de los volúmenes finitos integrados por elementos triangulares y rectangulares.

Después de configurar el modelo hidráulico con toda la información requerida, los hidrogramas de caudal de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio producidos por las tormentas con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años se desplazan a través de la llanura de inundación de 75 km², para definir las respectivas áreas propensas a inundaciones.

El modelado hidráulico de caudal sobre las llanuras de inundación permitió construir no sólo el mapa de profundidad de flujo sobre las áreas inundadas, sino también los correspondientes mapas de velocidad de flujo.

Los mapas de profundidad del caudal (véase el Anexo 5 “Mapas de Profundidad del Caudal”) muestran que, para los hidrogramas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo correspondientes a 5 y 10 años de período de retorno, las zonas de inundación corresponden con el desbordamiento de los pequeños arroyos que desembocan en el río Sarapiquí. Cuando crece el nivel del caudal del río Sarapiquí, los pequeños arroyos no pueden fluir en el canal principal de este río y forman una curva de estancamiento en el sentido opuesto al de la corriente. Esta curva de estancamiento desborda los arroyos y corre a lo largo de las llanuras. Este patrón es bastante típico y fue confirmado por algunos de los habitantes de Puerto Viejo.

Es importante mencionar que la ciudad de Puerto Viejo comienza a inundarse antes que el río Sarapiquí se desborde, ya que cuando el nivel del agua del río sube, el agua entra al sistema de aguas pluviales de la ciudad, lo cual inunda las partes bajas de la ciudad.

Los mapas de velocidad del caudal (véase el Anexo 6 “Mapas de Velocidad de Caudal”) muestran que las velocidades más altas se alcanzan en el canal principal, con valores de hasta 5 m/s.

En las llanuras de inundación las velocidades son mucho menores, con valores de hasta 1 m/s.

Las altas tasas de caudal en el río Sucio inundan la margen derecha del río Sarapiquí con niveles de agua de hasta 10 metros en el canal principal y 4 metros sobre la llanura de inundación.

Para los hidrogramas de caudal producidos por las tormentas con períodos de retorno más grandes, los niveles de agua en los principales canales de los ríos y sobre las llanuras de inundación se mantienen casi igual a los estimados para los hidrogramas generados por las tormentas con períodos de retorno inferiores. Esto es muy consistente con el patrón de flujo que observan los habitantes de la llanura de inundación. También sugiere que el volumen de escorrentía adicional producido por los hidrogramas de caudal más grandes se extiende por las llanuras de inundación y aumenta el área inundada, pero no las profundidades del agua.

Los mapas que muestran el nivel de agua correspondiente a los hidrogramas de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, y para el río Sucio, se muestran en las Imágenes de la 27 a la 36. Los mapas de la velocidad del caudal de los hidrogramas de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, y para el río Sucio, se muestran en las Imágenes de la 39 a la 48.

Todos los mapas que se muestran en las Imágenes 27 a 36, y 39 a 48, se han calculado suponiendo que el hidrograma de crecida del río Sucio no ocurrirá simultáneamente con los hidrogramas de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. Esta es una suposición razonable, porque la orientación de los ejes principales de la Cuenca del Río Sucio es diferente de la orientación de los ejes principales de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. Por lo tanto, se requeriría un evento extraordinario para que una sola tormenta afecte las tres cuencas.

Sin embargo, aunque la probabilidad de que los tres hidrogramas de crecida coincidan es muy baja, también se crearon mapas de profundidades y velocidad de flujo para los hidrogramas correspondientes a eventos hidrometeorológicos que ocurren simultáneamente en los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio, para períodos de retorno de 50 y 100 años. Los mapas de profundidad de flujo para esta condición se muestran en las Imágenes 37 y 38, mientras que los respectivos mapas de velocidad de flujo se presentan en Imágenes 49 y 50.

Se puede observar en estos mapas que el patrón general de la crecida sigue siendo el mismo, pero el área inundada es casi toda la llanura de inundación. Sólo las partes montañosas de la llanura no llegan a quedar cubiertas por el agua.

8. Componente de Gestión de Riesgos de Desastre del proyecto

8.1. Organización y capacitación comunitaria para el SAT

En el contexto de este proyecto, por lo menos 20 comités comunales de emergencia (CCE) se han organizado, fortalecido y capacitado en las regiones medias y bajas de la cuenca. A través de una serie de talleres y trabajos de campo, 200 personas participaron en la identificación y cartografía de las zonas de riesgo en sus comunidades, organización de las actividades de respuesta que deben ser ejecutadas por sus respectivos Comités, la coordinación del uso de la comunicación por radio, el desarrollo de procedimientos de alerta y evacuación, la gestión de los albergues de emergencia, el aprendizaje acerca de los problemas de agua y saneamiento, la reflexión respecto a la protección de los animales en situaciones de emergencia, y la elaboración del censo de la comunidad y el inventario de los recursos de la comunidad, entre otros temas.

Las comunidades y las instituciones locales también han recibido información de los estudios hidrometeorológicos llevados a cabo en el marco de este proyecto en la cuenca del Sarapiquí.

Los representantes de los CCE han mantenido una participación muy entusiasta en todas las actividades del proyecto, llegando al punto, en algunos casos, de darles prioridad por encima de sus actividades laborales y ocupaciones agrícolas, con el fin de asistir a las reuniones y capacitaciones. En este sentido, es relevante mencionar que la mayoría de los miembros de estos comités son mujeres, que muestran un gran compromiso y un claro liderazgo.

La organización de las comunidades en torno a estos comités es de gran beneficio para su bienestar y seguridad; y lo que es más importante, están conscientes de que este es un primer paso y el camino por recorrer es todavía muy largo. Sin embargo, se ha enfatizado la necesidad de trabajar desde un punto de vista comunal respecto a la reducción del riesgo de desastres.

El área del proyecto es muy rural. Algunas de las actividades económicas más importantes son la agricultura y la ganadería, por lo que muchas familias tienen animales, ya sea como medio de vida o como animales de compañía. Por lo tanto, uno de los temas que la población desea desarrollar en el mediano plazo es la protección de los animales en situaciones de emergencia, así como la búsqueda de prácticas agrícolas alternativas para reducir las pérdidas de cosechas debido a las inundaciones.

Estas comunidades ya han recibido ofertas por parte de instituciones gubernamentales y de ONG con el fin de participar y apoyar sus esfuerzos de gestión de riesgos. De hecho, los líderes de la comunidad reconocen que el fortalecimiento de su organización local también mejora las posibilidades de conseguir apoyo para sus iniciativas. Por ejemplo, la CNE ha empezado a asignar a estos comités más recursos tales como equipos de radio, lanchas a motor, equipos de emergencia para servir a la población afectada por las inundaciones, y en especial, el seguimiento y la capacitación.

Sin embargo, los comités han declarado que la mayor contribución de este proyecto en particular ha sido fortalecer la capacidad de emitir alertas confiables con suficiente antelación. Ahora pueden recibir información oportuna y adecuada, en lugar de tener que esperar a ver el desbordamiento de los ríos para activar y comunicar las alertas.

Aunque estas comunidades son vecinas y en algunos casos no muy lejanas, antes de que el proyecto iniciara la mayor parte de estas personas no se conocían entre sí. Mediante el intercambio de experiencias se han dado cuenta de que sus problemas y situación no son tan diferentes, y que la mayoría de las soluciones propuestas son útiles para todos los casos. A la fecha, estas comunidades han desarrollado estrechos lazos de comunicación y están en capacidad de intercambiar cooperación y apoyo, no sólo en situaciones de emergencia, sino también en situaciones cotidianas.

Llegados a este punto es necesario que todos los actores institucionales y comunales realicen esfuerzos para mantener activa esta iniciativa. Los CCE requieren un mayor fortalecimiento de su organización para desarrollar habilidades adicionales, promover una mayor difusión de la información a la gente, y alentar una mayor y más activa participación de todos los habitantes de las comunidades.

8.2. Elaboración de Procedimientos Operativos

Para este propósito fue necesario revisar los protocolos de emergencia, así como los procedimientos y mecanismos existentes, con el fin de tener en cuenta la nueva información disponible a través del sistema de alerta temprana de predicción de inundaciones, y otra información meteorológica e hidrológica relevante desarrollada por medio de este proyecto con el fin de proponer modificaciones e incluir la nueva información en consulta con las comunidades locales.

Hace un tiempo hubo un intento de establecer un sistema de alerta temprana motivado por los efectos del terremoto de Cinchona, en la cuenca del Sarapiquí, en el 2009. Este plan estableció algunas instrucciones bajo el llamado Protocolo de Alertas y Evacuación de la Población. El Protocolo establece que la emisión de alertas se basa en los registros de lluvia captados por los sensores de las estaciones automáticas, que transmitirían información de Internet a los teléfonos celulares y beepers de las personas de contacto (definidos por la CNE), cuando se alcancen los umbrales de alerta (los valores de estos umbrales no se mencionan en el Protocolo). El documento del Protocolo explica también la secuencia para la activación de alertas (verde, amarillo, rojo).

Las instrucciones que se hallan en el Protocolo estaban relacionadas con la vigilancia y la activación de la alerta, pero no proporcionaban acciones específicas para orientar las acciones de respuesta. Se mencionan los "comités locales", pero ni los CCE ni los CME fueron incluidos en el diseño e implementación de estas instrucciones. El plan era demasiado general, y en todo caso nunca se llevó a cabo.

En el contexto de este Proyecto, un equipo interinstitucional integrado por representantes de CNE, IMN y el ICE, elaboró un conjunto de procedimientos operativos basados en los umbrales resultantes de la caracterización hidrometeorológica y del modelo de pronóstico hidrometeorológico (MPH) desarrollado para la cuenca del Sarapiquí.

Las premisas básicas para los procedimientos son:

- ✓ La decisión de evacuar una población se apoya en un nivel razonable de seguridad y se basa en los límites previstos por el modelo de pronóstico hidrometeorológico.

- ✓ El espíritu del SAT es la anticipación: las estructuras locales de respuesta reciben información suficiente y oportuna para tomar las medidas de protección necesarias. Se alerta e instruye con antelación a la población, para que puedan protegerse a sí mismos y a sus bienes antes de que los ríos se desborden, lo que reduce la necesidad de operaciones de rescate.

Se han diseñado tres grupos de procedimientos:

- ✓ La comunicación de los eventos: describe las acciones de activación tomadas por IMN y la CNE en la detección e identificación de un evento climático potencialmente peligroso.
- ✓ Las acciones de alerta en la CNE: describe el proceso de toma de decisiones y respuesta al interior de la CNE al recibir información sobre un evento climático potencialmente peligroso.
- ✓ Las acciones de alerta a nivel local: describe el proceso de toma de decisiones y respuesta a nivel local cuando se recibe información sobre un evento climático potencialmente peligroso.

Los procedimientos describen las acciones que se realizarán en cada paso del flujo de información, a partir de la detección por satélite de un evento climático potencialmente peligroso para las acciones de respuesta, y que deben desarrollarse a nivel local en la zona amenazada. En los procedimientos habituales, las notificaciones del IMN a la CNE comienzan con la emisión de los avisos. Sin embargo, estos nuevos procedimientos proponen que las comunicaciones sobre el evento den inicio a partir de la Advertencia hidrometeorológica.

Advertencia: Se emite cuando el riesgo de un evento meteorológico o hidrológico peligroso se ha incrementado de manera significativa, pero la ubicación o el momento de su ocurrencia es todavía incierto. Su objetivo es proporcionar información con suficiente antelación para quienes necesitan activar sus planes de acción.²

Aviso: Se emite cuando un evento meteorológico o hidrológico peligroso se está produciendo, es inminente, o tiene una muy alta probabilidad de que se produzca. Un aviso se utiliza para condiciones que suponen una amenaza para la vida o la propiedad.³

Reporte meteorológico: Se emite para informar sobre los efectos actuales de un fenómeno hidrometeorológico en una región dada del país.⁴

Los procedimientos diseñados introducen algunas novedades que modifican ciertas rutinas en el IMN y la CNE, por ejemplo:

- ✓ Las notificaciones del IMN a la CNE sobre un evento climático potencialmente peligroso se inician a partir de la Advertencia.
- ✓ La declaración de alertas y acciones se basan en umbrales:

a. La alerta verde se activa desde el primer Aviso: Dada la premisa de que el modelo de pronóstico hidrometeorológico facilita un pronóstico más preciso y que mejora el margen de certidumbre, la emisión de alerta verde en el primer Aviso no será una decisión precipitada, ya que esta acción se basará en la información del comportamiento específico de la cuenca establecido por los parámetros del modelo de pronóstico hidrometeorológico.

² Glosario del Servicio Nacional Meteorológico, Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos

³ Idem

⁴ Protocolo de Emergencias 2012. Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

b. Cuando el IMN informa a la CNE que hay una alta probabilidad de alcanzar el umbral de 50 mm de precipitación (distribuidos en toda la cuenca), de acuerdo con los parámetros establecidos por el modelo hidrológico, la CNE declara alerta amarilla, y aumenta los mecanismos de funcionamiento relacionados a este nivel de alerta, encarga



Las mujeres aportan liderazgo, conocimiento y entusiasmo al proyecto y a sus organizaciones comunales.

al CME y a los CCE que activen los procedimientos de alarma en la zona amenazada, de acuerdo con los planes de emergencia locales.

c. Cuando el IMN informa a la CNE que hay una alta probabilidad de alcanzar el umbral de 80 mm de precipitación (distribuidos por toda la cuenca), de acuerdo con los parámetros establecidos por el modelo hidrológico, la CNE declara nivel de alerta roja, y aumenta los mecanismos de funcionamiento relacionados con este nivel de alerta. El CME y los CCE activan todos los mecanismos establecidos en sus planes de emergencia, incluida la evacuación de personas en riesgo.

- ✓ Los procedimientos establecen acciones claras para todos los niveles (nacional, municipal, comunal) y todos los tiempos (monitoreo, advertencia, alerta, respuesta). Estas acciones deben ser incorporadas y sincronizadas por las instituciones y comités en sus propios planes de emergencia.
- ✓ Los procedimientos contienen descripciones narrativas y diagramas sobre el flujo de comunicación de los procesos y las acciones relacionadas, pero el CCE ha recibido un formato más sencillo para facilitar su comprensión y aplicación.

Para obtener información más detallada sobre los Procedimientos Operativos véase el Anexo 7 “Procedimientos Operativos para el Sistema de Alerta Temprana de la Cuenca Sarapiquí”.

8.3. Comprobando los nuevos SAT con un ejercicio de simulacro

Se preparó y ejecutó un simulacro con el fin de probar el SAT, sus procedimientos y otros productos desarrollados para este proyecto. Este ejercicio simula el desarrollo y el impacto de un evento hidrometeorológico que afecta a la vertiente del Caribe de Costa Rica, produciendo efectos directos en la cuenca del río Sarapiquí. En estas condiciones, se aplicaron el modelo de pronóstico meteorológico y los procedimientos, y el CME y los CCE fueron activados para llevar a cabo actividades de alerta y respuesta. Los escenarios de los ejercicios se basaron en los datos registrados para un evento hidrometeorológico real que afectó a la vertiente del Caribe entre el 20 y el 27 de noviembre de 2012, cuyas características lo convierten en un escenario potencialmente peligroso para el área de Sarapiquí.

Este ejercicio fue llevado a cabo en tres pasos:

- ✓ Uso y funcionamiento del modelo de pronóstico hidrometeorológico en modo de simulación. El personal del IMN estuvo a cargo de su aplicación (26 de febrero de 2013).
- ✓ Simulacro de emergencia en Puerto Viejo, con la participación de los CCE y el CME de Sarapiquí (27 de febrero de 2013).
- ✓ Simulacro simultáneo en tres de las comunidades con la participación de sus respectivos CCE y CME, para poner a prueba la pertinencia de los procedimientos operativos y analizar el desempeño de la respuesta. Todas las demás comunidades siguieron el ejercicio con sus CCE activados en modo de simulación (28 de febrero de 2013).

En este ejercicio, las organizaciones de los diferentes niveles (nacional, local, comunal) participaron en la aplicación de los procedimientos y herramientas desarrollados por este proyecto.

- ✓ El personal del IMN a cargo de la utilización del modelo de pronóstico hidrometeorológico desarrollado en el marco del proyecto
- ✓ El personal de la CNE encargado de transmitir e intercambiar la información de alerta con las estructuras locales de emergencia
- ✓ El CME de Sarapiquí es responsable de la preparación de la preparación institucional y la coordinación de las acciones de respuesta de emergencia en el municipio
- ✓ Los CCE son los responsables de la coordinación de las acciones de preparación y respuesta en el ámbito local

La simulación incluyó diez comunidades ubicadas en la cuenca media y baja del río Sarapiquí. Por su parte, el simulacro se realizó simultáneamente en tres comunidades, así como en la sede del CME con la participación de las siguientes comunidades y entidades:

- ✓ Los Lirios, cuenca baja suburbana.
- ✓ Caño San José, cuenca baja rural.
- ✓ Naranjales, cuenca baja urbana.
- ✓ Comité Municipal de Emergencias de Sarapiquí (activado en la Cruz Roja de Puerto Viejo).

8.4. Resultados del ejercicio de simulacro

El ejercicio tuvo una entusiasta participación de las comunidades y las instituciones, y los participantes se tomaron en serio su papel y las situaciones a las que se enfrentaron durante la emergencia simulada. Alrededor de ochocientas personas participaron en el simulacro y, sólo en la comunidad de Naranjales, se logró evacuar a unas quinientas personas.

Resultados en relación con los objetivos:

a. Verificar el funcionamiento del Modelo de Pronóstico Hidrometeorológico (MPH).

El sistema de alerta de Sarapiquí inicia con la identificación de una tormenta que puede generar tanta precipitación como para producir una inundación en la cuenca baja del Sarapiquí. Las características de este tipo de tormentas han sido determinadas en el análisis hidrológico y verificadas a través de

la calibración del modelo de pronóstico hidrometeorológico para la cuenca del río Sarapiquí. Para el ejercicio, se simuló un evento con un volumen de precipitación estimado en más de 150 mm, por lo que la previsión meteorológica se emitió para indicar que la tormenta estaría llegando a la cuenca del río Sarapiquí en aproximadamente 24 horas.

Con base en el pronóstico meteorológico, el personal del IMN confrontó el volumen total de precipitación contra el umbral de volumen de precipitación que puede provocar una inundación en la cuenca baja del Río Sarapiquí. Dado que el volumen de precipitación simulada era mayor que el umbral de volumen de precipitación, el personal del IMN procedió a ejecutar el modelo de pronóstico hidrometeorológico calibrado para estimar el hidrograma de crecida que puede esperarse en la cuenca baja del Río Sarapiquí.

De acuerdo con las estimaciones meteorológicas e hidrológicas resultantes, el personal del IMN emitió una primera Advertencia a la CNE. Debido a la magnitud estimada de la tormenta, el personal del IMN continuó monitoreando su desarrollo y actualizando las previsiones cada tres horas. El proceso de actualización consiste en la revisión constante de cómo las condiciones meteorológicas están cambiando, y en realizar de nuevo el modelo de pronóstico hidrometeorológico en las condiciones meteorológicas actualizadas. Después de cada actualización, el IMN envió un informe escrito a la CNE.

b. Evaluar la pertinencia de los procedimientos, protocolos y mecanismos para comunicar alertas y activar acciones de respuesta

El simulacro mostró que hay una adecuada comprensión y aplicación de procedimientos operativos en el ámbito institucional. En ese sentido, los procedimientos cumplieron con su función básica de armonizar la información para facilitar la toma de decisiones. Las novedades incluidas en los procedimientos operativos que modificaron rutinas existentes, en particular en la CNE, no representaron un problema para el personal responsable.

En el nivel comunal, la mayoría de los miembros del CCE son amas de casa y trabajadores agrícolas con un promedio bajo de escolaridad, por lo que la información sobre los procedimientos se simplificó para facilitar la comprensión.

Con el fin de apoyar el proceso de toma de decisiones, los EMC/CCE deben complementar la información recibida de la CNE con la información actualizada de la situación en sus localidades. Durante el ejercicio, todos los CCE tomaron la decisión de evacuar a las personas antes de que los ríos se desbordaran, teniendo en cuenta la información recibida de la CNE.

A pesar de no estar acostumbrados a trabajar con procedimientos operativos, los miembros de los CCE los aplicaron relativamente bien. Sin embargo, se necesita práctica y refinamiento constante para llegar a estar completamente familiarizados con los diferentes cursos de acción previstos en los procedimientos operativos.

c. Evaluar la capacidad de respuesta de los diferentes actores en los distintos niveles implicados (institucional, nacional, local, comunal)

En términos de organización y disposición para trabajar, la capacidad de respuesta de los CCE fue pertinente y oportuna. Sin embargo, los limitados recursos disponibles en el nivel local limitan en gran medida su capacidad para un mayor despliegue y cobertura.

Por otra parte, los CCE están integrados por voluntarios que no siempre cuentan con el permiso de sus empleadores para asistir a las actividades de preparación para emergencias y situaciones de emergencia, lo que reduce el número de personas disponibles para trabajar en los CCE.

La mayoría de los CCE son organizaciones recientes en las comunidades, no muchos vecinos saben de su existencia y su quehacer es poco conocido. Los miembros de estos CCE han mencionado que, ya que deben asumir una serie de responsabilidades durante las emergencias, sería conveniente contar con algún medio para identificarse como parte del Comité para que los vecinos presten atención a la información e instrucciones que tengan que transmitir en las emergencias.



El simulacro permitió a las comunidades poner a prueba los procedimientos desarrollados por el proyecto.

El simulacro fue evaluado por un equipo compuesto por miembros de los CME de otros municipios de la provincia. Utilizaron una herramienta de evaluación que contenía 25 preguntas, cuyas respuestas tenían un valor de 1 a 4, para una puntuación máxima de 100 puntos. La evaluación se aplicó en los niveles de CCE y CME. De acuerdo con esta evaluación, el rendimiento de los participantes durante el simulacro fue:

La activación y la organización de los CCE: el mecanismo de convocatoria para reunir a los miembros de los CCE parece funcionar bien; pero en términos generales, los sitios de reunión no tienen las condiciones adecuadas para largas sesiones de trabajo. El intercambio de información situacional entre los diferentes miembros es bueno, y hay una buena distribución de las responsabilidades, pero los miembros de los CCE son muy pocos como para encargarse de todas las actividades requeridas. Siempre muestran buen juicio en la definición de prioridades y en la toma de decisiones, y siempre tratan de usar las herramientas de información previstas por la CNE. Entender los procedimientos operativos y otras instrucciones les tomó un poco más de esfuerzo, ya que no están acostumbrados a trabajar con este tipo de herramientas.

Organización de la respuesta y el albergue: no hubo una buena comunicación o coordinación entre los responsables de las actividades de respuesta. No se han definido claramente los métodos y medios para transmitir la información sobre la situación de emergencia a la población. Sin embargo, funcionó mejor cuando se trató del proceso de evacuación, ya que la gente sabía dónde debía ir y cómo llegar allí. Hay que decir que se trata de pequeñas comunidades, así que la gente puede llegar a los sitios de evacuación a pie. En todos los casos, se tomaron medidas para apoyar a las personas con necesidades especiales, como los ancianos, niños y mujeres embarazadas. Se llevó un registro detallado de los beneficiarios al entrar en el albergue. Sin embargo, ninguno de los albergues tenía condiciones físicas, sanitarias y de seguridad adecuadas para acomodar a la gente durante más de un día.

Gestión de suministros de emergencia: todos los CCE enviaron peticiones al CME para solicitar alimentos y artículos no alimentarios para las personas en los albergues, pero no obtuvieron respuesta debido a las dificultades de organización y coordinación al nivel del CME. Sin embargo, en términos generales, las peticiones se hicieron bien en relación con la cantidad de personas desplazadas, y se utilizaron los medios acordados y los canales adecuados.

Comportamiento general: Todos los miembros del CCE respondieron a la llamada y se comprometieron con el ejercicio, tomando en serio su papel. Todas las tareas iniciadas se ejecutaron hasta finalizarlas.

La nota promedio obtenida por los CCE en la evaluación fue entre 80 y 85. Este es un buen resultado, pero están conscientes de la necesidad de mejorar. Además, durante el taller de evaluación celebrada el 12 de abril de 2013, los CCE identificaron y enumeraron sus necesidades y prioridades (materiales, de organización, de formación, de sensibilización, y la participación de la comunidad), con el fin de mejorar su capacidad de respuesta.

Nivel municipal: El funcionamiento del CME no fue óptimo. Varios miembros de las instituciones que lo integran no asistieron al ejercicio, y hubo mucha confusión respecto a los roles de los miembros. La cantidad de información superó rápidamente la capacidad de gestión. El CME no cuenta con procedimientos de trabajo adecuados y una distribución eficiente de las funciones. Apenas se tomaron algunas decisiones y no hubo respuesta adecuada a las solicitudes de los CCE.

El ejercicio tuvo un nivel aceptable de cobertura en los medios, si se toma en cuenta que la Municipalidad de Sarapiquí está lejos de San José. Parte de la información transmitida se puede ver en los siguientes sitios:

<http://reliefweb.int/report/costa-rica/sarapiqu%C3%AD-simulacro-mejor%C3%B3-capacidades-para-responder-ante-una-emergencia>

<http://www.nacion.com/2013-03-03/ElPais/rio-Sarapiquí-es-vigilado-con-equipo-especial-.aspx>

<http://anteriores.diarioextra.com/2013/marzo/07/sucesos15.php>

<http://www.prenalibre.cr/lpl/nacional/79278-evacuan-a-515-vecinos-de-Sarapiquí-ensimulacro.html>

Vanessa Rosales, Presidente Ejecutiva de la CNE, asistió al simulacro y compartió con los actores del CME y de las comunidades. Juan Carlos Fallas, director del IMN, incluso actuó como evaluador del ejercicio en Los Lirios, una de las comunidades participantes. Para ver información sobre el simulacro, véase el Anexo 8: "Informe sobre el ejercicio de simulacro para probar el SAT para la cuenca del río Sarapiquí".

9. Participación en la IV Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres

Este proyecto piloto fue presentado en la IV Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (PGRRD), celebrada en Ginebra (19 a 24 de mayo, 2013), aprovechando así la oportunidad que ofrece un evento de esta magnitud para compartir los resultados del proyecto con la comunidad internacional.

Entre los líderes de los diversos grupos participantes, se eligió a dos representantes de la comunidad para que asistieran a la PGRRD en nombre de las comunidades de Sarapiquí, con el propósito de compartir experiencias personales y comunitarias y explicar el proceso local del Proyecto SAT Sarapiquí. Se utilizaron los siguientes criterios para seleccionar a los candidatos:

- ✓ Haber participado de forma activa y comprometida en las actividades desarrolladas por el proyecto en sus comunidades o regiones.
- ✓ Conocer con suficiente detalle las características del proyecto, de manera tal que pudieran proporcionar información suficiente y adecuada sobre el tema.
- ✓ Sus habilidades de comunicación son suficientes para expresar sus ideas y mensajes con claridad y confianza.
- ✓ Ser personas proactivas, que interactúan y se comunican con energía, motivación y sin timidez.

La CNE y el consultor de GDR, quienes conocen mejor a los representantes de las diferentes comunidades participantes, establecieron una lista corta de candidatos, los cuales fueron:

- ✓ Alicia Mejías: coordinadora del Comité Comunal de Emergencia, presidente de la Asociación de Desarrollo Comunal y líder de un proyecto de ecoturismo comunitario en Rojo Maca.
- ✓ Johnny Bogantes Gómez: miembro activo del Comité Municipal de Emergencia de Sarapiquí, empleado del Ministerio de Educación en Puerto Viejo.
- ✓ Jacqueline Araya Montero: coordinadora de Comité Comunal de Emergencia local, miembro de la Asociación de Desarrollo Comunal y promotora de sistemas de agua para comunidades rurales en Puerto Viejo.

Algunos pocos líderes con un perfil adecuado quedaron por fuera de la elección, debido a que son residentes indocumentados. Al final, Alicia Mejías y Jacqueline Araya fueron elegidas debido a su involucramiento en la comunidad.

A Jacqueline se le encomendó dar una visión sobre la comunidad de Sarapiquí en el Plenario sobre



Jacqueline Araya en el Plenario de Resiliencia Comunal.

Resiliencia Comunal: La Fundación de Naciones Resilientes, junto a otras ocho experiencias de diversas partes del mundo. Jacqueline presentó adecuadamente la experiencia de la comunidad a través del desarrollo e implementación del proyecto, el cual ella considera relevante y exitoso.

El proyecto también fue presentado en el stand IGNITE del evento, bajo el nombre de “Costa Rica: Construyendo Resiliencia Comunal a las Inundaciones”. Un vídeo sobre el Proyecto Sarapiquí, creado con fines de difusión, fue exhibido en este stand.

Este video puede ser visto en: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=WWu6PqZiOw

10. Conclusiones y recomendaciones

10.1. Conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento de los procedimientos operativos, y los aspectos de la preparación para emergencias y respuesta

- ✓ En el nivel comunal, los procedimientos operativos pueden simplificarse aún más para facilitar su comprensión y aplicación. Con el fin de garantizar una ejecución adecuada, los miembros de los CCE deben estar familiarizados con los procedimientos operativos, por lo que es muy importante seguir trabajando en su organización y capacitación. La ejecución de un ejercicio anual al comienzo de la temporada de lluvias podría ser una buena estrategia para renovar las capacidades locales y para crear conciencia y “tradición” en estos asuntos al interior de la comunidad.
- ✓ Los CCE deben trabajar en el desarrollo de métodos de comunicación y medios para transmitir eficazmente la información situacional y de emergencias a la población.
- ✓ Las herramientas de información para emergencia proporcionadas por la CNE (formularios, formatos, guías, etc.) están destinadas inicialmente a los representantes de las instituciones nacionales que pertenecen a los CME. Sin embargo, son demasiado largos y complejos para ser utilizados por los miembros de los CCE. De esta forma, todas estas herramientas deben ser adaptadas y simplificadas para adaptarse a las necesidades específicas de las comunidades.
- ✓ Se requiere una gran cantidad de organización y trabajo de formación a nivel de los CME (institucional y municipal), incluyendo la comprensión y apropiación de los procedimientos operativos, en concordancia con los procesos de toma de decisiones. Es fundamental llevar a cabo una intervención política de alto nivel para obtener el compromiso del alcalde municipal (que según la ley es el jefe del CME) y promover la respuesta y la participación de las instituciones públicas (a nivel local), que están obligadas a actuar por ley.
- ✓ Los CCE son instrumentos del sistema nacional de emergencia cuya función es facilitar la asistencia rápida y adecuada a las comunidades, las cuales usualmente se hallan solas al enfrentarse a las primeras horas (o incluso días) de una emergencia. Los CCE son los primeros en reaccionar, ya que conocen bien su territorio, sus vecindarios y a sus habitantes. Por esa razón, la CNE también debe asegurarse de que todas las instituciones que intervienen en las actividades de respuesta de emergencia mantengan contacto y coordinación con los CCE (esto tiene que ser definido con antelación en los planes y procedimientos del CME), al tiempo que debe evitar la exclusión, sustitución o abandono de los CCE debido a la adopción de estructuras centralizadas de respuesta en situaciones de emergencia.

- ✓ Una de las principales debilidades del SAT en las comunidades de interés (que no tiene relación con los objetivos de este proyecto, pero que necesita ser resuelta para mejorar la capacidad de respuesta), es la inadecuada situación sanitaria y las condiciones estructurales y de seguridad de los sitios disponibles en la actualidad para ser utilizados como albergues. Con una pequeña inversión, se pueden hacer ajustes de diseño y mejoras estructurales a estos sitios, dando prioridad a los centros comunales. Sin embargo, esto requiere el apoyo adicional de los grupos organizados de la comunidad, que pueden proporcionar algo de ayuda adicional.
- ✓ Puesto que hay muchas mujeres involucradas en los CCE que suelen asistir a las actividades con sus hijos, una recomendación es la de organizar grupos de apoyo (de la Cruz Roja o de otros voluntarios de la comunidad) para brindar atención y entretener a los niños durante las actividades de formación de los CCE. Durante las situaciones de emergencia, la situación se vuelve más compleja, pero es un tema que debe ser abordado con el fin de continuar, aumentar y facilitar la participación de las mujeres.
- ✓ Poco a poco los CCE deben evolucionar y pasar del enfoque de respuesta, a la emergencia inmediata, y a una estrategia integral de Gestión del Riesgo de Desastres. Este enfoque debe involucrar a los sectores pertinentes de Sarapiquí, como las instituciones públicas, la industria del turismo, las instituciones académicas, las organizaciones ecologistas, las asociaciones de agricultores y ganaderos, etc., y debe abordar cuestiones como la adaptación de la producción local a las características de riesgo, el manejo de animales durante las emergencias y otras cuestiones conexas en materia de protección de la vida.
- ✓ Le corresponderá ahora a la CNE mantener e impulsar los resultados obtenidos en este Proyecto, incluyendo al Comité Técnico Asesor sobre Hidrometeorología y Ríos en el apoyo adicional y el seguimiento.

10.2. Conclusiones y recomendaciones para el mejoramiento de los aspectos de pronóstico hidrometeorológico

- ✓ Las respuestas hidrológicas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio fueron determinadas con base en la información de la cuenca del río Sarapiquí, ya que en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio no existen estaciones meteorológicas ni de aforo de ríos.
- ✓ A pesar de que los resultados del modelado hidrológico e hidráulico fueron validados con el apoyo de los habitantes de la cuenca baja del Sarapiquí, estos tienen que ser comprobados con mediciones de campo directas de los parámetros hidrometeorológicos pertinentes.
- ✓ El modelado hidrológico fue realizado con el fin de proporcionar información básica para el diseño de un SAT. El modelo establece que el rezago de la cuenca es de 4 horas, el coeficiente de escorrentía varía entre 0.50 y 0.55, y la distribución temporal de las precipitaciones tiene características principalmente orográficas.
- ✓ El SAT propuesto se basa en la previsión meteorológica del volumen de precipitación que se espera que caiga sobre el área de drenaje de la cuenca. Por lo tanto, es de vital importancia mejorar las capacidades instaladas de hardware y software en el IMN, con el fin de lograr la previsión meteorológica más precisa posible.
- ✓ Asegurarse de que exista suficiente información hidrometeorológica y topográfica (lo cual varía

según la región de interés), con el fin de definir la respuesta hidrológica de la cuenca y de las zonas propensas a inundaciones.

- ✓ La estación de aforo para el río Sarapiquí ubicada en Puerto Viejo debe ser reinstalada. Esta estación es el punto de control para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, y fue desmantelada por el ICE en 1998.
- ✓ Los mapas de inundaciones deben ser mejorados y validados utilizando los registros de los niveles de inundación y de áreas inundadas de los acontecimientos futuros. La validación de los mapas de inundaciones tiene que hacerse en relación con las características hidrometeorológicas de la cuenca y las condiciones hidráulicas de las llanuras de inundación.
- ✓ En relación con las condiciones hidrometeorológicas, es importante revisar la relación precipitación-escorrentía establecida en el modelo hidrológico, con nuevos datos que puedan obtenerse en el campo a partir de eventos futuros.
- ✓ En relación con las condiciones hidráulicas de las llanuras de inundación, es importante vigilar continuamente el nivel topográfico de las llanuras de inundación, así como el nivel del lecho del río. Este seguimiento se puede hacer a través de las mediciones de campo con referencia a las escalas limnimétricas ubicadas en diferentes partes de las llanuras de inundación y en las secciones transversales específicas de los ríos. Esta información mejorará la precisión del sistema de alerta temprana, y aumentará su credibilidad entre los habitantes de la cuenca baja del río Sarapiquí.
- ✓ Un sistema de alerta temprana incluye la generación de datos con base en los cuales se hace un pronóstico, la producción y difusión del pronóstico y la preparación de la población receptora, para que sepan cómo reaccionar y qué hacer con el pronóstico cuando lo reciban. Este proyecto ha abordado todas las cuestiones anteriores, pero es necesario continuar con la realización de tareas tales como: verificar y actualizar la respuesta hidrológica de la cuenca dentro del modelo, darle seguimiento a la capacidad de respuesta de la población, mejorar la red hidrometeorológica para reforzar las capacidades de predicción y modelado, y aumentar así la confianza pública en el sistema de alerta.

10.3. Recomendaciones generales para la réplica futura del proyecto

- ✓ Promover el establecimiento y la participación de una “autoridad de cuenca”, que permita un enfoque inter-sectorial y multi-institucional en la ejecución del proyecto; o bien crear una estructura local que pueda proporcionar el seguimiento y la sostenibilidad de los resultados del proyecto.
- ✓ Asegurarse de que exista suficiente información hidrometeorológica y topográfica sobre la región de interés, con el fin de ser capaz de definir la respuesta hidrológica de la cuenca y las zonas propensas a inundaciones.
- ✓ Desarrollar actividades de creación de capacidades en el modelado hidrológico para el personal de los institutos meteorológicos; o bien, para aquellas instituciones o servicios que estarán a cargo de la emisión de alertas hidrometeorológicas.
- ✓ Desarrollar actividades de creación de capacidades, tanto para las autoridades de la GRD como para la población, de manera que sepan qué hacer cuando reciban las previsiones y alertas, y para reforzar la capacidad de la población para hacer una evacuación organizada en caso de necesidad.

- ✓ Si la información hidrometeorológica en tiempo real es escasa en la región, se debe definir un programa, en colaboración con las instituciones y los socios nacionales, así como asignar el presupuesto necesario para lograr el reforzamiento de la red hidrometeorológica en el área de interés. Este presupuesto debe considerar, aparte del costo de los equipos nuevos, el costo asociado al mantenimiento de los mismos, así como el costo del recurso humano requerido para la ejecución de estas tareas, el cual normalmente es más alto que el costo mismo de los equipos.

ANEXO 1. Características físicas de la cuenca del río Sarapiquí

Los parámetros utilizados para definir las características físicas de las cuencas son los siguientes:

- ✓ Área,
- ✓ Perímetro,
- ✓ Forma de la cuenca,
- ✓ Mínimo de elevación,
- ✓ Máximo de elevación,
- ✓ Pendiente de la cuenca,
- ✓ Curva hipsométrica,
- ✓ Longitud del canal principal,
- ✓ Pendiente del canal principal y,
- ✓ Densidad del drenaje.

El área de la cuenca refleja el volumen de agua que puede ser generado a partir de la precipitación. También se utiliza, junto con el perímetro, para definir la forma de la cuenca. La forma de las cuencas utilizada en este estudio para caracterizar cada una de las subcuencas de la cuenca del río Sarapiquí es la relación de circularidad.

La relación de circularidad se define como la relación entre el área de la cuenca y el área del círculo, cuyo perímetro es igual al perímetro de la cuenca. Se calcula según la siguiente expresión:

$$I_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

donde: P es el perímetro de la cuenca y A el área de la cuenca.

La forma de cuencas es un indicador de la distribución espacial de la precipitación y el patrón temporal de la escorrentía. Una forma alargada de la cuenca indicará que la red fluvial está compuesta por un río con pocas bifurcaciones; por lo tanto, la cuenca tendrá una respuesta hidrológica rápida. Una forma más redondeada de la cuenca indicará que la red fluvial está compuesta por un conjunto más complejo de canales y que la escorrentía corre a través de una serie de canales antes de llegar al cauce principal de la cuenca. La respuesta hidrológica de una cuenca redondeada es, por lo tanto, más lenta.

Los valores de la relación de circularidad entre 1.0 y 1.25 indican una forma circular de la cuenca; los valores entre 1.25 y 1.50 indican una forma ovalada de la cuenca; los valores entre 1.50 y 1.75 indican una forma oblonga de la cuenca, y los valores por encima de 1.75 indican una forma rectangular de la cuenca.

La longitud del canal principal está relacionada con el tiempo de viaje de la corriente y de la pendiente media del río. Junto con la pendiente media del río, también se calcula la pendiente de la cuenca y el índice de la pendiente. La pendiente de cuencas refleja la tasa de cambio de la elevación con respecto a la distancia a lo largo de la trayectoria de flujo principal.

El índice de pendiente representa el valor medio de las laderas de toda la zona de la cuenca. Se calcula según la siguiente expresión:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} * \sum_{n=2}^n \sqrt{(a_n - a_{n-1}) * \beta_i}$$

donde:

I_p es el índice de la pendiente,

L es la longitud del lado más largo del rectángulo equivalente

a_n es la elevación de las curvas de nivel y

β es la relación del área entre dos curvas de nivel consecutivas y la superficie total de la cuenca.

La característica montañosa de la cuenca de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio también se observa en las curvas hipsométricas de estas cuencas. La curva hipsométrica de una cuenca es una descripción de la relación entre la elevación acumulada y el área dentro de intervalos de elevación. Las curvas hipsométricas para las cuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio se muestra en la Imágenes 7 a 9.

Como se puede observar en las imágenes, las curvas hipsométricas de cada cuenca hidrográfica presentan además pendientes muy empinadas, lo que indica que las cuencas tienen grandes variaciones de área con respecto a la elevación. Un aspecto importante que muestran las curvas hipsométricas es que las pendientes empinadas en la parte superior de la curva seguidas por una pendiente suave en el extremo de la curva, es indicador de riesgo de inundación en la parte inferior de la curva. Esta característica se puede apreciar muy bien en las curvas hipsométricas de cada una de las cuencas.

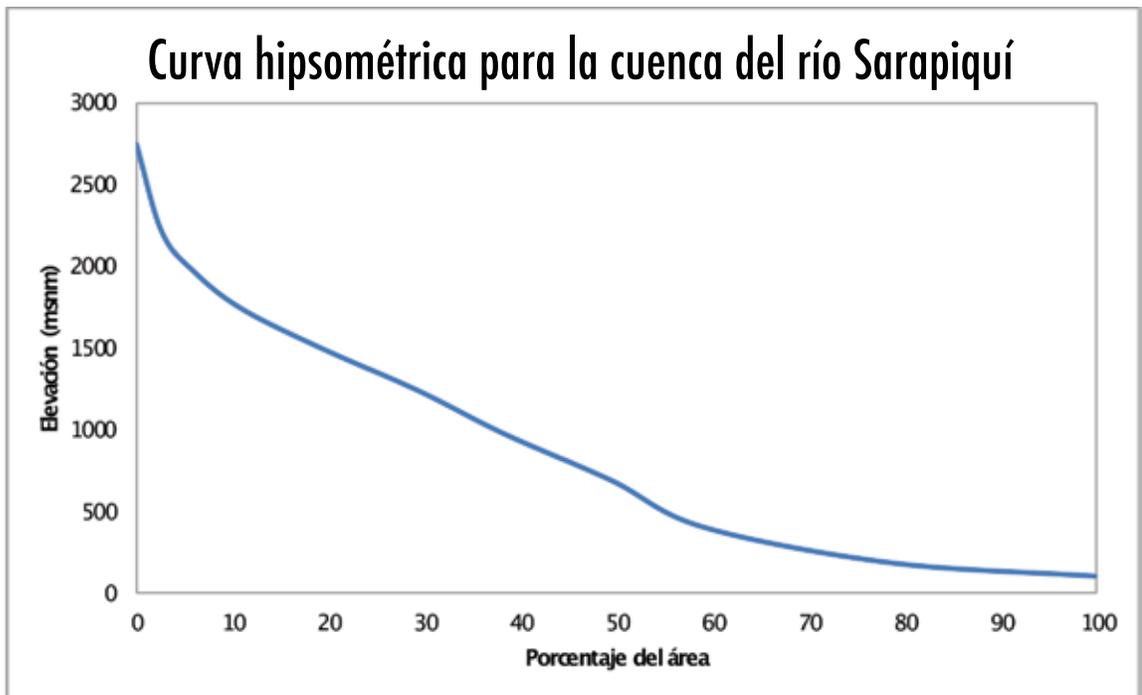


Imagen 8: Curva hipsométrica para la cuenca del río Sarapiquí

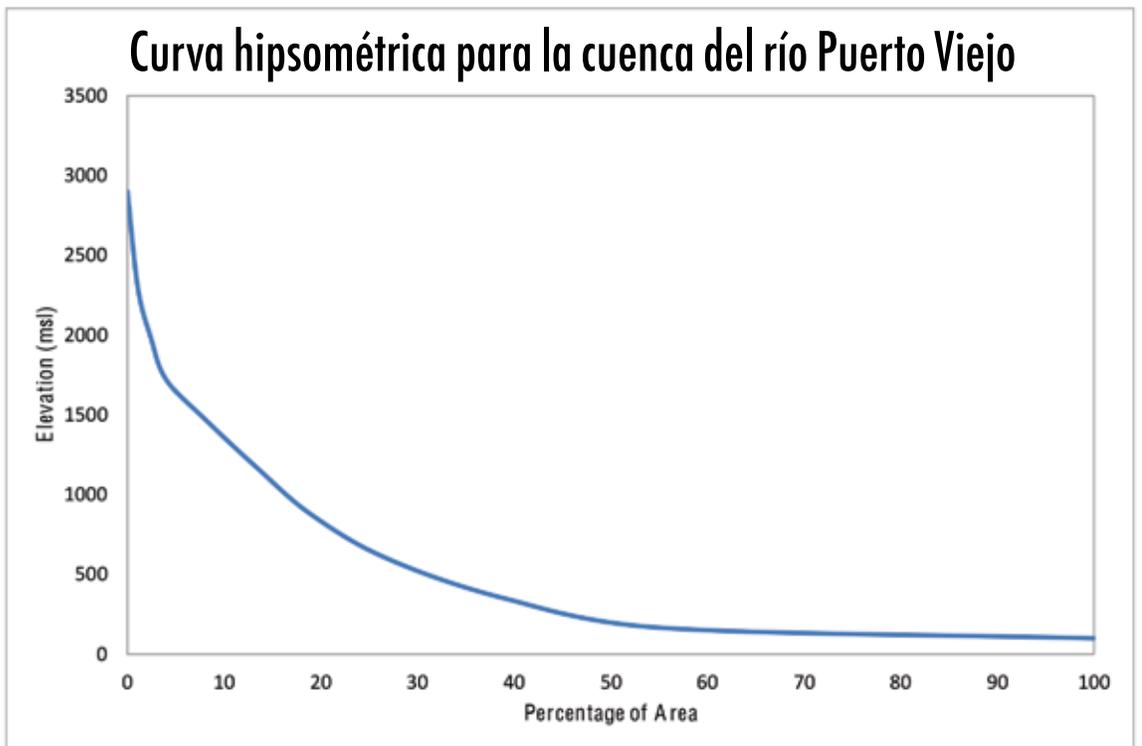


Imagen 9: Curva hipsométrica para la cuenca del río Puerto Viejo

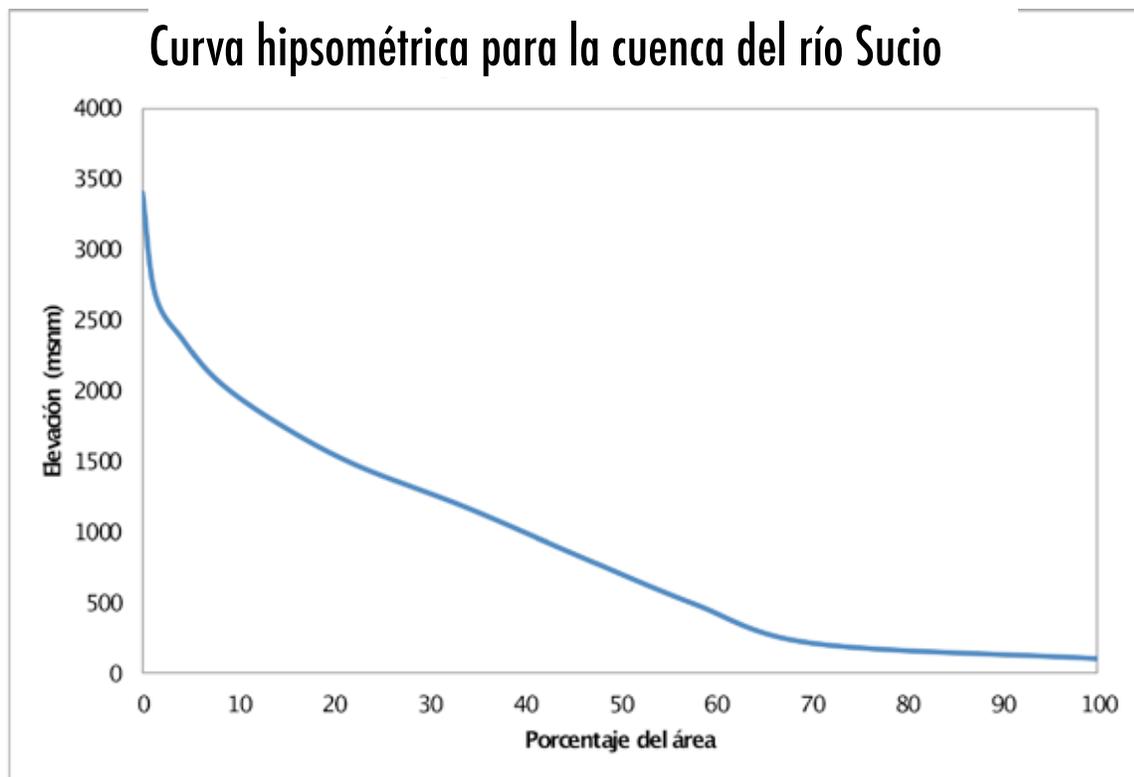


Imagen 10: Curva hipsométrica para la cuenca del río Sucio

Las características físicas de las subcuencas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio se derivan del modelo digital de elevación de cada cuenca. Los modelos digitales de elevación de cada subcuenca se muestran en las imágenes 10 a 12.

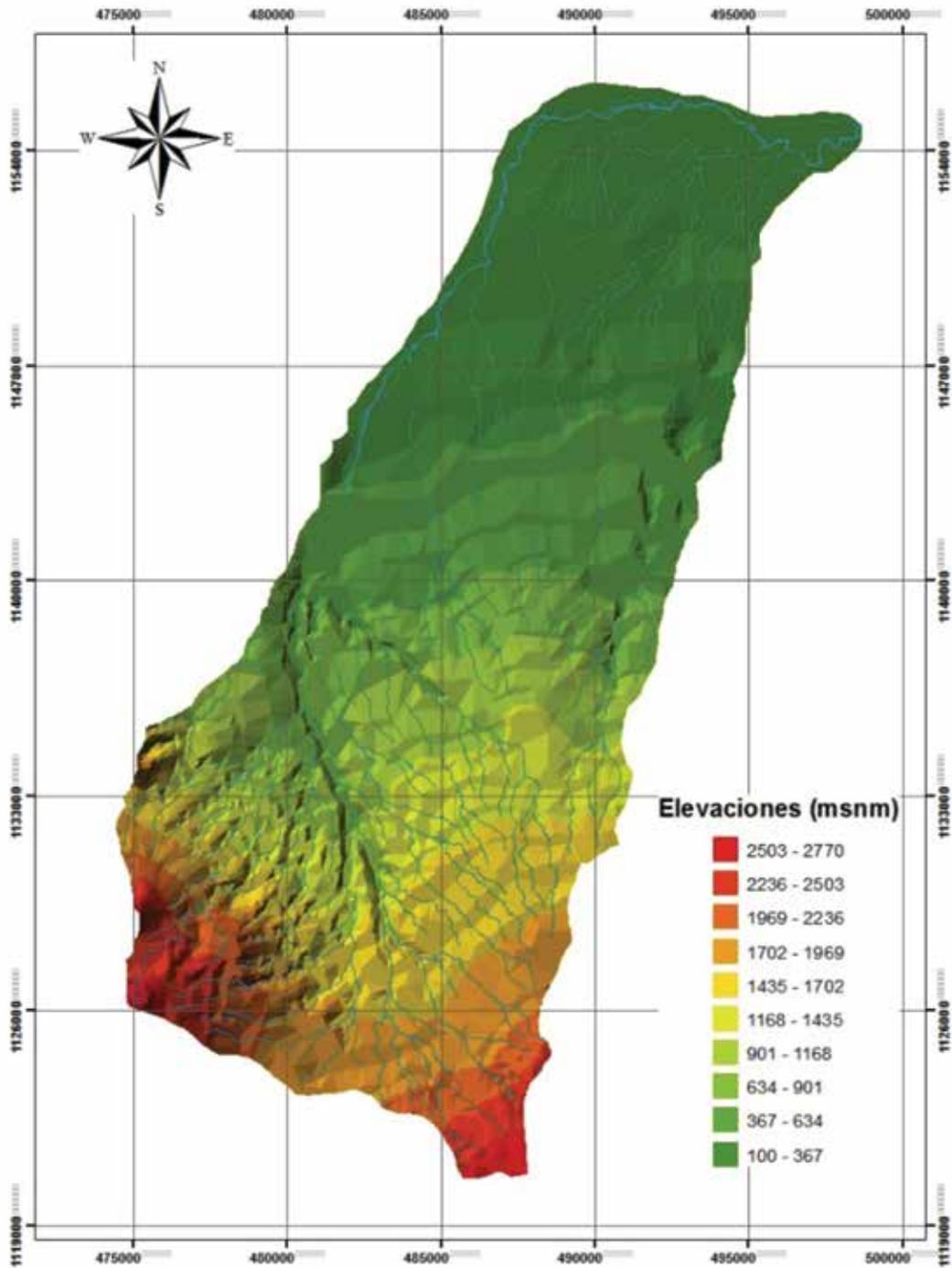


Imagen 11: Modelo de elevación digital de la cuenca del río Sarapiquí

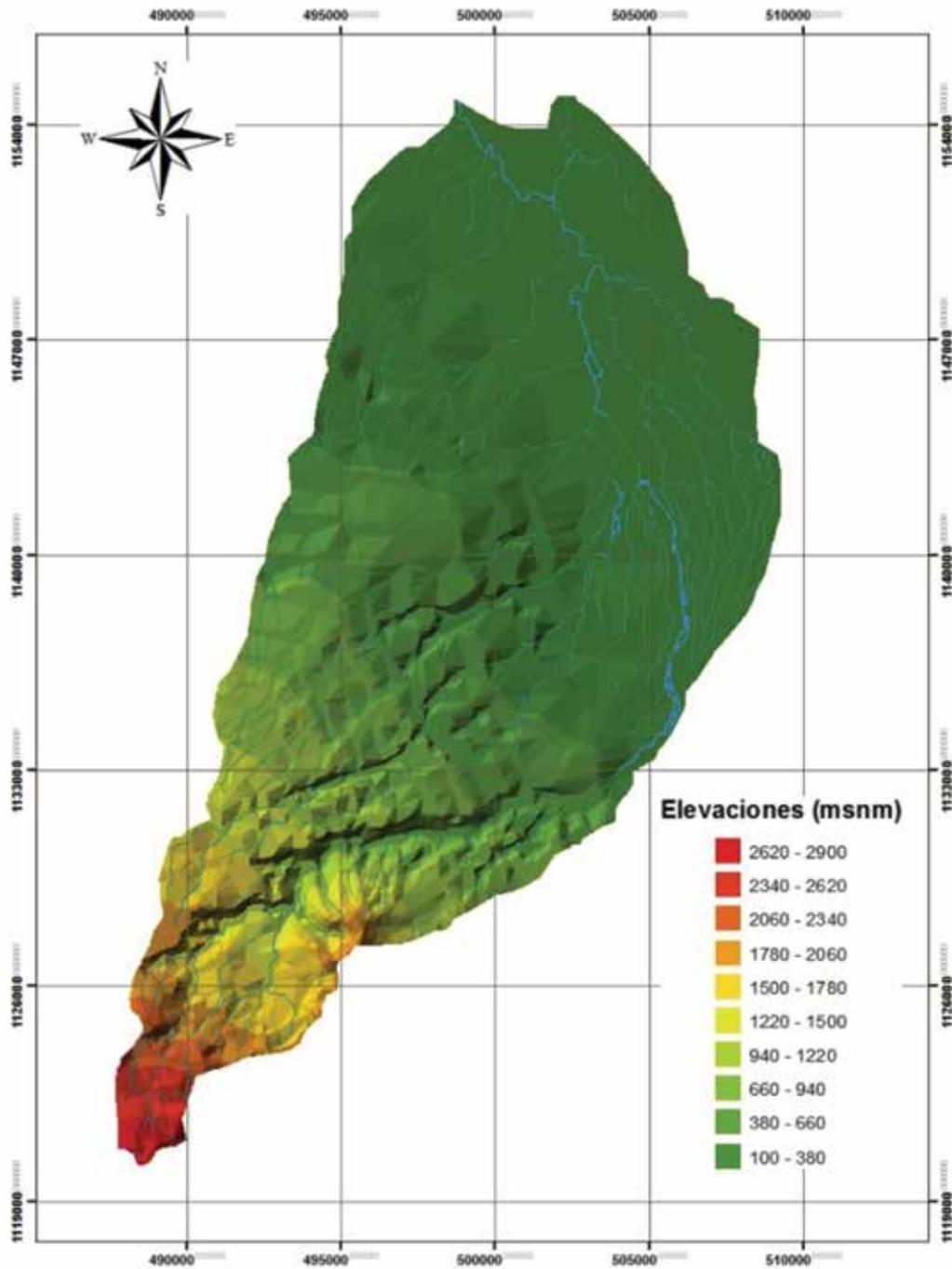


Imagen 12: Modelo de elevación digital de la cuenca del río Puerto Viejo

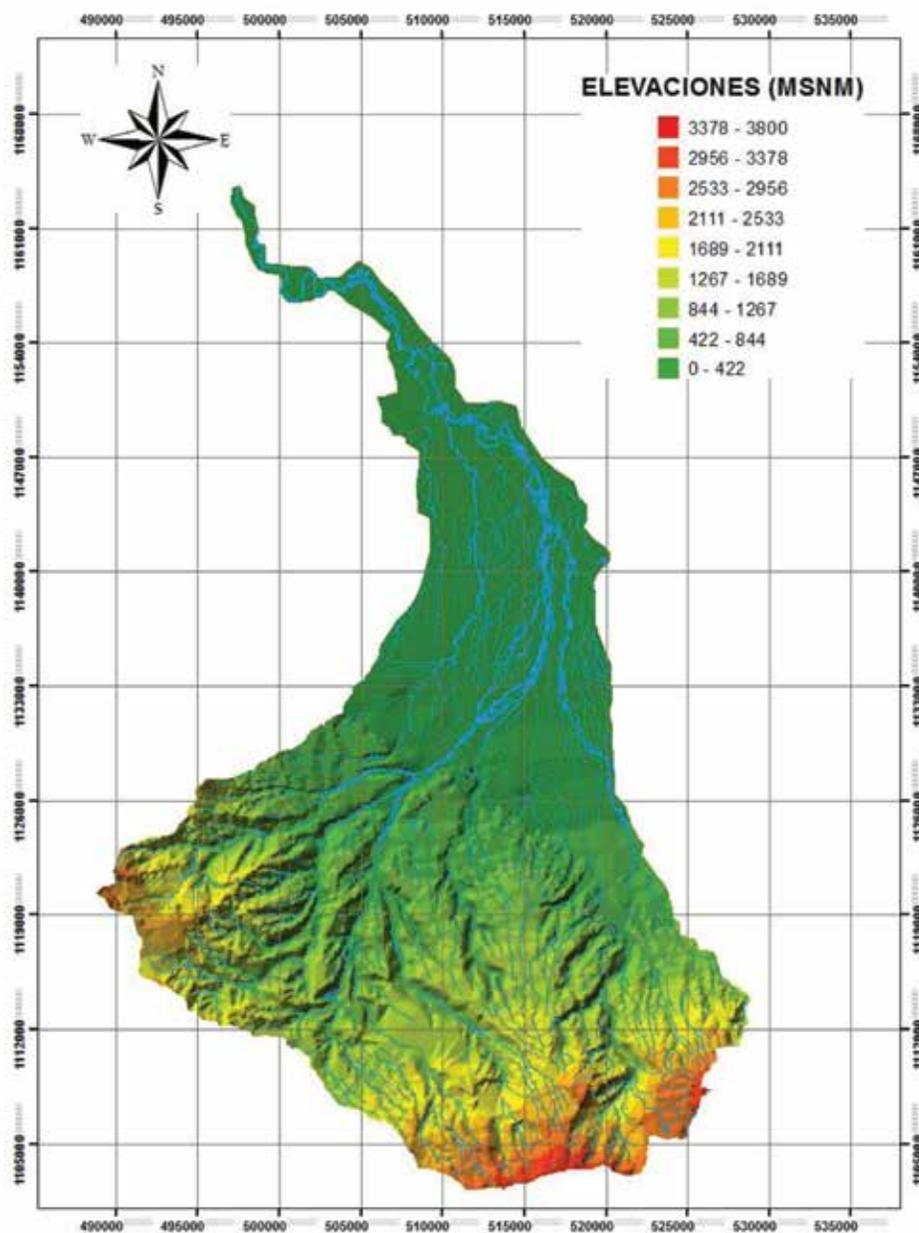


Imagen 13: Modelo de elevación digital de la cuenca del río Sucio

La densidad de drenaje D_d de una cuenca es la relación entre la longitud total de las corrientes dentro de la cuenca y el área total de la cuenca. Un alto valor de densidad de drenaje indicaría una densidad de drenaje relativamente alta de corrientes y, de esta manera, una respuesta hidrológica rápida.

ANEXO 2. Modelo de precipitación-escorrentía del Servicio de Conservación de Suelos

El modelo de precipitación-escorrentía del Servicio de Conservación de Suelos separa la precipitación total en tres componentes: la escorrentía directa (E), de retención real (F) y las abstracciones iniciales (I_a). Conceptualmente, se asume la siguiente relación entre P, E, I_a y F:

$$\frac{F}{S} = \frac{E}{P - I_a}$$

en la que S es la máxima retención. La retención real es igual a:

$$F = (P - I_a) - E$$

de lo cual se obtiene:

$$E = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

La retención de S es una función de cinco factores: el uso del suelo, de interceptación, infiltración, almacenamiento de la depresión y la condición antecedente de humedad. La abstracción inicial dependerá también de estos parámetros hidrológicos. La evidencia empírica sugiere que las abstracciones iniciales y la máxima retención se relacionan mediante la siguiente fórmula:

$$I_a = 0.2 * S$$

y de eso se obtiene la siguiente ecuación para el volumen de escorrentía directa:

$$E = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

El valor de S se calcula por la relación empírica:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

CN es el número de la curva de escorrentía y depende de la utilización del suelo, el tipo de suelo, la condición hidrológica de la cuenca y la humedad antecedente.

F.F. Snyder proporcionó un método para el desarrollo de un hidrograma unitario sintético que se utiliza ampliamente. El método es el más apropiado para las grandes cuencas hidrográficas, pero se recomienda la calibración de los parámetros que definen la respuesta hidrológica.

La formación del hidrograma unitario depende de una serie de elementos, incluyendo el tiempo hasta el punto máximo, el tiempo de base, la duración del exceso de precipitación y el caudal máximo.

El tiempo al caudal máximo del hidrograma unitario depende de dos elementos de tiempo: la duración de la lluvia en exceso (t_d) y el rezago de tiempo (t_L). El rezago de tiempo se define como el tiempo entre el centro de masa del exceso de lluvia y el tiempo hasta el máximo de caudal. Dentro del hidrograma unitario sintético de la Snyder, el retraso de tiempo está relacionado con la longitud del canal principal (L) en kilómetros, que se mide desde la salida de la cuenca hasta la divisoria de la cuenca, a un parámetro de cuencas (LC) en kilómetros, que es la longitud, medida a lo largo del canal principal, desde la salida de la cuenca hasta un punto en el canal principal que es perpendicular al centro de gravedad de la cuenca, a un coeficiente C_p de almacenamiento, que debe ser calibrado. La siguiente relación se utiliza para calcular el tiempo de rezago:

$$t_L = C_1 * C_t * (LLC)^{0.3}$$

donde C_1 es un coeficiente igual a 0.75 por unidades métricas.

El coeficiente C_t varió de 1.8 a 2.2 en el estudio de Snyder en las cuencas de los Apalaches, donde los valores más bajos generalmente estaban asociados con cuencas más pronunciadas. En otras regiones, la misma forma general de la ecuación del tiempo de rezago ha sido utilizada y se han obtenido diferentes valores para el coeficiente de almacenamiento para representar las condiciones fisiográficas locales. Los valores de C_t que se mencionan en la literatura varían de 0.3 para las cuencas de montaña muy empinada a 8 o 10 para las tierras bajas.

El caudal máximo por unidad de área de drenaje está dada por la siguiente relación:

$$q_p = \frac{C_2 * C_p}{t_L}$$

donde:

C_2 es un coeficiente igual a 0.275 por unidades métricas y por el volumen de unidad hidrográfica en mm.

Los coeficientes C_t and C_p deben ser calibrados.

ANEXO 3. Calibración del modelo hidrológico

Como primer paso, fue necesario calibrar el número de la curva, el tiempo de rezago y el coeficiente C_p de los hidrogramas agregados de inundación de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. El número de la curva se estimó inicialmente a partir de las características físicas y de uso del suelo de las cuencas Sarapiquí y Puerto Viejo. De acuerdo con las características físicas y de uso del suelo de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, se estimó un promedio de coeficiente de escorrentía de 0.40. Con las primeras aplicaciones del modelo fue posible ver que este coeficiente de escurrimiento era bajo. A pesar del hecho de que más del 67% de las áreas de drenaje está cubierta por bosques y montes, las cuencas mantienen un alto perfil de humedad debido a la constancia de los vientos alisios. Debido a esta condición climática, el coeficiente de escorrentía de ambas cuencas oscila entre 0.50 y 0.55. Este coeficiente de escorrentía se modeló con los números de la curva de escorrentía entre 56 y 61.

El tiempo de rezago fue calibrado por prueba y error por medio de los hidrogramas de crecida registrados y el exceso de precipitación estimado con los números de la curva de escorrentía. El tiempo de rezago estimado para los hidrogramas agregados de las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo cubre entre 4 horas y 5 horas.

El coeficiente C_p también se calibró por prueba y error y sus valores se estimaron en un rango entre 0.33 y 0.38. Estos valores se encuentran en la parte baja del intervalo aceptado para valores del coeficiente C_p , pero las características de uso de la tierra y el tamaño de la cuenca amortiguan el hidrograma de crecida, lo que reduce el caudal máximo.

La distribución temporal de la precipitación fue determinada de acuerdo con el patrón mostrado por los registros de precipitación de tormenta de las estaciones meteorológicas con registros de precipitación continua. Se observó que para la cuenca baja, las tormentas tienen un patrón de convección y que, para la parte superior de las cuencas, las tormentas presentan un patrón orográfico.

El patrón convectivo muestra dos volúmenes distintivos de precipitación. Un primer evento de precipitación, que puede durar entre 6 y 8 horas y que satura el suelo y la vegetación, y un segundo evento de precipitación que genera un hidrograma de crecida en la cuenca baja. Estos eventos son comunes entre junio y septiembre.

El patrón de precipitación orográfica presenta un evento de precipitación continua que puede durar 24 horas o incluso 36. Estos eventos son comunes entre noviembre y enero.

Debido a las características físicas de las cuencas, los hidrogramas muestran una respuesta hidrológica muy rápida, sin importar si los eventos de precipitación tienen características convectivas u orográficas. La imagen 14 muestra un hidrograma producido por una tormenta convectiva e inscrita en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo.

Resultados de la "Simulación 01" en la subcuenca "Puerto Viejo"

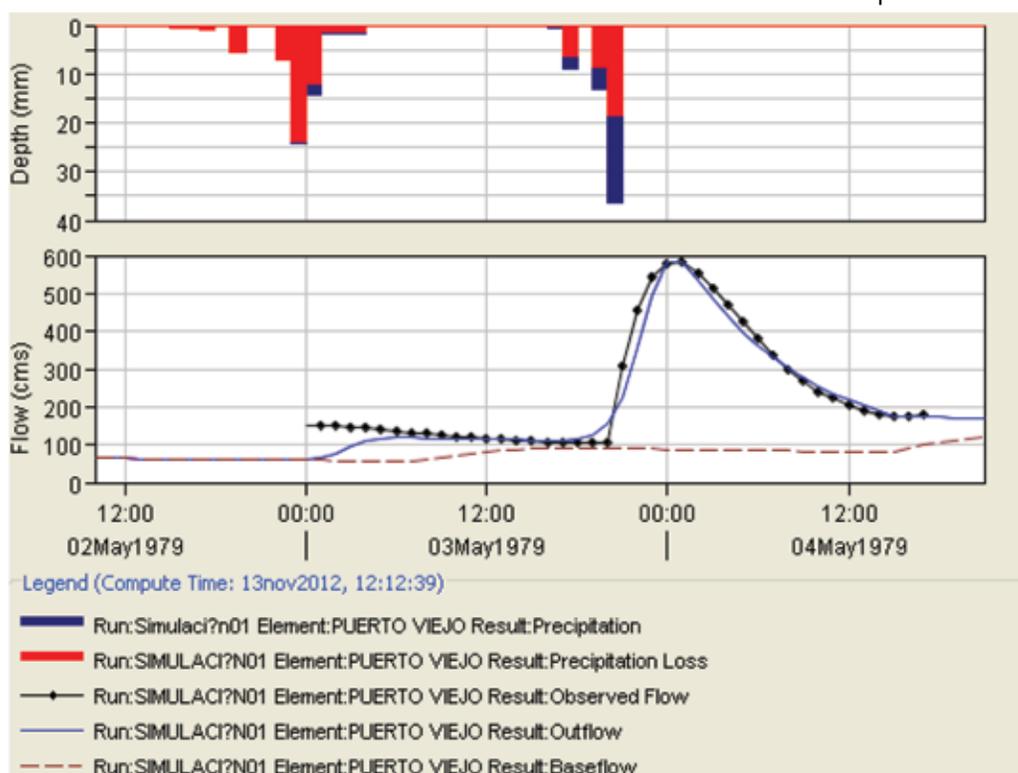


Gráfico 14. Hidrograma de crecida registrado el 4 de mayo de 1979 en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo, producido por una tormenta de tipo convectivo.

Este hidrograma de crecida fue calibrado usando un número de curva de escorrentía de 60.5, un coeficiente C_p de 0.38 y un tiempo de rezago de 4.20 horas. El tiempo total del hidrograma de crecida es de aproximadamente 16 horas. El hidrograma de crecida se reprodujo usando la distribución temporal en la estación de precipitación Isla Bonita.

La imagen 15 muestra un hidrograma producido por una tormenta orográfica e inscrita en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo. Este hidrograma de crecida fue calibrado usando un número de curva de escorrentía de 60, un coeficiente C_p de 0.33 y un tiempo de rezago de 4.0 horas. El tiempo total del hidrograma de crecida es de aproximadamente 30 horas. El hidrograma de crecida se reprodujo usando la distribución temporal en la estación de la precipitación Quebrada Gata. La tormenta duró aproximadamente 36 horas.

Una vez que se calibraron los hidrogramas agregados de crecida en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo, los hidrogramas de crecida tuvieron que ser desagregados en el hidrograma de crecida de la cuenca del río Sarapiquí y en el hidrograma de crecida de la cuenca del río Puerto Viejo. Los hidrogramas de crecida fueron desagregados en función del volumen de precipitación estimado sobre la cuenca del río Sarapiquí. La estimación del volumen de las precipitaciones en la cuenca del río Sarapiquí fue comparada con el volumen de escorrentía, y esta comparación mostró que alrededor del 35% del volumen

Resultados de la "Simulación 01" en la subcuenca "Puerto Viejo"

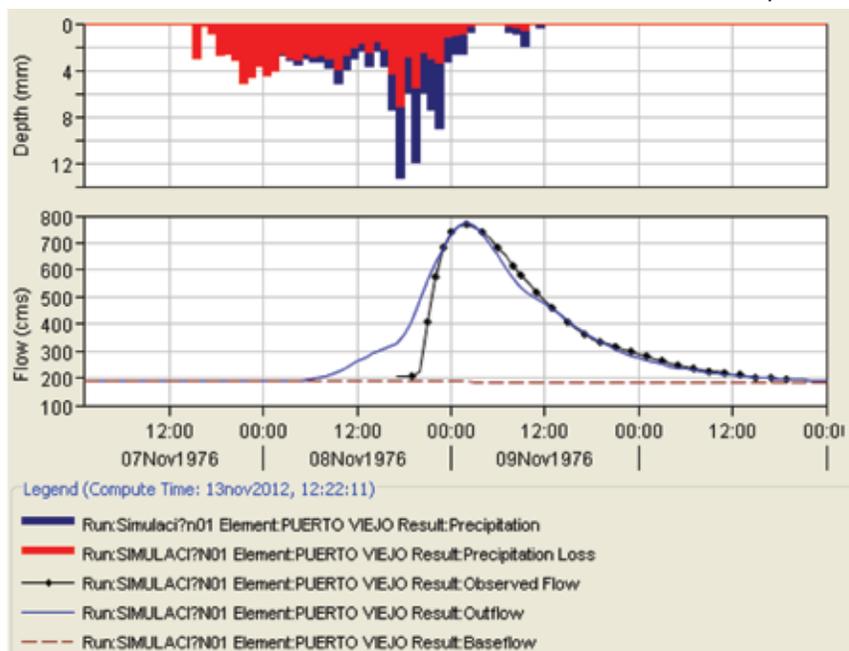


Imagen 15. Hidrograma de crecida registrado el 9 de noviembre de 1979 en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo, producido por una tormenta de tipo convectivo.

total de la precipitación cae sobre la cuenca del río Sarapiquí, y que el 65% del volumen total de la precipitación se precipita sobre la cuenca del río Puerto Viejo. Dado que ambas cuencas tienen áreas de drenaje similares, este resultado significa que los hidrogramas de crecida de la cuenca del río Puerto Viejo debe tener un volumen de escorrentía más grande y un caudal máximo más grande.

Con el fin de verificar este resultado, se realizó una encuesta entre los habitantes de la ciudad de Puerto Viejo. Se les preguntó si existe una diferencia significativa entre los hidrogramas de crecida del río Sarapiquí y el del río Puerto Viejo. El consenso general fue que los hidrogramas de crecida del río Puerto Viejo son mayores que los hidrogramas de crecida del río Sarapiquí; de hecho, la mayoría de los problemas de inundaciones de la ciudad de Puerto Viejo derivan de los hidrogramas de crecida del río Puerto Viejo.

Esta información confirma los resultados obtenidos por el análisis de la distribución de la precipitación en las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo.

Una vez que se estableció la distribución espacial del volumen de las precipitaciones en las cuencas de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, se desagregaron los hidrogramas agregados que se registraron en la estación de aforo 69-1203 de Puerto Viejo. Los hidrogramas sintéticos

para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, río arriba de la confluencia, fueron generados utilizando los parámetros del hidrograma unitario sintético de Snyder y los números de curva de escorrentía del Servicio de Conservación de Suelos.

Las imágenes 15 y 16 muestran los hidrogramas desagregados para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, contrastados con los hidrogramas registrados tomados de la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo.

Resultados de la "Simulación 01" en la confluencia "Puerto Viejo-Sarapiquí"

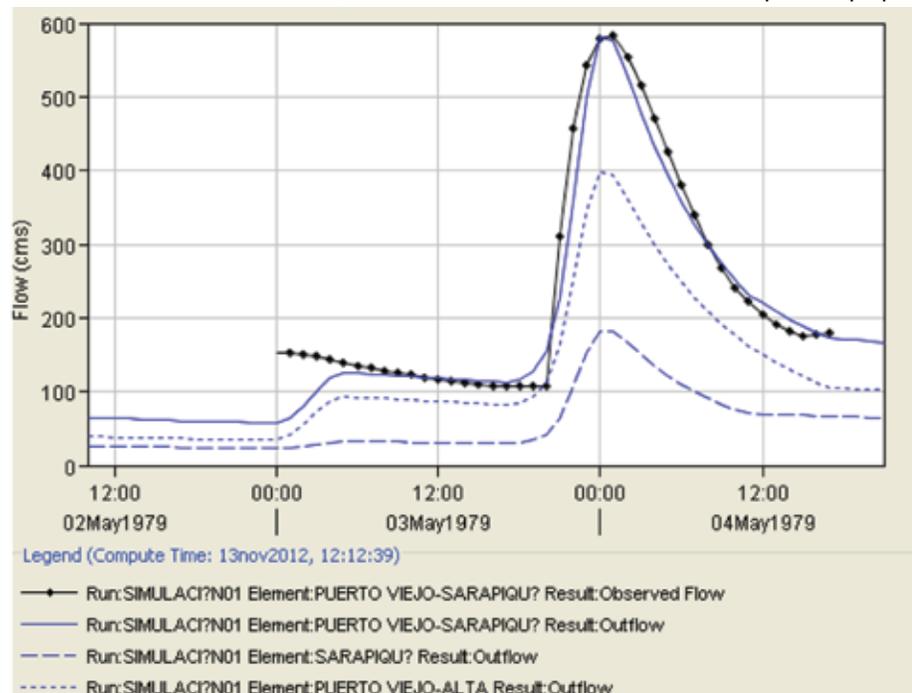


Imagen 16. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. Inundación registrada en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo el 4 de mayo de 1979.

Resultados de la "Simulación 01" en la confluencia "Puerto Viejo-Sarapiquí"

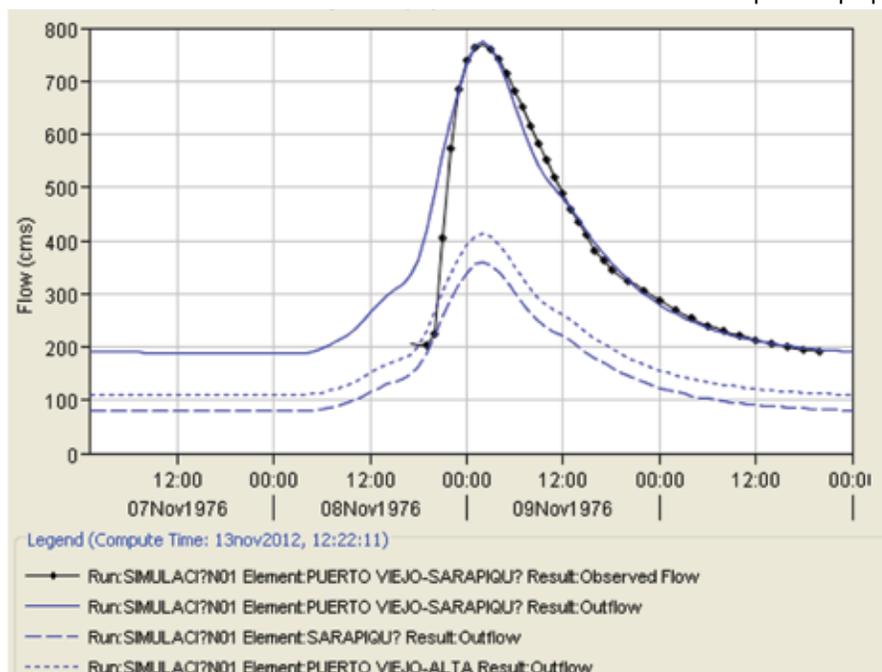


Imagen 17. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. Inundación registrada en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo el 9 de noviembre de 1979.

Una vez que el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo fue estimado, los hidrogramas de crecida para el río Sucio se generaron de forma sintética. El hidrograma de crecida del río Sucio se generó utilizando los parámetros hidrológicos obtenidos a través del proceso de calibración de los hidrogramas de crecida del río Sarapiquí registrados en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo. De esta manera, se obtuvo un hidrograma unitario utilizando la metodología de hidrograma unitario sintético de Snyder y se realizó la caracterización de la respuesta hidrológica de la cuenca del río Sucio.

Una vez caracterizadas las respuestas hidrológicas de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio, se estimaron los hidrogramas de crecida producidos por las tormentas con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. El volumen de la precipitación de las tormentas con períodos de devolución de 5, 10, 25, 50 y 100 años se obtuvieron a partir del volumen de escorrentía directa de los hidrogramas registrados en la estación de aforo 69-1203 Puerto Viejo. Para cada hidrograma de crecida se calculó el volumen directo. De esta manera, se obtuvo una serie de 22 valores de volumen de escorrentía directa. Esta serie se ajustó con la distribución generalizada de valores extremos. Con los parámetros estadísticos de la distribución generalizada de valores extremos se calculó el volumen de escorrentía directa producido por las tormentas con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. El volumen total de precipitación para cada período de retorno se obtuvo con la metodología del Servicio de Conservación de Suelos para la estimación del exceso de precipitación.

El volumen total de precipitación que se estima para las tormentas con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años se muestra en el Cuadro 6. Se puede observar que todos los volúmenes de precipitación son altos, por encima de 200 mm, pero esto era de esperar ya que la cuenca del río Sarapiquí es afectada continuamente por la humedad que transportan los vientos alisios provenientes del mar Caribe.

Periodo de retorno (años)	Precipitación (mm)
5	199.0
10	224.8
25	256.4
50	279.3
100	301.8

Cuadro 6. Precipitación y volumen estimados sobre los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio, para diferentes periodos de retorno.

Para estimar las áreas propensas a las inundaciones, se calculó el hidrograma de crecida para cada una de las cuencas, generadas por las tormentas con períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Para el modelado hidráulico se asumió que los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo se verán afectados simultáneamente por la misma tormenta; por lo tanto, ambos hidrogramas suman la confluencia de ambos ríos.

El hidrograma de crecida del río Sucio se extrajo de forma independiente a partir de los hidrogramas de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. La razón de esta suposición fue dada por los habitantes de la ciudad de Puerto Viejo. Ellos mencionaron que sólo una vez, en 1970, las inundaciones de los tres ríos coincidieron en la cuenca baja del Río Sarapiquí.

Sin embargo, esta posibilidad fue considerada en el modelo hidráulico de las tormentas con periodos de retorno de 50 y 100 años.

Los hidrogramas de crecida estimados para las tormentas con periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, se muestran en las imágenes 17 a 21.

Los hidrogramas de crecida estimados para las tormentas con periodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años para el río Sucio, se muestran en la imágenes 22 a 26.

Hidrograma de crecida para tormentas con periodos de retorno de 5 años para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo

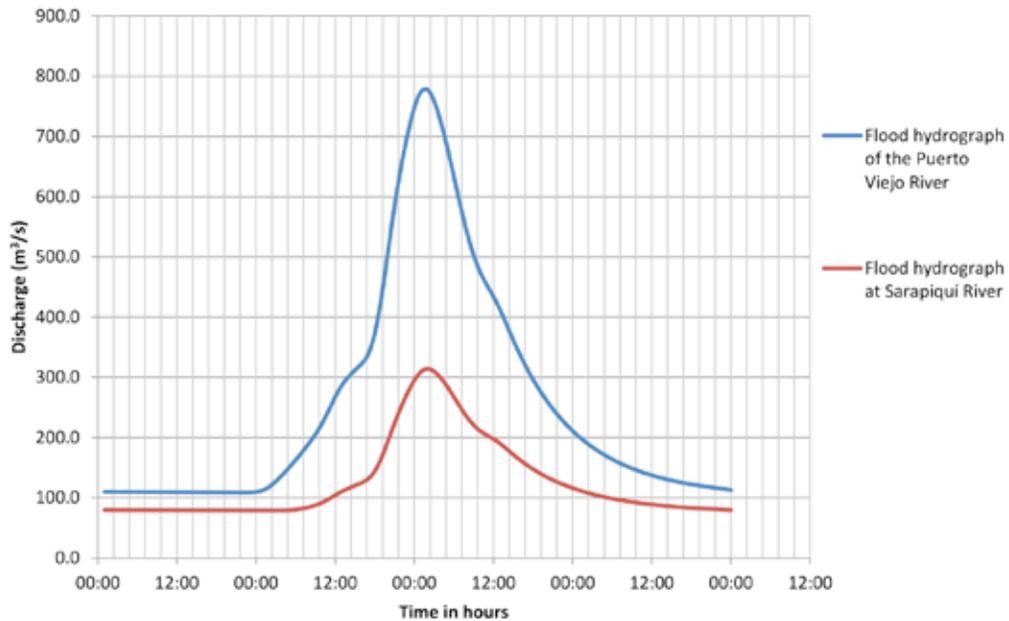


Imagen 18. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, río arriba de la confluencia, para tormentas con periodos de retorno de 5 años

Hidrograma de crecida para tormentas con periodos de retorno de 10 años para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo

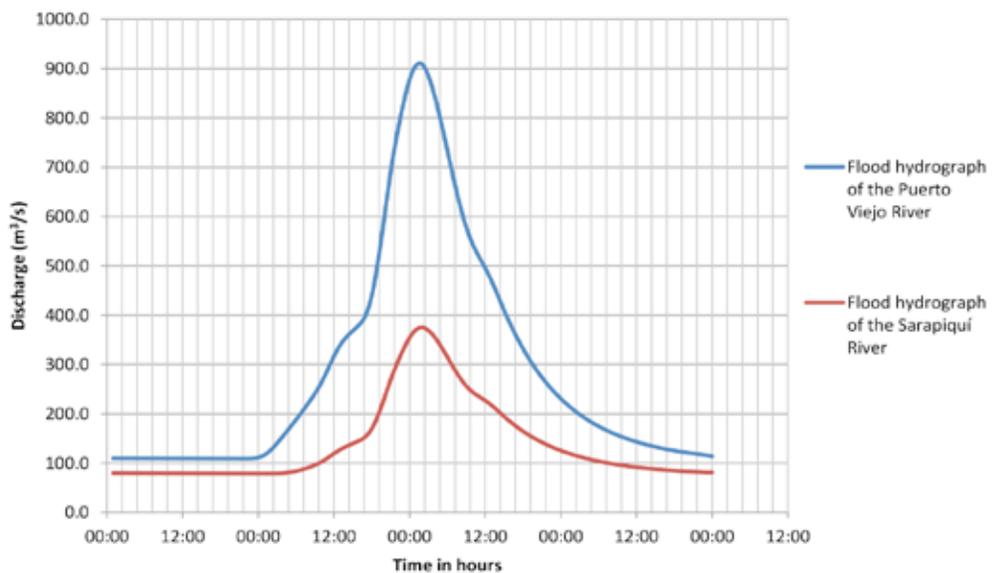


Imagen 19. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, río arriba de la confluencia, para tormentas con periodos de retorno de 10 años

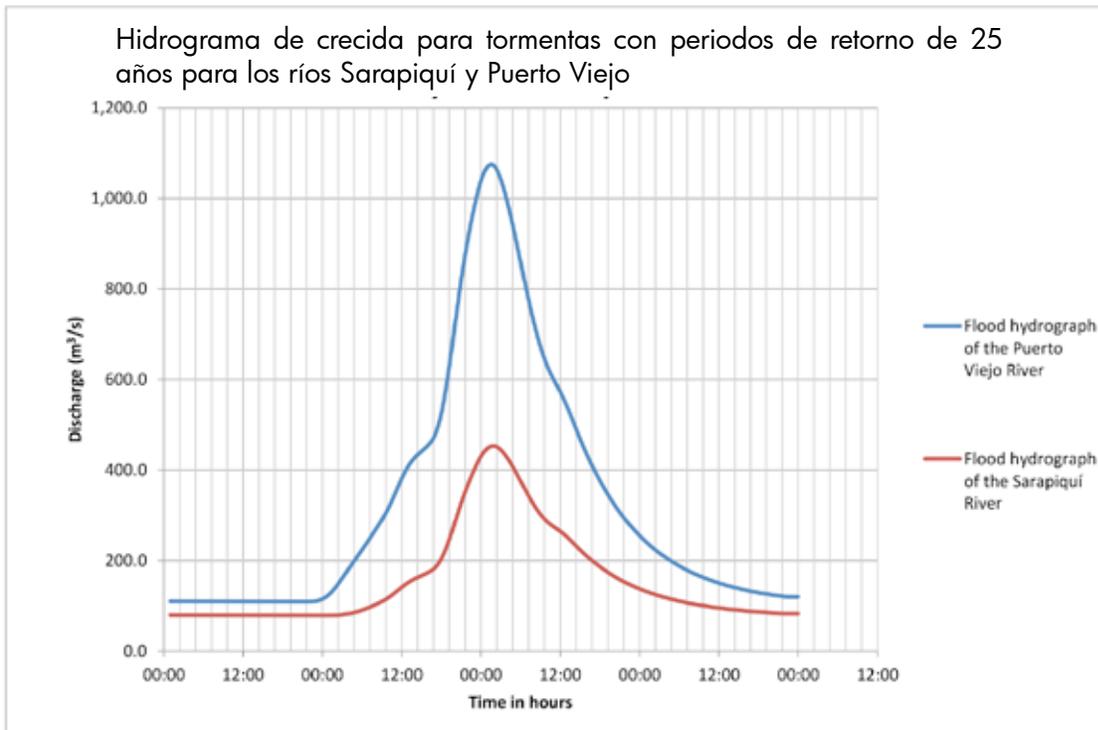


Imagen 20. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, río arriba de la confluencia, para tormentas con periodos de retorno de 25 años.

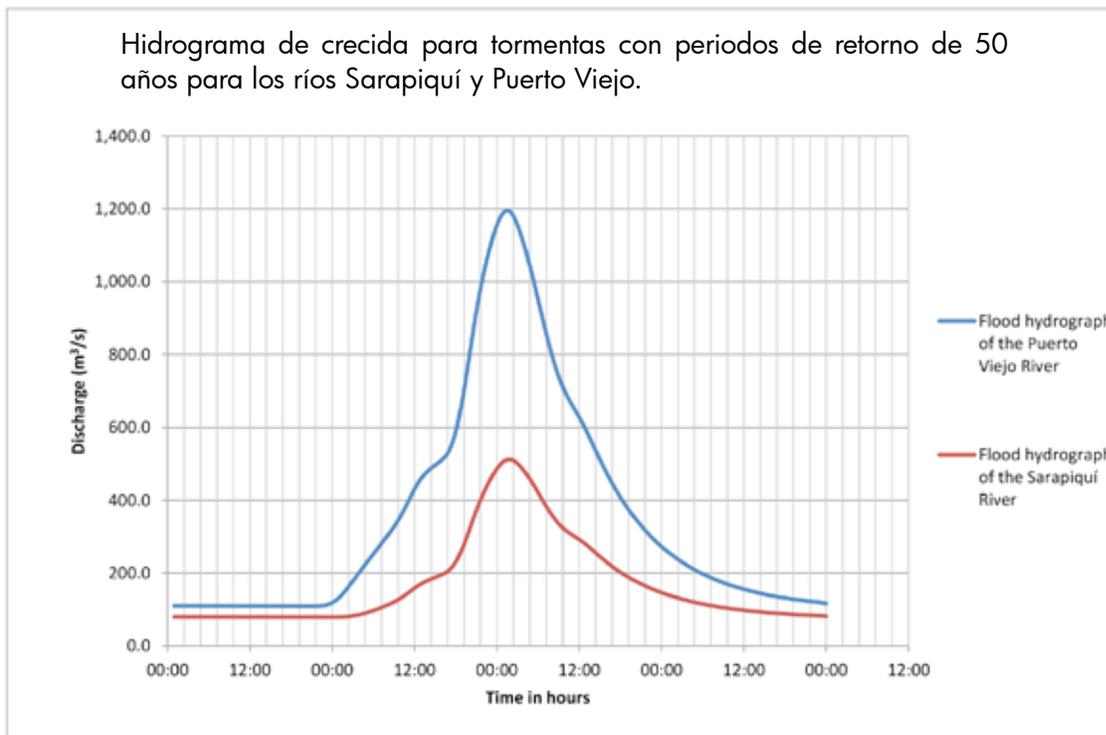


Imagen 21. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, río arriba de la confluencia, para tormentas con periodos de retorno de 50 años.

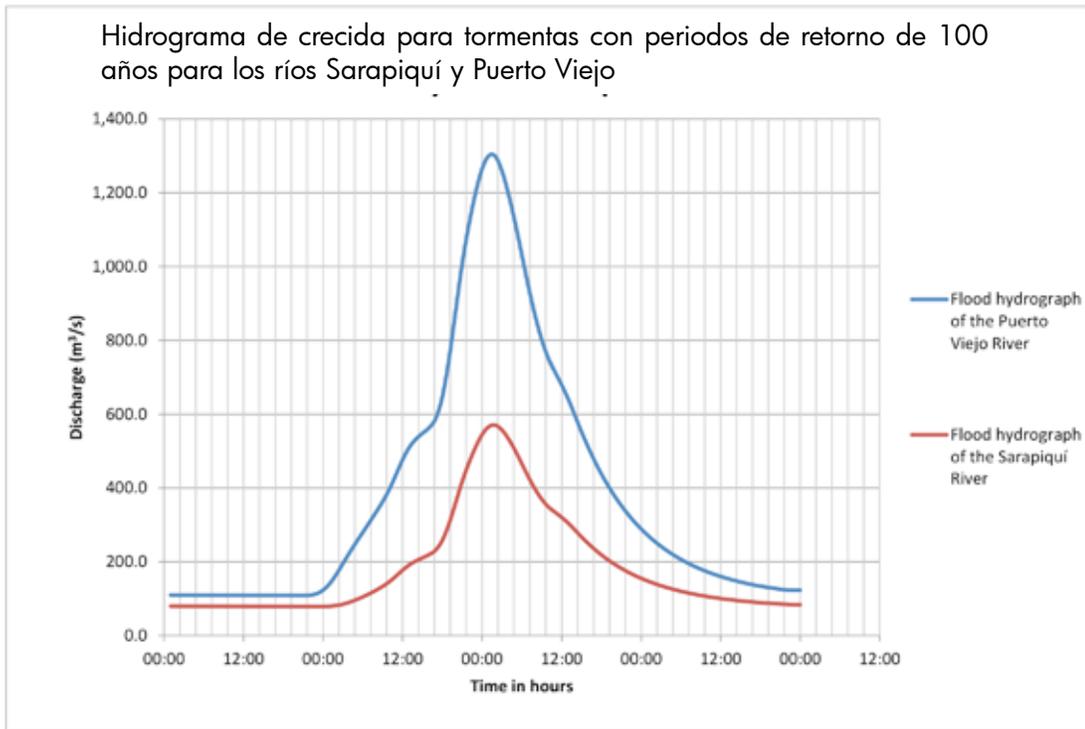


Imagen 22. Hidrograma de crecida para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, río arriba de la confluencia, para tormentas con periodos de retorno de 100 años.

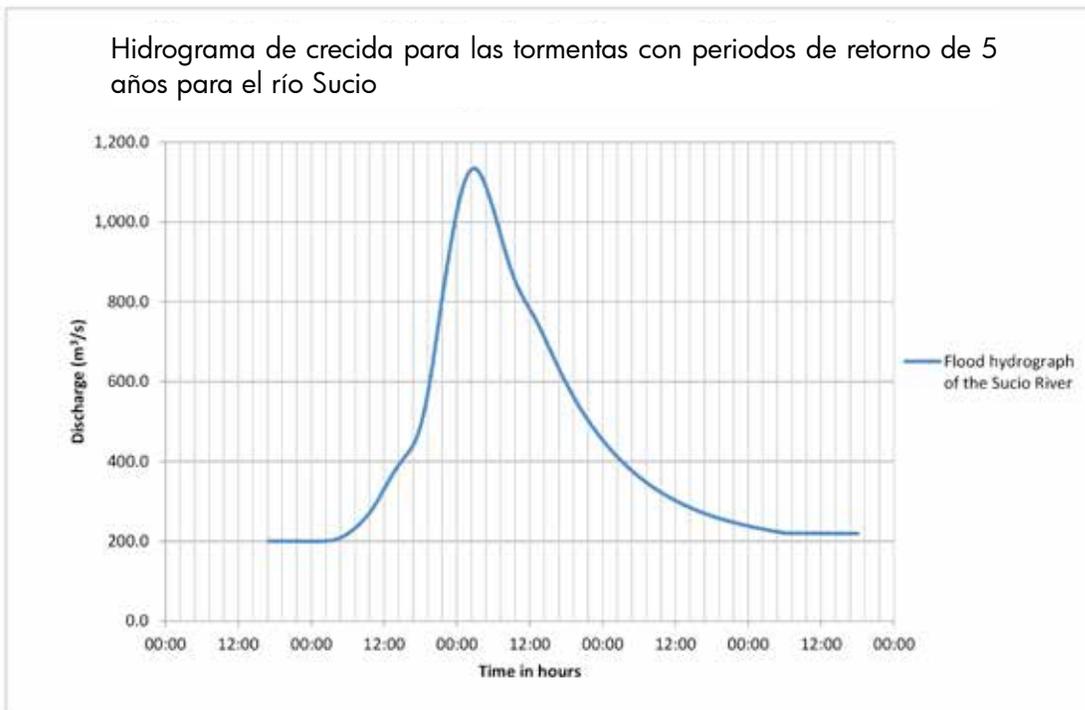


Imagen 23. Hidrograma de crecida para el río Sucio para tormentas con periodos de retorno de 5 años.

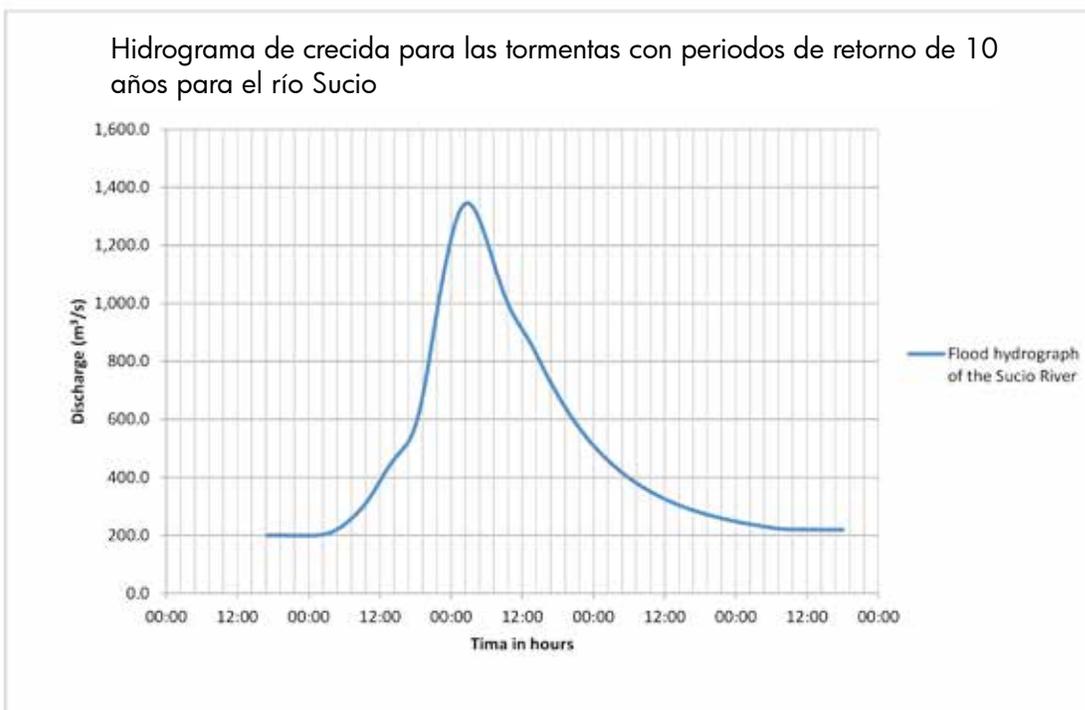


Imagen 24. Hidrograma de crecida para el río Sucio para tormentas con periodos de retorno de 10 años.

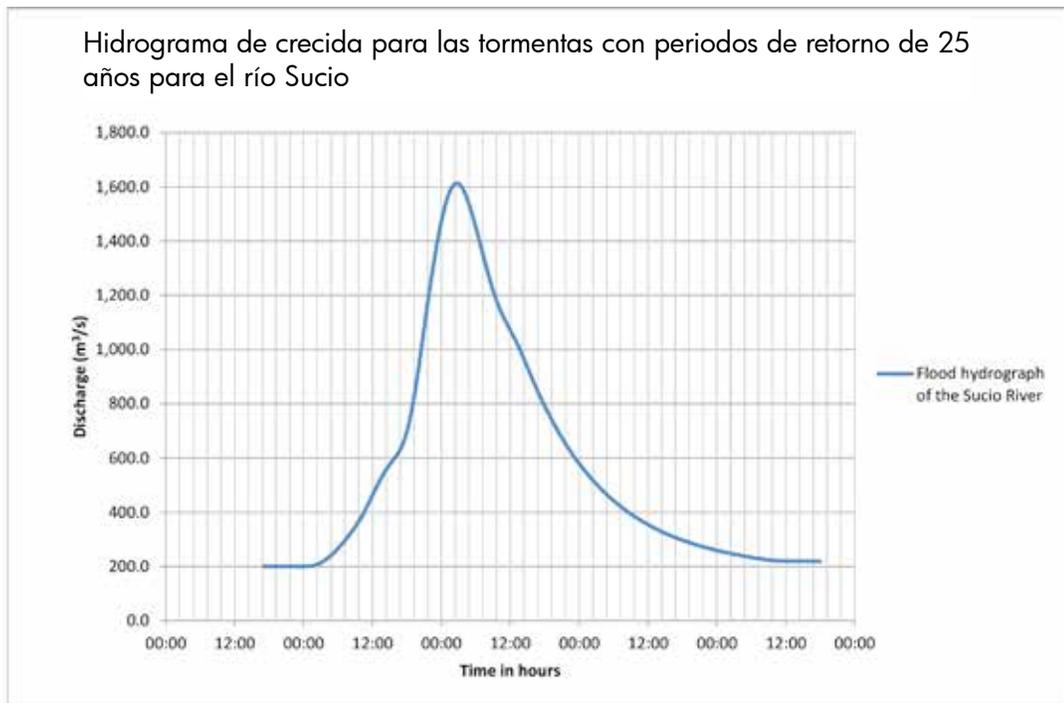


Imagen 25. Hidrograma de crecida para el río Sucio para tormentas con periodos de retorno de 25 años

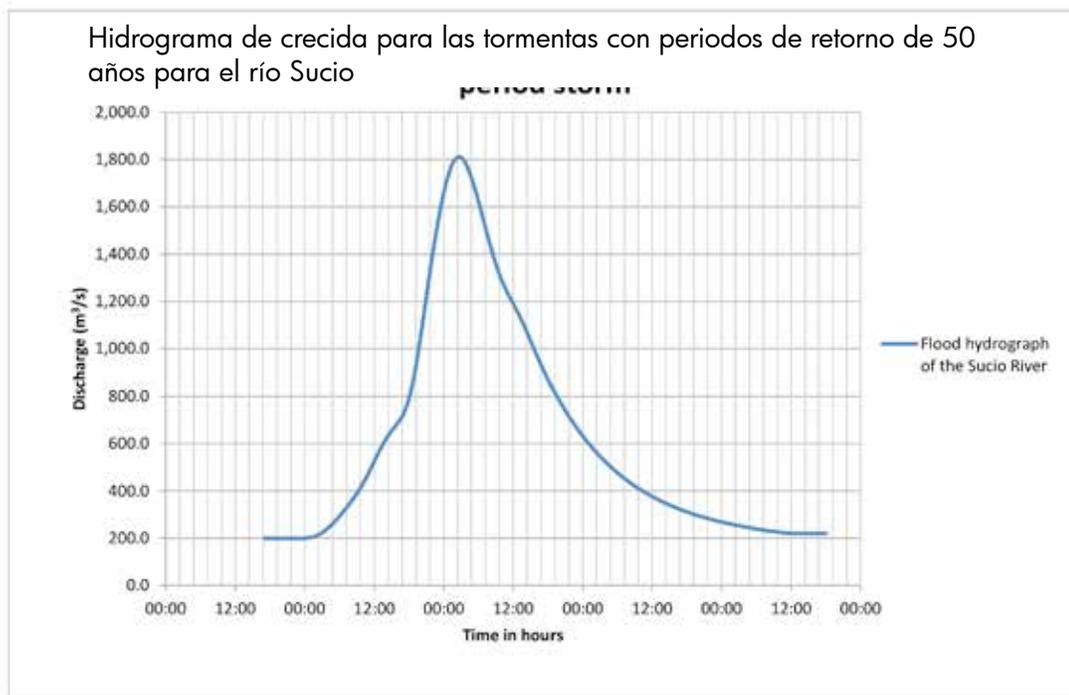


Imagen 26. Hidrograma de crecida para el río Sucio para tormentas con periodos de retorno de 50 años.

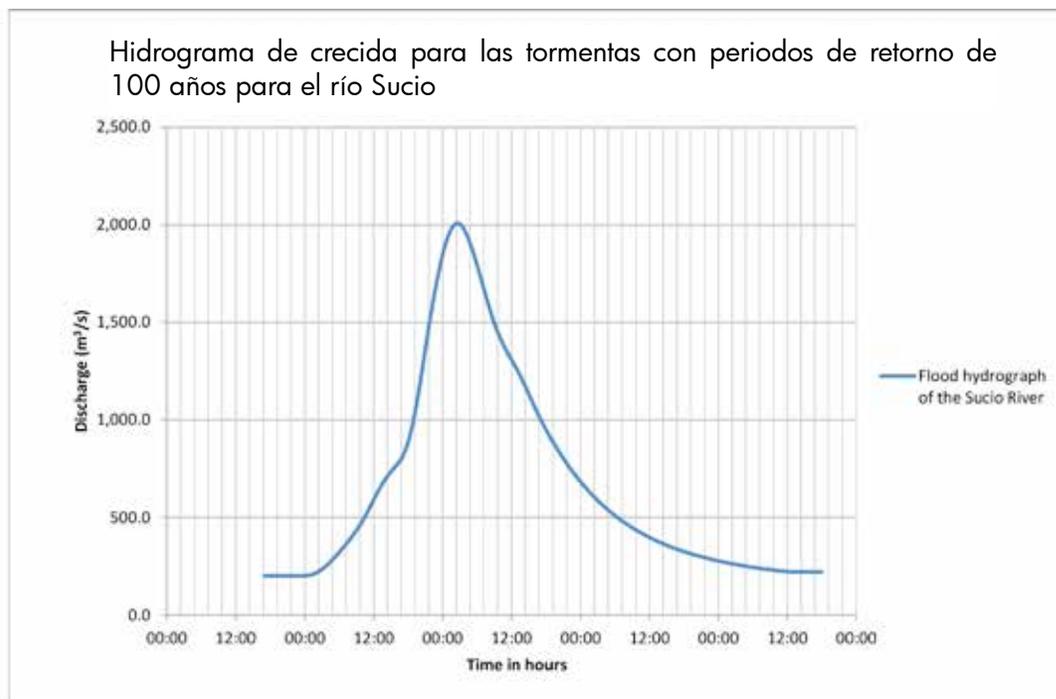


Imagen 27. Hidrograma de crecida para el río Sucio para tormentas con periodos de retorno de 100 años.

Como se puede observar a partir del proceso de calibración, el volumen de las precipitaciones en las cuencas de Puerto Viejo y Sucio debía ser estimado, puesto que no hay estaciones meteorológicas ni estaciones de aforo para los ríos de estas cuencas. Además, se asume que la distribución temporal de la precipitación en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio es similar a la distribución temporal de las precipitaciones de tormenta registradas en la cuenca del río Sarapiquí.

Por lo tanto, es de vital importancia comenzar a mejorar las redes meteorológicas e hidrológicas de la cuenca del río Sarapiquí, mediante la instalación de estaciones meteorológicas y de aforo en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio. Estas estaciones proporcionarán información de campo sobre la distribución espacial y temporal de la lluvia y en el patrón de escurrimiento en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio. Esta información es necesaria para validar los supuestos meteorológicos e hidrológicos realizados durante el proceso de calibración con el fin de determinar el hidrograma de crecida de los ríos Puerto Viejo y Sucio.

La importancia de la validación y el perfeccionamiento del modelo hidrológico es que ayudará a mejorar la definición de las zonas propensas a inundaciones y a elevar el nivel de confianza de la previsión del hidrograma de crecida de los ríos Puerto Viejo y Sucio.

Para los habitantes de la cuenca baja del Sarapiquí, la mejora del modelo hidrológico, debido a la mejora de las redes meteorológicas e hidrológicas, les brindará mejor información y comprensión acerca de los procesos de inundación de la cuenca baja del Sarapiquí, les dará más confianza en el sistema de alerta temprana y, como resultado general, estarán mejor preparados para hacer frente a las inundaciones que ocurran.

ANEXO 4. Modelo hidráulico

El sistema de ecuaciones utilizado en la modelación hidráulica fue el siguiente:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial y} = \mathbf{S}$$

donde

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix}, \mathbf{F} = \begin{pmatrix} hu \\ hu^2 + \frac{1}{2}gh^2 \\ huv \end{pmatrix}, \mathbf{G} = \begin{pmatrix} hv \\ huv \\ hv^2 + \frac{1}{2}gh^2 \end{pmatrix}, \mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0 \\ gh \left(\frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} \right) \\ gh \left(\frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} \right) \end{pmatrix}$$

y h es la profundidad del agua en metros, t es la variable de tiempo en segundos, z_b la elevación del terreno medida en metros a partir de un nivel de referencia específica, u es la velocidad de flujo en la dirección x en metros por segundo, v es la velocidad de flujo en la dirección y en metros por segundo, g es la aceleración debida a la gravedad en metros por segundo cuadrado, y son los esfuerzos cortantes en la parte inferior del canal en la dirección x y y en kilogramos por metro cúbico. Por lo tanto los términos representan pendiente de las líneas de energía en las direcciones x y y , respectivamente.

El término de energía de las ecuaciones anteriores se evaluó utilizando la ecuación Gaukler-Manning (Vreugdenhil, 1994). La expresión bidimensional de la ecuación Gaukler-Manning se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{\tau_x}{\rho} = n^2 u \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}, \frac{\tau_y}{\rho} = n^2 v \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}}$$

donde n es el coeficiente de rugosidad, que depende del uso de la tierra, del tipo de suelo y de los sedimentos de la llanura de inundación y de las paredes y el fondo de los canales.

La serie anterior de ecuaciones es un esquema de volúmenes finitos explícito con una discretización hacia delante descentralizada.

La información básica requerida por el modelo hidráulico es:

1. Determinar las pendientes del terreno para establecer la dirección del flujo. Las curvas de nivel de la llanura de inundación y canal del río. Esta información se utiliza para generar el modelo digital de elevación de las llanuras de inundación.
2. La rugosidad de la llanura de inundación y del cauce del río para calcular la pendiente de energía de la corriente.

3. Los hidrogramas de crecida de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio, con el fin de determinar la profundidad, la velocidad y la extensión de la corriente a lo largo de las llanuras de inundación.

Las curvas de nivel y el modelo digital de elevación de las llanuras de inundación fueron adquiridas por medio del Sistema Nacional de Información Territorial. La geometría de los cauces de los ríos fue determinada con mediciones de campo en algunos puntos específicos y con entrevistas a las personas que viajan en barco a lo largo del río, entre la ciudad de Puerto Viejo y la confluencia del río Sarapiquí con el río San Juan.

El coeficiente de rugosidad de las llanuras y de los cauces de los ríos se obtuvieron por medio de varias visitas de campo, fotografías aéreas e imágenes de satélite, y los hidrogramas de crecida se obtuvieron por medio del modelo hidrológico.

ANEXO 5. Mapas de profundidad del flujo

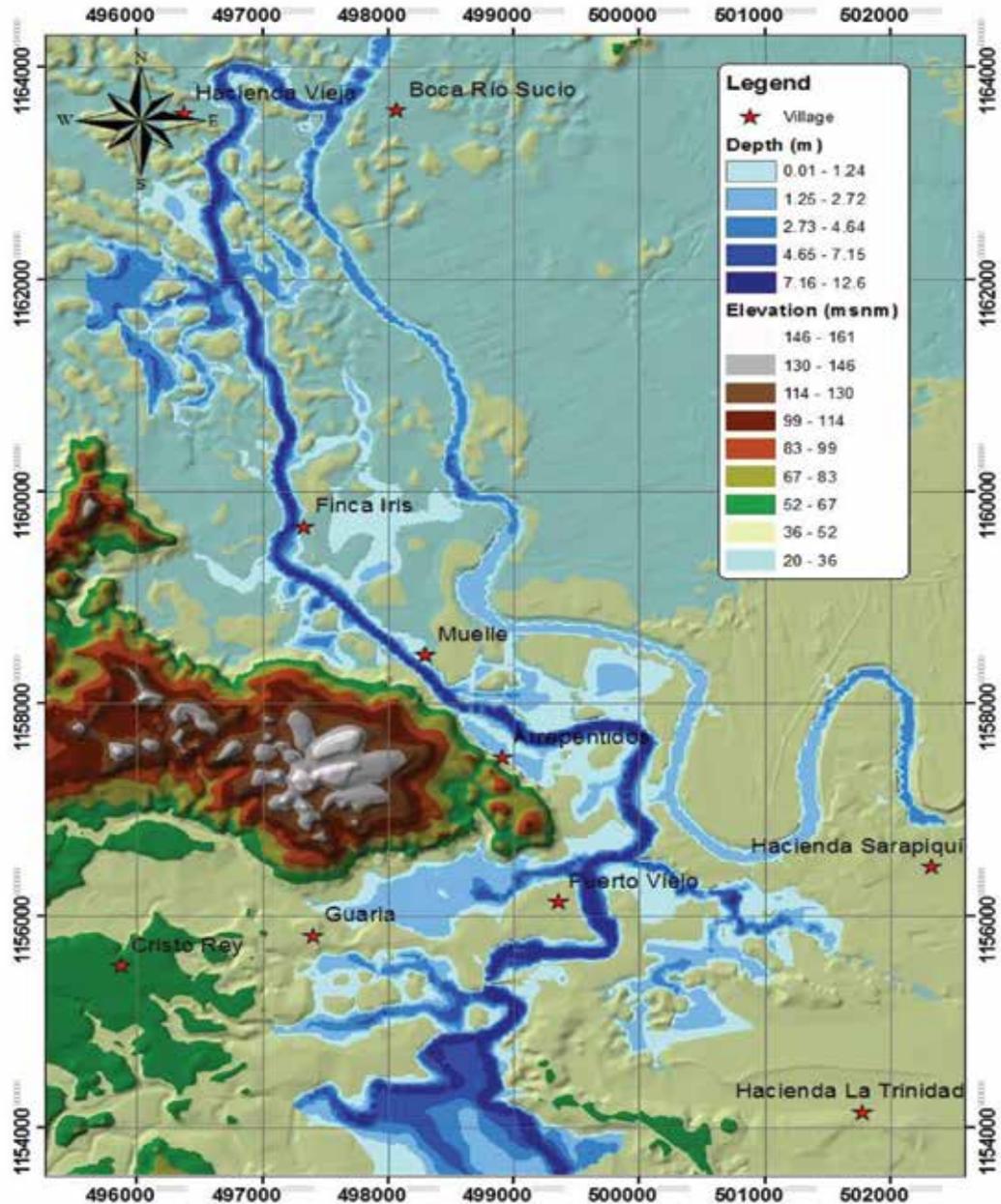


Imagen 28. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 5 años.

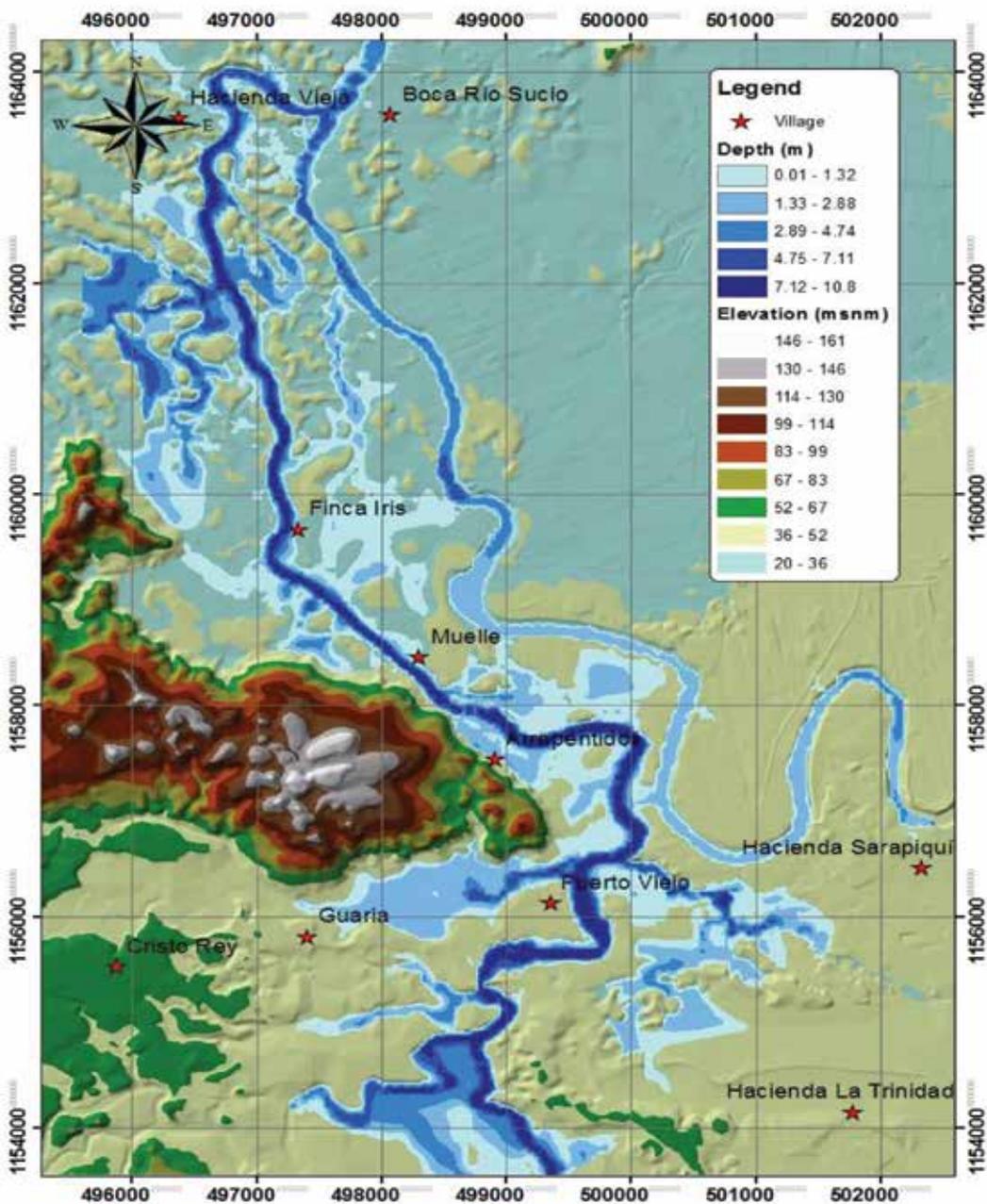


Imagen 29. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 10 años.

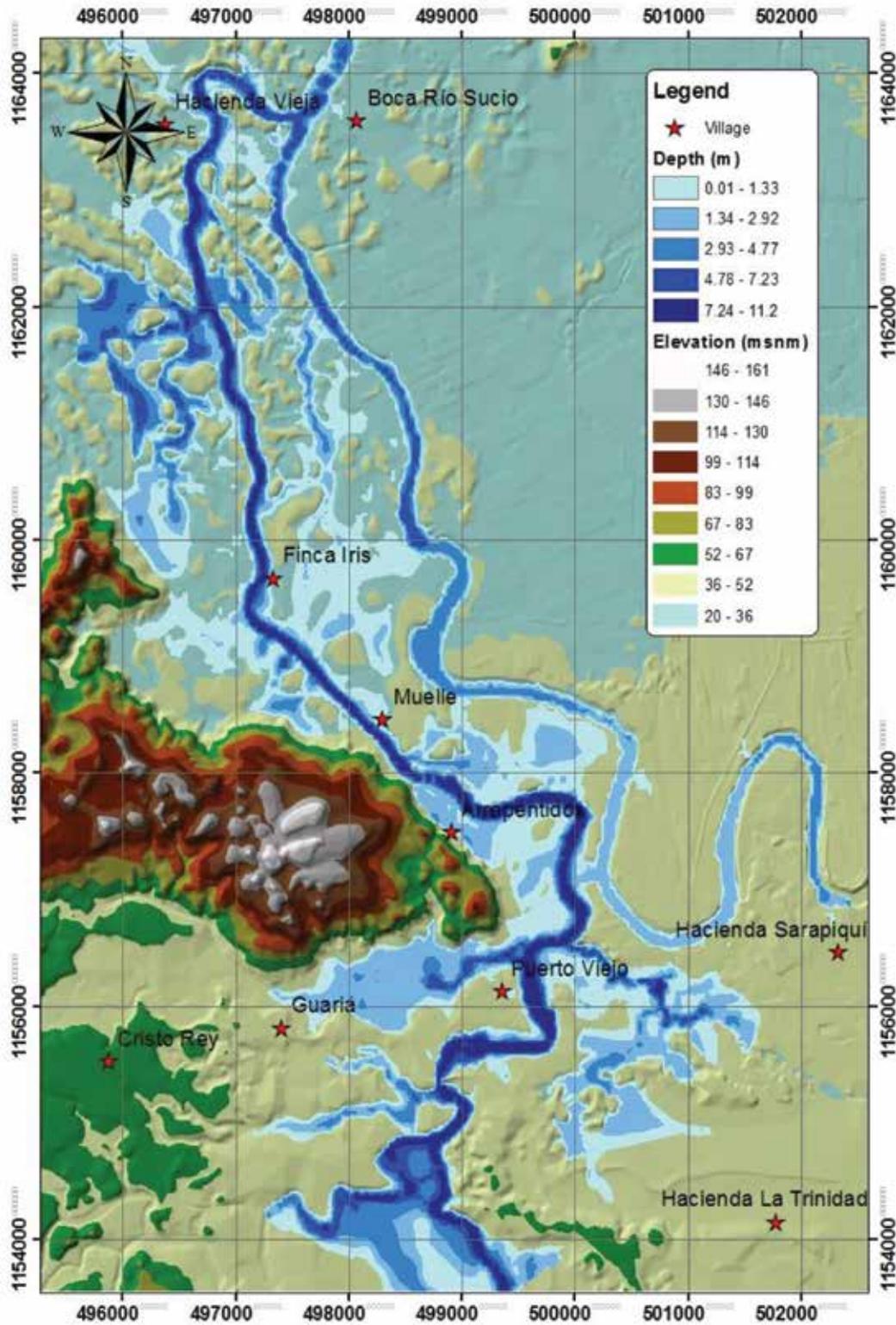


Imagen 30. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 25 años.

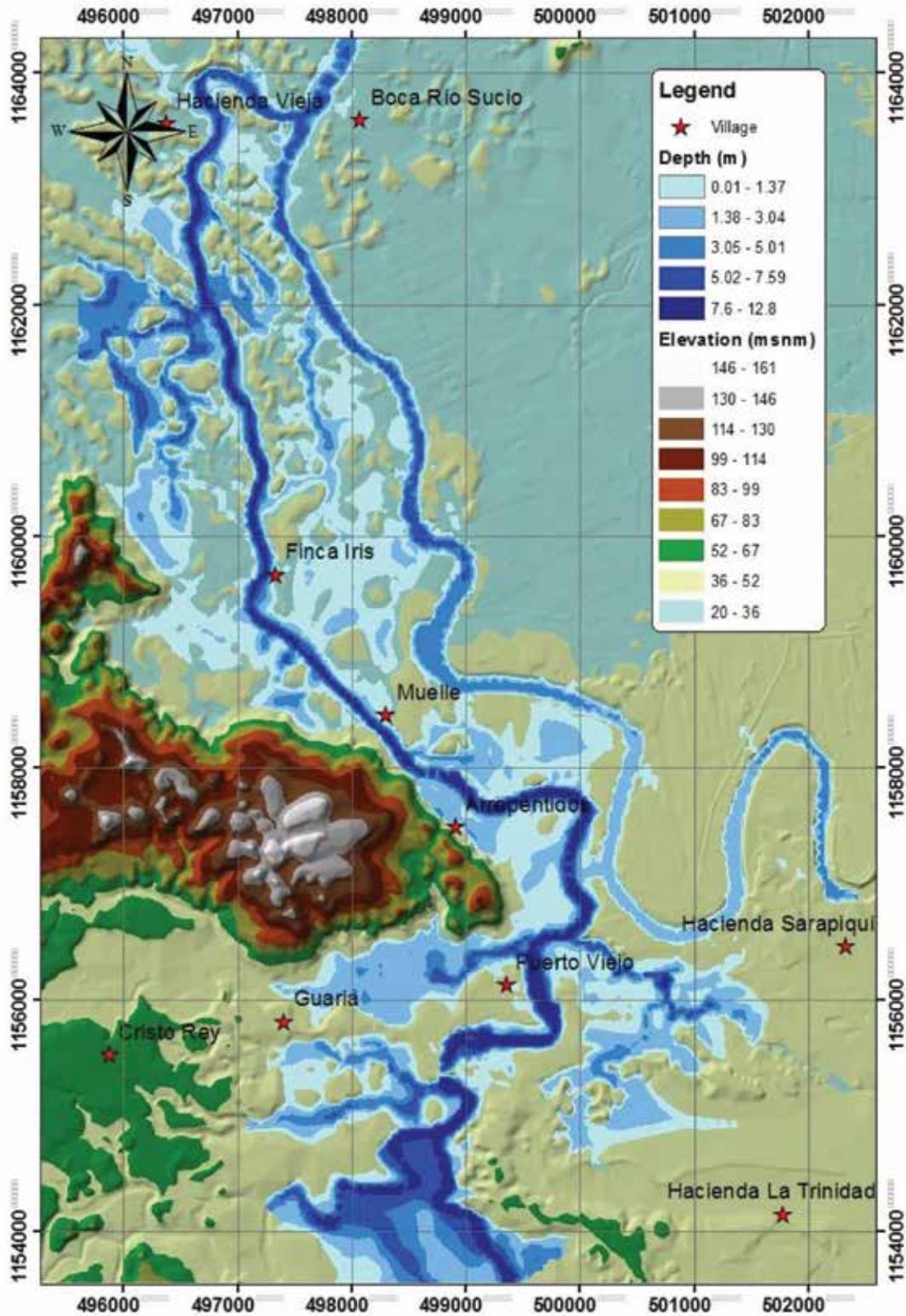


Imagen 31. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 50 años.

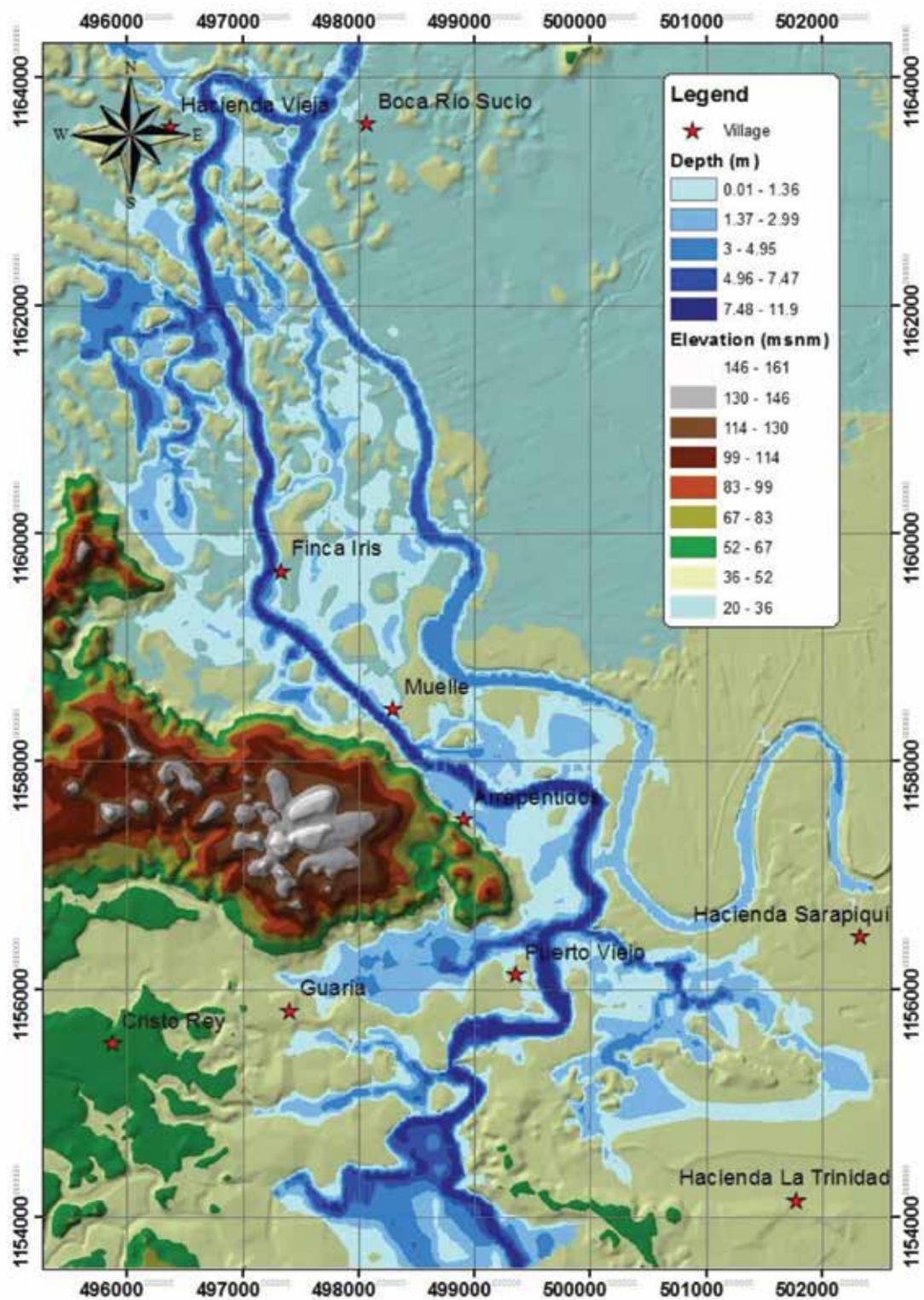


Imagen 32. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 100 años.

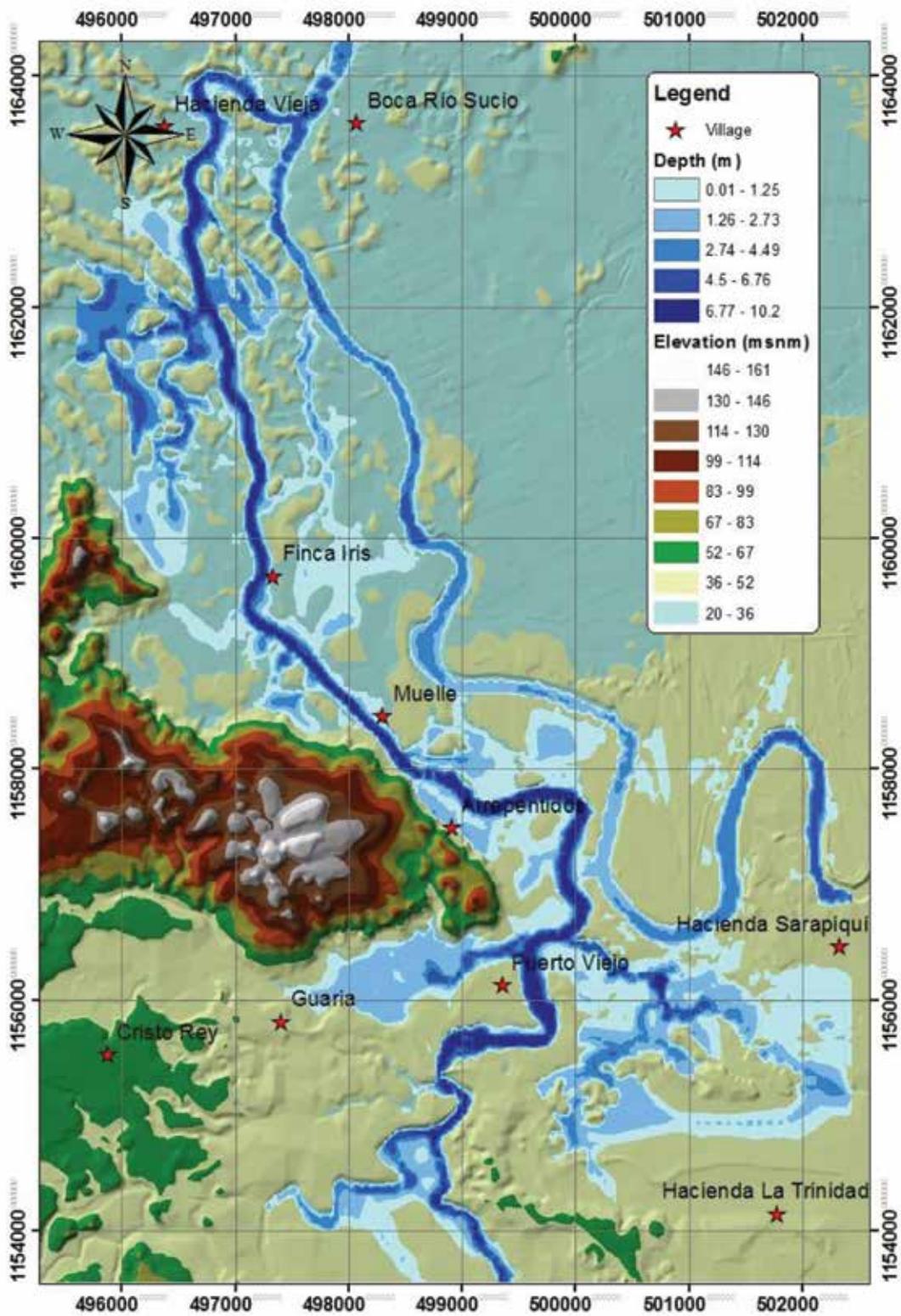


Imagen 33. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida del río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 5 años.

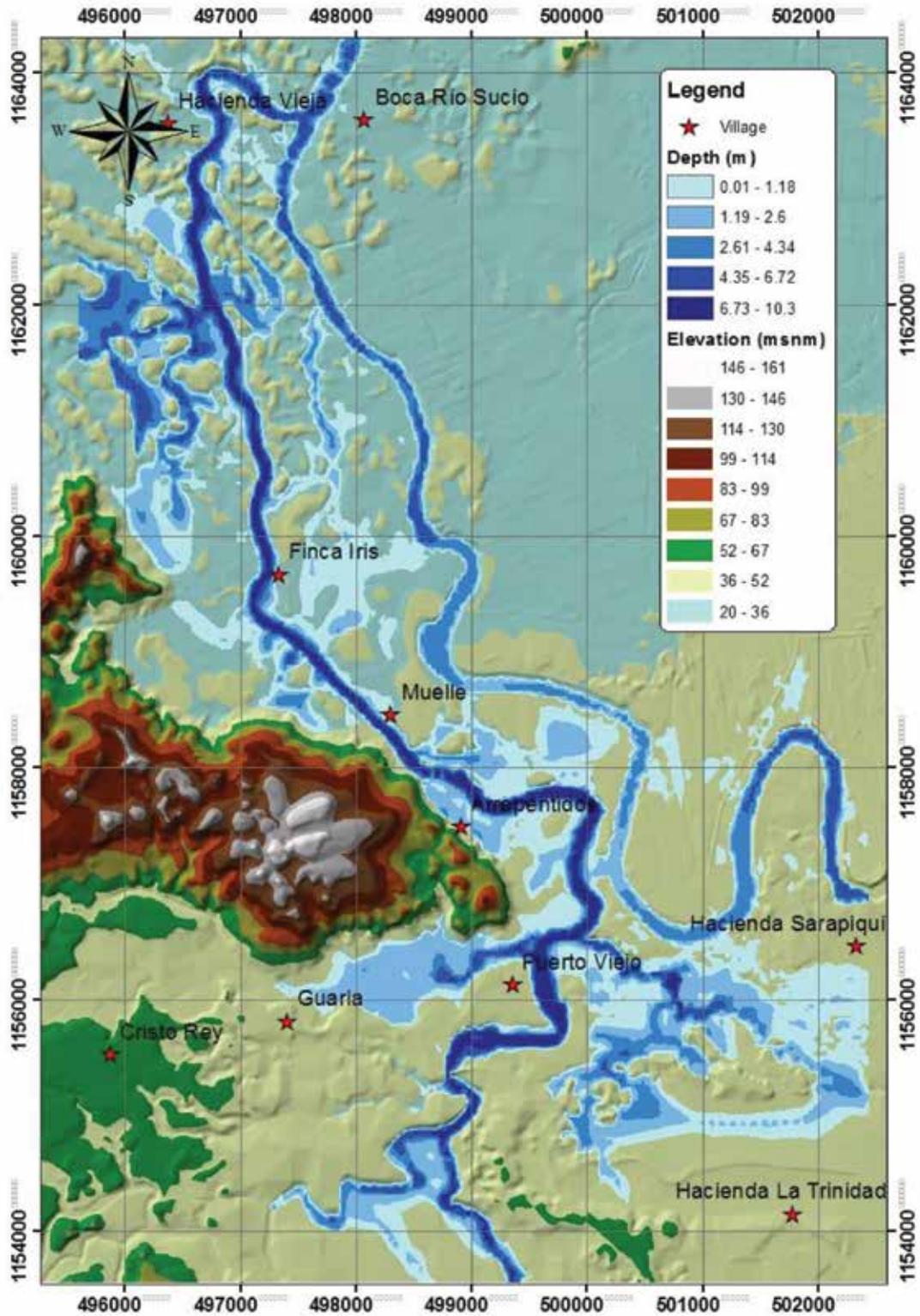


Imagen 34. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida del río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 10 años.

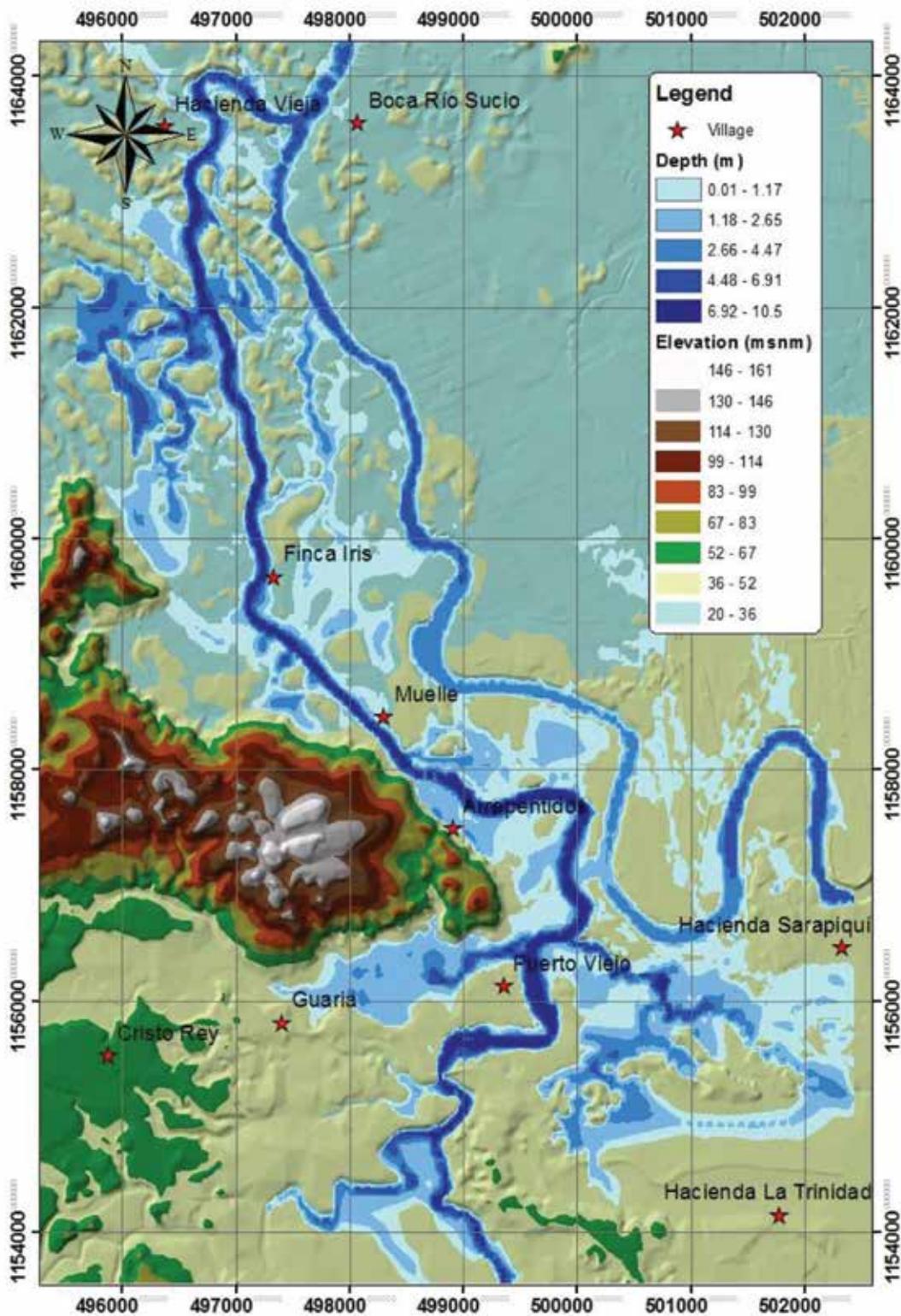


Imagen 35. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida del río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 25 años.

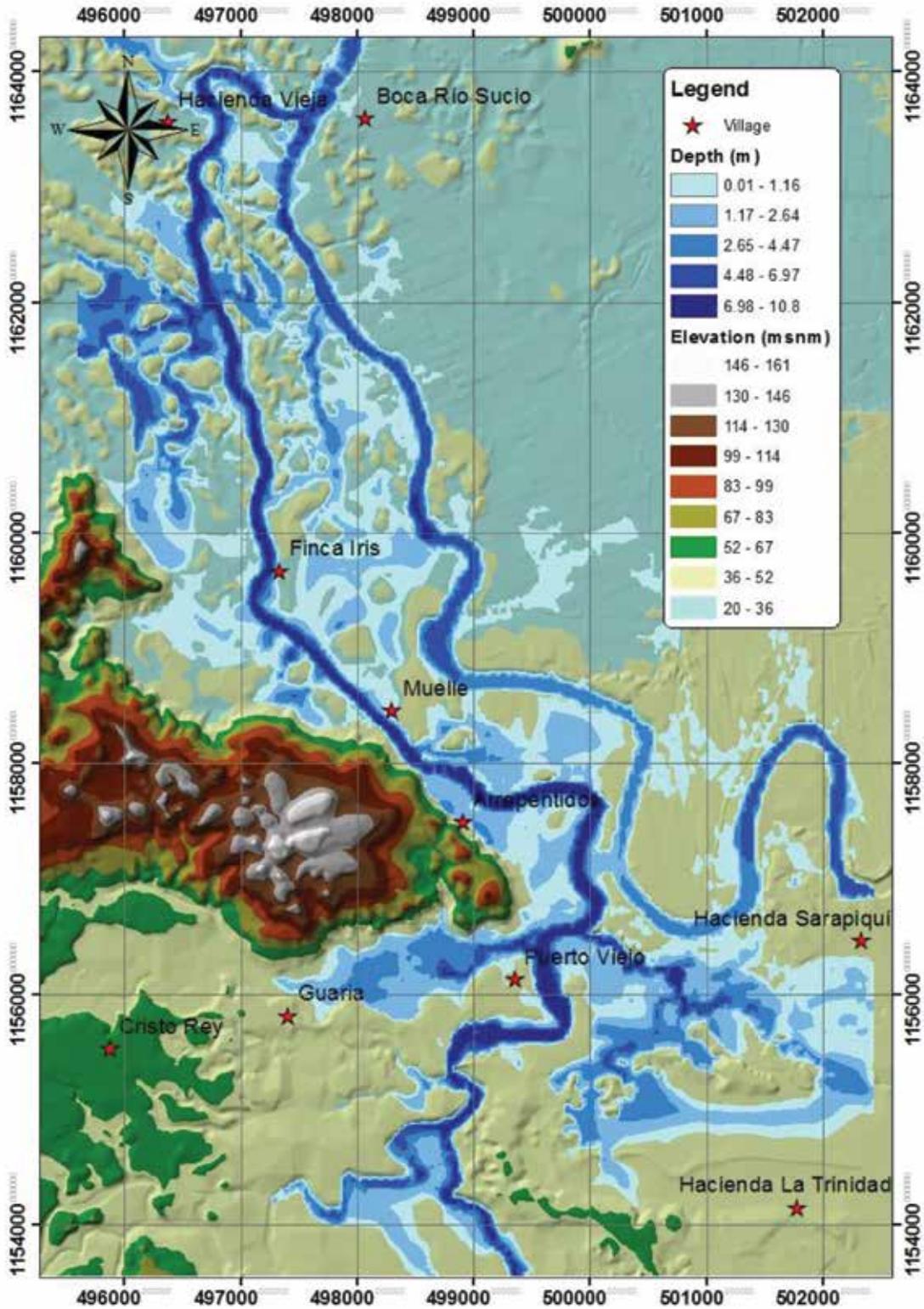


Imagen 36. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida del río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 50 años.

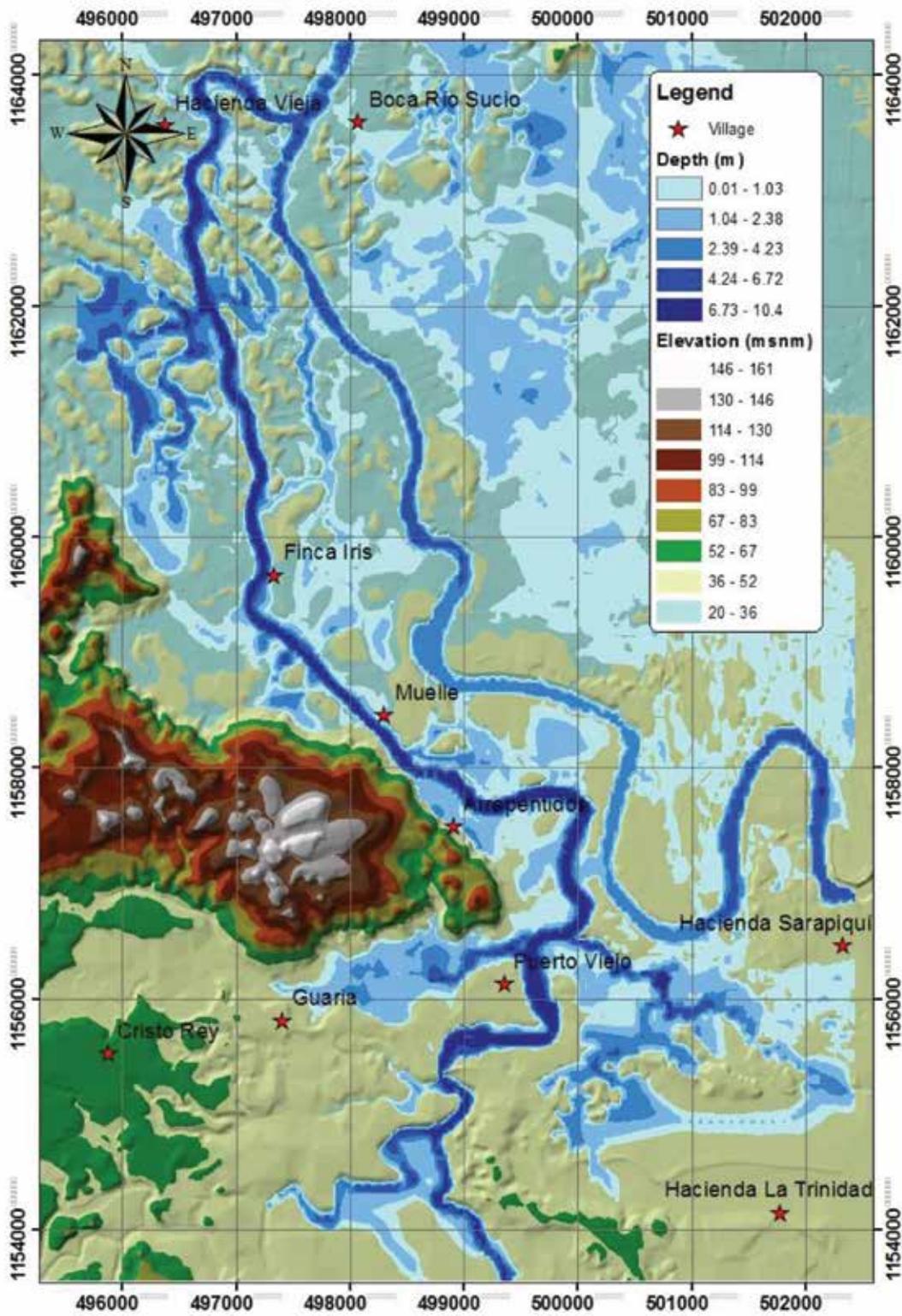


Imagen 37. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida del río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 100 años.

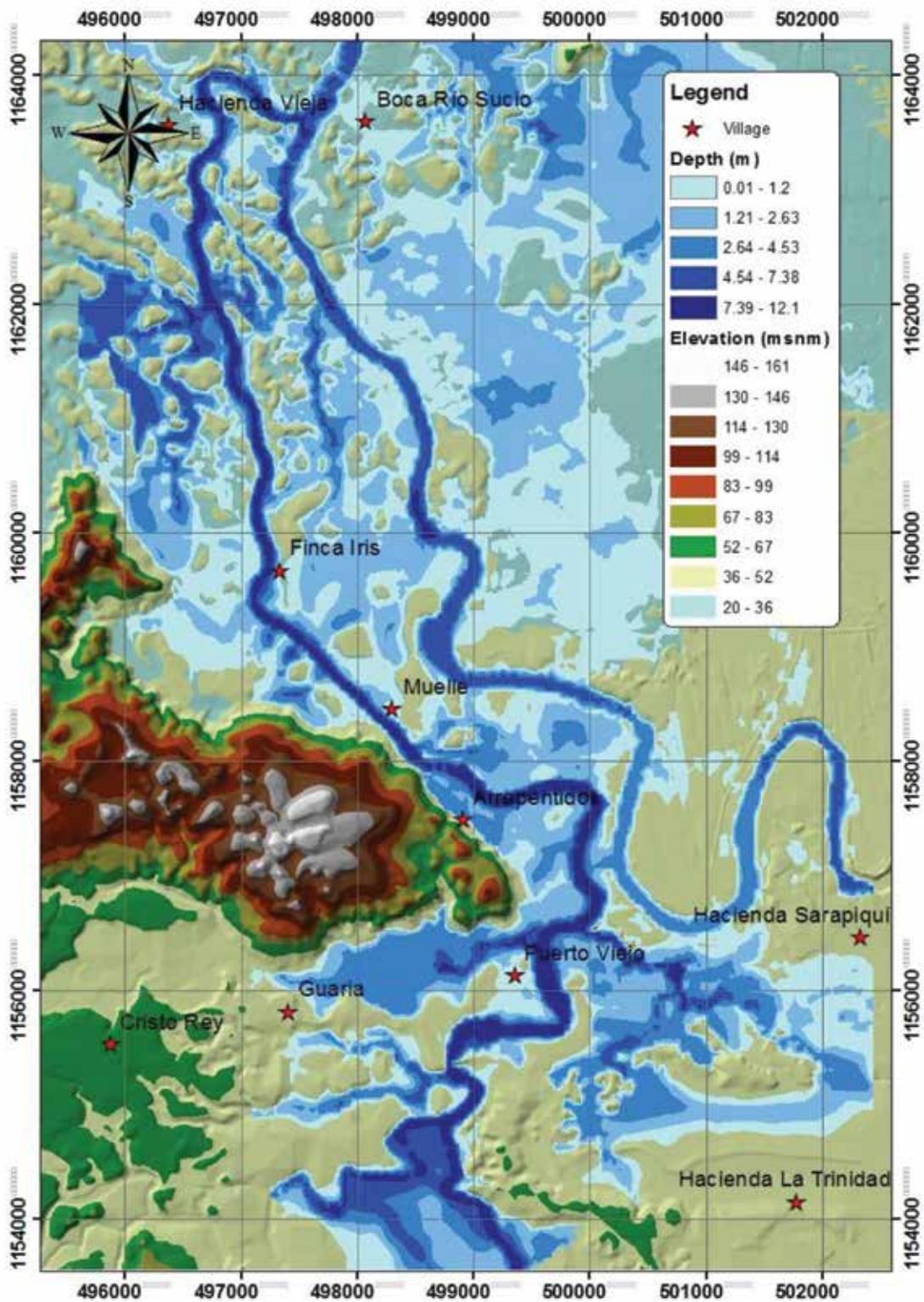


Imagen 38. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 50 años.

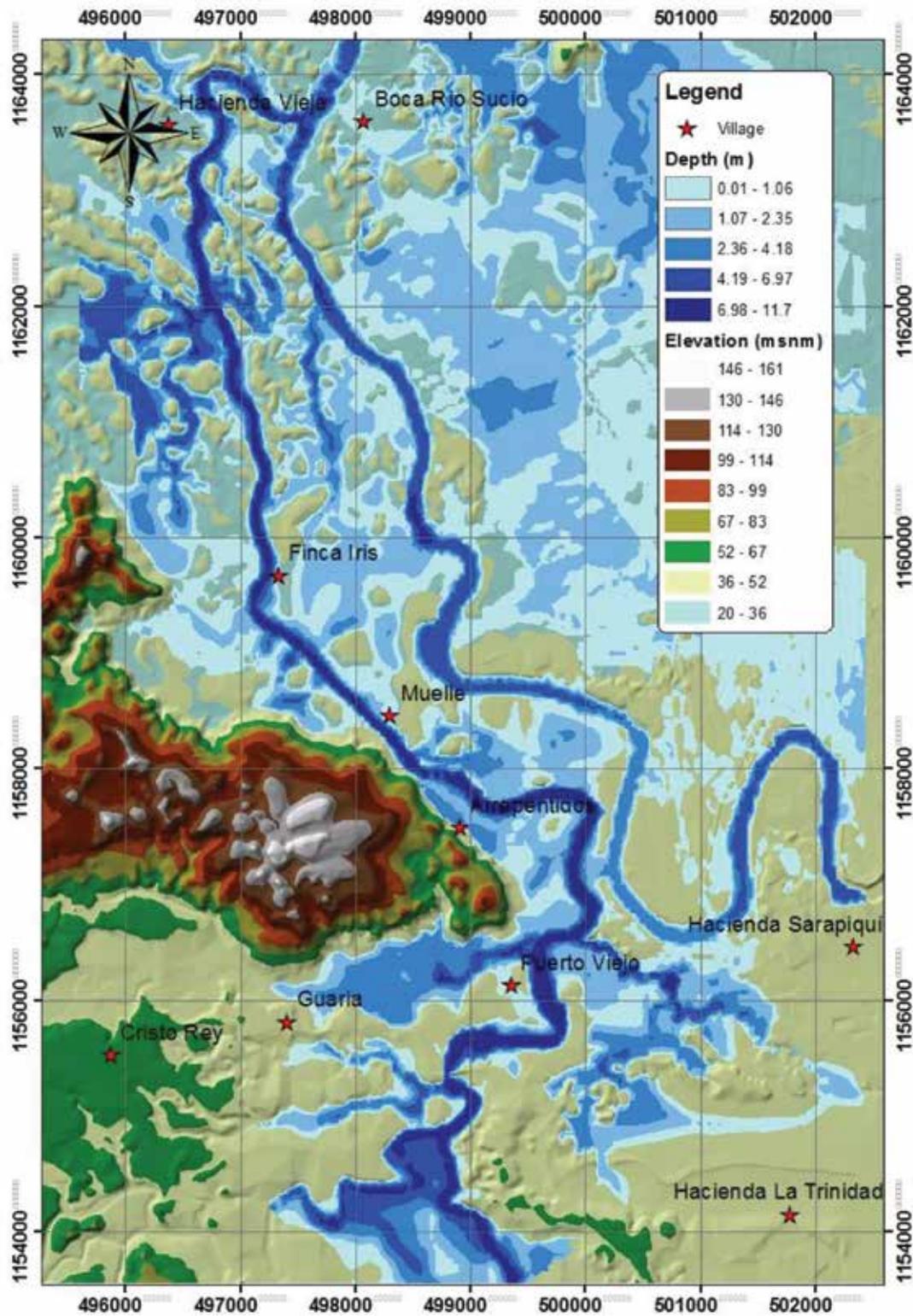


Imagen 39. Profundidad del cauce para el hidrograma de crecida de los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 100 años.

ANEXO 6. Mapas de velocidad del flujo

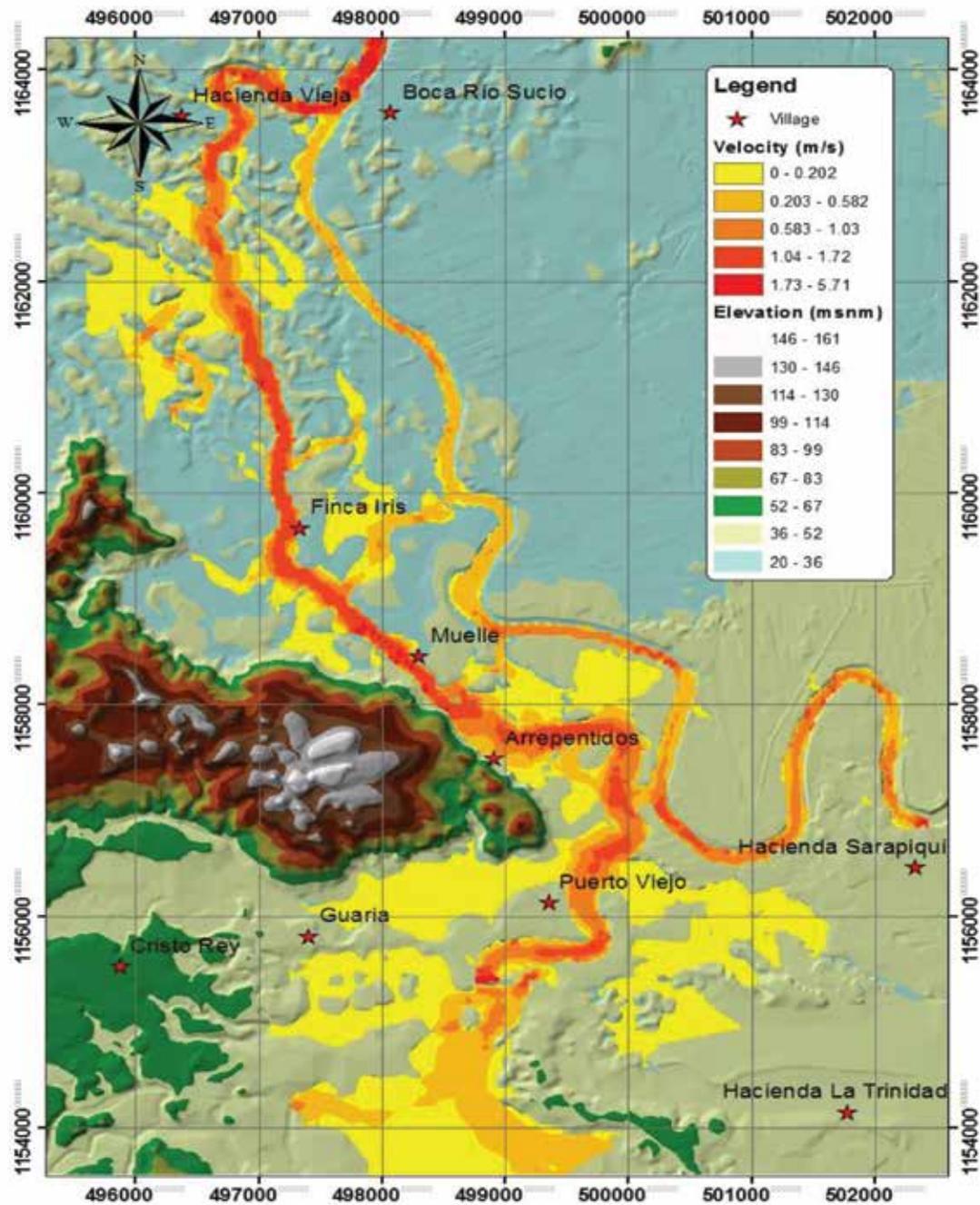


Imagen 40. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 5 años.

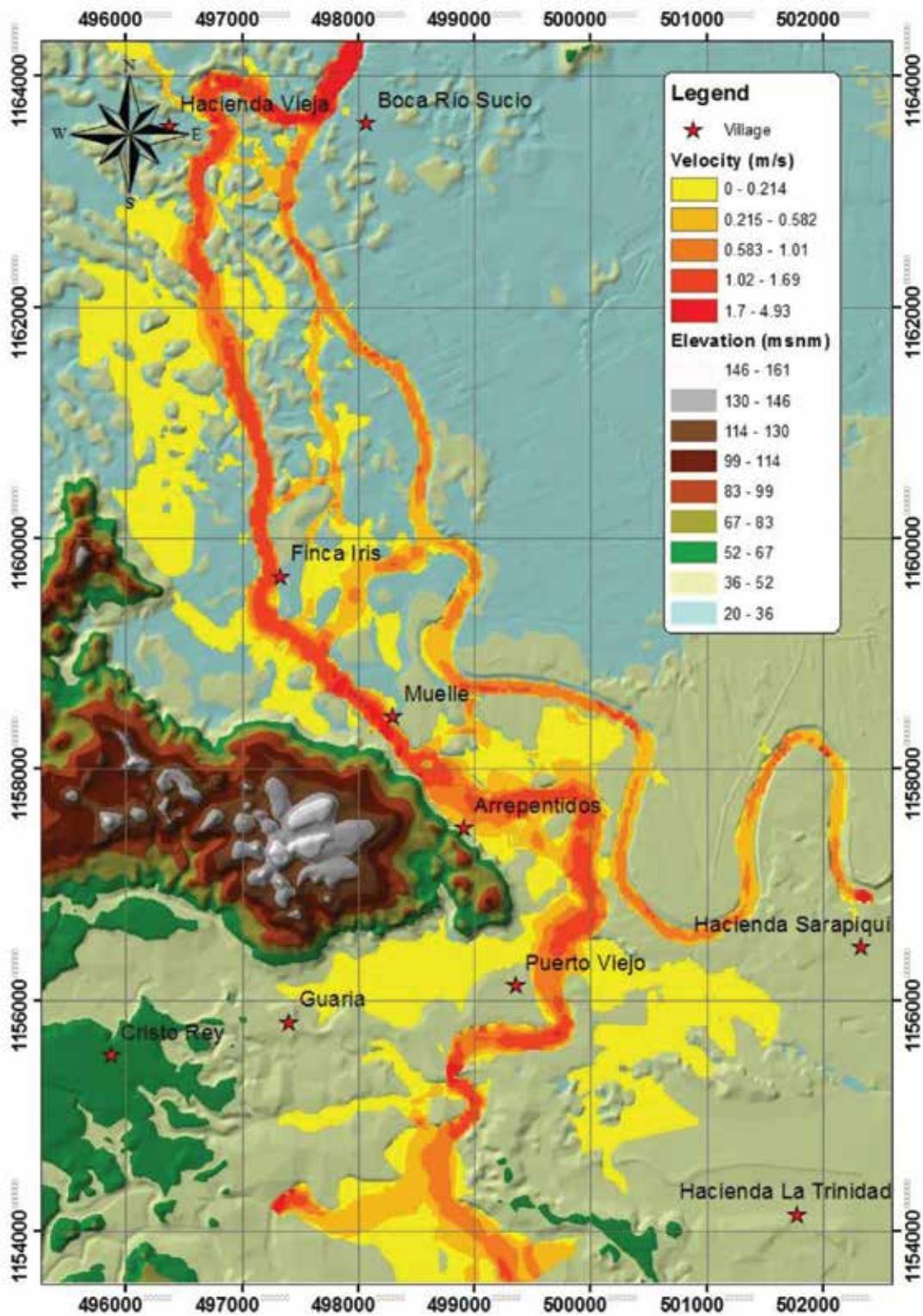


Imagen 41. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 10 años.

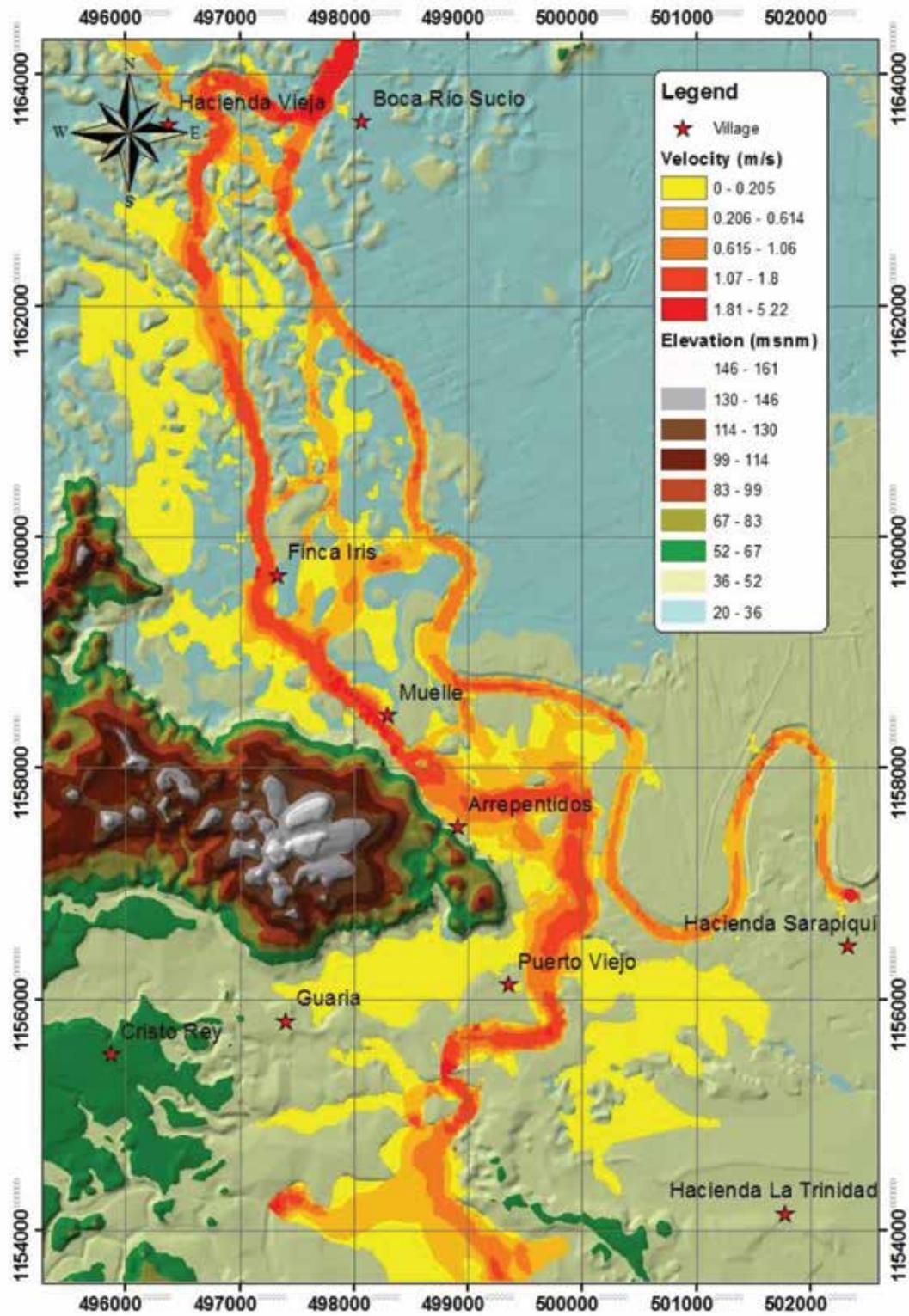


Imagen 42. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 25 años.

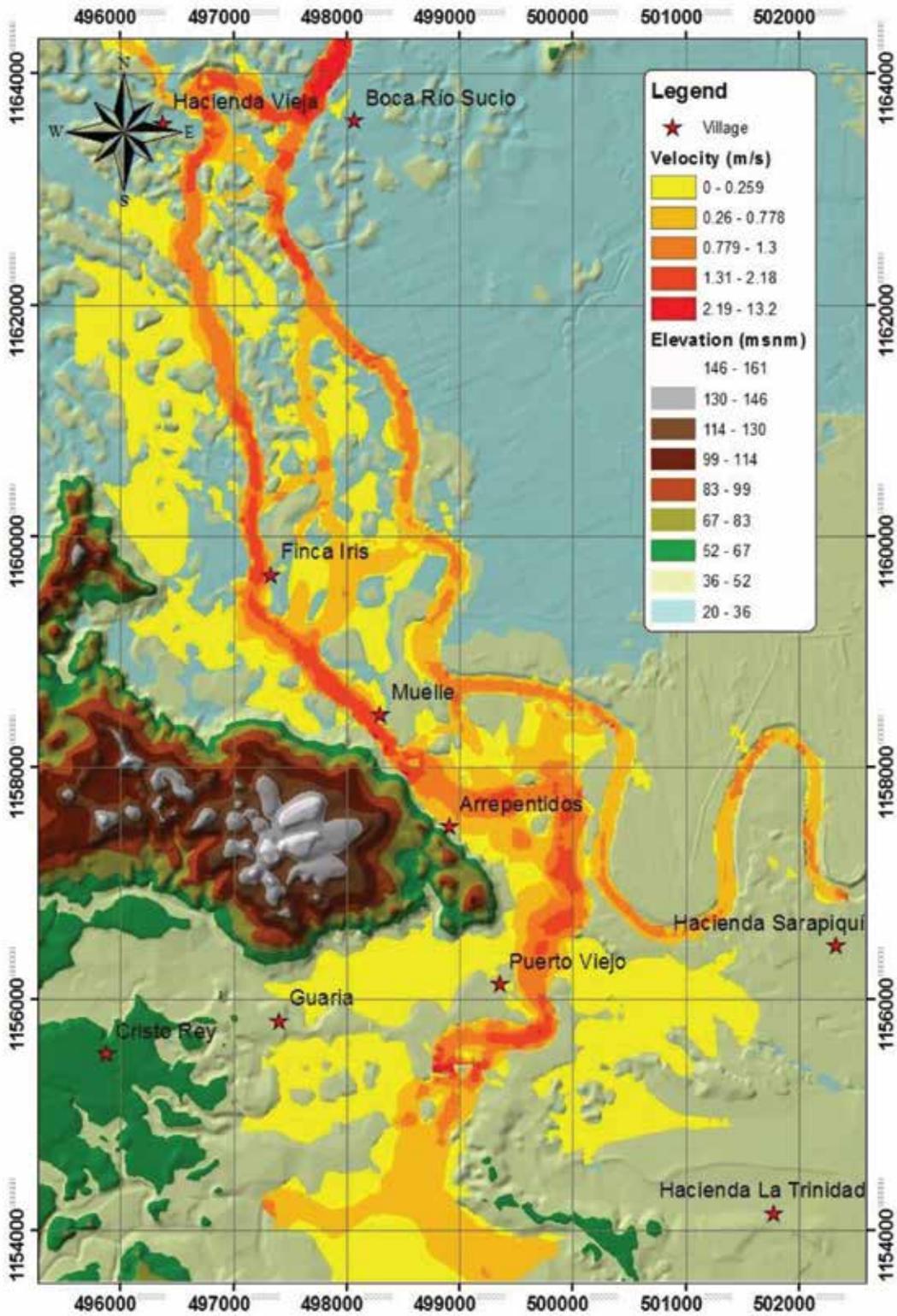


Imagen 43. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 50 años.

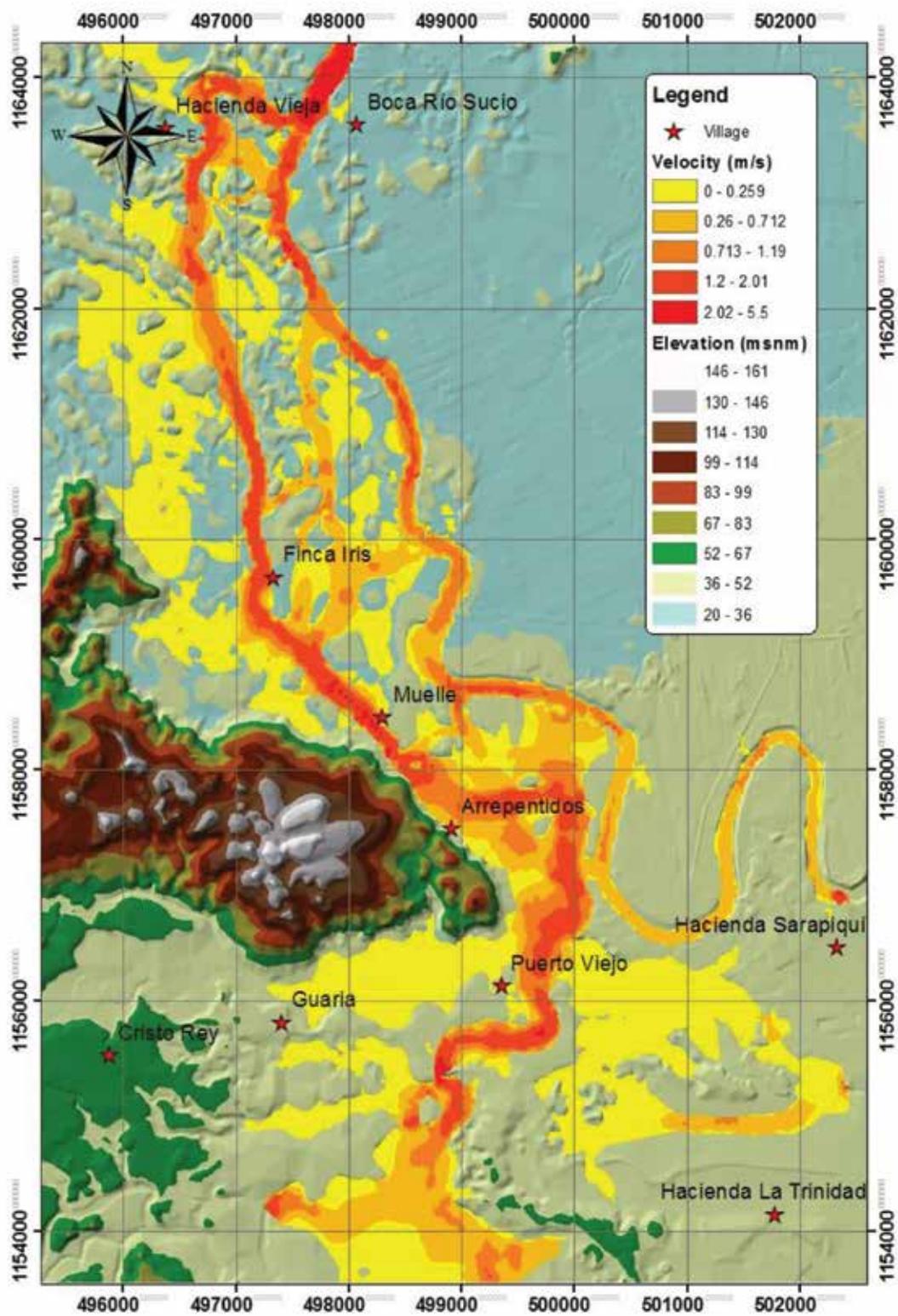


Imagen 44. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo generado por tormenta con periodo de retorno de 100 años.

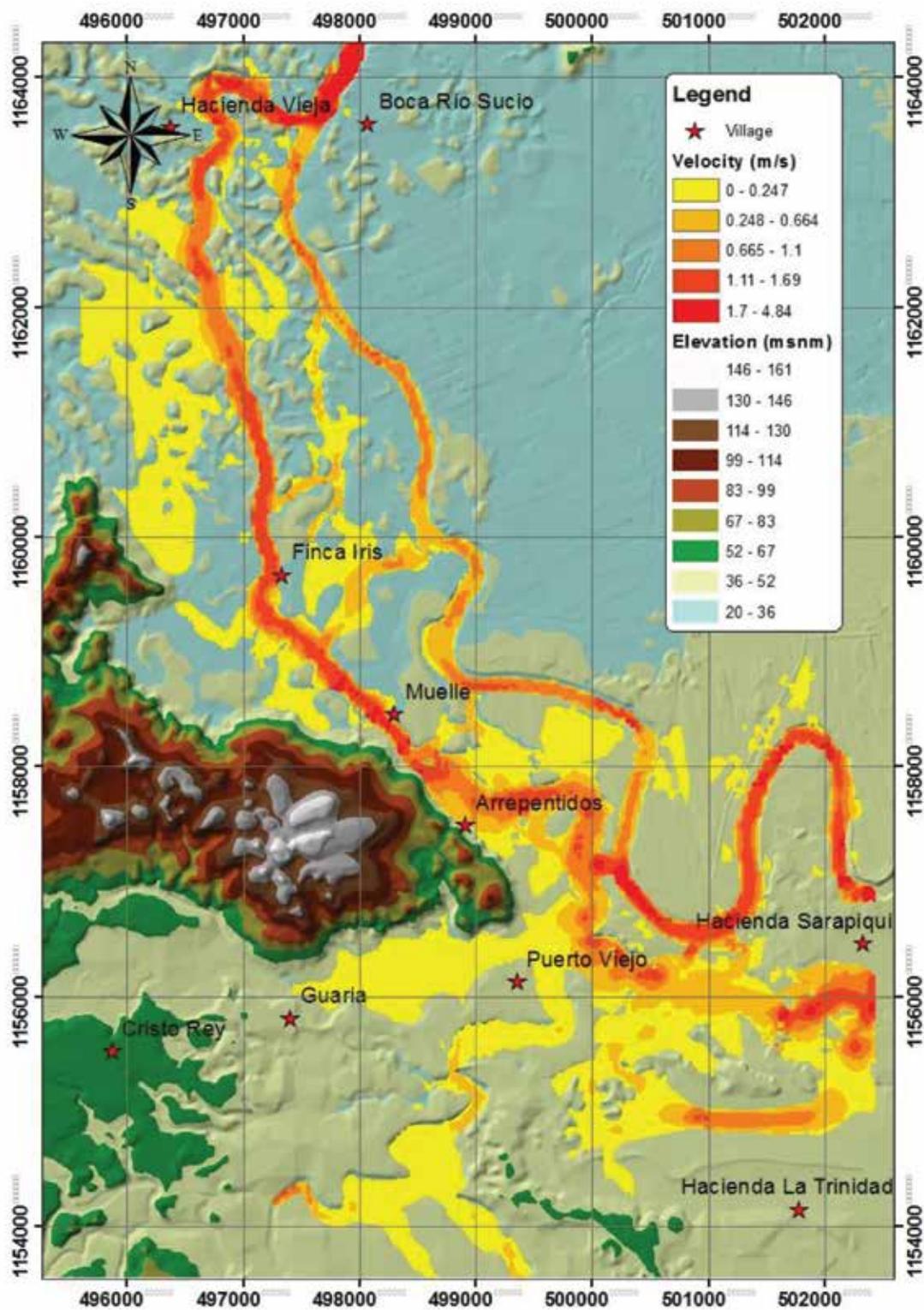


Imagen 45. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre el río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 5 años.

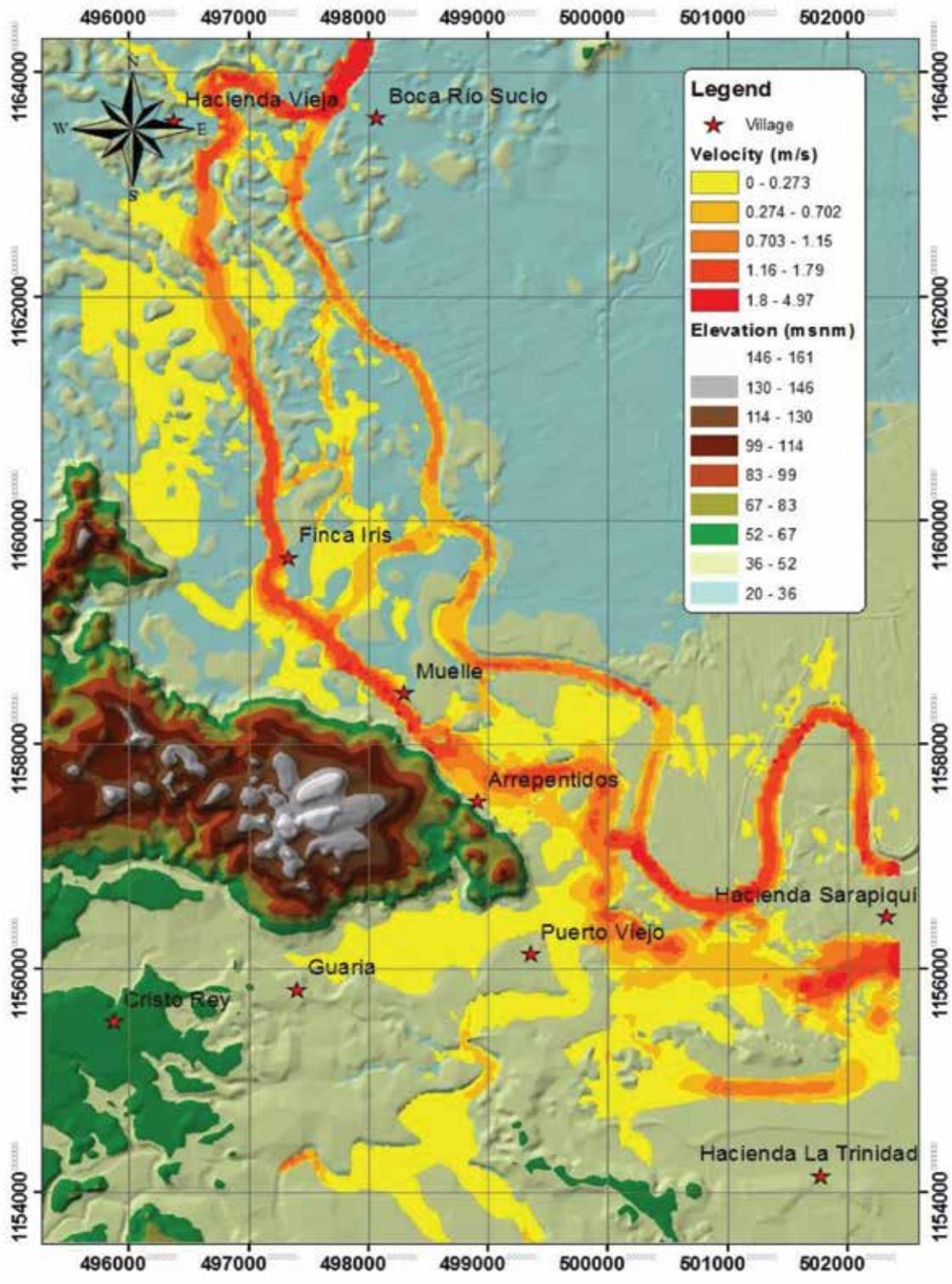


Imagen 46. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre el río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 10 años.

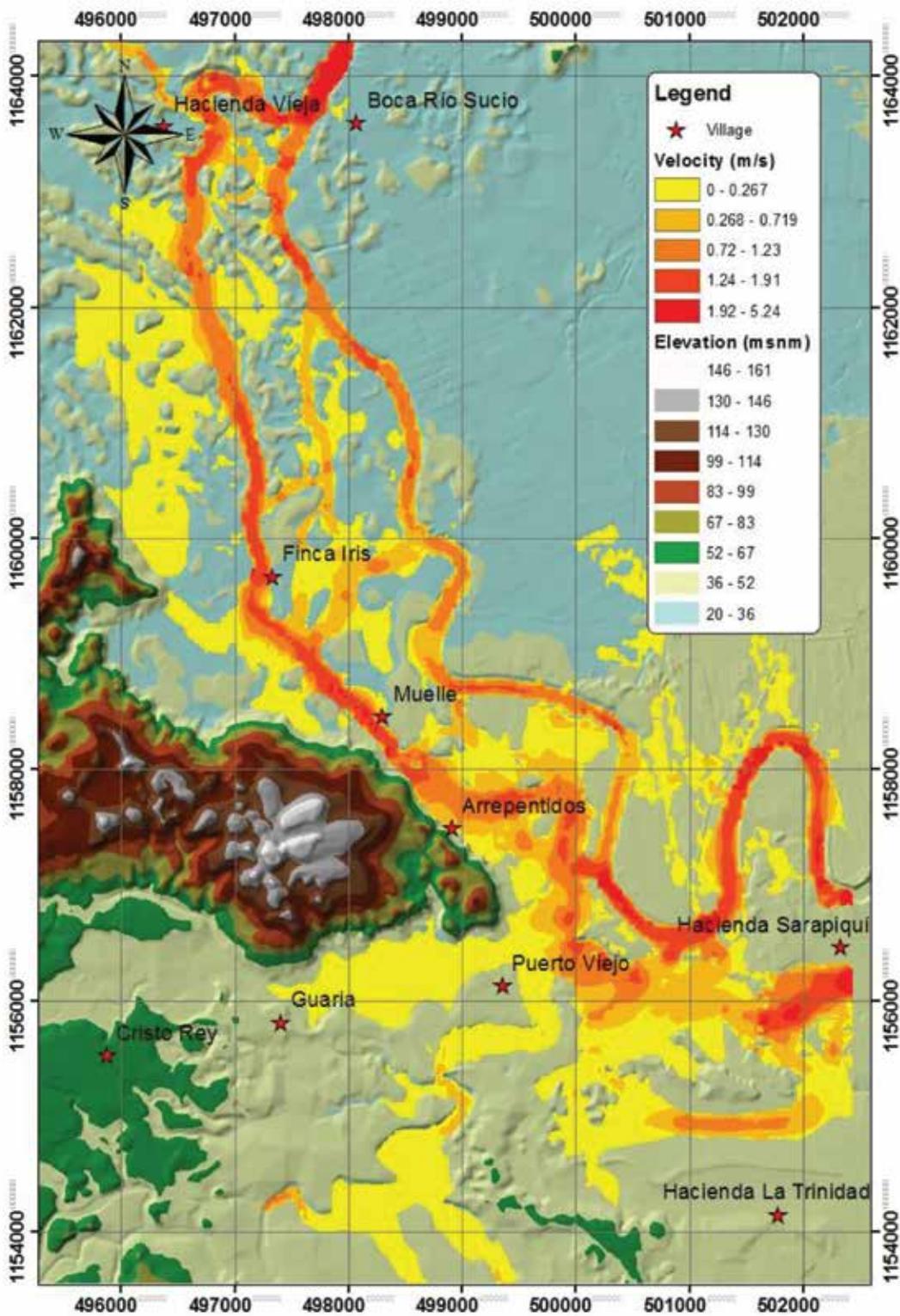


Imagen 47. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre el río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 25 años.

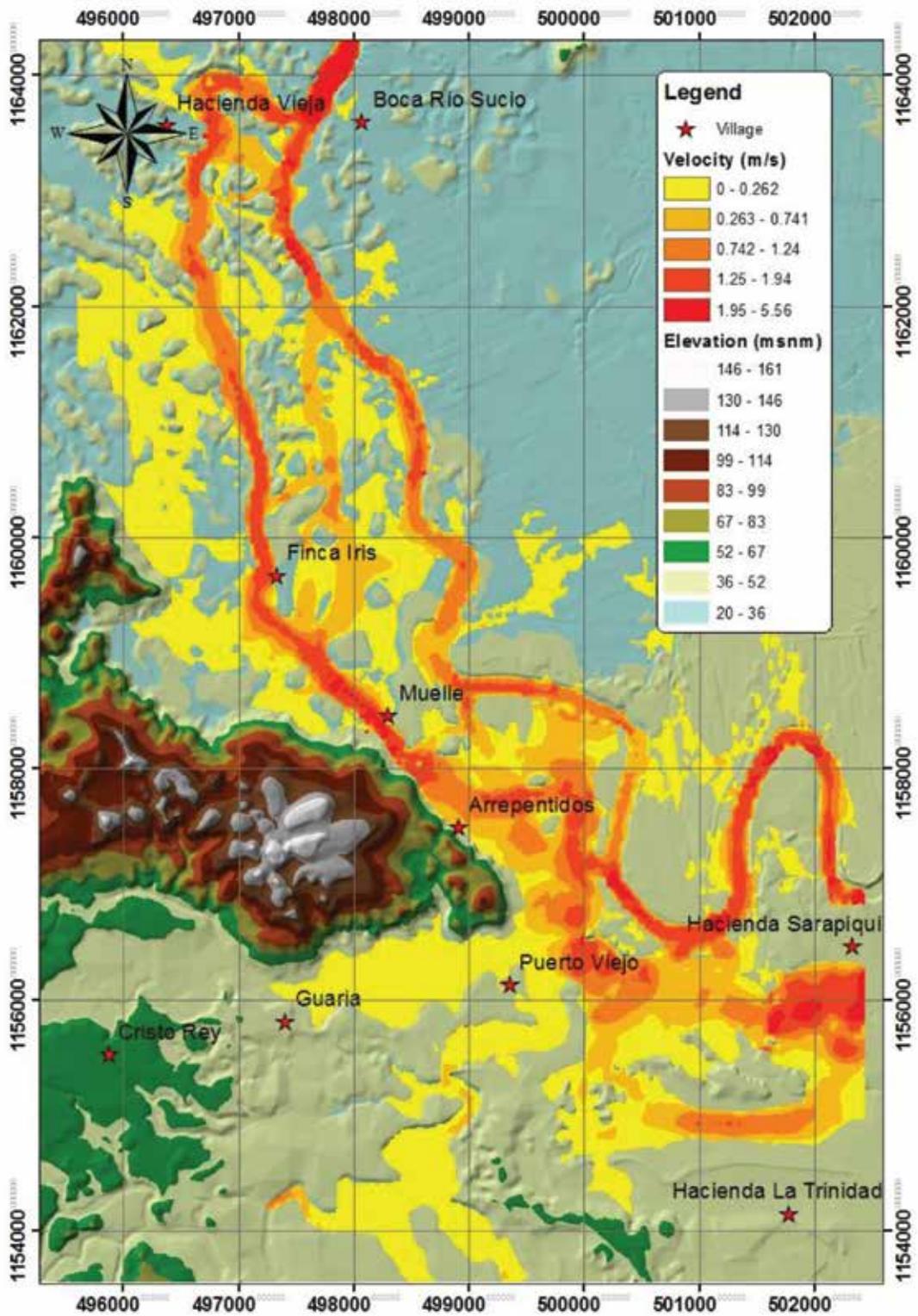


Imagen 48. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre el río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 50 años.

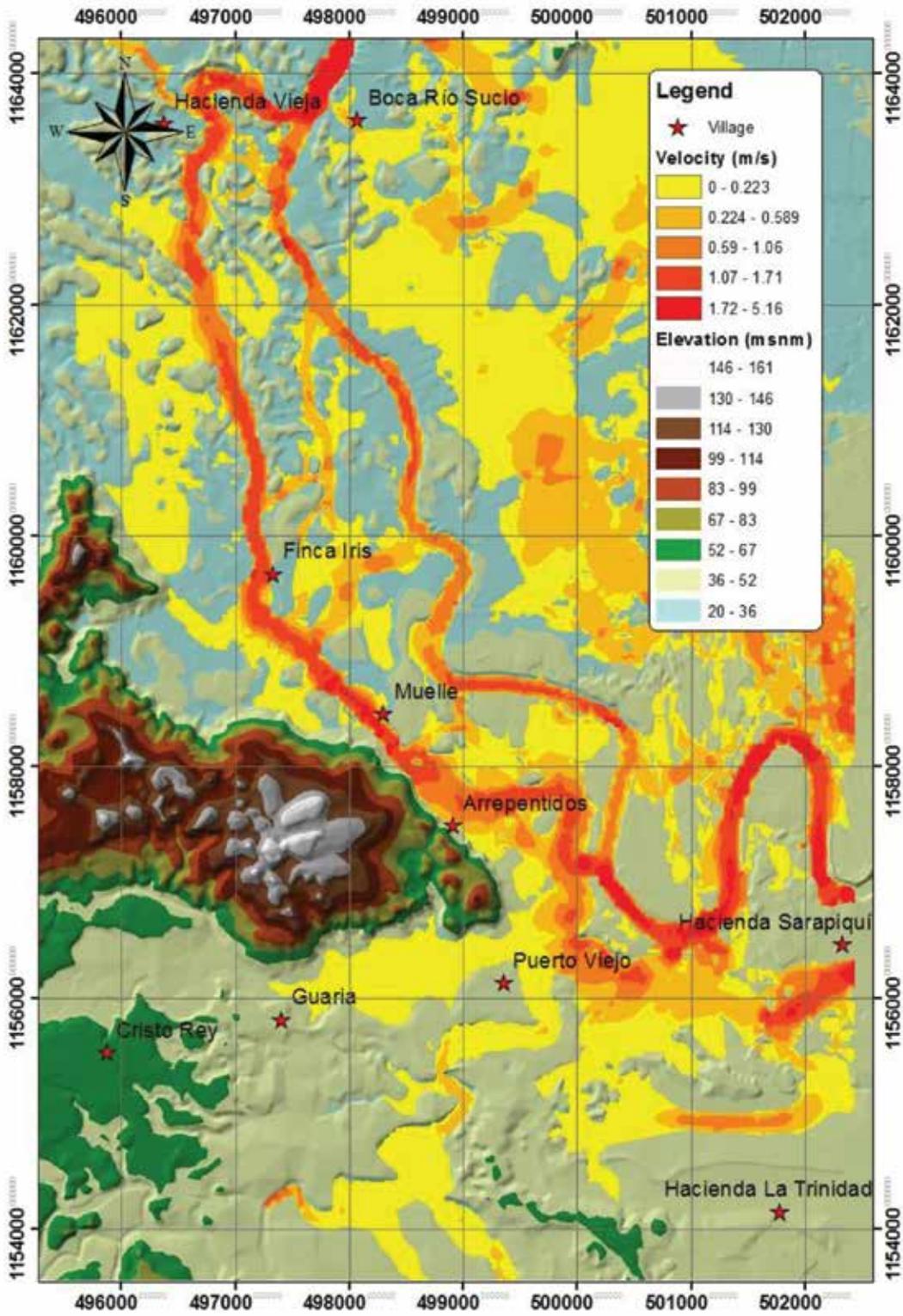


Imagen 49. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre el río Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 100 años.

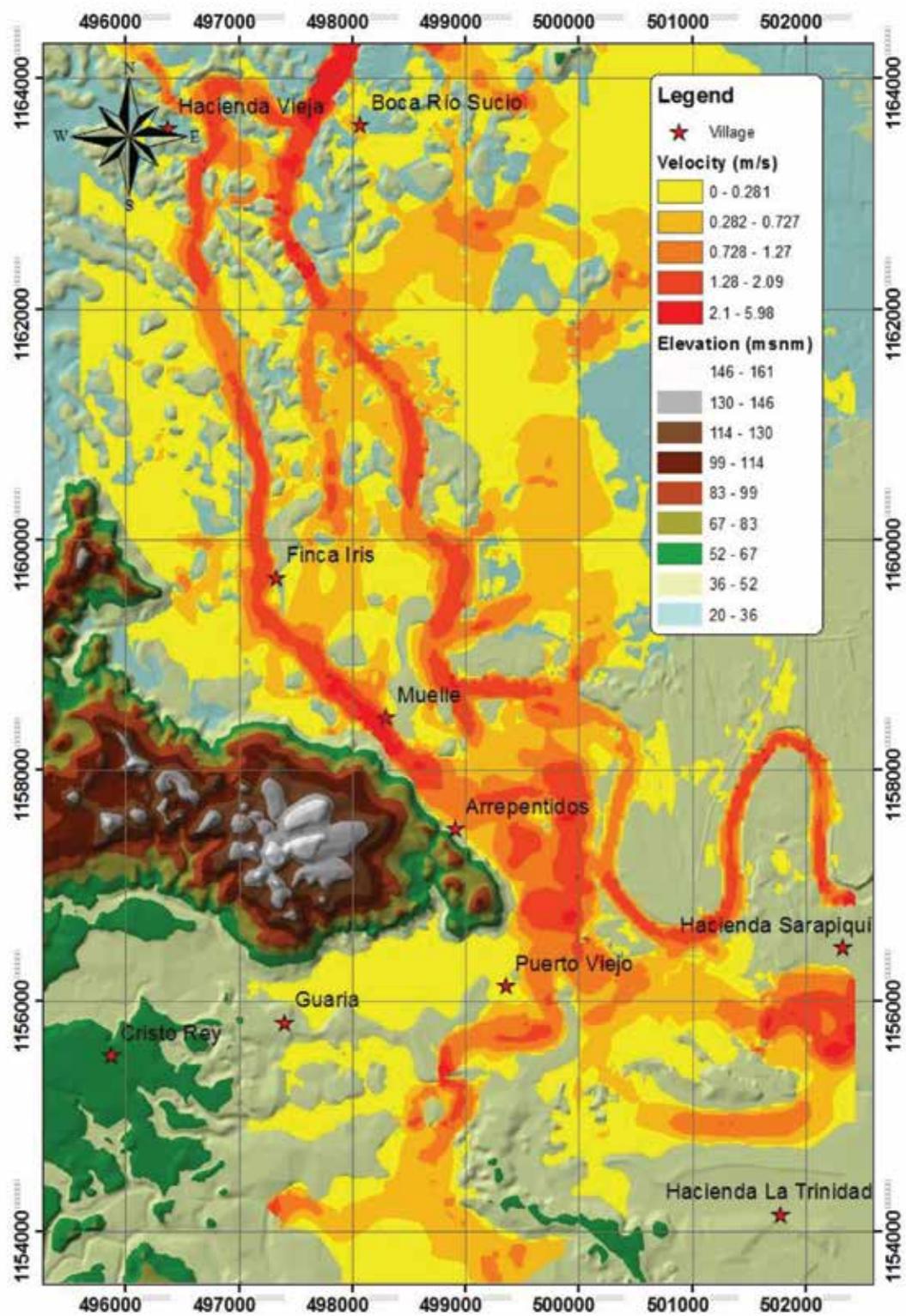


Imagen 50. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 50 años.

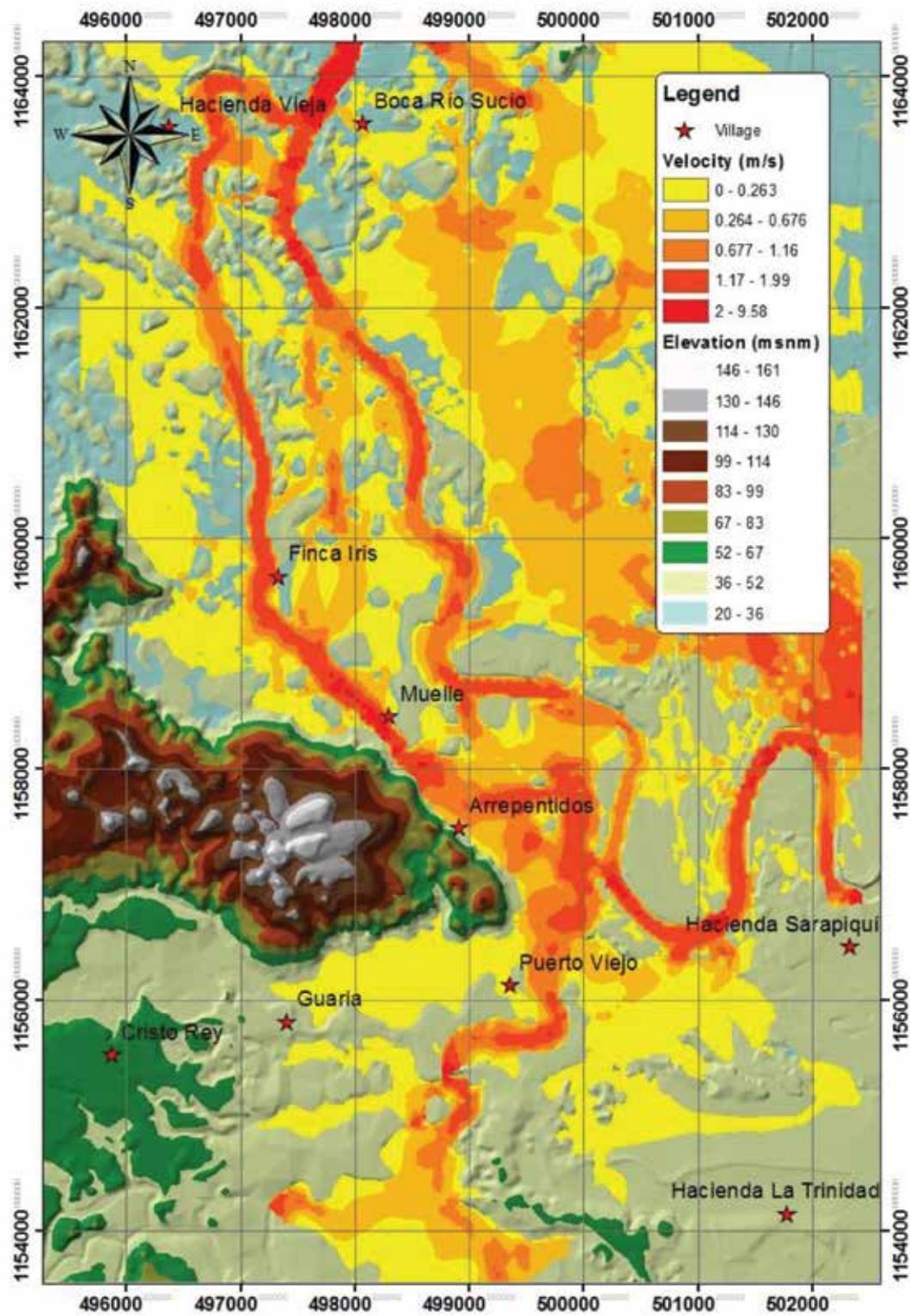


Imagen 51. Velocidad del cauce durante condiciones de crecida sobre los ríos Sarapiquí, Puerto Viejo y Sucio generado por tormenta con periodo de retorno de 100 años.

ANEXO 7. Procedimientos Operativos para el Sistema de Alerta Temprana de la cuenca del Sarapiquí

El presente documento describe los procedimientos operativos a seguir desde la detección de un fenómeno meteorológico potencialmente peligroso hasta la advertencia, alarma y activación de las instituciones involucradas, las autoridades y las comunidades, para que puedan aplicar con suficiente antelación las medidas de salvaguardia para proteger a las personas y a la propiedad en medio de una amenaza hidrometeorológica.

Los supuestos que desencadenan los mecanismos de alerta son generados por el modelado hidrológico e hidráulico de la cuenca diseñado mediante este proyecto. Este modelo será aplicado por el IMN y se basa en los umbrales de lluvia y de flujo que actúan como insumo para emitir las alertas tempranas de inundaciones.

1. Descripción del Modelo de Pronóstico Hidrometeorológico (MPH)

El modelo del SAT de la cuenca del río Sarapiquí se divide en dos etapas. La primera etapa corresponde a la parte meteorológica del modelo. En la oficina del IMN, si las imágenes de satélite muestran el desarrollo de un evento meteorológico que puede provocar fuertes lluvias de la zona de drenaje de la cuenca del río Sarapiquí, el meteorólogo a cargo debe pronosticar el volumen de las precipitaciones en el área de drenaje Sarapiquí.

Si el volumen de la precipitación prevista para el área de drenaje del Sarapiquí es mayor que los valores de precipitación del umbral que puede causar inundaciones en la cuenca baja del río Sarapiquí inferior, el meteorólogo a cargo emitirá una primera advertencia a la oficina de la CNE y se ejecutará el modelo hidrológico para cuenca del río Sarapiquí, con el fin de hacer una primera estimación del hidrograma en la cuenca baja.

En la oficina del IMN, el fenómeno meteorológico será monitoreado y se mejorará el pronóstico de las precipitaciones, se correrá el modelo de pronóstico hidrometeorológico con el fin de mejorar también el hidrograma de crecida estimado para la parte baja de la cuenca del Sarapiquí.

Los valores de umbral de precipitación que pueden desencadenar la primera advertencia se han estimado a partir de los hidrogramas de crecida de tormentas anteriores que han causado inundaciones en la cuenca baja del Sarapiquí. El modelo de pronóstico hidrometeorológico de la cuenca baja del Sarapiquí fue calibrado usando la información de la precipitación y los hidrogramas de crecida, y será una herramienta de previsión para el hidrograma de crecida estimada para la cuenca baja del Sarapiquí.

2. Características de los Procedimientos Operativos diseñados

Estos procedimientos operativos se pondrán en funcionamiento una vez que el IMN haya detectado un evento que podría convertirse en una amenaza para el país, y para la región de Sarapiquí en particular. Su principal objetivo es establecer procedimientos para el monitoreo de las amenazas hidrometeorológicas, la declaración de alerta y la activación de los mecanismos de respuesta en el contexto del SAT para la cuenca del Sarapiquí. Para el diseño de estos procedimientos operativos, se han llevado a cabo los siguientes pasos:

- ✓ Revisión de todos los datos del plan de alerta propuesto en el 2009 a raíz del terremoto de Cinchona.
- ✓ Utilización de los resultados técnico-científico del proyecto para incluir nuevas áreas geográficas

en el escenario de inundación de la cuenca del Sarapiquí.

- ✓ Organización y consulta con las comunidades ubicadas en la zona de inundación que tienen un papel que desempeñar dentro de estos procedimientos operativos.
- ✓ Análisis y diseño de los actuales procedimientos operativos con un grupo técnico interinstitucional, con base en las herramientas de desarrollo de este proyecto, tales como el modelado hidrológico.
- ✓ Las notificaciones de parte del IMN a la CNE sobre un evento climático potencialmente peligroso parten ahora de la Advertencia.
- ✓ La declaración de alertas y de acciones se basan en umbrales:
 - a. Cuando el IMN informa a la CNE que hay una probabilidad de alcanzar el umbral de 50 mm de precipitación (distribuidos por toda la cuenca), de acuerdo con los parámetros establecidos por el modelo hidrológico, la CNE declara alerta amarilla, aumenta los mecanismos de operación relacionados con este nivel de alerta, e indica al CME y a los CCE que activen los procedimientos de alarma en la zona amenazada de acuerdo con los planes de emergencia locales.
 - b. Cuando el IMN informa a la CNE que hay probabilidad de alcanzar el umbral de 80 mm de precipitaciones distribuidos por toda la cuenca, de acuerdo con los parámetros establecidos por el modelo hidrológico, la CNE declara nivel de alerta roja, aumenta los mecanismos de operación relacionados con este nivel de alerta, y el CME y los CCE activan todos los mecanismos previstos en sus planes de emergencia, incluida la evacuación de personas en riesgo.
- ✓ La alerta verde se activa desde el primer Aviso: dada la premisa de que el modelo de pronóstico hidrometeorológico facilita un pronóstico más preciso y mejora el margen de certeza, la emisión de la alerta verde en el primer Aviso, no será una decisión precipitada, ya que esta acción se basará en la información del comportamiento específico de la cuenca establecido por los parámetros del modelo de pronóstico hidrometeorológico.
- ✓ Los procedimientos operativos establecen medidas claras para todos los niveles (nacional, municipal, comunal) y todos los momentos (vigilancia, advertencia, alerta, respuesta). Estas acciones deben ser incorporadas y sincronizadas por las instituciones y comités en su propio plan de emergencia.

Las premisas básicas para los procedimientos operativos son:

- ✓ La decisión de evacuar se apoya en una certeza razonable sobre la base de los límites previstos por el modelo de pronóstico hidrometeorológico.
- ✓ El espíritu de los SAT es la anticipación. Las estructuras de respuesta locales reciben información suficiente y oportuna para llevar a cabo las medidas de protección necesarias. Se alerta e instruye a la población con suficiente antelación para que puedan protegerse a sí misma y a sus bienes antes de que se desborden los ríos, lo que reduce la necesidad de operaciones de rescate.

3. Descripción narrativa de los procedimientos

Los procedimientos operativos describen las acciones a realizarse en cada paso del flujo de información desde la detección por satélite de un evento meteorológico potencialmente peligroso hasta las acciones de respuesta que deben desarrollarse a nivel local en la zona amenazada. En los procedimientos habituales, las notificaciones del IMN a la CNE comienzan con la emisión de los avisos. Sin embargo, estos nuevos procedimientos proponen que las comunicaciones sobre el evento den inicio a partir de la Advertencia:

Advertencia: Se emite cuando el riesgo de un evento meteorológico o hidrológico peligroso se ha incrementado de manera significativa, pero la ubicación o el momento de su ocurrencia es todavía incierto. Su objetivo es proporcionar información con suficiente tiempo de antelación para quienes necesitan activar sus planes de acción.⁵

Aviso: Se emite cuando un evento meteorológico o hidrológico peligroso se está produciendo. Un aviso se utiliza para condiciones que representan una amenaza para la vida o la propiedad.⁶

Informe meteorológico: se emite para informar sobre los efectos reales de fenómenos hidrometeorológicos en una determinada región del país.⁷

3.1. Advertencia

-El IMN tiene monitoreo activo diario de 6.a.m a 7 p.m. durante todo el año. Cuando identifica la proximidad o posibilidad de un fenómeno meteorológico potencialmente peligroso, corre los sistemas computacionales preventivos de alerta WRF y CAFFG y el modelo hidrológico para establecer un pronóstico de precipitación. Si determina posibilidad de afectación, envía una Advertencia a la CNE por medio de la red de telecomunicaciones (Base Ø), vía correo electrónico y fax.

-Base Ø distribuye la Advertencia según lista interna de la CNE y comunica igualmente de la existencia de la Advertencia a los Comités Comunales de Emergencia (CCE), el Comité Municipal de Emergencia (CME) y los puestos de vigilancia en la zona amenazada.

-Los CCE y el CME analizan la información recibida de CNE y establecen un seguimiento. Continúa el monitoreo regular y reportes a Base Ø cada 6 horas sobre condiciones hidrometeorológicas.

-Base Ø realimenta al IMN con la información hidrometeorológica recibida en los reportes del terreno

-Si el evento meteorológico se modifica favorablemente, el IMN igualmente notificará a la CNE, la cual a su vez informará a su lista de distribución correspondiente.

3.2. Aviso

- Cuando el IMN confirma la probabilidad del evento potencialmente peligroso y con base en los umbrales establecidos por el modelo hidrológico, continúa corriendo los sistemas computacionales preventivos de alerta, emite un Aviso y lo envía a la CNE por medio de la red de telecomunicaciones (Base Ø).

-Base Ø distribuye el Aviso según lista interna de la CNE, prioritariamente a la Dirección de Gestión de Riesgos (DGR)

-La DGR declara Alerta Verde que de acuerdo a la definición de la CNE, se establece “Cuando los indicios de un fenómeno determinan una inminencia tal que se requiere alertar una o varias zonas del país. También se da cuando el fenómeno presenta situaciones leves de impacto en una o varias zonas”

-La CNE comunica el nivel de alerta según su lista de distribución, activa sus propios mecanismos de seguimiento aplicables en estado de Alerta Verde, brinda instrucciones operativas a los CCE y CME de la zona de afectación, y les solicita incrementar monitoreo de condiciones hidrometeorológicas

5 National Weather Service Glossary, US National Oceanic and Atmospheric Administration

6 Idem

7 Protocolo de Emergencias 2012, Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

-En Alerta Verde, los CCE y el CME analizan la nueva información, activan los mecanismos de preparación, informan a la población sobre la probabilidad de un evento potencialmente peligroso y brindan instrucciones de preparación de acuerdo a sus planes de emergencia. Los Puestos de radio incrementan el monitoreo de condiciones hidrometeorológicas y hacen reportes a Base Ø cada 3 horas.

-Base Ø continúa realimentando al IMN con la información hidrometeorológica recibida en los reportes del terreno

3.3. Informes meteorológicos

- Cuando el evento potencialmente peligroso es un hecho, el IMN genera Informes meteorológicos que describen el comportamiento y evolución del evento. Los envía a la CNE por medio de la red de telecomunicaciones (Base Ø)

-Base Ø distribuye los Informes meteorológicos según lista interna de la CNE, prioritariamente a la Dirección de Gestión del Riesgo (DGR)

-A partir del primer informe la DGR declara Alerta Amarilla que de acuerdo a la definición de la CNE, se establece “Cuando el evento mantiene una tendencia ascendente de desarrollo y se considera inminente su impacto o se presentan situaciones moderadas de emergencia asociadas o no a la presencia del evento”

-Según la magnitud del evento reportado en los siguientes informes, la DGR establece el nivel de alerta correspondiente de acuerdo al procedimiento del Centro de Operaciones de Emergencia (COE).

-La CNE comunica el nivel de alerta según su lista de distribución e incrementa sus mecanismos de seguimiento aplicables en estado de Alerta Amarilla, y mantiene coordinación y seguimiento con los CCE y el CME en las zonas amenazadas.

-El IMN comunicará a la CNE cuando exista probabilidad de alcanzar el umbral de 50mm de precipitación distribuido sobre toda la cuenca, de acuerdo con los parámetros establecidos mediante el modelo hidrológico.

-La DGR instruye a los CCE y el CME para que activen los procedimientos de alarma en las comunidades en la zona amenazada según los planes locales.

-Los CCE y el CME activan procedimientos de alarma e intensifican preparativos para la respuesta según sus planes de emergencia. Continúan monitoreo de condiciones hidrometeorológicas y hacen reportes de situación a Base Ø.

-El IMN comunicará a la CNE cuando exista probabilidad de alcanzar el umbral de 80mm de precipitación distribuido sobre toda la cuenca, de acuerdo con los parámetros establecidos mediante el modelo hidrológico.

-La DGR declara la Alerta Roja que de acuerdo a la definición de la CNE, se establece “Cuando un fenómeno se manifiesta y genera impacto en el país o en un área significativamente grande de una o varias regiones”

-La CNE comunica el nivel de alerta según su lista de distribución e incrementa sus mecanismos de seguimiento aplicables en estado de Alerta Roja y mantiene coordinación y seguimiento con los CCE y el CME en las zonas amenazadas.

-Los CCE y el CME activan todos los mecanismos de respuesta previstos en sus planes de emergencia, incluyendo la evacuación de las personas en peligro. Coordina con las autoridades de primera respuesta la atención de las diferentes operaciones de emergencia. Continúan monitoreo de condiciones hidrometeorológicas y hacen reporte de informes de situación a Base Ø.

-Base Ø continúa realimentando al IMN con la información hidrometeorológica recibida en los reportes del terreno.

-El IMN continúa monitoreo de evolución del evento y comunicando los Informes respectivos a la CNE hasta que las condiciones que han originado el evento, hayan vuelto a la normalidad.

-La DGR toma decisiones sobre el estado de alerta y de instrucción operativa de acuerdo con las recomendaciones del IMN y los informes situacionales.

4. Procedimientos de diagramas de flujo

Los diagramas de flujo son representaciones gráficas de los procedimientos operativos y ayudan a identificar las instancias en que las diferentes acciones de respuesta se van a desarrollar, de acuerdo con cada paso en el flujo de información.

Se han diseñado tres grupos de procedimientos operativos:

- Diagrama 1. La comunicación de los eventos: se describen las acciones de activación tomadas por el IMN y la CNE al recibir información sobre un evento climático potencialmente peligroso.

-Diagrama 2. Las acciones de alerta en la CNE: describe el proceso de toma de decisiones y de respuesta a la CNE al recibir información sobre un evento climático potencialmente peligroso

-Diagrama 3. Las acciones de alerta a nivel local: se describe el proceso de toma de decisiones de respuesta a nivel local cuando se recibe información sobre un evento climático potencialmente peligroso

5. Documentos de diagramas de flujo

Algunos de los procesos esquematizados en el diagrama de flujo contienen documentos de soporte para ampliar o complementar la instrucción dada. Los documentos en estos diagramas de flujo son:

5.1. Diagrama 1. Comunicación de eventos

Documento 1: Modelo de Monitoreo

Documento 2: Herramienta de recolección de datos utilizada por la CNE para el monitoreo hidrometeorológico de campo

Documento 3: Protocolo para notificación de alertas (Base Ø)

5.2. Diagrama 2. Acciones de alerta en la CNE

Documento 4: Definición de alerta verde

Documento 5: Modelo de Aviso

Documento 6: Modelo de informe meteorológico

Documento 7: Definición de alerta amarilla

Documento 8: Definición de alerta roja

Documento 9: Procedimientos para informar a la población

5.3. Diagrama 3. Acciones de alerta a nivel local

Documento 5: Definición de alerta verde

Documento 10: Procedimientos para activación de alarma

Documento 7: Definición de alerta amarilla

Documento 11: Procedimientos de evacuación

Documento 8: Definición de alerta roja

Documento 12: Funciones técnicas del CME y los CCE

Documento 13: Formato informe de situación para CME y CCE

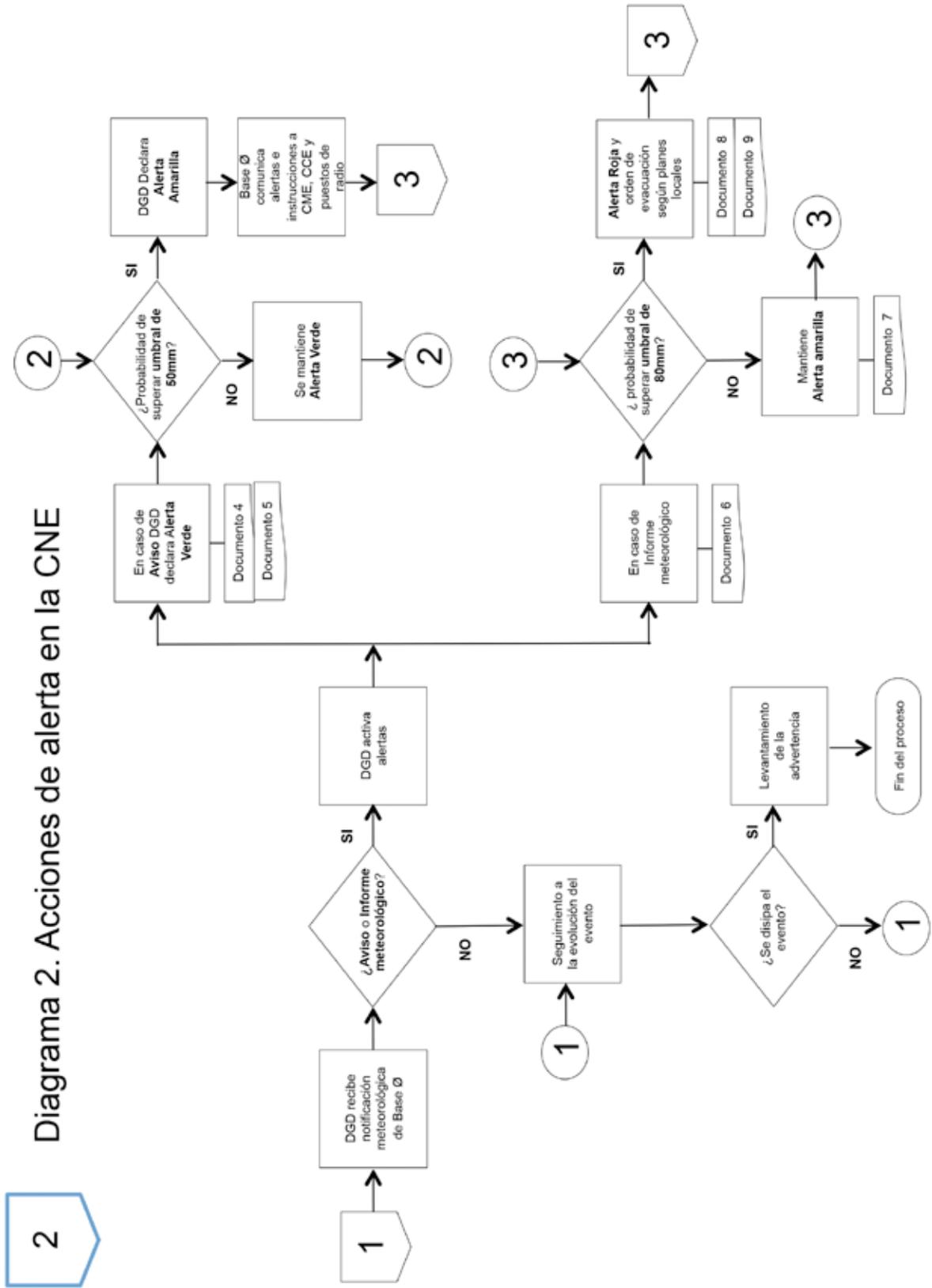
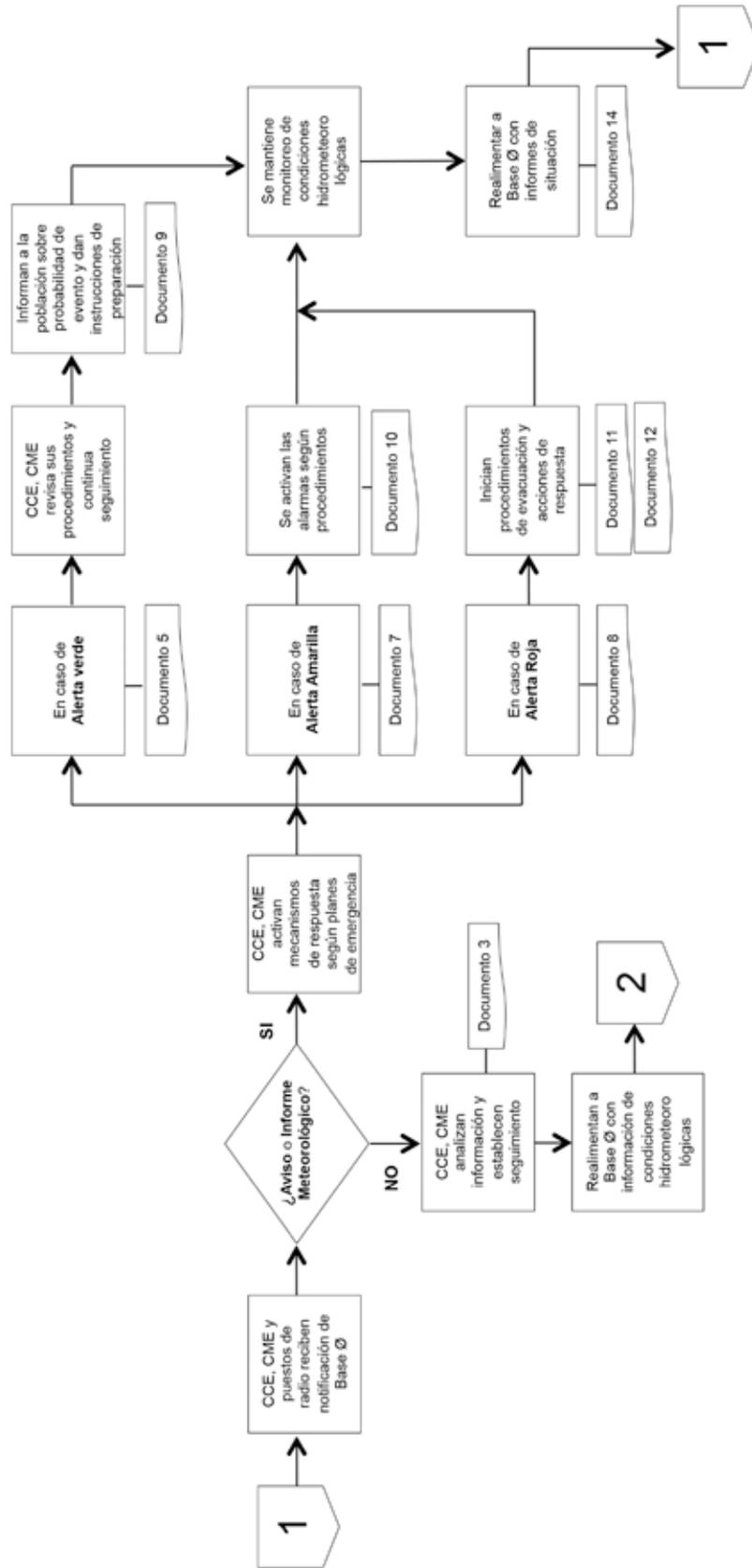


Diagrama 2. Acciones de alerta en la CNE

3

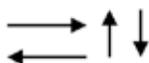
Diagrama 3. Acciones de alerta en el nivel local



6. Símbolos utilizados en este documento



Caja de procesos: indica las diversas acciones a desarrollar en el proceso correspondiente.



Dirección del proceso: Las flechas indican la dirección que sigue la acción.



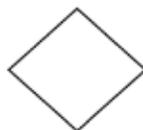
Conector externo: Indica que el desarrollo de un proceso proviene de o se refiere a otro diagrama o página, cuyo número aparece dentro de la figura.



Conector interno: Indica que el desarrollo de un proceso proviene de o se continúa en otro punto dentro del mismo diagrama o página. El número adentro indica el punto exacto de conexión con los procesos correspondientes.



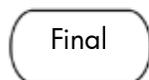
Documento: Indica que en ese momento del proceso se debe encontrar un documento que contiene información adicional sobre el curso de acción a seguir.



Rombo de decisiones: ayuda a hacer las preguntas que le lleva a escoger cursos de acción.

SÍ NO

Opciones de respuestas que siguen un rombo de decisiones que ayuda a canalizar el proceso de tomar decisiones.



Finalizado. Indica que se terminó un proceso; no hay siguientes acciones a tomar.

Diagrama X: Indica el número de diferentes diagramas que integran el proceso

7. Acrónimos

Base Ø: Control central de la red de telecomunicaciones de la CNE

CCE : Comités Comunales de Emergencias

CME : Comité Municipal de Emergencias

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

COE : Centro de Operaciones de Emergencias (cuerpo interinstitucional para coordinación de emergencias)

DGR: Dirección de Gestión del Riesgo, CNE

GCCR: Guía Centroamericana para Crecidas Repentinas

ICP: Modelo de Investigación y Pronóstico Climático

IMN : Instituto Meteorológico Nacional

Puestos de vigilancia (radios): puntos de monitoreo en el terreno que reportan a Base Ø información relacionada con la prevención y las emergencias

MPH: Modelo de Pronóstico Hidrometeorológico

ANEXO 8. Informe del simulacro para probar el SAT de la cuenca del río Sarapiquí

Resumen ejecutivo

En el marco del “Proyecto de Sistemas de Alerta Temprana para Amenazas Hidrometeorológicas de Costa Rica” para la cuenca del río Sarapiquí, y conjuntamente con instituciones y comunidades nacionales y locales, se ha implementado un conjunto de herramientas que constituye el marco básico de un Sistema de Alerta Temprana (SAT). Con ello se pretende caracterizar y mejorar el conocimiento de los riesgos de la cuenca, establecer un seguimiento técnico y un servicio de alerta, desarrollar procedimientos de comunicación y de difusión de las alertas, y reforzar la capacidad de respuesta de las instituciones y las comunidades locales en las zonas de riesgo.

Con el fin de determinar la pertinencia y el nivel de apropiación local de estas herramientas, se realizó un simulacro del 26 al 28 de febrero de 2013 con la participación de todas las organizaciones relacionadas con su uso y aplicación. En este documento se describen los detalles de la organización, la metodología y los resultados del ejercicio, así como las recomendaciones para la mejora del SAT.

Este proyecto ha sido ejecutado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través de su Programa para la Reducción del Riesgo de Desastres, la Oficina para el Programa de Hidrología y Recursos Hídricos de la Asociación Regional IV, en colaboración con el Banco Mundial y el Fondo Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (FGRRD), desarrollado junto con el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

El proyecto contó con la colaboración y el apoyo financiero del Banco Mundial y el Fondo Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (FGRRD), y se llevó a cabo desde principios de 2012 hasta mayo de 2013.

Sección 1. Antecedentes

Contexto socio-geográfico y de riesgo del sitio piloto

La cuenca del río Sarapiquí es una de las 34 cuencas principales de Costa Rica. Este sistema fluvial está formado por un conjunto de ríos y arroyos provenientes de las tierras altas y desemboca en el río San Juan. La región recibe influencia continua de los vientos alisios y, por temporadas, de las depresiones tropicales y los frentes fríos que se intensifican entre noviembre y febrero.

Durante estos meses, los vientos alisios recogen la humedad del Golfo de México y el Mar Caribe y, una vez que llegan a la costa atlántica de Costa Rica, se ven obligados a moverse hacia arriba sobre la cadena de montañas, produciendo una precipitación estratiforme que puede durar varios días. Durante la “temporada de huracanes”, entre junio y noviembre, los vientos alisios se debilitan debido a los sistemas de baja presión de los ciclones tropicales, pero este sistema continúa atrayendo la humedad, por lo que, de hecho, no hay una estación seca bien definida en esta región. Debido a estas condiciones

climáticas y a las características topográficas del país, el río Sarapiquí y varios de sus afluentes tienen una larga historia de desbordamientos recurrentes, generalmente relacionados con la temporada de lluvias continuas e intensas en la región norte del Caribe de Costa Rica.

Cerca de 60.000 personas están expuestas a inundaciones fluviales y a sus consecuencias, y esta exposición es exacerbada por la creciente población de las zonas propensas a las inundaciones, así como por el rápido deterioro de las cuencas hidrográficas, lo que aumenta la vulnerabilidad general de la comunidad en las zonas afectadas. Los ríos principales asociados con las inundaciones son el Sucio, el Sarapiquí y el Puerto Viejo.

El 8 de enero de 2009, un terremoto de 6.2 grados Richter golpeó fuertemente la cercana región de Cinchona. Este terremoto no causó daños directos sobre la vivienda y la infraestructura en Sarapiquí, pero la intensidad tuvo efectos significativos sobre la cuenca del río Sarapiquí, lo cual modificó considerablemente su morfología y características hidráulicas. Las grandes cantidades de escombros provenientes de los deslizamientos depositados en el canal del río provocaron una gran avalancha que descendió por el cauce a alta velocidad poniendo en peligro las comunidades ribereñas y dejando descubiertos la mayor parte de los bancos, además de elevar la altura del lecho del río debido al sedimento acumulado. Los deslizamientos siguen activos en las zonas montañosas de la cuenca alta y pueden caer en el río en caso de fuertes lluvias o nuevos terremotos. De esta manera, el área de riesgo se ha reconfigurado, añadiendo nuevos elementos y complejidad a la situación prevalente de riesgo.

2. Resultados esperados del proyecto

El marco del Proyecto establece los conceptos de prevención y operaciones elaboradas a partir de los instrumentos jurídicos y políticos nacionales, los procedimientos normalizados de operación, los protocolos y el desarrollo de un mecanismo de realimentación para mejorar el enfoque preventivo, la coordinación y las operaciones en el diseño e implementación de un sistema de alerta local con la participación de los actores locales. En términos de la estrategia de implementación, el proyecto tiene un enfoque técnico-científico y uno de gestión de riesgos, con el fin de:

- ✓ Llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad y de riesgo, así como un mapeo de los eventos hidrometeorológicos en una cuenca, para desarrollar la información de base de las zonas propensas a las inundaciones, a fin de fortalecer la red de monitoreo hidrometeorológico.
- ✓ Realizar modelados hidrológicos e hidrográficos de cuencas para determinar los caudales de diseño por subcuenca concernientes a los períodos de recurrencia.
- ✓ Diseño de un Sistema de Alerta Temprana participativo para la cuenca del río Sarapiquí, con el fin de fortalecer la capacidad local en materia de prevención, preparación y respuesta.
- ✓ Diseñar un protocolo, basado en umbrales de lluvia y flujo, como insumo para la emisión de alertas tempranas sobre inundaciones, crecidas repentinas y deslizamientos de tierra.
- ✓ Organizar talleres de sensibilización y organización comunal para la aplicación del SAT, incluyendo un protocolo de activación de evacuación para la población de la cuenca con el fin de proteger las vidas y los medios de vida de las personas expuestas a altos niveles de riesgo de inundaciones repentinas, deslizamientos de tierra e inundaciones.
- ✓ Fortalecer y mejorar el diseño del Sistema de Alerta Temprana de la cuenca local con el apoyo y la participación de las comunidades organizadas, las agencias gubernamentales y otras organizaciones.
- ✓ Realizar simulacros por subcuenca, para probar y validar los protocolos de activación, alerta temprana y evacuación.
- ✓ Fortalecer la red meteorológica con la instalación de dos nuevas estaciones meteorológicas automáticas para mejorar el SAT mediante el registro de información de la precipitación en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio.



Mapa del contexto geográfico del proyecto. Detalle de la localización de las comunidades participantes.

Sección 2. Ejercicio de simulacro de SAT

2.1. Propósito del ejercicio

Mediante el “Proyecto de Sistema de Alerta Temprana para Amenazas Hidrometeorológicas en Costa Rica”, se han desarrollado diferentes productos que constituyen las herramientas básicas para el funcionamiento del SAT, tales como:

- ✓ Análisis de amenazas y vulnerabilidad y mapeo de eventos hidrometeorológicos en la cuenca del río Sarapiquí.
- ✓ Desarrollo de un modelo de pronóstico hidrometeorológico (MPH) basado en los umbrales de precipitación y flujo que facilita el monitoreo y pronóstico de fenómenos meteorológicos potencialmente peligroso para la región, así como la emisión de alertas tempranas para inundaciones.
- ✓ Desarrollo de los procedimientos apropiados para la activación y comunicación de alertas, y para el fortalecimiento de las capacidades de las autoridades y las comunidades para responder organizada y oportunamente al momento de recibir la notificación de estas alertas.

Con el fin de determinar la pertinencia y el nivel de apropiación local de estas herramientas, se llevó a cabo un simulacro con la participación de todas las organizaciones relacionadas con el uso y aplicación de estas herramientas.

2.2. Alcance

Por medio de este ejercicio, se simuló el desarrollo e impacto de un evento hidrometeorológico que afecta a la vertiente del Caribe con efectos en la cuenca del Sarapiquí, y se aplicaron el modelo de

pronóstico hidrometeorológico y los procedimientos operativos para el monitoreo, la generación y comunicación de avisos, y la activación de las estructuras locales para la preparación y respuesta de emergencia desarrolladas por el proyecto. Los escenarios del ejercicio se basan en datos obtenidos de un evento hidrometeorológico que afectó a la vertiente del Caribe entre el 20 y el 27 de noviembre de 2012, con características que se ajustan a un escenario potencialmente peligroso para el área de Sarapiquí.

Para probar a fondo los distintos productos elaborados, el ejercicio se llevó a cabo en tres pasos:

- ✓ Uso y funcionamiento del modelo de pronóstico hidrometeorológico en modo simulación con el personal del IMN a cargo de su aplicación.
- ✓ Simulación en Puerto Viejo con la participación de los Comités Comunales de Emergencia (CCE) y el Comité Municipal de Emergencia (CME) Sarapiquí.
- ✓ Simulacro simultáneo en tres de las comunidades y en el CME para poner a prueba la pertinencia de procedimientos y analizar el desempeño de respuesta. Todas las demás comunidades siguieron el ejercicio con sus respectivos CCE activados en modo simulación.

Todas las actividades se han desarrollado en estrecha colaboración y coordinación con la CNE, que también contribuyó con múltiples recursos técnicos y materiales en las diferentes fases del proyecto.

2.3. Objetivos del ejercicio

General

Evaluar el funcionamiento general del sistema de alerta temprana para la cuenca del Sarapiquí con un ejercicio que simula hechos reales.

Específicos

- Verificar el funcionamiento del modelado de pronóstico hidrometeorológico.
- Evaluar la pertinencia de los procedimientos, protocolos y mecanismos para comunicar alertas y activar acciones de respuesta.
- Evaluar la capacidad de respuesta de los diversos actores y niveles involucrados (institucional, nacional, local y comunitario).

2.4. Destinatarios

En este ejercicio participaron diferentes organizaciones y niveles involucrados con el uso y aplicación de las herramientas desarrolladas por el proyecto:

- ✓ El personal del IMN a cargo de la utilización del modelo de pronóstico hidrometeorológico desarrollado en el marco del proyecto.
- ✓ El personal de la CNE encargado de transmitir e intercambiar la información de alerta con las estructuras locales de emergencia.
- ✓ El CME de Sarapiquí, que es el responsable de la preparación institucional y la coordinación de las acciones de respuesta de emergencia en el cantón.

- ✓ Los CCE, que son los responsables de la coordinación de las acciones de preparación y respuesta a nivel local.
- ✓ La población local: personas de las comunidades que participan voluntariamente en el simulacro, principalmente en las acciones de evacuación y del albergue.

2.5. Cobertura geográfica

- ✓ La simulación en el uso de modelo de pronóstico hidrometeorológico se desarrolló en San José. Participaron de forma simultánea el Departamento de Pronóstico del IMN y el Centro de Comunicaciones de la CNE.
- ✓ La simulación incluyó diez comunidades de la cuenca media y baja del río Sarapiquí.
- ✓ El simulacro se realizó de forma simultánea en tres comunidades: Los Lirios (cuenca baja suburbana), Caño San José (cuenca baja rural) y Naranjales (cuenca baja urbana), así como en el Comité Municipal de Emergencia activado en la Cruz Roja de Puerto Viejo.

2.6. Metodología

2.6.1. Proceso de preparación y organización

Siete nuevos CCE se organizaron y otros cinco ya existentes fueron reforzadas en el marco de este proyecto. A través de una serie de talleres y actividades de capacitación, los miembros de los CCE recibieron instrucción en temas como:

- ✓ Qué es y cómo opera un SAT.
- ✓ Organización y funcionamiento de los CCE y COE locales.
- ✓ Operación de radiocomunicaciones
- ✓ Revisión de los procedimientos operativos.
- ✓ Percepción del riesgo, mapeo y monitoreo de riesgo de inundación.
- ✓ Albergues de emergencia.
- ✓ Agua y saneamiento en situaciones de emergencia.
- ✓ Prevención de la violencia contra las mujeres y los niños en los albergues de emergencia.
- ✓ Visita a Cañas, Guanacaste, para observar un proyecto SAT de base comunal, y compartir con los actores locales sobre la experiencia de la organización.

Como preparación para el ejercicio, se llevó a cabo un taller con los CCE y el CME para ejecutar una revisión detallada de los procedimientos, la organización local, la distribución de responsabilidades, y la disponibilidad de los recursos necesarios.

La logística del evento fue responsabilidad compartida con la CNE, que también contribuyó con cerca de 15 miembros de su personal, equipos de radio, vehículos, equipos informáticos y otros recursos para apoyar las diferentes tareas de organización y desarrollo del ejercicio.

También se garantizó la coordinación con las instituciones de respuesta inmediata para desarrollar un plan de seguridad, incluyendo la asignación de unidades de emergencia disponibles para cubrir las incidencias reales durante el simulacro. La CNE coordinó los medios de comunicación que cubrieron el evento, y preparó un comunicado de prensa sobre el tema.

Las áreas de responsabilidad organizadas para el ejercicio fueron:

- ✓ Coordinación general.
- ✓ Finanzas y administración.
- ✓ Seguridad.
- ✓ Diseño técnico: Elaboración del formato, guiones y escenarios del ejercicio.
- ✓ Control del ejercicio: la administración del guión y el control del desarrollo del evento.
- ✓ Logística, equipo y materiales.
- ✓ Evaluación: la elección de los evaluadores, el diseño de instrumentos de evaluación y la coordinación de las cuestiones de evaluación.

2.6.2. Escenario y activación de alerta

El sistema de alerta de Sarapiquí se inicia con la identificación de una tormenta que puede generar suficiente precipitación como para producir una inundación en la cuenca baja del Sarapiquí. Las características de este tipo de tormentas ya son conocidas con base en la calibración del modelo de pronóstico hidrometeorológico para la cuenca del río Sarapiquí. El pronóstico meteorológico indica que la tormenta iba a llegar a la cuenca del río Sarapiquí en aproximadamente 24 horas. (Ver Anexo 3 “Calibración del modelo hidrológico”).

Para los efectos del ejercicio, se identificó un evento con un volumen estimado de precipitación de más de 150 mm que afectaría sólo a la subcuenca del río Sarapiquí. La primera advertencia emitida indicó que un frente frío se estaba aproximando a Costa Rica y podía llegar a la subcuenca del río Sarapiquí en aproximadamente 24 horas. El volumen previsto de la precipitación fue de entre 25 mm y 50 mm.

Después de la advertencia, se emitió un observador para indicar que en la subcuenca alta del río Sarapiquí se habían registrados 30 mm de lluvia y que el volumen de las precipitaciones podía alcanzar hasta 50 mm de lluvia en las próximas 24 horas.

A continuación, el IMN emitió un informe que indicaba que el volumen de las precipitaciones podría alcanzar entre 100 mm y 140 mm de lluvia. Dado que el volumen de precipitación superaba el valor umbral de precipitación que puede generar una inundación en la cuenca baja del río Sarapiquí, el personal del Departamento de Pronóstico procedió a ejecutar el modelo hidrológico para la subcuenca del río Sarapiquí. El caudal máximo estimado para un volumen de precipitaciones de 140 mm fue de 200 m³/s. El informe indica que el río podría no rebasar sus orillas, pero se esperaban altos niveles de agua en el canal principal.

Unas horas más tarde, el volumen acumulado de precipitación fue de aproximadamente 180 mm, y el caudal máximo estimado fue de 270 m³/s. Con este caudal, el río podría desbordar sus márgenes corriente abajo de Puerto Viejo, por lo que la ciudad podría experimentar algunos problemas de inundaciones localizadas.

El siguiente informe indicó que el volumen de precipitación acumulada a lo largo de la subcuenca del río Sarapiquí fue de 200 mm, y que el caudal máximo estimado era de aproximadamente 316 m³/s. La inundación de la cuenca baja del Sarapiquí iba a continuar y se esperaban altos niveles de agua en el canal principal y las llanuras de inundación.

El siguiente informe indicó un volumen de precipitación acumulada de 220 mm, y un caudal máximo estimado en aproximadamente 364 m³/s. La inundación de la cuenca baja del Río Sarapiquí continuaba. Los informes finales indicaron que la precipitación estaba disminuyendo y que las aguas altas comenzaban a retroceder.

Los procedimientos operativos piloto para este proyecto cambian algunas rutinas existentes, en particular en la CNE. Por ejemplo:

- ✓ El IMN inicia notificaciones a la CNE desde la Advertencia⁸, aunque normalmente lo hace desde el Aviso⁹. Esto podría permitir a un máximo de 24 horas a la CNE para notificar a los comités de emergencia sobre una amenaza potencial.
- ✓ La CNE emite la notificación de alerta verde desde el momento en que recibe el primer aviso, aunque normalmente lo haga a partir de los Informes.¹⁰ La lógica subyacente es que las personas en situación de riesgo puedan ser evacuados antes de que el río empiece a desbordarse.

En términos del ejercicio, estos cambios no representan ninguna dificultad para las dos instituciones, pero aún así deben ser probados en una emergencia real.

2.6.3. Proceso de evaluación

Un equipo de evaluadores y observadores fue integrado con miembros de varios CME de la provincia de Heredia, y las instituciones de respuesta inmediata como la Cruz Roja, la policía y los bomberos. Se diseñó una herramienta de evaluación con 25 preguntas para calificar de 1 a 4 para una nota máxima de 100 puntos (ver la herramienta de evaluación del simulacro). Por medio de un taller que tuvo lugar el 26 de febrero de 2013, los evaluadores se familiarizaron con la herramienta y discutieron los detalles de su participación. Se asignó a dos evaluadores para cada sitio de simulacro.

Asimismo, los CCE y el CME se reunieron al final del simulacro para autoevaluar su desempeño, con el apoyo del equipo de evaluación y una guía de discusión (ver preguntas de orientación para autoevaluación de CME/CCE).

Las instrucciones para los evaluadores fueron:

- ✓ Evaluar el desarrollo de las acciones del simulacro de acuerdo con los parámetros disponibles de la herramienta de evaluación.
- ✓ No interferir en el desarrollo del ejercicio, ni discutir los detalles con los participantes. Sin embargo, se pueden hacer preguntas para una mejor comprensión de cualquier acción o procedimiento.
- ✓ Apoyar y facilitar la autoevaluación de los CCE y del CME, utilizando la herramienta disponible para esta tarea, al final del simulacro.
- ✓ Cada pareja de evaluadores debería compilar sus resultados y entregar un solo informe al equipo de coordinación.

Al final del simulacro hubo una sesión informativa en la que cada pareja de evaluadores presentó sus evaluaciones y percepciones. Una sesión general de evaluación con las instituciones y las comunidades se llevó a cabo el 12 de abril de 2013, y los resultados se pueden leer en los puntos 2.8 y 2.9 de esta sección.

Los observadores también fueron asignados a las comunidades que trabajaron en el modo de simulación, pero estos CCE no fueron evaluados.

⁸ Advertencia: Se emite cuando el riesgo de clima peligroso o de un evento hidrológico ha incrementado de manera significativa, pero su ocurrencia, la ubicación o el momento es todavía incierto. Se tiene la intención de proporcionar suficiente tiempo de preparación para que los que necesitan establecer sus planes en movimiento puedan hacerlo. -Glosario del Servicio Nacional Meteorológico, Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos.

⁹ Aviso: Se emite cuando un clima peligroso o un evento hidrológico se está produciendo, es inminente, o tiene una muy alta probabilidad de que se produzca. -Glosario del Servicio Nacional Meteorológico, Administración Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos.

¹⁰ Informe meteorológico: Se emite para informar sobre los efectos reales de fenómenos hidrometeorológicos en una determinada región del país. -Protocolo de Emergencias 2012. Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

2.7. Implementación del ejercicio de simulación

Simulación en el IMN y la CNE: el 26 de febrero de 2012, en las oficinas del IMN, se llevó a cabo una prueba de uso y funcionamiento del modelo de pronóstico hidrometeorológico con el personal de pronóstico. También hubo una práctica sobre la transmisión de datos de eventos hidrometeorológicos a la CNE, y los procesos internos de la CNE para la gestión y el uso de esta información.

Simulación en Puerto Viejo: el 27 de febrero de 2012, un día antes del simulacro, hubo una práctica en Puerto Viejo que involucró a doce CCE y al CME. Participaron alrededor de ochenta personas. Este ejercicio simula las primeras horas de la emergencia, y los comités trabajaron en los procesos de recepción y análisis de la información remitida por la CNE, en la toma de decisiones de acuerdo con los procedimientos establecidos, y en el uso de diferentes herramientas para la gestión de la información.

Simulacro: el simulacro se realizó simultáneamente en Los Lirios, Naranjales, Caño San José y en el CME (activado en las instalaciones de la Cruz Roja) el 28 de febrero. El argumento del simulacro se refiere a un evento hidrometeorológico potencialmente peligroso sobre el que se comenzó a recibir información en la simulación del día anterior.



Centro de Operaciones en el CCE de Naranjales durante el simulacro.

El día del simulacro hubo efectos importantes en varios pueblos de la zona de Sarapiquí, y tanto el CME como los CCE tuvieron que activarse y responder a las situaciones que enfrentaban sus comunidades.

En general, se esperaba que los comités de emergencia ejecutaran acciones de acuerdo con la información que recibían y con los procedimientos indicados para cada paso. Por ejemplo, el seguimiento de la información, la activación del monitoreo, la activación de los CCE, la comunicación de alarmas y alertas, la evacuación, la activación de los albergues los informes de situación, los suministros de emergencia, etc.

De acuerdo con el escenario, algunas de las acciones concretas que se esperan de los Comités de Emergencia son:

- ✓ Activación y convocatoria a plenaria de los CCE/CME, siguiendo los debidos procedimientos.
- ✓ Los miembros de los CCE/CME deben asumir sus deberes y responsabilidades (de radiocomunicación, alerta, evacuación, albergues, suministros humanitarios, informes de situación, etc.).
- ✓ Los CME/CCE deben ser ubicados en un sitio previamente identificado y conocido por todos, y debe contar con las condiciones de seguridad necesarias en relación con las amenazas potenciales.
- ✓ Informar al público sobre la situación de amenaza y proporcionar las instrucciones necesarias sobre las acciones a seguir.
- ✓ Activar los sitios previamente identificados como albergues de emergencia, y prepararlos para

albergar a la población desplazada

- ✓ Llevar a cabo el proceso de evacuación de un grupo de familias que viven en zonas propensas a las inundaciones, a través de un proceso controlado y dirigido.
- ✓ Utilizar diferentes herramientas de gestión de información para casos de emergencia (formularios de monitoreo de radio, informes de situación, formularios de gestión de albergues, formularios de distribución de suministros, etc.).
- ✓ Mantener el contacto por radio y proporcionar informes de situación e informes de las necesidades a la CNE.

Mientras tanto, los CCE de otras comunidades fueron activados en modo simulación; también recibieron información y tomaron decisiones durante el ejercicio, pero no realizaron movilización de personas y recursos.

Se designó a un controlador en cada sitio de simulacro con el fin de supervisar el correcto desarrollo del ejercicio y apoyar al equipo de evaluación, si fuera necesario. Esta persona no interfiere con el desarrollo del simulacro a menos que existan acciones o decisiones que no correspondan a la finalidad del ejercicio, o que puedan poner en peligro a los participantes.

El simulacro comenzó a las 10:00 y terminó a las 14:30.

2.8. Evaluación del ejercicio

Evaluación en relación con los objetivos:

a. Verificar el funcionamiento del Modelo de pronóstico hidrometeorológico (MPH)

Con base en el pronóstico meteorológico, el personal del IMN confrontó el volumen total de precipitación con el volumen de precipitación umbral estimado que puede desencadenar una inundación en la cuenca baja del río Sarapiquí. Dado que el volumen de precipitación estimado es mayor al volumen de precipitación umbral, el personal del IMN procedió a ejecutar el modelo de pronóstico hidrometeorológico calibrado para estimar el hidrograma de crecida que puede esperarse en la cuenca baja del río Sarapiquí. De acuerdo con las estimaciones meteorológicas e hidrológicas resultantes, el personal del IMN emitió una primera Advertencia a la CNE. Debido a la gravedad estimada de la tormenta, el personal del IMN continuó el seguimiento de la evolución de la tormenta y actualizó el pronóstico cada tres horas. El proceso de actualización consistió en la revisión de cómo las condiciones meteorológicas cambian y modifican el modelo de pronóstico hidrometeorológico, con el fin de actualizar las condiciones meteorológicas. Después de cada actualización, el IMN envió un informe por escrito a la CNE.

b. Evaluar la pertinencia de los procedimientos, protocolos y mecanismos para comunicar alertas y activar acciones de respuesta

A nivel institucional, no hubo ningún problema con la comprensión y aplicación de los procedimientos operativos. En ese sentido, los procedimientos cumplieron con su función básica de armonizar la información para facilitar la toma de decisiones.

c. Evaluar la capacidad de respuesta de los diversos actores y niveles involucrados (institucional, nacional, local y comunal)

Nivel comunal: En términos de organización y disposición para trabajar, la capacidad de respuesta de los CCE fue bastante buena y oportuna. Sin embargo, los limitados recursos disponibles en el nivel local limitaron en gran medida su capacidad para fomentar el despliegue y cobertura. Los elementos para la evaluación de este nivel fueron:

- ✓ La activación y organización de los CCE: los mecanismos de convocatoria para reunir a los miembros de los CCE parecieron funcionar bien, pero en general los sitios de reunión no tienen las condiciones adecuadas para largas jornadas de trabajo. El intercambio de información situacional entre los diferentes miembros fue bueno; hubo un buen principio de distribución de responsabilidades, pero fueron muy pocos como para asumir todas las actividades requeridas. Mostraron un buen sentido de la definición de prioridades y de la toma de decisiones, y siempre trataron de utilizar las herramientas de información previstas por la CNE. Entender los procedimientos operativos y las instrucciones les tomó un poco más de esfuerzo, ya que no están acostumbrados a trabajar con ellos.
- ✓ Organización de la respuesta y el albergue: no hubo una buena comunicación y coordinación entre los responsables de las actividades de respuesta, y no se definieron claramente los métodos y medios para transmitir información situacional a la población. Sin embargo, funcionó mejor cuando se trató del proceso de evacuación, ya que la gente supo dónde ir y cómo llegar allí. Se debe decir que estas son comunidades pequeñas y la gente puede llegar a los lugares de evacuación a pie. En todos los casos, se tomaron medidas para apoyar a las personas con necesidades especiales, como ancianos, niños y mujeres embarazadas. Se llevó un registro detallado de los beneficiarios al entrar en el albergue. Sin embargo, ninguno de los albergues tenía condiciones físicas, sanitarias y de seguridad adecuadas para acomodar a la gente durante más de un día.
- ✓ Suministros de emergencia: todos los CCE enviaron peticiones al CME para solicitar alimentos y artículos no alimentarios para las personas en los albergues, pero no obtuvieron respuesta debido a las dificultades de organización y coordinación al nivel del CME. Sin embargo, en términos generales, las peticiones se hicieron bien en relación a la cantidad de personas desplazadas, y se utilizaron los medios acordados y los canales adecuados.
- ✓ Comportamiento general: Todos los miembros del CCE respondieron a la llamada y se comprometieron con el ejercicio, tomando en serio su papel. Todas las tareas iniciadas se ejecutaron hasta finalizarlas.

La nota promedio obtenida en la evaluación por los CCE fue de entre 80 y 85. Este es un buen resultado; sin embargo están conscientes de la necesidad de mejorar. Además, durante el taller de evaluación celebrado el 12 de abril de 2013, los CCE identificaron y enumeraron sus necesidades y prioridades (materiales, de organización, de formación, de sensibilización, y la participación de la comunidad), con el fin de mejorar su capacidad de respuesta.

Nivel municipal: el funcionamiento del CME no fue óptimo. Varios miembros de las instituciones que lo integran no asistieron al ejercicio, y hubo mucha confusión respecto a los roles de los miembros. La cantidad de información superó rápidamente la capacidad de gestión. El CME no contó con procedimientos de trabajo adecuados y una distribución eficiente de las funciones. Apenas se tomaron algunas decisiones y no hubo respuesta adecuada a las solicitudes de los CCE.

2.9. Resultados del simulacro

El valor del ejercicio debe ser medido no sólo en términos del desempeño de las tareas sino especialmente por la oportunidad brindada para identificar las deficiencias y las necesidades de mejorar la intervención en una situación real.

- Mediante el ejercicio se ha mejorado la coordinación entre los socios institucionales y se ha logrado una mejor comprensión del papel de cada uno en el SAT. Esto se logró a través de la confrontación con los dilemas que presentó el escenario y las reflexiones y evaluaciones posteriores sobre su desempeño..
- Una mejor comprensión de los diferentes niveles de alerta (verde, amarillo, rojo) y las correspondientes acciones que deben tomar los participantes. Esto se logró mediante la formación anterior y la confrontación con la secuencia de acontecimientos durante el simulacro.

-Los procedimientos operativos se han simplificado para facilitar la comprensión por parte de las personas con menor grado de escolaridad, puesto que la mayoría de los miembros de los CCE son amas de casa y agricultores con poca educación formal. Esto se logró mediante el uso de una serie de atajos, de modo tal que los CCE sólo necesitan conocer las partes específicas de los procedimientos operativos que se relacionan con ellos, en lugar de comprender la totalidad de los procedimientos operativos.

- A pesar de no estar acostumbrados a trabajar con los procedimientos, los miembros de los CCE los aplicaron relativamente bien. Sin embargo, esto requiere práctica y perfeccionamiento constante para lograr estar completamente familiarizado con las diversas líneas de acción que generan los procedimientos operativos.

- Todos los CCE utilizaron procesos aceptables de toma de decisiones. Por ejemplo, tomaron la decisión de evacuar a la gente antes de que los ríos desbordaran, complementando con el conocimiento de su territorio y la información disponible en el nivel local, las advertencias recibidas por radio desde la desde la CNE.

- El ejercicio tuvo una entusiasta participación de las comunidades y las instituciones, y los participantes tomaron muy en serio tanto su papel, como las situaciones que enfrentaron en la emergencia simulada.

- Alrededor de ochocientas personas participaron en el simulacro, y sólo en Naranjales se llegaron a “evacuar” unas quinientas personas.

- Los CCE están integrados por voluntarios de la comunidad que no siempre tienen el permiso de sus empleadores para asistir a las actividades y situaciones de emergencia, y la mayoría de los CCE no cuenta con suficientes personas para cumplir con las diversas áreas de trabajo.

- La mayoría de los CCE son organizaciones recientes en las comunidades y sus miembros no están investidos de autoridad pública, por lo que no tienen el reconocimiento tácito de los habitantes, lo que a su criterio, reduce su capacidad para aplicar medidas cruciales, como las órdenes de evacuación.

- Vanessa Rosales, Presidente Ejecutiva de la CNE, asistió al simulacro, visitó y compartió con los actores en el CME y las comunidades. Juan Carlos Fallas, Director del IMN incluso actuó como evaluador en Los Lirios, una de las comunidades participantes.

- Los miembros de varios CME de diferentes municipios de la provincia de Heredia estuvieron presentes como evaluadores del simulacro principalmente, pero han obtenido también un buen aprendizaje que utilizarán en sus propios lugares



Los CCE establecieron un proceso de registro de los beneficiarios en los albergues.

Sección 3. Recomendaciones para un mayor desarrollo de los SAT

3.1. En relación con el SAT en términos generales

- Los procedimientos operativos para el nivel de la comunidad se pueden simplificar aún más para facilitar su comprensión y aplicación. Sin embargo, para conseguir una aplicación con menos problemas, los miembros de los CCE tienen que estar familiarizados con los procedimientos operativos, por lo cual resulta muy importante seguir trabajando en su organización y capacitación. Un ejercicio anual al comienzo de la temporada de lluvias sería una buena herramienta de refrescamiento, con el fin de crear conciencia y una "tradición de preparación" en la comunidad.
- Las herramientas de información de emergencia proporcionadas por la CNE (formularios, formatos, guías, etc.) están destinadas inicialmente para los CME que involucran a representantes institucionales, pero son muy largas y complicadas para el uso por parte de los CCE. Estos deben ser adaptados y simplificados de acuerdo con las necesidades específicas de las comunidades.
- Una de las principales debilidades del SAT -que no tiene relación con los objetivos de este proyecto, pero que necesita ser resuelta para mejorar la capacidad de respuesta- es la inadecuada situación sanitaria y las condiciones estructurales y de seguridad de los sitios disponibles en la actualidad para ser utilizados como albergues. Con una poca inversión se pueden hacer ajustes de diseño y mejoras estructurales a estos sitios, dando prioridad a los centros comunales. Sin embargo, esto requiere el apoyo adicional de los grupos organizados de la comunidad.
- Puesto que hay muchas mujeres involucradas en los CCE que suelen asistir a las actividades con sus hijos, una recomendación es la de organizar grupos de apoyo (de la Cruz Roja o de otros voluntarios de la comunidad) para brindar atención y entretener a los niños durante las actividades de formación de los CCE. Durante las situaciones de emergencia, la situación se vuelve más compleja, pero es un tema que debe ser abordado con el fin de continuar, aumentar y facilitar la participación de las mujeres.
- Poco a poco los CCE deben evolucionar y pasar del enfoque de respuesta a la emergencia inmediata a una estrategia integral de gestión de riesgo de desastres. Este enfoque debe involucrar a los sectores pertinentes de Sarapiquí, como las instituciones públicas, la industria del turismo, las instituciones académicas, las organizaciones ecologistas, las asociaciones de agricultores y ganaderos, etc., y debe abordar cuestiones como la adaptación de la producción local a la características de riesgo, el manejo de animales durante las emergencias y otras cuestiones conexas en materia de protección de la vida.

3.2. En relación con la organización institucional y comunal

- Los CCE necesitan recibir apoyo en el desarrollo y mejora de los métodos de comunicación y de los medios para transmitir información a la población sobre la situación.
- Se debe organizar y trabajar en la formación a nivel del CME (institucional y municipal, incluyendo el conocimiento y apropiación de los procedimientos operativos y de los procesos de toma de decisiones. Es fundamental llevar a cabo una intervención política de alto nivel para conseguir el compromiso del alcalde municipal el cual, según la ley, es el jefe del CME, y promover así la respuesta y participación de las instituciones públicas a nivel local que también están obligadas por la ley.
- Los CCE son instrumentos del sistema nacional de emergencia cuya función es facilitar la asistencia rápida y adecuada a las comunidades, las cuales usualmente se hallan solas al enfrentarse a las primeras horas (o incluso días) de una emergencia. Los CCE son los primeros en reaccionar, ya que conocen bien su territorio, sus vecindarios y a sus habitantes. Por esa razón, la CNE también debe asegurarse de que todas las instituciones que intervienen en las actividades de respuesta de emergencia mantengan

contacto y coordinación con los CCE. Esto tiene que ser definido con antelación en los planes y procedimientos del CME, al tiempo que debe evitar la exclusión, sustitución o abandono de los CCE debido a la adopción de estructuras centralizadas de respuesta en situaciones de emergencia..

3.3. En relación con los equipos de monitoreo

- El SAT propuesto se basa en el pronóstico meteorológico del volumen de precipitación que se espera que caiga sobre el área de drenaje de la cuenca. Por lo tanto, es de vital importancia mejorar las capacidades instaladas de hardware y software en el IMN, con el fin de lograr un pronóstico meteorológico lo más preciso posible.
- El medidor de caudales del río Sarapiquí ubicado en Puerto Viejo debe ser reinstalado. Esta estación es el punto de control para los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, y fue desmantelada por el ICE en 1998.

3.4. En relación con el modelado hidrometeorológico

- Es necesario validar la exactitud de la previsión meteorológica y los correspondientes resultados del modelo de pronóstico hidrometeorológico, utilizando mediciones puntuales en el campo. Esto es importante porque en las cuencas de los ríos Puerto Viejo y Sucio no hay estaciones meteorológicas y los hidrogramas de crecida de estas cuencas tienen que ser estimados con base únicamente en el volumen de precipitación pronosticada.
- En relación con las condiciones hidráulicas de las llanuras de inundación, es importante vigilar continuamente el nivel topográfico de las llanuras de inundación, así como el nivel del lecho del río. Este seguimiento se puede hacer a través de las mediciones de campo con referencia a las escalas limnimétricas ubicadas en diferentes partes de las llanuras de inundación y en las secciones transversales específicas de los ríos. Esta información mejorará la precisión del sistema de alerta temprana, y aumentará su credibilidad entre los habitantes de la cuenca baja del río Sarapiquí.
- Los mapas de inundaciones deben ser mejorados y validados utilizando los registros de los niveles de inundación y de áreas inundadas de los acontecimientos futuros. La validación de los mapas de inundaciones tiene que hacerse en relación con las características hidrometeorológicas de la cuenca y las condiciones hidráulicas de las llanuras de inundación.
- En relación con las condiciones hidrometeorológicas, es importante revisar la relación precipitación-escorrentía establecida en el modelo hidrológico, con nuevos datos que puedan obtenerse en el campo a partir de eventos futuros.

Instrumento de evaluación para el simulacro

Evaluable (a)	Fecha y hora			
Lugar evaluado	Fecha y hora			
Ponderación	1 es deficiente (no hay organización, no existen o no se aplican procedimientos)	2 es regular (Hay organización y procedimientos pero con deficiencias y vacíos en su aplicación)	3 es bueno (Hay organización y procedimientos y se aplican adecuadamente)	4 es muy bueno (se crean elementos adicionales y complementarios a las pautas establecidas)
	Aspectos para evaluar		Comentarios / Observaciones	
Calificación 1 - 4				
1. Activación del CCE				
1.1. Mecanismo de convocatoria				
1.2. Características del sitio de reunión				
1.3. Intercambio de información sobre la situación				
1.4. Distribución de responsabilidades				
1.5. Definición de prioridades y toma de decisiones				
1.6. Uso de herramientas de información de CNE				
1.7. Comprensión de los procedimientos e instrucciones				
2. Organización de la respuesta				
2.1. Mecanismo de coordinación entre responsables				
2.2. Información e instrucciones a la población sobre la situación				
2.3. Información e instrucciones a la población para la evacuación				
2.4. Desarrollo y coordinación de la evacuación				

2.5. Identificación y uso de rutas de evacuación	Calificación	Comentarios / Observaciones
Aspectos para evaluar	1 - 4	
3. Albergues		
3.1. Sitio de albergue conocido con anterioridad por la población		
3.2. Sitio de albergue disponible para recibir a la población		
3.3. Condiciones del sitio para albergar personas		
3.4. Recepción y acomodo de personas en los albergues		
3.5. Información recibida por la población albergada		
3.6. Uso de herramientas de información de CNE		
4. Distribución de la asistencia humanitaria		
4.1. Manejo físico de los suministros		
4.2. Uso de controles para la entrega		
4.3. Procedimientos para la distribución		
4.4. Uso de herramientas de información de CNE		
5. Comportamiento general del CCE		
5.1. Puntualidad y participación de los miembros del CCE		
5.2. Seriedad e interés de los miembros del CCE en el ejercicio		
5.3. Seguimiento y finalización de tareas encomendadas		
TOTAL DE CALIFICACION		
Comentarios generales:		

5. Detalle de los aspectos evaluables

Total 25 preguntas, ponderación de 1 a 4, puntaje máximo 100

Aspectos para evaluar	Detalle
1. Activación del CCE	
1.1. Mecanismo de convocatoria	Pertinencia y eficacia del medio que utiliza el CCE para convocar a sus miembros
1.2. Características del sitio de reunión	Ubicación del sitio con relación a amenazas, seguridad interna y externa, comodidad para el trabajo del CCE...
1.3. Intercambio de información sobre la situación	Pertinencia y eficacia del método y el tipo de información que los miembros del CCE reciben y dan respecto a la situación
1.4. Distribución de responsabilidades	Determinar si se asignan responsables para las diferentes tareas, y si cada quien sabe cuál es su función y responsabilidad
1.5. Definición de prioridades y toma de decisiones	Pertinencia y eficacia del método para establecer prioridades con base a la información y la definición de cursos de acción
1.6. Uso de herramientas de información de CNE	Verificar el uso de la documentación estandarizada de la CNE para emergencias
1.7. Comprensión de los procedimientos e instrucciones	Determinar si los miembros del CCE comprenden adecuadamente las instrucciones y los procedimientos que se deben aplicar
2. Organización de la respuesta	
2.1. Mecanismo de coordinación entre responsables	Pertinencia y eficacia del método de coordinación entre las diferentes tareas
2.2. Información e instrucciones a la población sobre la situación	Pertinencia y eficacia del método y los contenidos de la información transmitida a la población sobre la situación
2.3. Información e instrucciones a la población para la evacuación	Pertinencia y eficacia del método y los contenidos de la información e instrucciones transmitida a la población para conducir la evacuación
2.4. Desarrollo y coordinación de la evacuación	Pertinencia y eficacia del método y los medios utilizados para la movilización de la población fuera de las áreas de peligro
2.5. Identificación y uso de rutas de evacuación	Determinar si se han definido y se utilizan rutas para la evacuación segura
3. Albergues	
3.1. Sitio de albergue conocido con anterioridad por la población	Determinar si la población que se evacúa conoce con anticipación los sitios a los que tiene que dirigirse para buscar refugio
3.2. Sitio de albergue disponible para recibir a la población	Determinar si el local que servirá de albergue está disponible en el momento en que será requerido para albergar a las personas
3.3. Condiciones del sitio para albergar	Condiciones físicas, sanitarias, de ubicación con relación a las amenazas, seguridad interna y externa, servicios básicos

2

personas	
3.4. Recepción y acomodo de personas en los albergues	Determinar si hay algún procedimiento establecido para la recepción de las personas (censo, registro de ingreso...) y la distribución al interior del sitio de albergue
3.5. Información recibida por la población albergada	Determinar si la personas reciben información y de qué tipo, a su ingreso en el albergue
3.6. Uso de herramientas de información de CNE	Verificar el uso de la documentación estandarizada de la CNE para albergues de emergencias
4. Distribución de la asistencia humanitaria	
4.1. Manejo físico de los suministros	Manipulación de la carga teniendo en cuenta que se trata de suministros alimentarios
4.2. Uso de controles para la entrega	Métodos de control para certificar la entrega a las familias damnificadas
4.3. Procedimientos para la distribución	Pertinencia y eficacia del método utilizado para entregar la asistencia alimentarias, incluyendo la decisión de a quien entregar a quien no
4.4. Uso de herramientas de información de CNE	Verificar el uso de la documentación estandarizada de la CNE para distribución raciones alimentarias en emergencias
5. Comportamiento general del CCE en el ejercicio	
5.1. Puntualidad y participación del CCE	¿Llegaron todos, llegaron temprano, participan todos o solo un grupo?
5.2. Seriedad e interés de los miembros del CCE en el ejercicio	¿Se toman en serio el ejercicio, participan todos a resolver los problemas que se les presentan?
5.3. Seguimiento y finalización de tareas encomendadas	¿Dan seguimiento y llevan hasta el final las acciones encomendadas en el ejercicio?

Preguntas de orientación para auto-evaluación de CME/CCE

Preguntas de orientación para facilitar la autoevaluación del CCE

El equipo evaluador facilitará el proceso de reflexión y autoevaluación del CCE una vez terminado el simulacro, utilizando al menos las siguientes preguntas, y otras que consideren pertinentes, y tomando nota de sus respuestas. Esta información será parte integral del informe de evaluación que entregarán al equipo de coordinación del simulacro.

Preguntas orientadoras:

1. ¿Cómo se sintieron durante el ejercicio?
2. ¿Qué tan reales pueden ser las situaciones que se vivieron durante el ejercicio?
3. ¿Qué creen que deben mejorar para poder hacer frente a una situación real?
4. ¿Cuáles son las tres cosas más urgentes que necesita el CCE para poder funcionar adecuadamente en estas emergencias?

Advertencia, Aviso y Reportes Meteorológicos para el escenario del simulacro



Advertencia Meteorológica Empuje frío ingresará al Mar Caribe 27 de febrero de 2012 1:30 p.m.

Un empuje frío se encuentra en el Golfo de México y se espera que ingrese al Mar Caribe en las próximas horas. De acuerdo con los primeros análisis, este sistema estaría afectando al país dentro de 48 horas; estimándose ráfagas de viento sobre el país de entre 50 y 72 km/h principalmente en los sectores montañosos, además de acumulados de lluvia entre 25 a 50 mm en 24 horas en la cuenca del Sarapiquí.

Se prevén condiciones lluviosas intermitentes en la región. Se anticipa que las condiciones ventosas y de lluvias intermitentes estarán presentes durante toda la semana.

El IMN recomienda estar alertos al caudal de los ríos de la cuenca del Sarapiquí debido a la lluvia que se podrían presentar en las próximas horas en las zonas montañosas. Además, precaución a la navegación aérea por la turbulencia que se estará generando por el viento fuerte.

J. Diego Naranjo
Meteorólogo
DMSA-IMN



Aviso Meteorológico Empuje frío afectará al país en las próximas horas 27 de noviembre de 2012 3:00 p.m.

De acuerdo con los últimos análisis, el empuje frío que se encuentra en el norte del Mar Caribe se prevé que impacte a Costa Rica en las próximas horas. Hasta el momento, se han acumulado 30mm de lluvia en las partes altas del Caribe Norte en las últimas horas.

Se prevé lluvia de moderada a fuerte intensidad, con acumulados entre 25mm a 50mm en 24 horas. Además de condiciones ventosas, los cuales alcanzarán valores máximos de 50 a 60 kph en los sectores montañosos. En el Valle Central y la vertiente del Pacífico, predominará parcialmente nublado, vientos moderados y aguaceros de corta duración.

Las condiciones anteriormente descritas se mantendrán al menos hasta el viernes de la semana en curso.

El IMN recomienda precaución a todas aquellas personas que viven cerca de ríos en la región Caribe y la Zona Norte. Además, la velocidad moderada-fuerte del viento podría ocasionar daños en algunas infraestructuras. En los sectores montañosos, se recomienda precaución en las carreteras por neblina y superficies mojadas. Precaución a los vuelos aéreos en bajo nivel ya que turbulencia moderada a fuerte sobre y en los sectores adyacentes a las cordilleras.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN



Informe Meteorológico No.1

Empuje frío provoca condiciones de temporal en el Caribe 27 noviembre 2012 5:30 p.m.

Diagnóstico: El Empuje frío que se encuentra en el Mar Caribe, está generando condiciones ventosas en el país, así como precipitaciones de variable intensidad el Caribe Norte, especialmente en sectores montañosos de la cuenca del Sarapiquí, donde se han registrado entre 20 y 60 mm en las últimas horas.

Pronóstico: Habrá lluvias intermitentes de variable intensidad en la cuenca del Sarapiquí en las próximas 24 horas, a continuación el detalle:

Sarapiquí: nublado con actividad lluviosa entre moderada a fuerte con montos de 20-100mm en 24 horas. Se prevé que el periodo nocturno y madrugada de mañana presente las lluvias más fuertes.

De acuerdo con el último análisis, las precipitaciones de las próximas horas comenzarán a **aumentar el caudal del río Sarapiquí**.

La influencia de dicho sistema se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda mantener la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos, debido al aumento del caudal de los ríos en el Caribe y en la Zona Norte. Además precaución ante la posible caída de objetos y tendido eléctrico por los vientos fuertes en el Valle Central y Guanacaste, así como a la navegación aérea por la turbulencia que podría producirse.

Próximo informe hoy a las 8.30 p.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN



Informe Meteorológico No.2

Temporal en el Caribe afecta la cuenca del Sarapiquí 27 noviembre 2012 8:30 p.m.

Diagnóstico: Las condiciones de Temporal se mantienen en la vertiente del Caribe. Las lluvias han afectado especialmente en sectores montañosos de la cuenca del Sarapiquí, donde se han registrado acumulados entre 50 y 90 mm en las últimas horas.

Pronóstico: Habrá lluvias intermitentes de variable intensidad sobre la cuenca del Sarapiquí en las próximas 12 horas, a continuación el detalle:

Sarapiquí: nublado con actividad lluviosa entre moderada a fuerte e intermitente con montos de 20-100 mm en 12 horas.

De acuerdo con el último análisis, existe la posibilidad de que el Río Sarapiquí aumente su caudal y comience a desbordarse en algunos puntos durante la madrugada y primeras horas de la mañana de este jueves.

La influencia de dicho sistema se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda mantener la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos, debido al aumento del caudal del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río.

Próximo informe mañana a las 8.30 a.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN





Informe Meteorológico No.3

Temporal en el Caribe provocado por empuje frío
28 noviembre 2012
3.30 a.m.

Diagnóstico: Las condiciones de temporal se mantienen en la vertiente del Caribe. Se registran acumulados de lluvias en las partes altas de la cuenca del Sarapiquí entre 90 y 120 mm en las 12 últimas horas.

Pronóstico: Continuarán lluvias intermitentes de variable intensidad sobre la cuenca del Sarapiquí en las próximas horas, en detalle:

Sarapiquí: nublado con actividad lluviosa entre moderada a fuerte e intermitente con montos de 30 - 80mm en 12 horas.

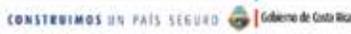
De acuerdo con el resultado del último análisis, existe una gran posibilidad de que el Río Sarapiquí comience a desbordarse en algunos puntos en las próximas horas.

La influencia de dicho sistema se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda mantener la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos, debido al aumento del caudal del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río.

Próximo informe hoy a las 10.00 a.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN



Informe Meteorológico No.4

Temporal en el Caribe provocado por empuje frío
28 noviembre 2012
10.00 a.m.

Diagnóstico: Las condiciones de temporal se mantienen en la vertiente del Caribe. Se registran acumulados de lluvias en las partes altas de la cuenca del Sarapiquí entre 100 y 140 mm en las 24 últimas horas. Según el último reporte del CNE, **el río Sarapiquí ya se encuentra crecido.**

Pronóstico: Continuarán lluvias intermitentes de variable intensidad sobre la cuenca del Sarapiquí en las próximas horas, en detalle:

Sarapiquí: nublado con actividad lluviosa entre moderada a fuerte e intermitente con montos de 30 - 60mm en 12 horas.

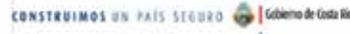
De acuerdo con el último análisis, el Río Sarapiquí comenzará a desbordarse en algunos puntos en las próximas horas, con un caudal aproximado de 200 metros-cúbicos/segundo.

La influencia de dicho sistema se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda mantener la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos, debido al aumento del caudal del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río.

Próximo informe hoy a las 1.00 p.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN



Informe Meteorológico No.5

Temporal en el Caribe provocado por empuje frío
28 noviembre 2012
1.00 p.m.

Diagnóstico: Persiste las condiciones de temporal en la vertiente del Caribe. Se registran acumulados de lluvias en las partes altas de la cuenca del Sarapiquí entre 180 mm en las 24 últimas horas. Según el último reporte del CNE, **el río Sarapiquí ya se encuentra muy crecido.**

Pronóstico: Continuarán lluvias variable intensidad sobre la cuenca del Sarapiquí en las próximas horas, en detalle:

Sarapiquí: nublado con actividad lluviosa entre moderada a fuerte e intermitente con montos de 30 - 60mm en 12 horas.

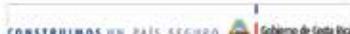
De acuerdo con los modelos, con la lluvia acumulada a esta hora, el Río Sarapiquí tiene caudal aproximado de 220 metros-cúbicos/segundo y se espera que comience a desbordarse al final de la tarde.

La influencia del empuje frío se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda extremar la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos cerca del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río, debido a que el caudal del río se encuentra muy crecido.

Próximo informe hoy a las 4.00 p.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN



Informe Meteorológico No.6

Temporal en el Caribe provocado por empuje frío
28 noviembre 2012
4.00 p.m.

Diagnóstico: El temporal en la vertiente del Caribe continúa dejando fuertes precipitaciones en la región. Se registran acumulados de lluvias en las partes altas de la cuenca del Sarapiquí entre 200 mm en las 24 últimas horas. Según el último reporte del CNE, **el río Sarapiquí ya se encuentra muy crecido.**

Pronóstico: Continuarán lluvias variable intensidad sobre la cuenca del Sarapiquí en las próximas horas, en detalle:

Sarapiquí: nublado con actividad lluviosa entre moderada a fuerte e intermitente con montos de 40 - 80mm en 12 horas.

De acuerdo con los modelos, con la lluvia acumulada a esta hora, el Río Sarapiquí tiene caudal aproximado de 250 metros-cúbicos/segundo, y se espera que **comience a desbordarse al final de la tarde o primeras horas de esta noche.**

La influencia del empuje frío se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda extremar la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos cerca del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río, debido a que el caudal del río se encuentra muy crecido.

Próximo informe hoy a las 7.00 p.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
DMSA-IMN





Informe Meteorológico No.7

Temporal en el Caribe provocado por empuje frío
28 noviembre 2012
7:00 p.m.

Diagnóstico: El temporal en la vertiente del Caribe continúa dejando fuertes precipitaciones en la región. Se registran acumulados de lluvias en las partes altas de la cuenca del Sarapiquí entre 220 mm en todo el evento. Según el último reporte del CNE, **el río Sarapiquí se encuentra desbordado.**

Pronóstico: Persistirán las lluvias sobre la cuenca del Sarapiquí en las próximas horas, en detalle:

Sarapiquí: nubado con precipitaciones de moderada a fuerte e intermitente con montos de 40 - 80mm en 12 horas.

De acuerdo con los modelos y con la lluvia acumulada a esta hora, el Río Sarapiquí **tiene un caudal aproximado de 270 metros-cúbicos/segundo.**

La influencia del empuje frío se mantendrá en el país al menos hasta el viernes, con posibilidades de extenderse al fin de semana.

El IMN recomienda extremar la vigilancia en sitios vulnerables a inundaciones y/o deslizamientos cerca del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río, debido a que el caudal del río se encuentra muy crecido.

Próximo informe hoy a las 10:00 p.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
ENSA-IMN



Informe Meteorológico No.8

Temporal en el Caribe comienza
29 noviembre 2012
1:00 a.m.

Diagnóstico: El empuje frío que ha ocasionado el temporal en la vertiente del Caribe, comienza a alejarse del país. Sin embargo, continúa presentándose precipitaciones de moderada a fuerte intensidad en la región. Los acumulados de lluvia durante todo el evento es de aproximadamente: 270mm en las partes altas de la cuenca del Sarapiquí. Según el último reporte del CNE, **el río Sarapiquí se encuentra desbordado.**

Pronóstico: Persistirán las lluvias sobre la cuenca del Sarapiquí durante la madrugada. Se estima que el empuje comienza a disminuir su influencia sobre el país en el transcurso de la tarde de este viernes. En detalle:

Sarapiquí: nubado con precipitaciones de moderada a fuerte e intermitente con montos de 20-50mm en las próximas 24 horas.

De acuerdo con los modelos y con la lluvia acumulada a esta hora, el Río Sarapiquí **tiene un caudal aproximado de 300 metros-cúbicos/segundo.**

La influencia del empuje frío continuará al menos hasta sábado, disminuyendo la intensidad conforme se aleja el fenómeno del país.

El IMN recomienda extremar la vigilancia en lugares en donde se presentan inundaciones cerca del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río.

Próximo informe mañana a la 4:00 a.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
ENSA-IMN



Informe Meteorológico No.9

Temporal en el Caribe comienza levemente a bajar intensidad
29 noviembre 2012
4:00 a.m.

Diagnóstico: El empuje frío que ha ocasionado el temporal en la vertiente del Caribe se aleja de Costa Rica. En las últimas horas la intensidad de las precipitaciones ha bajado, registrándose 20mm en la zona donde el último informe. En total, se han acumulado 290mm en todo el evento. Reportes del CNE informan que **el río Sarapiquí continúa desbordado.**

Pronóstico: Persistirán las lluvias sobre la cuenca del Sarapiquí durante las primeras horas de la mañana. Se estima que el empuje comienza a disminuir su influencia sobre el país en el transcurso de la tarde de este viernes. En detalle:

Sarapiquí: nubado con precipitaciones de débil a moderada intensidad y en forma intermitente con montos de 20mm en las próximas 12 horas.

De acuerdo con los modelos y con la lluvia acumulada a esta hora, el Río Sarapiquí **tiene un caudal aproximado de 310 metros-cúbicos/segundo.**

La influencia del empuje frío continuará disminuyendo en el transcurso del día, bajando la intensidad conforme se aleja el fenómeno del país.

El IMN recomienda precaución en lugares en donde se presentan inundaciones cerca del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río.

Próximo informe hoy a la 7:00 a.m.

J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
ENSA-IMN



Informe Meteorológico No.10

Mejoran las condiciones en el Caribe
29 noviembre 2012
7:00 a.m.

Diagnóstico: Durante la mañana de este viernes, el empuje frío salió del Mar Caribe disminuyendo su influencia sobre Costa Rica. Las precipitaciones han bajado de intensidad sustancialmente, registrándose cantidades de 10mm en las últimas horas. En total, se han acumulado 300mm en todo el evento. Sin embargo, **el río Sarapiquí continúa desbordado.**

Pronóstico: Las lluvias continuarán disminuyendo de intensidad y se volverán más aisladas en las próximas horas. En detalle:

Sarapiquí: nubado con precipitaciones de débil a moderada intensidad y en forma intermitente con montos de 5-10mm en las próximas 24 horas.

De acuerdo con los modelos y con la lluvia acumulada, el Río Sarapiquí **tiene un caudal aproximado de 310 metros-cúbicos/segundo.**

Se espera que el país retorne a condiciones típicas de la fecha a partir de este sábado.

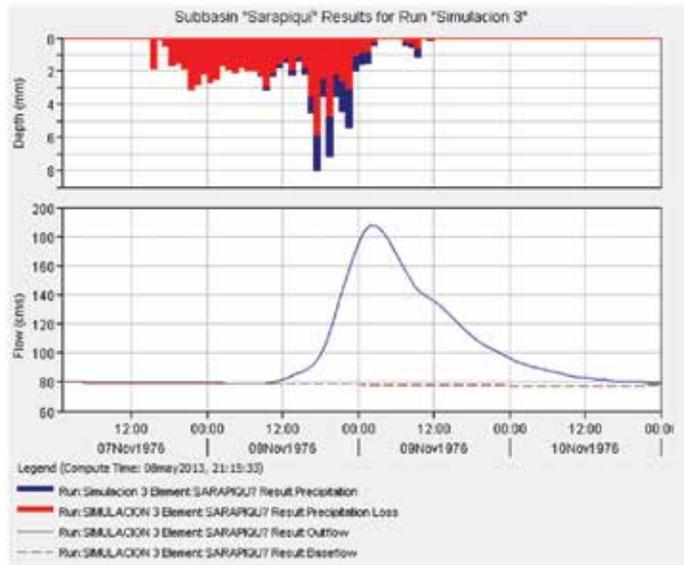
El IMN recomienda precaución en lugares en donde se presentan inundaciones cerca del río Sarapiquí, tanto en ciudad Puerto Viejo como en lugares cercanos al río.

Próximo informe hoy a la 1:00 p.m.

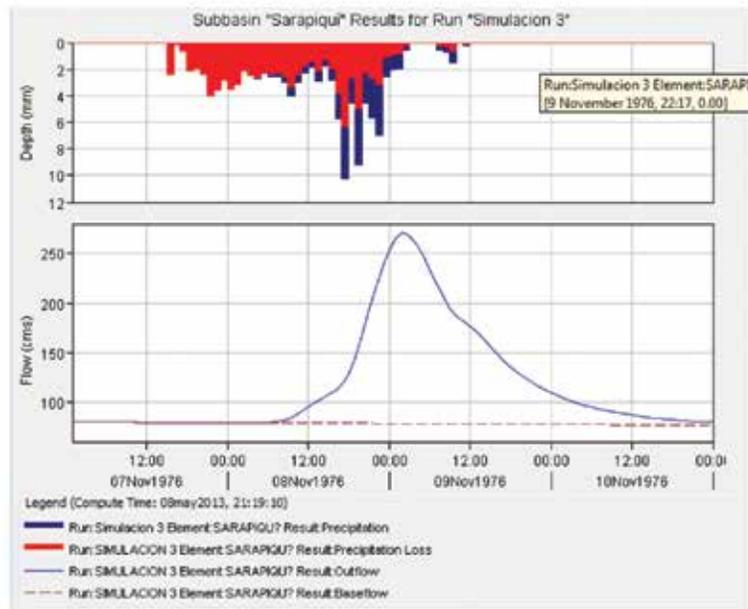
J. Diego Naranjo Díaz
Meteorólogo
ENSA-IMN



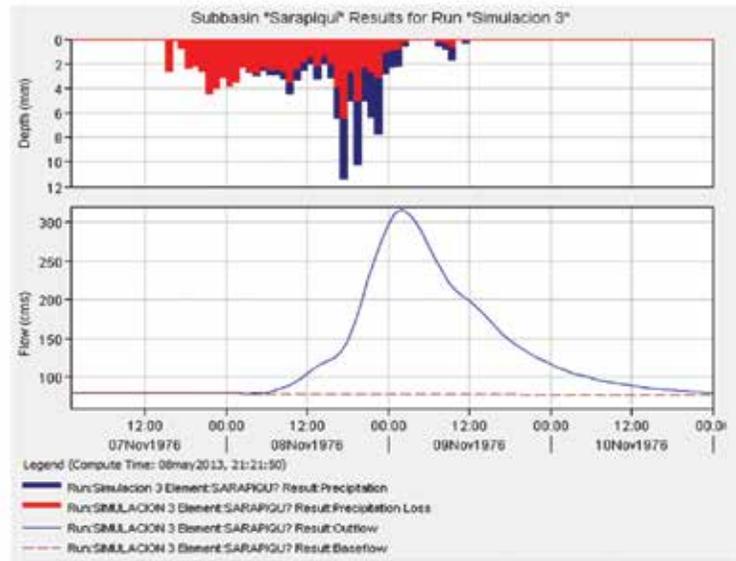
Hidrográficos elaborados para el escenario de simulación



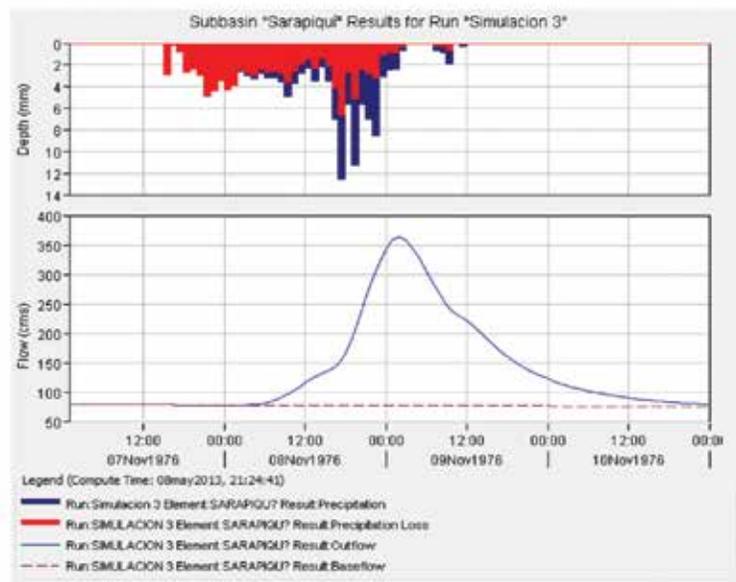
Flood hydrograph for the Sarapiquí River sub basin, for a forecasted precipitation volume of 140 mm.



Flood hydrograph for the Sarapiquí River sub basin, for a forecasted precipitation volume of 180 mm.



Flood hydrograph for the Sarapiquí River sub basin, for a forecasted precipitation volume of 200 mm.



Flood hydrograph for the Sarapiquí River sub basin, for a forecasted precipitation volume of 220 mm.



GFDRR
Global Facility for Disaster Reduction and Recovery



THE WORLD BANK
Working to a World Free of Poverty

Organización Meteorológica Mundial

Teléfono: (506) 2258-2370

Fax: (506) 2256-8240

Correo: oarango@wmo.int

Apdo. Postal: 7-3350-1000 San José, Costa Rica

www.wmo.int