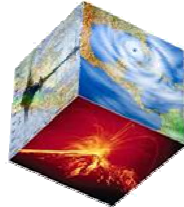


**COMPREHENSIVE APPROACH FOR PROBABILISTIC RISK
ASSESSMENT (CAPRA)**



**Evaluaciones de Riesgos de Desastres Naturales e Indicadores de Riesgo y
Gestión del Riesgo de Desastres para Belice, El Salvador y Guatemala
(RG-T1587/MD-1135-RG)**

**Capacitación para el manejo de la plataforma CAPRA-GIS y módulos de
amenaza para estimación del riesgo por inundación**

**Entidad coordinadora del taller:
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales**



INFORME FINAL

**Bogotá Colombia
Septiembre de 2011**

Tabla de contenido

1	OBJETIVOS, DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA.....	- 3 -
2	TELECONFERENCIAS DESARROLLADAS	- 4 -
2.1	VIDEOCONFERENCIA INICIAL – IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL TIPO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA ESTIMACIÓN DEL RIESGO PROBABILÍSTICO POR INUNDACIÓN (14 DE ABRIL DE 2011)	- 4 -
2.2	VIDEOCONFERENCIA – IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL TIPO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA ESTIMACIÓN DEL RIESGO PROBABILÍSTICO POR INUNDACIÓN (11-05-2011).- 4 -	- 4 -
2.3	VIDEOCONFERENCIA – CAPACITACIÓN PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE RIESGO PROBABILÍSTICO POR INUNDACIONES (2-09-2011).....	- 5 -
2.4	RESUMEN DOCUMENTACIÓN Y APLICACIONES ENVIADAS DURANTE EL PERÍODO DE CAPACITACIÓN	- 6 -
3	TALLER DE CAPACITACIÓN	- 7 -
3.1	INFORME DEL TALLER.....	- 7 -
3.2	CRONOGRAMA DEL PLAN DE TRABAJO PARA LAS ACTIVIDADES RESTANTES.....	- 9 -
3.3	ACUERDOS ENTRE EL CONSULTOR Y EL MARN PARA LAS FASES RESTANTES DEL TALLER EN EL TEMA DE EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD, AMENAZA Y RIESGO	- 10 -
4	CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO.....	- 11 -
5	RECOMENDACIONES	- 13 -
6	APÉNDICES.....	- 15 -
6.1	APÉNDICE 1:	- 15 -
6.2	APÉNDICE 2	- 16 -
6.3	APÉNDICE 3	- 17 -
7	REFERENCIAS	- 57 -

1 OBJETIVOS, DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA

El objetivo general de la consultoría está orientado a mejorar las capacidades técnicas específicas para el uso permanente de la plataforma CAPRA-GIS, en la evaluación del riesgo probabilista por inundación en El Salvador con aplicación a un caso específico de estudio. La consultoría está dirigida a una capacitación orientada a un caso específico de análisis en la planicie de inundación de la cuenca del río Jiboa, El Salvador, y se limita a un análisis de inundación con el método simplificado. La capacitación se realiza mediante seminarios y videoconferencias en las cuales participan el Consultor y los representantes de la institución a cargo del desarrollo del caso de aplicación específico, en este caso el MARN/DGSNET.

La entidad local representada por MARN/DGSNET está a cargo de la realización de los análisis de amenaza de lluvias, amenaza simplificada de inundación, levantamiento de la información de exposición y análisis del riesgo de inundación de la planicie de inundación indicada.

La entidad local nombra un coordinador técnico que se encarga de la comunicación con el consultor con el fin de canalizar todas las inquietudes, solicitudes, información, documentación de talleres y demás actividades. Para la realización del taller y las videoconferencias programadas, la entidad local está a cargo de toda la logística incluyendo los computadores en los cuales se realizan las prácticas. Así mismo, la entidad local es responsable de todo el tratamiento y procesamiento de información para llegar a los resultados de riesgo.

2 TELECONFERENCIAS DESARROLLADAS

Dentro del proceso de capacitación para el manejo de la plataforma CAPRA y los módulos de amenaza y estimación del riesgo por inundación en la cuenca del Río Jiboa, se estipularon 3 teleconferencias de acompañamiento y capacitación distribuidas al inicio, intermedio y fin del período del cronograma de actividades.

A continuación se presenta un resumen de los temas tratados en cada una de las teleconferencias, así como también la documentación referida en cada una de ellas.

2.1 VIDEOCONFERENCIA INICIAL – IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL TIPO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA ESTIMACIÓN DEL RIESGO PROBABILÍSTICO POR INUNDACIÓN (14 DE ABRIL DE 2011)

Objetivo general: Identificación y especificación del tipo de información necesaria para estimación del riesgo probabilístico por inundación.

Temas tratados:

- Inventario de la información recibida por parte de MARN/DGSNET
- Recuento y pertinencia de la información recibida por parte de MARN/DGSNET.
- Análisis del modelo de inundación a implementar según características de información recibida y condiciones topográficas de la cuenca del Río Jiboa.
- Detalle de análisis de amenaza por lluvias intensas no huracanadas y capacitación de obtención de curvas PADF para la cuenca del río, teniendo en cuenta las características pluviométricas de la zona y de su calidad de información por estaciones.
- Agenda del taller de capacitación de análisis probabilista de amenazas y riesgos por inundación. (1 de Junio a 3 de junio de 2011)

Documentación enviada:

- Algoritmo de cálculo de curvas PADF.
- Instructivo de procedimiento de obtención de curvas PADF bajo la plataforma CAPRA.
- Aplicación ERN-curvas PADF.

2.2 VIDEOCONFERENCIA – IDENTIFICACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DEL TIPO DE INFORMACIÓN NECESARIA PARA ESTIMACIÓN DEL RIESGO PROBABILÍSTICO POR INUNDACIÓN (11-05-2011)

Objetivo general: Detalle de la información necesaria para la estimación del riesgo probabilístico por inundación.

Temas tratados:

- Avance y supervisión de procedimiento de obtención de curvas PADF por parte de personal calificado del MARN/DGSNET.

- Detalle y análisis de procedimiento de obtención de amenaza por lluvia no huracanada para la cuenca del Río Jiboa.
- Planteamiento de modelo de inundación simplificado para modelación de la amenaza por inundación en la cuenca del Río Jiboa.
- Requerimientos de información específica para la modelación de amenaza por medio del método simplificado.
- Avance de levantamiento y análisis de información de exposición física (cultivos y edificaciones).

Documentación enviada:

- Instructivo de procedimiento de obtención de amenaza por lluvia no huracanada. ERN-Lluvia.
- Aplicación ERN-Lluvia.

2.3 VIDEOCONFERENCIA – CAPACITACIÓN PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE RIESGO PROBABILÍSTICO POR INUNDACIONES (2-09-2011)

Objetivo General: Resolución de dudas finales con respecto a la preparación de cada uno de los módulos del análisis de riesgo por inundación (Amenaza, Vulnerabilidad y Exposición). Ejemplificación de cálculo de riesgo probabilista por inundación en la herramienta CAPRA-GIS.

Temas tratados:

AMENAZA

- Habiendo revisado los archivos enviados por el grupo del MARN, se sugiere la generación de un archivo .AME con 200 escenarios de lluvia intensa no huracanada.
- Envío de información con todo el procedimiento de cálculo probabilista de amenaza por inundación para la cuenca del Río Jiboa. Desde el cálculo de las curvas PADF hasta el cálculo del AME de inundación.

VULNERABILIDAD

- Construcción de funciones de vulnerabilidad para otros escenarios distintos a los propuestos por el consultor. (En el caso de cultivos)
- En zonas de socavación: Las funciones de vulnerabilidad deben ser distintas y aplicar un nivel de daño mayor debido a fenómenos de socavación de la cimentación de las edificaciones.
- Definición de edificaciones localizadas en zonas de socavación a las cuales pueden ser asignadas funciones de vulnerabilidad diferentes que lleguen a niveles de daño más alto.
- Se describió la construcción del archivo .dat para cargar la vulnerabilidad en el programa CAPRA-GIS.

EXPOSICIÓN

- Propuesta por parte del MARN/DGSNET: Levantamiento de otras regiones distintas a las especificadas inicialmente. Generación de usuarios y claves para hacer posible el uso de la herramienta en otras poblaciones y localizaciones.

- A partir de la experiencia por parte del MARN en el proceso de levantamiento de información se recomienda adicionar más herramientas de Google Earth en la aplicación de levantamiento de elementos expuestos.

CAPRA-GIS

- Ejemplificación de uso de la plataforma CAPRA–GIS, para obtener resultados de riesgo con los módulos de amenaza, vulnerabilidad y exposición construidos y enviados por el equipo capacitado (MARN/DGSNET).

ACUERDOS

- Revisión por parte del equipo consultor del proceso de generación del archivo .AME de inundación, enviado por el personal del MARN.
- Envío de instaladores del software utilizado en el proceso de capacitación, en sus últimas versiones, por parte del equipo consultor.

2.4 RESUMEN DOCUMENTACIÓN Y APLICACIONES ENVIADAS DURANTE EL PERÍODO DE CAPACITACIÓN

Tabla 1 Documentación y software utilizado en el proceso de capacitación

Nombre	Descripción
Algoritmo de cálculo curvas PADF	Procedimiento teórico de análisis de intensidad, duración y frecuencia de eventos de precipitación distribuidos espacialmente.
Instructivo Procedimiento de obtención de curvas PADF. Plataforma CAPRA	Procedimiento detallado de manejo del software de generación de curvas PADF.
ERN-AL. Curvas PADF	Software de generación de curvas PADF
Instructivo Procedimiento de obtención de amenaza por lluvia No Huracanada. Plataforma CAPRA	Procedimiento detallado de manejo del software de modelación estocástica de amenaza por lluvias intensas no huracanadas.
ERN-LluviaNH	Software de modelación de lluvias intensas no huracanadas.
Instructivo de generación de factores de exposición al viento e inundación	Procedimiento detallado de manejo del software de Factores de exposición al viento e inundación.
Factores de exposición al viento e inundación	Software de obtención de factores de exposición al viento e inundación para la modelación probabilista de la amenaza de inundación por medio del método simplificado.
ERN-INUNDACIÓN	Software de modelación de amenazas por inundación.
GridExploit	Software de conversión de formatos de archivos del tipo (.GRD, .GRN, .GRF)
ERN-DESIZAMIENTO	Software de apoyo para la herramienta “Rasterizar shapes”
Instructivo Procedimiento de cálculo de malla de factores de escurrimiento	Procedimiento detallado para la obtención del mapa de factores de escurrimiento para la cuenca del río Jiboa, de acuerdo a características principales del suelo.

3 TALLER DE CAPACITACIÓN

3.1 INFORME DEL TALLER

Fecha del Taller: 1, 2 y 3 de junio de 2011

Lugar: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, San Salvador.

Instituciones participantes: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Obras Públicas, SNET, Consultores

Capacitadores por parte del Consultor: Mario Díaz-Granados Ortiz, Luis Eduardo Yamín, Gabriel Andrés Bernal, Mario Andrés Salgado.

TEMAS

En el taller de aproximadamente 24 horas, se cubrieron los siguientes temas:

- 1) Reunión de inicio. Presentación de participantes en el proyecto y asistentes al taller.
- 2) Introducción a la plataforma CAPRA.
- 3) Introducción a los diferentes módulos CAPRA.
- 4) Introducción y conceptos básicos de hidrología.
- 5) Análisis hidrológico de eventos de inundación.
- 6) Análisis hidráulico e inundación de llanura.
- 7) Uso del software de generación de curvas PADF.
- 8) Utilización del software ERN-Lluvias NH. Generación de archivos AME.
- 9) Introducción general a la metodología de cálculo probabilista para amenaza de inundación. Método simplificado y detallado.
- 10) Utilización del software ERN-Inundación. Generación de archivos AME utilizando el método simplificado.
- 11) Introducción al programa CAPRA-GIS. Herramientas de visualización de amenazas, escenarios, generación mapas de amenaza.
- 12) Introducción general a exposición y vulnerabilidad
- 13) Vulnerabilidad de elementos expuestos. Concepto de vulnerabilidad. Cálculo y estimación de funciones de vulnerabilidad por inundación. Casos de edificaciones y cultivos.
- 14) Ejemplo de análisis de riesgo por inundación.

CONCLUSIONES DEL TALLER

En lo que sigue, se presentan las conclusiones y observaciones generales derivados del taller:

Del grupo de trabajo conformado por MARN:

- 1) Desde la percepción del grupo consultor, el grupo de trabajo conformado por miembros de diferentes instituciones cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para que, con el seguimiento del consultor, se cumpla con el desarrollo de las actividades definidas para este proyecto.
- 2) Se establecieron responsables para las siguientes actividades generales por medio de las cuales se canalizará la interlocución del consultor. Ellos son:
 - a. Amenaza por lluvia no huracanada e inundación: Elín Chinchilla, Roberto Cerón y Jorge Castaneda.
 - b. Base de datos de elementos expuestos: Beatriz Puente.
 - c. Vulnerabilidad: Beatriz Puente, Javier Magaña.
- 3) Se resaltó por parte de todos los actores participantes la falta de una salida a campo para realizar labores de reconocimiento tanto en la parte de modelación de la amenaza como en características de los elementos expuestos.
- 4) Se expresó el deseo de continuar con el proceso de modelación detallada de la cuenca del Río Jiboa haciendo uso de nuevas herramientas y mediante la capacitación a partir de nuevos talleres.
- 5) Dada la complejidad de la cuenca del Río Jiboa, se cree que una vez entendido el proceso de modelación probabilista de amenazas y riesgo puede replicarse el proceso para otras cuencas dentro de El Salvador.

De los asistentes y el desarrollo del Taller:

- 1) Los asistentes se mostraron atentos y entusiastas frente a las presentaciones realizadas por parte del grupo de capacitadores del Consultor.
- 2) Durante la capacitación en el uso de las herramientas CAPRA, aquellos asistentes que por sus actividades laborales cotidianas se encuentran relacionados con el uso de Sistemas de información geográfica (SIG), así como con el uso de programas de cómputo en general, y que cuentan con conocimientos en temas de amenaza por inundación, sistemas constructivos, atención de emergencias y evaluación de daños, entre otros, se mostraron más receptivos y se les facilitó el uso de las herramientas CAPRA.
- 3) Se realizó un seguimiento de las diferentes actividades que han sido realizadas hasta el momento en los temas de inundación y exposición. De esta etapa se pudieron resolver dudas y se realizaron algunas recomendaciones por parte del grupo del Consultor.
- 4) Consideramos que el objetivo de la capacitación en el uso de las herramientas CAPRA (“hands-on”) se cumplió, ya que los usuarios conocieron las principales características de

estas herramientas, así como la aplicación y el potencial que tienen para el correcto desarrollo de esta actividad.

- 5) Al finalizar el taller los asistentes manifestaron su agrado por los temas presentados y la capacitación que recibieron en las diferentes aplicaciones de CAPRA.
- 6) Se realizó una evaluación del taller por parte de todos los participantes los cuales calificaron entre bueno y muy bueno todos los aspectos evaluados.

3.2 CRONOGRAMA DEL PLAN DE TRABAJO PARA LAS ACTIVIDADES RESTANTES

Se realizó un cronograma detallado de las diferentes actividades que restan para culminar el análisis simplificado por inundación de la cuenca del Río Jiboa asignando también un responsable a cada una de ellas. Las actividades programadas son las siguientes:

- 1) Completar el levantamiento de infraestructura expuesta mediante la metodología predio a predio utilizando la herramienta basada en imágenes de Google Earth.
- 2) Completar el levantamiento de zonas de cultivos.
- 3) Se realizarán visitas de campo para definir las tipologías estructurales y definir los valores de reposición a ser utilizados en el análisis.
- 4) Definición de funciones de vulnerabilidad para construcciones con base en los tipos arquitectónicos, constructivos, tipos de cubierta y estructurales del portafolio de edificaciones.
- 5) Definir funciones de vulnerabilidad para cultivos con ayuda del agrónomo.
- 6) Modificación en la forma delimitada actual de la cuenca para tener una mayor área en la zona de planicie.
- 7) Suministrar un programa que permita definir los factores de exposición a ser utilizados en la definición de la amenaza por inundación mediante el método simplificado.

Se realizará una videoconferencia adicional donde se realizará una última asesoría por parte del Consultor relacionada con los diferentes temas que se han definido.

3.3 ACUERDOS ENTRE EL CONSULTOR Y EL MARN PARA LAS FASES RESTANTES DEL TALLER EN EL TEMA DE EXPOSICIÓN, VULNERABILIDAD, AMENAZA Y RIESGO

- 1) Se continuará con el proceso de levantamiento de infraestructura expuesta mediante la metodología predio a predio utilizando la herramienta basada en imágenes de Google Earth.
- 2) En el tema de cultivos se definieron los tamaños máximos a ser utilizados en el proceso de levantamiento para así tener un grado aceptable de compatibilidad con los niveles de resolución utilizados en la amenaza.
- 3) Se realizarán visitas de campo para definir las tipologías estructurales y definir los valores de reposición a ser utilizados en el análisis. Dado que el análisis está limitado a la evaluación de pérdidas físicas, no se realizarán actividades relacionadas con la definición de la ocupación de las diferentes edificaciones.
- 4) Se definirán diferentes funciones de vulnerabilidad de acuerdo a las diferentes tipologías estructurales que se definan para la zona de estudio así como para los diferentes cultivos.
- 5) El Consultor recomienda la identificación de los tipos arquitectónicos, constructivos, tipos de cubierta y estructurales del portafolio de edificaciones.
- 6) Se realizará una modificación en la forma delimitada actual de la cuenca para tener una mayor área en la zona de planicie.
- 7) Dada esta última modificación, se requerirá de un nuevo análisis de PADF así como la nueva generación de eventos de lluvia.
- 8) El Consultor se compromete a en un plazo máximo de 2 semanas, suministrar un programa que permita definir los factores de exposición a ser utilizados en la definición de la amenaza por inundación mediante el método simplificado a partir de un archivo en formato grd que contenga información acerca de las pendientes de la zona de estudio.
- 9) Se realizará una videoconferencia en una ventana de tiempo de entre 2 y 3 semanas donde se realizará una última asesoría por parte del Consultor relacionada con los diferentes temas que se han tocado.

4 CONCLUSIONES GENERALES DEL PROYECTO

El análisis de riesgo por inundación presentado para la cuenca del Río Jiboa en El Salvador debe tomarse como un paso inicial que permite la cuantificación y calificación del riesgo en los diferentes valores expuestos para cualquier instante de tiempo (según la mejor información disponible). Y que debe servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación integral de riesgo para efectos de toma de decisiones de gestión de riesgo en el campo de la identificación y la mitigación principalmente.

A continuación se presentan las limitaciones en la información utilizada para los análisis, lo cual debe servir de base para los planes de trabajos y estudios futuros por parte del MARN con el objetivo de mejorar la calidad y confiabilidad de los resultados que se puedan obtener por medio del análisis de riesgo.

- (a) Información de amenaza por inundación: la información de precipitación para la determinación de las curvas PADF de la cuenca puede considerarse como de buena calidad y completa para efectos del presente análisis. Considerando las limitaciones en la información complementaria para el análisis de tránsito de crecientes, solo fue posible utilizar un modelo aproximado para el análisis de inundación por lo cual la resolución final de la amenaza por inundación no es muy buena. Para análisis más detallados es posible complementarla con consideraciones de secciones transversales del cauce del Río Jiboa y patrones de rugosidad del suelo. Así como también registros históricos de caudal.
- (b) Información de exposición: El modelo utilizado en el presente análisis solo sirve con propósitos ilustrativos e indicativos de valores globales a esperar. Para efectos de resultados para toma de decisiones debe contarse con índices oficiales de ocupación y costos para las diferentes poblaciones. Alternativamente deben plantearse programas de levantamiento de información con base en visitas de campo intensivas.

Con respecto al levantamiento de exposición de cultivos es necesario contar con opiniones de expertos agricultores en cada uno de los productos de consumo a analizar (Loroco, pastos, maíz, plátano y caña de azúcar). Lo anterior con el objetivo de proponer un análisis de riesgo adecuado a las diferentes condiciones de las fases de cultivo.

- (c) Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan en el mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos de la ciudad y en observaciones del comportamiento de tipos constructivos característicos ante eventos determinados. Las funciones de vulnerabilidad de cultivos pueden complementarse incorporando otras variables que correlacionen las intensidades del archivo .AME con el daño final esperado.
- (d) Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada uno de los aplicativos que pueden derivarse de estos resultados.

Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información, menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

En particular se hace especial énfasis en actualizar la información referente a:

- Inventario de construcciones expuestas incluyendo sus características principales.
- Valoración de activos, sus contenidos y posibles pérdidas consecuenciales.
- Identificación de tipos estructurales dominantes y distribución dentro de las diferentes poblaciones de la cuenca del Río Jiboa.
- Categorización de tipos de contenidos, calificación y valoración.
- Calificación de la vulnerabilidad estructural y de cultivos ante amenazas por inundación.
- Inventario, valoración y calificación de toda la infraestructura complementaria expuesta incluyendo vías, puentes, infraestructura de servicios públicos, instalaciones industriales importantes, plantas de generación de energía, aeropuertos y en general toda la infraestructura expuesta relevante del país. Así como también la totalidad de cultivos presentes en la zona de exposición, para los cuales se desee efectuar un análisis de riesgo probabilista por inundación.

El análisis de riesgo con las herramientas indicadas se convierte por lo tanto en un elemento fundamental en la gestión integral del riesgo, factor clave para el desarrollo económico y social. El proceso exige la participación activa de entidades públicas, Universidades, sector privado y de la comunidad en general relacionada con esta temática.

5 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para actividades futuras en relación al tema de la consultoría son las siguientes:

- 1) Esta primera consultoría en el tema de capacitación en temas de inundación debe complementarse con al menos un taller complementario al final con el fin de poder discutir y ajustar los resultados con los técnicos de la entidad para efectos de asimilación y comprensión real de resultados.
- 2) Igualmente la real utilidad de los resultados del análisis se orientan hacia las aplicaciones finales de los resultados de riesgo, lo cual con el presente alcance no es posible cubrir. Se recomienda igualmente reuniones de trabajo adicionales para analizar y concretar el tema de aplicación de los resultados en estrategias concretas de mitigación o gestión del riesgo.
- 3) Considerando que la presente consultoría se realizó con base en el modelo de análisis de inundación simplificado se recomienda implementar una segunda consultoría para capacitar en los temas de evaluación detallada de inundación con base en el modelo ERN-Inundación basado en modelo HEC-RAS (ver www.ecapra.org) el cual se encuentra en este momento listo para su aplicación. En el taller de junio 1 a 3 de 2011 se dieron las bases para dicha modelación detallada y los requerimientos de información para que las entidades inicien el proceso de construcción de esta información, la cual no está disponible en la actualidad.
- 4) Se recomienda programar en las próximas actividades una salida a campo compartida entre los técnicos de las instituciones y los consultores para realizar labores de reconocimiento tanto en la parte de modelación de la amenaza como en características de los elementos expuestos. En esta actividad se puede llevar de manera efectiva una transferencia de capacidad a los técnicos de las instituciones y permitirá a los consultores orientar de mejor manera el proceso.
- 5) En futuros procesos de consultorías para construir capacidad en las instituciones se recomienda al menos tres talleres diferentes, uno al inicio, uno intermedio y otro al final. El primer taller con el fin de explicar a los asistentes las bases del proceso de modelación, definir el alcance global de los trabajos y plantear las bases para los análisis de amenaza. Un segundo taller para evaluar los avances alcanzados en temas de amenaza, avanzar en la capacitación y definir las bases para las actividades de exposición y vulnerabilidad. Finalmente un tercer taller para analizar el tema de evaluación del riesgo y revisar los avances de todas las actividades. Todas estas actividades deben tener como objetivo general la aplicación misma de los resultados en términos de instrumentos o propuestas concretas que puedan implementarse.
- 6) Dada la complejidad de la cuenca del Río Jiboa, se cree que una vez entendido el proceso de modelación probabilista de amenazas y riesgo, la metodología puede replicarse el proceso para otras cuencas dentro de El Salvador. En dichos casos se recomienda un acompañamiento con menor intensidad por parte del consultor externo, dadas las capacidades construidas en la entidad.

Entendiendo este proceso como un paso inicial en la identificación del riesgo por inundación en la cuenca del Río Jiboa, se recomienda para una segunda fase hacer uso de la herramienta Hec-Ras (ver www.ecapra.org) que, al estar basado en un modelo hidráulico, permite realizar el tránsito de crecientes en ríos como el que ha sido estudiado en este proceso. Dichos análisis requerirán de información con un mayor nivel de detalle como se ha mencionado, pero a partir de las conversaciones sostenidas con el grupo MARN se ha establecido que parte de esa información ya existe.

Adicionalmente, aprovechando las capacidades para hacer análisis multi-riesgo de la plataforma CAPRA, se sugiere un estudio para las poblaciones localizadas dentro de la cuenca en el área de estudio para otras amenazas naturales tales como sismo, tsunami, huracán (marea de tormenta, viento y lluvia huracanada) y volcán. Por ejemplo, para el caso de la evaluación de la amenaza por huracán, hay archivos del presente análisis que pueden utilizarse como los factores de exposición y uso del suelo.

El grupo del MARN se ha mostrado entusiasta en el tema de continuar el proceso de evaluación de riesgo por diferentes amenazas y cuentan con los conocimientos técnicos necesarios para llevar a cabo esa tarea.

Se recomienda primordialmente realizar una segunda fase del proceso de capacitación al MARN que incluya las siguientes actividades:

- Visita a la zona de posible afectación.
- Recopilación de la información de elementos expuestos relacionada anteriormente
- Revisión de las funciones de vulnerabilidad
- Levantamiento de información para mejorar la resolución de los modelos
- Modelación detallada de inundación con el modelo ERN-Inundación HEC-Ras
- Analizar eventual modelación multiriesgo para este sector (incluyendo eventualmente amenaza volcánica, sísmica, huracanes y otros fenómenos.
- Obtener resultados finales de riesgo y plantear una estrategia general de gestión del riesgo.

La información requerida para realizar un análisis de amenaza con mayor detalle tal como se propone es la siguiente:

- Registros de lluvia diaria para al menos 30 años de duración en al menos unas 5 a 10 estaciones en la zona de influencia (la información disponible es adecuada en el presente caso).
- Modelo de elevación digital de la cuenca y zona inundable.
- Secciones transversales en el río a distancias variables según el grado de irregularidad, preferiblemente a menos de 500 m entre secciones.
- Coeficientes de rugosidad en el lecho de la cuenca
- Mediciones de caudales históricos en el río.

6 APÉNDICES

- 1) Listado de asistentes al Taller.
- 2) Resultados promedio de la evaluación del taller.
- 3) Informe Técnico de avances en la modelación

6.1 APÉNDICE 1:

LISTADO DE ASISTENTES AL TALLER

Taller de capacitación CAPRA sobre Análisis Probabilista de Amenazas y Riesgo por Inundación
Lugar: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador. Junio 1-3 de 2011

Nombre	Institución
Ivonne Jaimes	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Roberto Cerón	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Jorge Castaneda	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Elín Chinchilla	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Beatriz Puente	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Javier Magaña	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
Deyman Pastora	Ministerio de Obras Públicas
Mario Díaz-Granados	Consultor
Luis Eduardo Yamín	Consultor
Gabriel Andrés Bernal	Consultor
Mario Andrés Salgado	Consultor

6.2 APÉNDICE 2

RESULTADOS PROMEDIO DE LA EVALUACIÓN DEL TALLER

**TALLER DE CAPACITACIÓN
“EVALUACIÓN PROBABILISTA DE AMENAZAS Y RIESGO POR
INUNDACIÓN PARA LA CUENCA DEL RÍO JIBOA”**

Nota Máxima: 5.0 Nota Mínima: 0.0

FICHA DE EVALUACIÓN		
Aspectos a evaluar	Nivel alcanzado	
	Promedio	
Acerca de los Objetivos y Contenidos		
Logro de las metas y objetivos planteados	4.5	
Grado de pertinencia del taller en el tema de su especialidad	4.5	
Grado de comprensión del funcionamiento de la plataforma	4.5	
Calificación general del Taller	4.7	
Acerca de los expositores – moderadores		
Manejo de los tiempos de las sesiones o presentaciones.	4.5	
Manejo conceptual de los temas tratados.	5.0	
Calificación general de los expositores – moderadores	4.8	
Acerca del trabajo en grupo		
Nivel de participación en los grupos de trabajo.	4.8	
Claridad en cuanto a la definición de tareas y responsables en las actividades a seguir	4.7	
Acerca de la logística y organización.		
Las instalaciones donde se desarrollo el evento.	3.5	
La atención y servicio a los participantes.	4.7	

6.3 APÉNDICE 3

INFORME TÉCNICO DE AVANCES DE LA MODELACIÓN

ALCANCE DEL INFORME

En el marco del proyecto de capacitación para el manejo de la plataforma CAPRA y los módulos de amenaza para estimación del riesgo por inundación, el presente informe corresponde a las actividades de preparación de archivos, documentos y formatos de información para la modelación del riesgo probabilista por el modelo de inundación simplificado en la cuenca del Río Jiboa, El Salvador. Cada uno de estos elementos dirigidos a la modelación de los componentes de vulnerabilidad, amenaza y elementos expuestos.

En este informe final se incluye la información relacionada con las siguientes actividades específicas del proyecto de capacitación:

- Inventario de información recibida por parte de MARN/DGSNET.
- Evaluación de la amenaza de inundación para lluvia no huracanada para la cuenca del Río Jiboa, por medio del modelo simplificado de inundación.
- Análisis probabilista de la amenaza por inundación mediante escenarios estocásticos que representen de manera adecuada la amenaza, a partir de eventos de lluvia intensa no huracanada.
- Presentación de mapas de amenaza por lluvias intensas no huracanadas teniendo en cuenta registros históricos de precipitación para la cuenca del Río Jiboa, y la relación existente entre profundidad, área, duración y frecuencia de los eventos de lluvia.
- Presentación de mapas de amenaza de inundación para diferentes períodos de retorno de interés, así como también la presentación de mapas de los escenarios de amenaza de inundación más representativos para cada uno de los períodos de retorno de interés.
- Presentación de funciones de vulnerabilidad de infraestructura y cultivos localizados en la cuenca del Río Jiboa. Descripción de escenarios de evaluación de riesgo propuestos para las zonas de cultivo de caña, maíz, loroco, pastos y plátano.
- Informe del taller de capacitación llevado a cabo los días 1, 2 y 3 de junio de 2011.
- Descripción de temas tratados en las diferentes teleconferencias adelantadas a lo largo del proceso de capacitación.

INVENTARIO DE INFORMACIÓN

En la Tabla 2 se presenta el inventario de la documentación que ha sido enviada por parte de MARN/DGSNET desde el inicio del proceso de capacitación con el objetivo de adelantar los instructivos y la preparación de los archivos de entrada para los diferentes módulos de cálculo para la estimación probabilista de riesgo por inundación con el método simplificado.

Tabla 2 Inventario de información recibida por parte de MARN/DGSNET

Id	PAÍS	REGIÓN	NOMBRE	EXT	TAMAÑO (kB)	DESCRIPCIÓN	CONTACTO	FECHA
1	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Listado.pdf	.pdf	248	Listado de información enviada por El Salvador. Preguntas al grupo consultor sobre archivos requeridos	Elin Chinchilla	14/03/2011
2	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	INUNDACIONES_LA_PAZ (Autoguardado).xlsx	.xlsx	41	Inventario de inundaciones en el departamento de La Paz (Fecha, tipo afectación, depto, lug. afectados, fuente, observación, desbordamiento, causa de afectación)	Elin Chinchilla	14/03/2011
3	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	ESTACIONES_CON_30_AÑOS_DE_LLUVIA.shp	.shp	9	Mapa en formato shape de localización de estaciones con información de 30 años de lluvia (Departamento, código, nombre, coordenadas)	Elin Chinchilla	14/03/2011
4	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	ESTACIONES_TELEMETRICAS.shp	.shp	15	Mapa en formato shape de localización de estaciones telemétricas (Estación, cuenca, país, tipo de estación, lat, long, coordenadas, elevación, descripción)	Elin Chinchilla	14/03/2011
5	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Lluvia.xlsx	.xlsx	2524	Valores de precipitación para 30 años en estaciones de medición.	Elin Chinchilla	14/03/2011
6	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	SHAPE DE ESTACIONES simple.XLSX	.xlsx	12	Atributos descriptivos de estaciones meteorológicas e hidrométricas.	Elin Chinchilla	14/03/2011
7	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Cauce_Principal.shp	.shp	35	Mapa en formato shape con información del cauce principal de la cuenca del río Jiboa (área, longitud)	Elin Chinchilla	14/03/2011
8	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Cuenca_Jiboa.shp	.shp	220	Mapa en formato shape de cuenca del río Jiboa (área)	Elin Chinchilla	14/03/2011
9	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Curvas de nivel.shp	.shp	15212	Mapa en formato shape de curvas de nivel cada 10 metros en la cuenca del río Jiboa	Elin Chinchilla	14/03/2011
10	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	DEM.aux	.aux	6	Mapa en formato raster de modelo digital de elevación (tamaño de celda 10 metros)	Elin Chinchilla	14/03/2011
11	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Geologia.shp	.shp	2676	Mapa en formato shape de Geología de la cuenca (área, perímetro, id, código, formación, litología, signaturas, edad)	Elin Chinchilla	14/03/2011

Id	PAÍS	REGIÓN	NOMBRE	EXT	TAMAÑO (kB)	DESCRIPCIÓN	CONTACTO	FECHA
12	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Limites_Polit_Adm.shp	.shp	389	Mapa en formato shape con información de límites municipales y departamentales de la cuenca (área, perímetro, id, código mun, código dep, departamento, municipio)	Elin Chinchilla	14/03/2011
13	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Malla_Vial.shp	.shp	2191	Mapa en formato shape de la malla vial de la cuenca (Longitud, tipo, descripción)	Elin Chinchilla	14/03/2011
14	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Rios_Jiboa.shp	.shp	1673	Mapa en formato shape de ríos presentes en la cuenca Jiboa (Longitud, nombre, tipo)	Elin Chinchilla	14/03/2011
15	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Rio_Principal.shp	.shp	33	Mapa en formato shape de forma del río principal	Elin Chinchilla	14/03/2011
16	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Subcuencas.shp	.shp	534	Mapa en formato shape de subcuencas de la cuenca Jiboa (área, coordenadas, elevación, elevación mínima y máxima)	Elin Chinchilla	14/03/2011
17	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Uso de Suelos.shp	.shp	809	Mapa en formato shape con información de usos del suelo en la cuenca Jiboa (ocupación del suelo, nivel, área, perímetro, resumen, grupo, id)	Elin Chinchilla	14/03/2011
18	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Vegetacion.shp	.shp	527	Mapa en formato shape de vegetación en la cuenca Jiboa (Id, área, perímetro, código, categoría, descripción)	Elin Chinchilla	14/03/2011
19	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	w001001.adf	.adf	66203	N/A	Elin Chinchilla	14/03/2011
20	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	w001001x.adf	.adf	129	N/A	Elin Chinchilla	14/03/2011
21	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	T1	.pdf		Diagnóstico y diseño Desagüe Lago de Ilopango. (Levantamientos topográficos, INFORME HIDROLÓGICO, informe geológico, geotécnico e hidrogeológico, informe de vulnerabilidad, informe hidráulico, informe de uso del suelo, informe ambiental)	Elin Chinchilla	08/07/2004
22	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	T2	.pdf		Desarrollo y aplicación de una metodología de ordenamiento territorial en zonas susceptibles a inundación en la cuenca del Río Jiboa (Descripción y estudio de la cuenca, topografía, modelación hidráulica, ordenamiento territorial)	Elin Chinchilla	25/01/2011
23	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	T3	.pdf		Sistema de alerta temprana por inundaciones cuenca del Río Jiboa. SNET	Elin Chinchilla	08/04/2003
24	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	T4	.pdf		Plan Maestro de desarrollo y aprovechamiento de los recursos hídricos	Elin Chinchilla	03/06/2003

Id	PAÍS	REGIÓN	NOMBRE	EXT	TAMAÑO (kB)	DESCRIPCIÓN	CONTACTO	FECHA
25	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	T5	.pdf		Modelación hidrológica de la cuenca del Río Jiboa con el modelo WEAP para evaluación del manejo del recurso hídrico.	Elin Chinchilla	13/04/2011
26	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Zonas Pobladas.shp	.shp	165	Mapa en formato shape de zonas urbanas y pobladas en la cuenca del Río Jiboa (No tiene atributos descriptivos)	Elin Chinchilla	11/04/2011
27	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Valoración_de_enseres_12_ago_11.xlsx	.xlsx	15	Base de datos con valoración de enseres e infraestructura para las diferentes poblaciones localizadas en la cuenca del Río Jiboa.	Elin Chinchilla	17/08/2011
28	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	PADF 1 dia.dat	.dat	19	Archivo de resultados para aplicación de curvas PADF, duración 1 día	Elin Chinchilla	07/07/2011
29	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	PADF 2 dias.dat	.dat	19	Archivo de resultados para aplicación de curvas PADF, duración 2 días	Elin Chinchilla	07/07/2011
30	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	PADF 3 dias.dat	.dat	19	Archivo de resultados para aplicación de curvas PADF, duración 3 días	Elin Chinchilla	07/07/2011
31	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	cuenca_jiiboa_new.shp	.shp	178	Archivo en formato shape de nueva delimitación de la cuenca del Río Jiboa	Elin Chinchilla	07/07/2011
32	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	Actividades pendientes jul11.docx	.docx	14	Resumen de actividades pendientes a julio 11 de 2011 para la capacitación de inundación para la cuenca del Río Jiboa	Elin Chinchilla	05/07/2011
33	El Salvador	Cuenca Río Jiboa	dem_wgs84			Modelo digital de elevación cada 30 m para la cuenca del Río Jiboa y zonas aledañas.	Elin Chinchilla	24/05/2011

La totalidad de archivos que fueron recibidos tienen la calidad requerida para la realización de un análisis probabilista de riesgo con el modelo de inundación simplificado, debido a que se cuenta con los elementos necesarios para la modelación de la amenaza por lluvias intensas no huracanadas, así como también de los eventos de inundación para períodos de retorno de interés. Por otro lado, el análisis de vulnerabilidad se adelanta para los cultivos a partir de información recolectada por parte del MARN/DGSNET que permitió la caracterización de los escenarios de evaluación propuestos para los diferentes cultivos localizados en la cuenca.

AMENAZA POR LLUVIAS NO HURACANADAS E INUNDACIÓN

La capacitación para el manejo de la plataforma CAPRA y módulos de amenaza y cálculo de riesgo por inundación, corresponde a la planicie aluvial de inundación del Río Jiboa.

La cuenca del Río Jiboa se encuentra localizada en la zona centro-occidental de El Salvador, y comprende los departamentos de San Salvador, Cuscatlán, San Vicente y La Paz; está constituida por 35 municipios, de los cuales el cauce principal atraviesa 16.

En la Figura 1 se presenta la localización de la cuenca del río Jiboa en El Salvador.

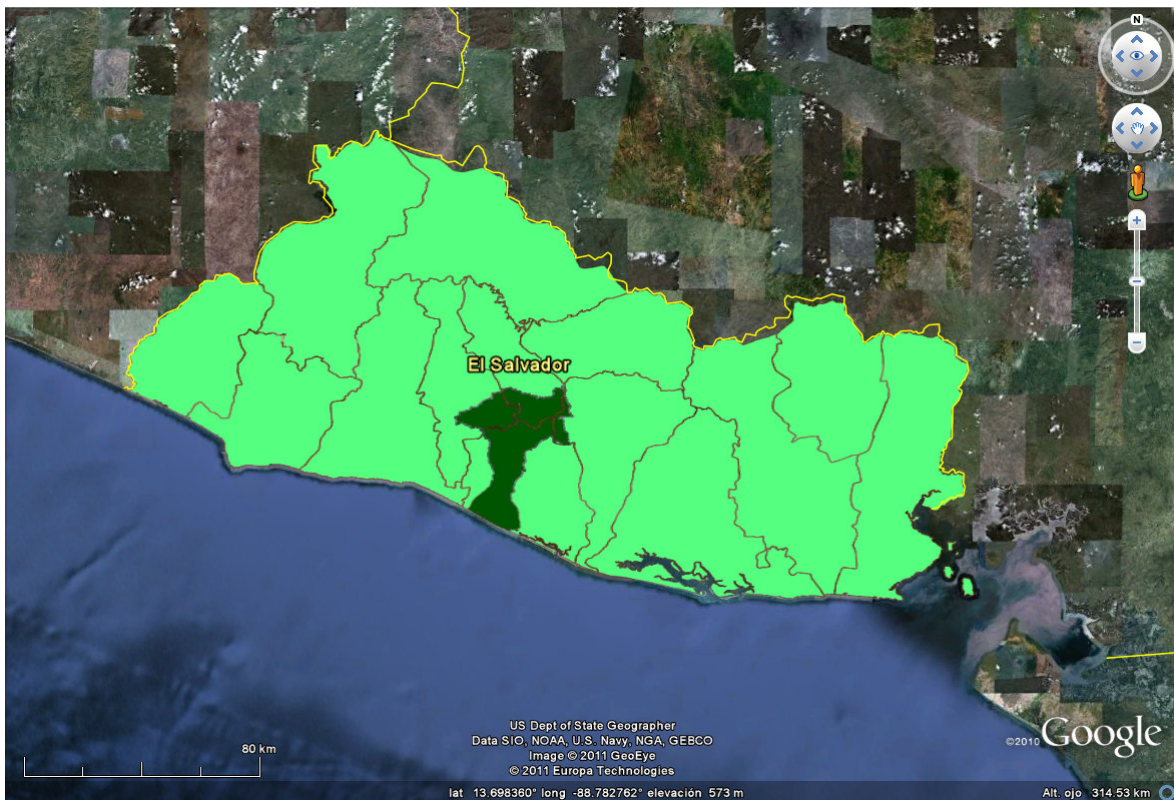


Figura 1
Localización de la cuenca del río Jiboa en El Salvador.
Fuente: Google Earth

AMENAZA POR LLUVIAS NO HURACANADAS

A partir de la información consignada en el archivo Lluvia.xlsx se obtienen los siguientes resultados de análisis de la precipitación en la cuenca del Río Jiboa.

**PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN
DE LA CUENCA DEL RÍO JIBOA EN “EL SALVADOR”**

Localización de estaciones hidrométricas con registros de precipitación diaria para el período 1970-2010:



Figura 2
Localización de estaciones hidrométricas con registros de precipitación diaria multianual.

Tabla 3 Valores totales mensuales de precipitación: Estación Cojutepeque

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	5.6	0.0	8.5	29.1	116.8	237.0	264.1	267.0	285.9	225.7	40.0	24.1	1503.8
1971	6.3	0.9	1.0	5.5	152.6	318.4	316.3	364.2	243.5	295.3	31.7	0.2	1735.9
1972	0.0	0.0	10.0	49.4	329.7	180.3	188.7	305.0	483.5	150.0	143.5	11.5	1851.6
1973	0.0	10.8	0.0	101.6	113.0	287.2	330.1	292.6	222.7	210.0	61.8	12.5	1642.3
1974	45.8	0.0	55.2	60.6	194.4	357.5	181.1	313.6	347.0	152.7	13.6	0.0	1721.5
1975	16.6	0.0	0.3	0.5	98.1	240.5	131.5	383.2	270.9	345.4	125.7	0.0	1612.7
1976	0.0	0.0	0.2	12.3	99.8	467.6	179.8	234.3	453.8	157.5	37.0	0.0	1642.3
1977	0.0	0.0	0.0	29.5	171.9	333.1	294.8	302.3	248.0	161.6	58.3	4.1	1603.6
1978	0.0	1.6	10.2	17.3	65.3	218.5	342.6	325.2	252.6	103.7	40.2	18.7	1395.9
1979	0.3	0.0	0.0	63.2	95.1	268.1	285.0	223.9	341.5	280.6	26.5	8.3	1592.5
1980	55.6	0.0	0.0	37.0	330.8	324.6	261.1	312.1	331.5	217.6	42.9	0.2	1913.4
1981	0.0	9.6	27.4	30.9	97.5	225.4	313.3	138.7	301.5	293.4	37.6	5.0	1480.3
1982	41.6	5.4	0.1	54.7	318.4	402.8	265.8	193.8	454.9	85.7	56.1	27.2	1906.5
1983	0.4	1.3	19.2	11.1	173.9	355.8	254.7	296.2	278.8	280.3	69.4	0.0	1741.1
1984	0.0	14.8	0.0	0.0	150.4	231.7	261.1	350.4	276.3	219.4	72.5	0.0	1576.6
1985	0.0	0.0	0.0	150.5	117.0	181.8	195.4	307.2	390.1	171.6	114.7	0.8	1629.1
1986	0.0	15.7	0.0	15.3	148.6	339.2	214.6	310.8	371.5	173.0	65.5	0.2	1654.4
1987	0.0	0.0	9.4	6.4	0.0	400.7	512.2	203.8	301.5	1.0	0.0	3.9	1438.9
1988	0.1	0.0	7.2	40.0	140.0	254.2	169.0	389.8	226.8	148.1	22.2	4.5	1401.9
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	245.9	311.4	289.2	474.1	196.8	112.7	0.1	1630.2
1990	1.3	0.0	15.4	116.9	364.5	514.3	342.2	398.5	391.9	153.8	25.7	41.3	2365.8
1991	1.2	0.0	1.0	9.9	128.4	252.5	160.3	242.4	314.6	279.4	77.7	40.3	1507.7
1992	0.0	0.0	1.1	49.1	109.6	289.6	318.1	409.3	308.7	242.1	39.5	16.0	1783.1
1993	0.1	0.0	2.3	56.1	269.0	247.9	198.9	409.3	343.1	212.2	7.2	0.0	1746.1
1994	0.0	8.8	6.5	56.7	308.4	121.6	201.7	430.0	270.6	90.6	89.6	5.7	1590.2
1995	0.0	0.0	8.7	87.5	108.2	243.7	318.5	290.4	403.4	205.9	32.3	36.5	1735.1
1996	0.0	0.0	0.0	76.8	280.9	0.0	443.5	378.0	357.8	122.0	53.7	0.0	1712.7
1997	2.6	7.0	12.4	3.9	90.1	259.2	167.0	196.4	317.6	143.9	82.3	0.0	1282.4
1998	0.0	0.0	12.6	1.0	43.3	209.6	430.6	443.0	96.2	388.2	277.2	21.1	1922.8
1999	2.7	0.0	16.2	8.3	129.6	201.8	265.2	229.8	298.5	125.7	6.4	18.8	1303.0
2000	0.0	0.0	1.6	59.6	385.3	251.4	164.4	171.0	348.7	152.0	57.2	0.6	1591.8
2001	0.0	0.3	0.0	64.1	141.9	120.0	127.9	273.6	257.7	167.0	20.0	0.8	1173.3
2002	0.0	0.3	1.2	117.3	181.8	205.2	317.2	202.3	280.3	204.8	16.2	0.0	1526.6
2003	2.3	0.5	81.6	13.9	172.2	221.8	209.5	295.7	282.3	162.8	56.0	2.3	1500.9
2004	0.2	0.8	5.9	38.8	189.5	205.7	267.1	277.7	293.5	307.3	62.8	0.2	1649.5
2005	0.0	0.0	0.1	21.7	270.4	255.3	188.5	365.9	426.5	411.6	20.0	1.2	1961.2
2006	2.3	0.0	4.0	47.5	162.4	299.7	409.3	227.2	255.0	223.3	54.1	12.1	1696.9
2007	0.0	0.0	4.8	50.1	100.8	152.3	268.6	250.8	312.9	263.5	40.7	0.9	1445.4
2008	4.1	39.6	6.3	87.7	187.0	265.0	0.0	0.0	296.6	408.0	0.0	0.0	1294.3
2009	28.5	1.1	0.9	48.9	256.7	211.3	155.3	454.3	442.5	130.6	346.3	0.0	2076.4
2010	0.0	0.0	63.6	60.4	375.0	462.4	505.0	436.4	513.4	106.4	10.1	0.0	2532.7
PROM	5.3	2.9	9.6	43.7	174.8	264.9	261.7	297.2	326.1	204.2	62.1	7.8	

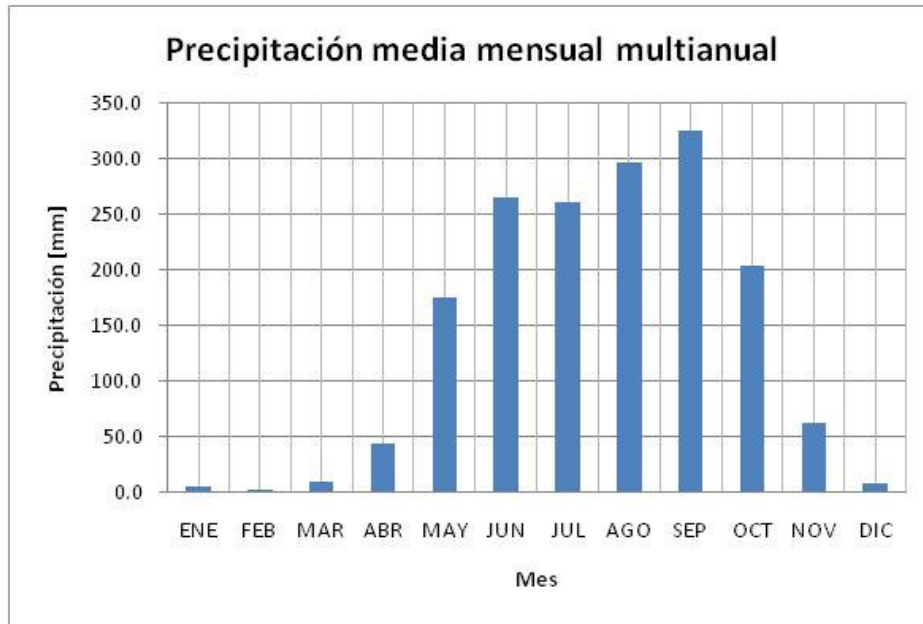


Figura 3. Precipitación media mensual multianual: Estación Cojutepeque.

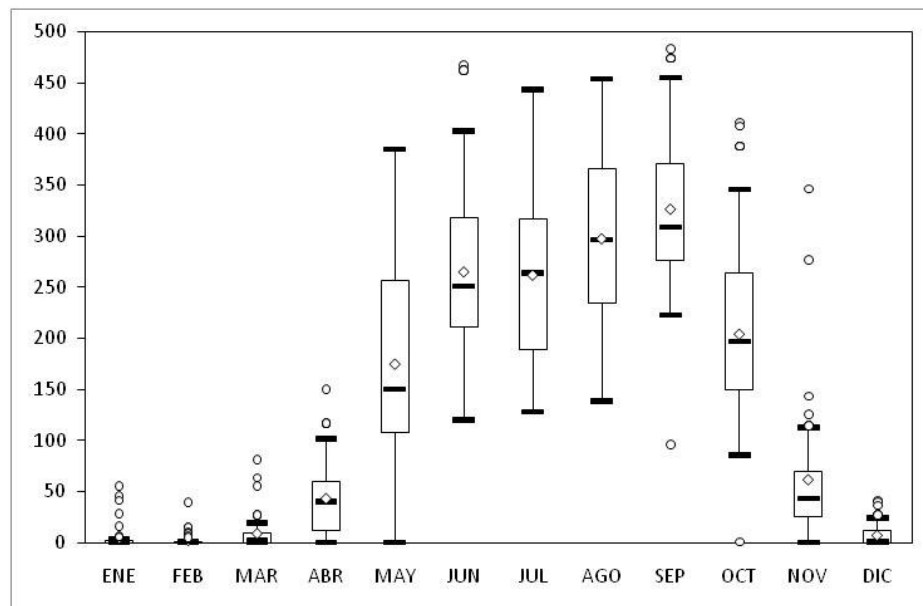


Figura 4. Gráfico Box Whisker: Estación Cojutepeque.

Tabla 4 Valores totales mensuales de precipitación: Estación Rosario de La Paz

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	18.4	0.0	0.0	3.5	145.9	0.0	329.6	242.5	487.6	0.0	0.0	0.0	1227.5
1971	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	328.9	239.2	319.7	334.9	350.4	36.1	0.0	1609.2
1972	0.0	0.0	0.0	37.8	88.6	153.1	129.6	272.7	412.6	268.0	94.1	0.0	1456.5
1973	0.0	0.0	0.0	55.5	150.0	222.7	349.4	452.7	416.1	311.9	51.9	0.0	2010.2
1974	6.2	0.0	10.2	0.0	71.4	297.0	66.1	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	469.9
1975	0.0	0.0	19.0	16.0	137.0	191.2	297.4	431.3	380.6	385.7	142.6	0.0	2000.8
1976	0.0	0.0	0.0	75.9	28.0	252.4	0.0	0.0	207.6	116.2	0.0	0.0	680.1
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	178.5	0.0	0.0	0.0	42.2	8.1	228.8
1978	0.0	0.0	0.0	73.0	161.2	260.5	261.4	424.8	386.7	364.5	17.1	56.4	2005.6
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	274.6	267.7	729.6	260.2	108.8	0.0	1640.9
1980	73.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.3
1981	0.0	0.0	47.8	65.3	92.7	202.0	309.2	440.1	0.0	0.0	99.6	0.0	1256.7
1982	20.0	24.5	0.0	2.5	261.6	325.0	328.5	124.0	434.1	140.0	49.0	3.5	1712.7
1983	0.0	0.0	5.0	19.6	87.1	216.6	229.3	182.7	340.7	320.2	177.0	4.8	1583.0
1984	0.0	5.3	0.0	4.0	132.3	307.0	247.2	219.8	264.3	253.9	12.5	0.0	1446.3
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.3	199.4	297.7	0.0	0.0	0.0	0.0	622.4
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1992	0.0	0.0	0.0	40.0	113.8	406.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	559.9
1993	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	185.2	137.2	270.5	0.0	0.0	0.0	0.0	593.0
1994	0.0	0.0	0.0	0.0	140.0	164.0	201.0	49.0	357.0	82.0	46.0	0.0	1039.0
1995	0.0	0.0	0.0	60.5	79.0	338.0	303.0	376.0	346.0	197.0	19.0	0.0	1718.5
1996	0.0	0.0	0.0	155.0	427.5	299.0	476.1	278.7	387.8	354.6	0.0	0.0	2378.7
1997	0.0	0.0	9.1	9.5	59.3	344.9	236.0	190.3	390.3	0.0	0.0	0.0	1239.4
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5	231.5	0.0	0.0	0.0	0.0	292.9	0.0	543.9
1999	0.0	0.0	0.0	0.0	89.0	253.4	85.8	0.0	0.0	0.0	252.9	0.0	681.1
2000	0.0	0.0	0.0	17.2	325.7	403.0	185.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	931.7
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.5
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	250.2	97.0	0.0	0.0	347.2
2003	0.0	0.0	13.2	19.0	77.5	186.0	0.0	233.0	321.5	322.0	103.0	0.0	1275.2
2004	0.0	9.6	12.0	9.0	309.4	233.9	217.5	346.4	294.2	430.3	69.4	0.0	1931.7
2005	0.0	0.0	0.0	0.0	214.6	316.3	400.7	530.9	184.8	411.7	42.5	0.0	2101.5
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	152.4	288.0	428.5	305.5	232.8	456.6	88.3	0.0	1952.1
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.4	271.8	0.0	0.0	338.2
2008	0.0	0.0	0.0	37.8	219.5	265.7	359.9	279.6	238.1	405.7	0.0	0.0	1806.3
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	153.6	167.2	163.8	347.0	340.9	128.6	0.0	0.0	1301.1
2010	0.0	0.0	0.0	45.9	483.8	454.9	395.3	276.0	746.0	29.0	15.5	0.0	2446.4
PROM	2.9	1.0	2.8	18.2	103.4	180.9	171.5	174.6	208.6	145.8	42.9	1.8	

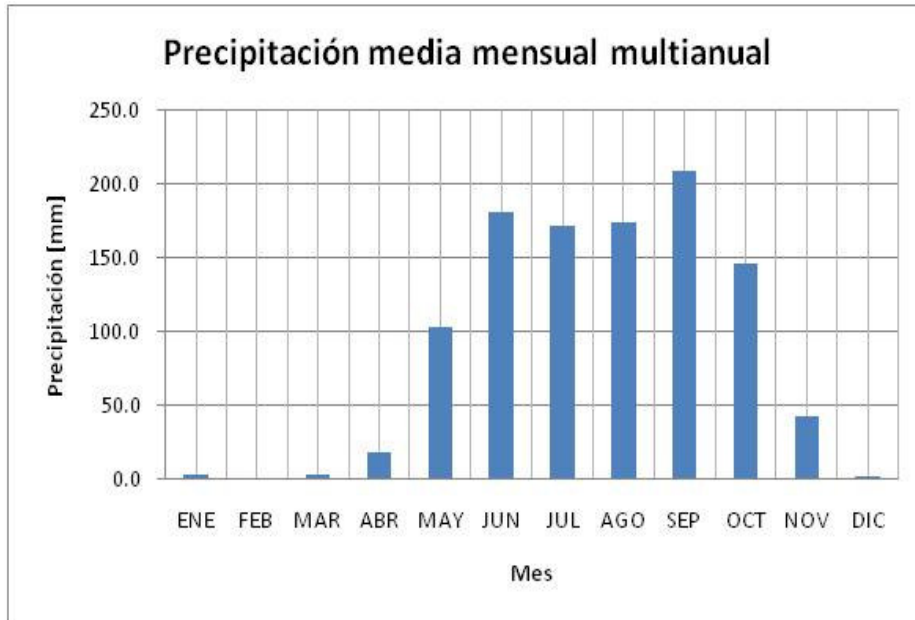


Figura 5. Precipitación media mensual multianual: Estación Rosario de La Paz.

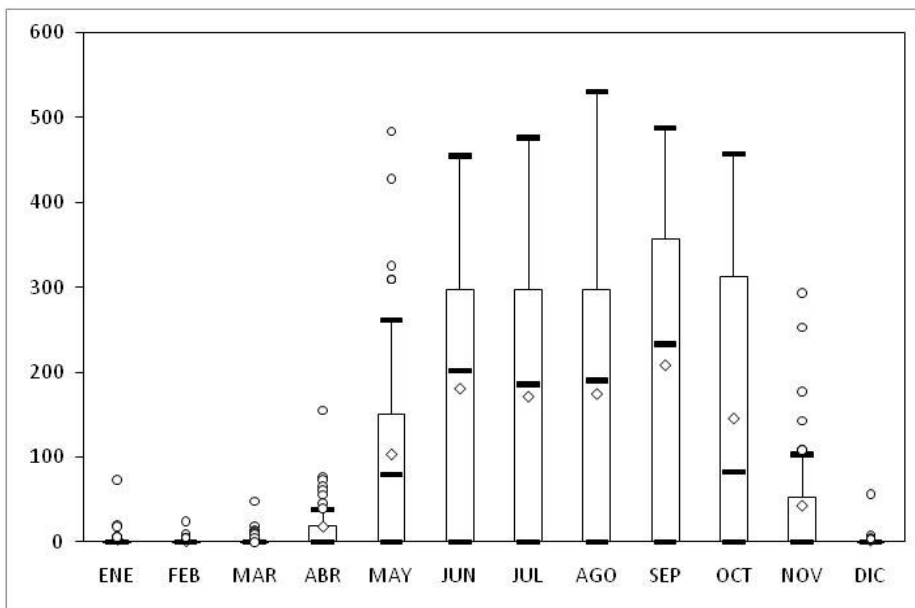


Figura 6. Gráfico Box Whisker: Estación Rosario de La Paz.

Tabla 5 Valores totales mensuales de precipitación: Estación Los Novillos

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	410.5	135.9	241.1	212.8	168.4	116.5	7.0	1292.2
2004	0.0	4.0	4.0	2.0	155.0	40.0	207.3	239.2	242.7	309.3	73.1	0.0	1276.6
2005	0.0	0.0	72.7	6.7	456.0	187.2	146.8	411.8	246.3	426.9	9.2	1.0	1964.6
2006	3.0	0.0	0.0	4.0	95.6	243.9	310.6	181.7	143.1	299.9	29.3	0.0	1311.1
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2008	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	223.6	322.2	0.0	0.0	545.8
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	111.6	286.3	280.9	223.1	349.8	123.0	203.0	0.0	1577.7
2010	0.0	0.0	0.0	21.4	495.0	514.7	506.3	269.3	464.6	5.7	34.2	0.0	2311.2
PROM	0.4	0.5	9.6	4.3	164.2	210.3	198.5	195.8	235.4	206.9	58.2	1.0	

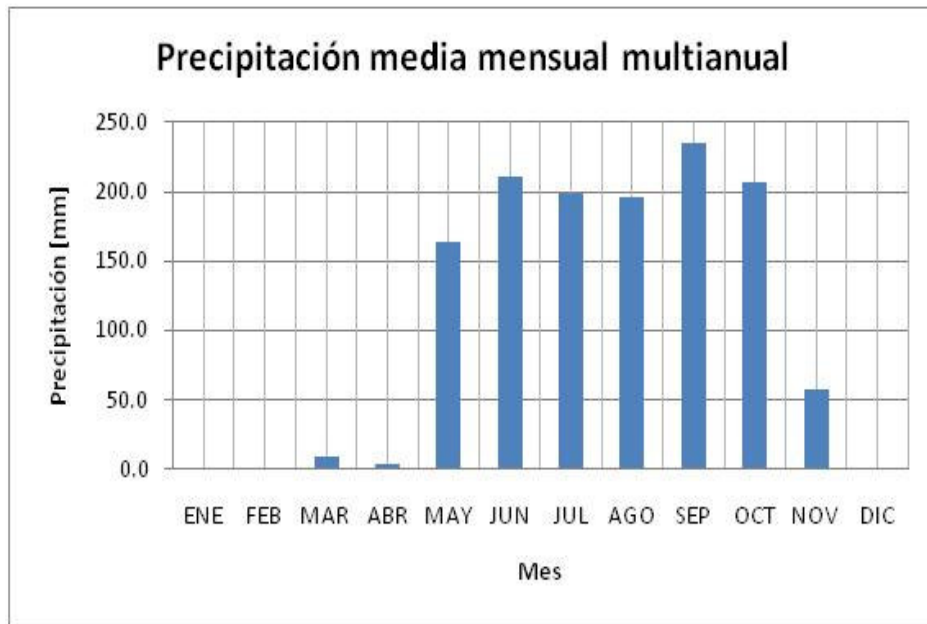


Figura 7. Precipitación media mensual multianual: Estación Los Novillos.

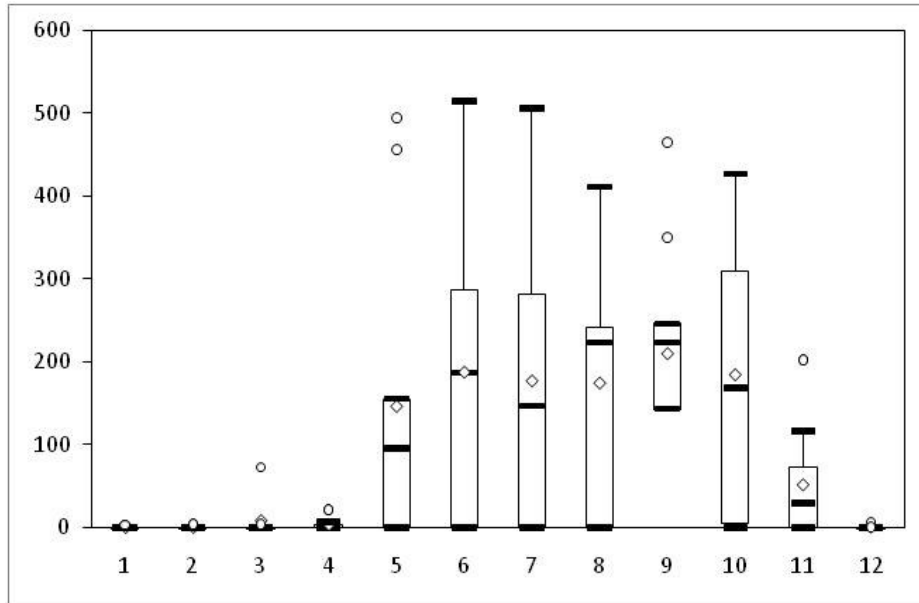


Figura 8. Gráfico Box Whisker: Estación Los Novillos.

Tabla 6 Valores totales mensuales de precipitación: A. El Salvador

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1979	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	230.2	0.0	0.0	230.2
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	73.1	0.0	225.2	388.7	220.0	160.4	11.0	0.0	1078.4
1981	0.0	0.2	103.7	59.6	137.2	310.4	201.2	273.8	330.4	349.6	52.2	0.1	1818.4
1982	6.9	6.5	0.0	25.2	281.1	268.5	216.1	119.6	492.3	149.5	34.9	5.3	1605.9
1983	0.8	0.3	20.0	37.7	60.1	117.4	219.4	227.5	218.0	249.3	20.1	0.3	1170.9
1984	0.0	0.8	3.4	0.0	153.9	221.5	0.0	146.1	267.0	173.8	45.5	0.0	1012.0
1985	0.0	0.0	39.6	67.8	41.1	76.5	244.2	239.1	217.3	244.5	139.9	0.0	1310.0
1986	0.0	0.0	0.0	20.4	320.4	255.0	0.0	304.8	282.0	115.7	0.0	0.0	1298.3
1987	0.0	0.0	42.9	28.6	110.3	0.0	400.2	247.8	248.7	8.8	0.0	5.7	1093.0
1988	0.2	2.0	7.0	46.9	158.2	318.6	239.1	760.2	363.4	161.9	14.7	9.2	2081.4
1989	0.0	0.0	0.8	29.7	277.2	359.4	321.1	338.0	623.9	187.2	3.1	3.1	2143.5
1990	0.3	0.0	51.4	91.7	222.9	247.3	243.8	432.8	216.8	379.6	68.1	54.0	2008.7
1991	0.0	0.0	6.3	15.8	73.0	302.0	81.2	198.6	257.8	212.6	9.6	27.9	1184.8
1992	0.0	0.3	5.2	25.6	53.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	84.5
1993	19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9
1994	0.0	0.0	0.0	15.1	106.7	117.2	90.7	252.3	346.7	111.8	90.7	0.5	1131.7
1995	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.1
1996	0.0	0.0	0.0	57.8	0.0	0.0	0.0	240.2	298.2	255.8	1.2	0.0	853.2
1997	0.0	0.0	0.0	16.0	48.2	91.6	0.0	97.0	224.4	91.4	104.0	13.0	685.6
1998	0.0	0.0	0.0	10.2	11.4	224.0	461.8	322.6	254.2	459.6	284.4	3.4	2031.6
1999	1.6	0.0	0.0	1.4	0.0	190.0	353.2	245.4	927.0	170.6	0.0	0.0	1889.2
2000	0.0	0.0	0.0	83.2	476.8	232.6	282.6	0.0	422.9	268.4	31.1	0.0	1797.6
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	445.0	0.0	0.0	0.0	0.0	445.0
2004	0.0	34.0	0.1	5.2	647.5	266.6	304.5	423.7	423.5	626.3	185.5	0.0	2916.9
2005	0.0	0.0	42.7	24.1	547.6	407.0	348.4	410.9	229.7	452.4	19.8	1.4	2484.0
2006	1.0	0.0	0.0	0.0	144.1	244.9	409.8	151.5	208.7	453.7	26.9	3.9	1644.5
2007	0.0	0.0	1.5	3.3	146.0	91.6	188.5	321.3	170.4	395.1	8.6	0.0	1326.3
2008	0.0	23.4	0.4	41.0	270.8	153.0	0.0	0.0	205.6	312.5	0.0	0.0	1006.7
2009	0.5	0.0	0.0	0.0	100.8	137.2	134.3	220.8	353.3	123.9	199.6	0.0	1270.4
2010	0.0	0.0	0.0	0.0	305.8	420.7	449.6	219.5	662.7	9.6	23.7	0.0	2091.6
PROM	1.0	2.1	10.2	22.1	150.8	157.9	169.2	219.6	264.5	198.6	43.0	4.0	

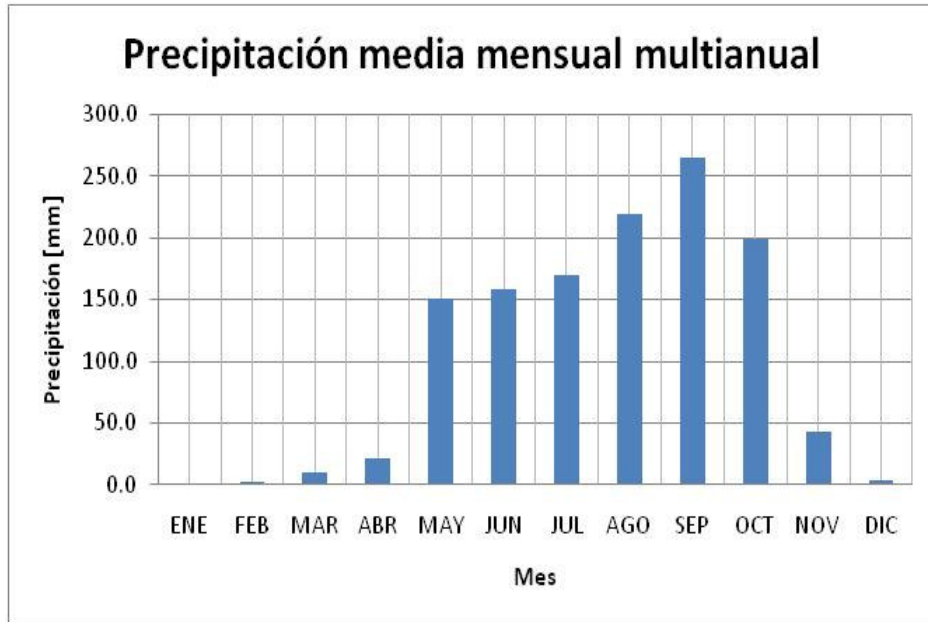


Figura 9. Precipitación media mensual multianual: Estación A. El Salvador

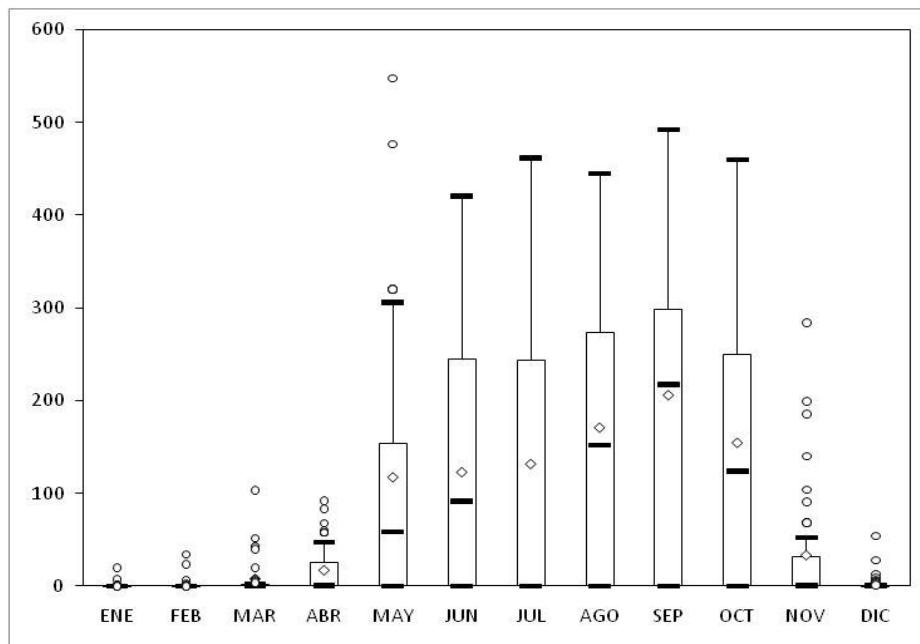


Figura 10. Gráfico Box Whisker: Estación A. El Salvador

Tabla 7 Valores totales mensuales de precipitación: F. El Carmen

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	5.4	0.0	3.1	45.2	280.8	373.2	333.8	446.4	425.0	305.0	52.9	31.2	2302.0
1971	9.1	4.3	0.0	3.2	227.7	386.6	258.0	380.0	492.0	393.4	21.5	0.8	2176.6
1972	0.0	1.1	0.0	85.9	334.2	222.3	307.2	286.2	480.3	199.8	120.2	0.5	2037.7
1973	0.0	0.0	0.0	140.3	283.0	325.1	327.4	475.9	262.7	319.8	56.5	13.5	2204.2
1974	4.8	0.0	21.0	26.8	150.9	541.2	403.3	308.1	674.4	104.3	17.8	0.0	2252.6
1975	7.6	0.0	3.1	7.5	221.5	302.0	207.9	496.7	502.7	436.3	65.7	0.0	2251.0
1976	0.0	0.0	0.0	39.6	108.6	754.9	0.0	414.7	416.1	118.4	23.4	11.4	1887.1
1977	0.0	0.5	0.0	59.5	336.6	661.0	0.0	317.6	280.5	180.5	101.6	15.5	1953.3
1978	0.0	30.0	12.5	48.9	82.9	385.0	443.5	418.2	514.5	249.7	24.8	0.0	2210.0
1979	0.0	0.0	42.7	20.0	110.6	268.6	269.8	450.8	684.6	300.1	20.1	0.0	2167.3
1980	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.0
1981	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1982	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1984	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1988	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1989	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	0.0	0.0	0.0	69.5	297.6	387.6	310.0	355.6	377.2	177.2	19.5	0.0	1994.2
1994	0.0	0.0	0.0	21.8	159.4	146.8	125.3	476.8	441.5	95.5	60.4	0.0	1527.5
1995	0.0	0.0	0.0	247.6	159.7	477.4	206.3	584.9	435.9	195.2	7.1	11.6	2325.7
1996	9.2	0.0	9.5	79.7	538.5	344.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	981.0
1997	0.0	0.0	3.5	20.8	149.8	468.4	200.2	274.6	369.3	254.5	162.6	0.0	1903.7
1998	2.8	0.0	6.3	0.0	80.3	302.0	378.0	591.9	178.0	690.1	219.6	19.6	2468.6
1999	0.0	0.0	13.5	7.7	124.6	184.3	306.2	287.5	469.6	162.4	0.0	5.9	1561.7
2000	0.0	0.0	0.0	45.2	341.7	305.3	185.7	394.6	445.5	159.2	38.0	0.0	1915.2
2001	0.0	0.0	0.0	68.0	263.0	218.0	282.0	371.0	347.0	359.0	25.0	12.0	1945.0
2002	0.0	0.0	0.0	30.0	226.0	442.0	249.0	358.0	498.0	230.0	33.0	0.0	2066.0
2003	0.0	0.0	80.0	91.0	188.0	409.0	219.0	403.0	267.0	683.0	73.0	0.0	2413.0
2004	0.0	0.0	15.0	6.0	283.0	294.0	265.0	441.0	356.0	328.0	90.0	0.0	2078.0
2005	0.0	0.0	6.0	27.0	412.0	508.0	368.0	668.0	356.0	668.0	11.0	3.0	3027.0
2006	0.0	4.0	8.2	12.3	220.2	379.5	433.9	290.6	436.4	357.4	59.2	0.0	2201.7
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	404.8	508.9	31.4	0.0	945.1
2008	0.0	0.0	1.0	46.5	232.2	423.4	522.4	338.0	366.2	476.4	0.0	0.0	2406.1
2009	0.0	0.0	9.6	0.8	234.1	190.8	120.6	431.8	387.2	195.4	530.9	0.0	2101.2
2010	0.0	1.2	7.4	32.9	562.9	429.2	486.3	390.9	620.9	72.7	97.2	0.0	2701.6
PROM	2.0	1.0	5.9	31.3	161.2	247.1	175.8	259.8	280.2	200.5	47.9	3.0	

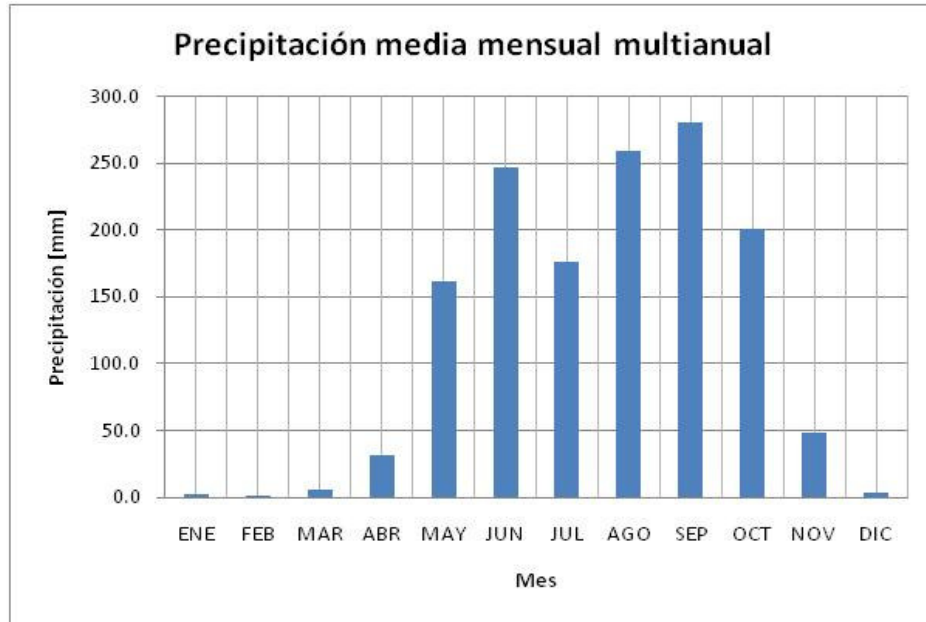


Figura 11. Precipitación media mensual multianual: Estación F. El Carmen

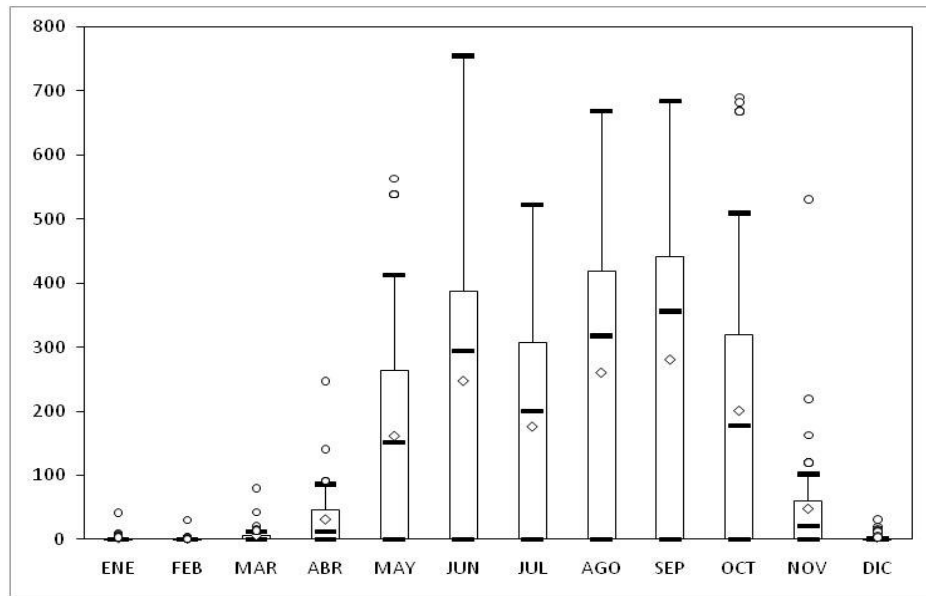


Figura 12. Gráfico Box Whisker: Estación F. El Carmen

Tabla 8 Valores totales mensuales de precipitación: F. San Jacinto

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	2.5	0.0	53.8	20.8	243.6	265.5	308.9	474.4	429.8	235.2	68.9	48.5	2151.9
1971	5.5	1.1	0.0	2.4	276.9	158.8	187.0	243.3	338.3	339.9	23.0	0.0	1576.2
1972	2.2	0.0	1.5	73.3	243.5	287.3	214.2	170.2	303.2	208.7	94.7	11.2	1610.0
1973	1.6	0.9	1.1	83.0	255.3	435.9	337.0	316.3	306.9	409.4	61.2	0.0	2208.6
1974	6.5	0.0	41.7	28.3	247.8	568.4	279.1	246.1	808.3	78.8	11.2	0.0	2316.2
1975	7.9	0.0	5.0	20.4	192.7	264.8	165.0	309.5	503.8	488.8	100.2	0.0	2058.1
1976	0.0	0.0	0.0	16.7	211.8	489.4	108.9	287.9	361.0	209.2	46.7	3.8	1735.4
1977	0.0	0.9	0.0	80.1	318.0	478.7	118.9	255.2	285.4	142.8	95.2	8.9	1784.1
1978	0.0	10.8	6.6	42.0	171.0	322.3	356.5	324.9	324.9	225.2	20.9	0.0	1804.7
1979	0.0	0.0	36.3	15.2	256.5	253.1	249.1	335.1	694.4	280.7	42.4	9.8	2172.6
1980	48.2	0.0	0.0	44.3	266.3	296.9	316.2	498.9	471.5	308.1	38.6	2.5	2291.5
1981	0.0	0.0	67.8	37.6	268.3	313.1	371.3	508.6	368.4	0.0	0.0	0.0	1935.1
1982	23.5	16.3	0.0	0.0	335.5	491.7	273.2	122.3	453.3	107.1	33.8	33.6	1890.3
1983	0.0	0.4	33.4	48.1	89.5	347.1	392.3	235.3	341.4	264.8	79.1	34.6	1866.0
1984	0.0	13.4	7.0	2.8	185.7	302.1	280.0	337.7	526.1	219.9	12.3	0.2	1887.2
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	105.1	134.0	350.1	260.7	385.4	394.5	321.2	1.4	1952.4
1986	0.0	0.0	0.0	39.6	329.3	386.1	246.3	290.8	410.4	222.2	14.1	0.0	1938.8
1987	0.0	0.0	25.2	8.9	179.0	412.0	372.5	263.7	327.1	18.9	3.4	4.1	1614.8
1988	0.0	16.2	3.4	27.9	170.1	320.6	253.5	541.3	450.5	220.5	0.0	0.0	2004.0
1989	0.0	0.0	4.2	44.6	270.6	321.8	408.0	267.8	712.2	140.8	50.9	0.0	2220.9
1990	0.0	0.0	30.9	140.3	376.4	416.9	291.9	322.5	319.9	321.0	70.6	63.8	2354.2
1991	4.6	0.0	3.2	29.2	164.8	468.5	267.3	221.1	213.0	361.4	26.1	0.0	1759.2
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	23.5	0.0	7.4	66.5	0.0	571.9	173.4	343.8	405.1	163.3	16.2	0.0	1771.1
1994	0.0	0.0	0.0	24.8	206.9	256.6	96.6	415.4	455.7	257.8	35.1	0.0	1748.9
1995	0.0	0.0	0.0	233.0	159.0	351.3	262.6	757.8	450.0	193.8	12.5	0.0	2420.0
1996	30.9	2.8	10.1	60.6	606.2	0.0	764.9	488.0	403.6	336.3	0.0	0.0	2703.4
1997	0.0	0.0	2.6	6.6	146.3	567.0	174.0	294.1	508.5	214.3	44.1	0.0	1957.5
1998	4.0	0.0	1.5	0.0	66.2	382.6	431.3	553.9	291.8	459.3	354.5	6.2	2551.3
1999	0.0	0.0	5.8	0.4	238.1	254.4	256.1	318.8	631.2	222.1	2.7	75.6	2005.2
2000	0.0	0.0	0.0	49.7	404.7	317.0	208.1	428.8	747.3	216.5	74.1	0.0	2446.2
2001	0.0	0.0	14.0	95.4	318.9	224.7	247.9	350.0	534.1	318.2	14.2	9.5	2126.9
2002	0.0	3.5	0.0	30.3	0.0	544.5	209.5	215.5	479.1	251.4	105.2	0.0	1839.0
2003	0.0	1.7	77.6	70.7	234.7	311.5	183.5	224.4	396.4	506.8	80.8	0.0	2088.1
2004	0.0	1.8	14.8	2.8	204.8	337.7	194.3	278.9	428.7	311.3	53.7	0.0	1828.8
2005	0.0	0.0	33.8	48.7	483.3	598.5	452.0	588.3	251.6	907.2	17.3	3.1	3383.8
2006	0.0	0.0	11.0	31.6	263.0	478.2	413.4	202.5	0.0	766.3	85.6	69.8	2321.4
2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	200.0	562.0	23.6	0.0	785.6
2008	0.0	15.5	3.0	126.7	251.4	240.6	368.5	376.5	513.1	470.9	0.0	0.0	2366.2
2009	0.0	1.5	0.0	3.0	346.2	232.4	142.9	378.6	381.7	135.4	383.8	0.0	2005.5
2010	0.0	0.0	3.5	51.5	465.4	561.4	471.2	347.8	950.5	55.0	25.0	0.0	2931.3
PROM	3.9	2.1	12.3	41.7	233.0	340.6	273.1	326.7	423.5	281.6	62.0	9.4	

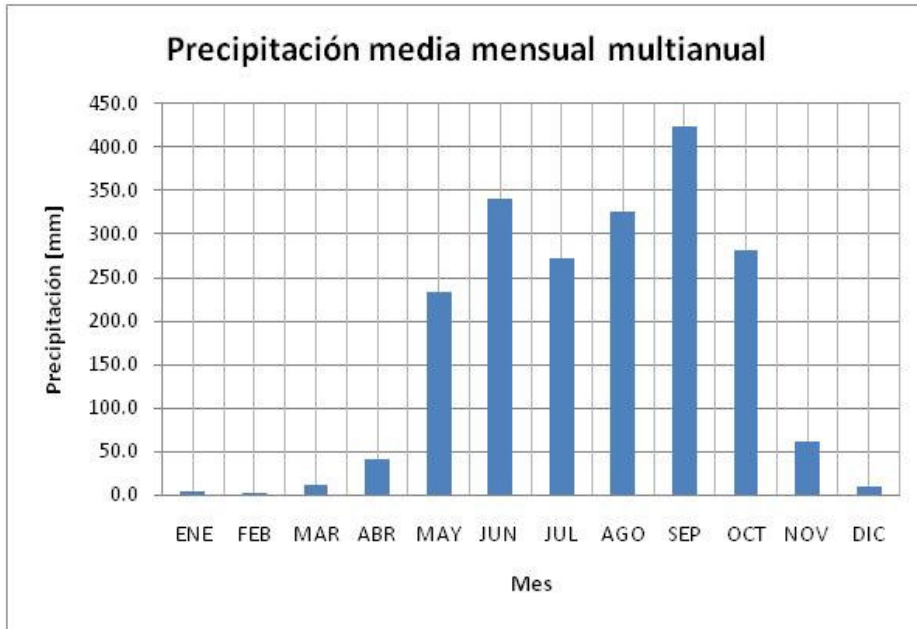


Figura 13. Precipitación media mensual multianual: Estación F. El Carmen

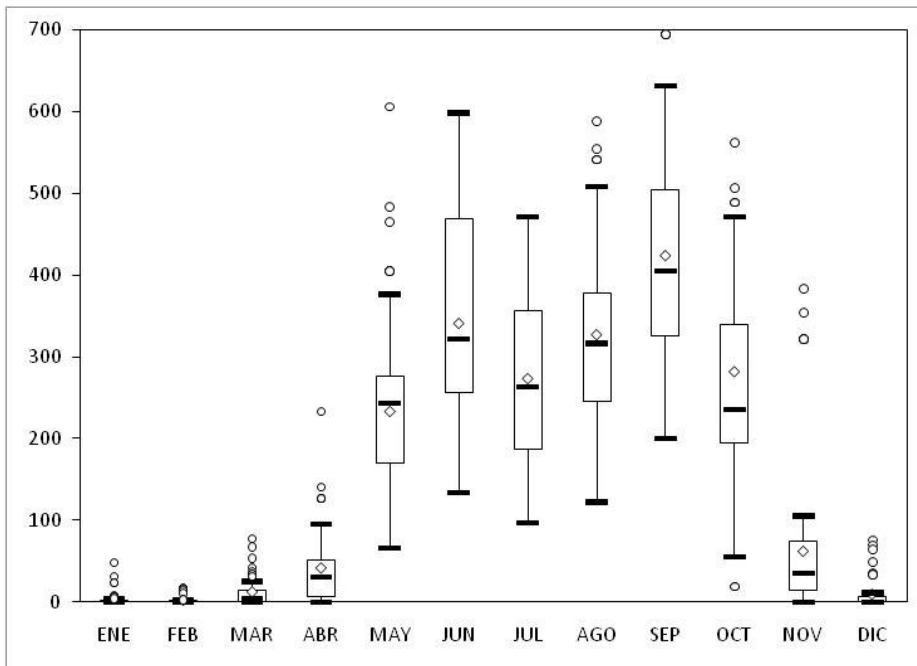


Figura 14. Gráfico Box Whisker: Estación F. El Carmen

Tabla 9 Valores totales mensuales de precipitación: Ilopango

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	3.0	0.0	0.0	3.9	227.5	195.1	343.3	306.9	417.0	299.4	26.6	28.9	1851.6
1971	32.8	0.0	5.1	9.9	99.4	233.8	315.0	306.5	291.4	365.5	39.3	16.5	1715.2
1972	7.3	1.8	4.6	55.8	215.1	197.0	225.3	240.8	417.4	148.2	62.3	19.4	1595.0
1973	0.0	0.0	0.0	50.9	99.0	265.6	287.3	261.9	155.7	183.6	57.1	6.1	1367.2
1974	3.4	0.0	50.9	18.7	78.1	442.1	304.7	311.6	454.4	133.8	2.0	0.0	1799.7
1975	9.2	0.0	2.6	0.0	72.6	177.9	190.0	354.1	299.1	423.9	73.3	0.0	1602.7
1976	0.0	0.0	10.0	26.7	112.6	445.2	271.3	291.4	470.3	111.4	13.6	2.0	1754.5
1977	0.0	0.0	0.0	45.1	151.2	446.8	227.0	341.1	198.8	113.4	92.3	9.6	1625.3
1978	0.0	0.0	27.2	25.6	132.3	230.8	402.3	470.6	354.5	159.5	9.8	2.9	1815.5
1979	0.0	0.0	3.4	75.3	73.2	346.9	254.3	319.5	317.9	247.9	14.6	3.9	1656.9
1980	47.6	0.0	0.0	1.0	308.0	364.4	342.5	451.5	361.1	257.9	5.7	0.0	2139.7
1981	0.0	0.0	64.9	50.7	96.7	311.0	339.3	148.2	349.8	285.4	7.3	1.1	1654.4
1982	13.1	6.1	0.3	2.8	227.9	445.1	237.6	230.9	499.6	103.2	22.9	40.3	1829.8
1983	0.6	0.9	7.1	7.7	109.2	246.7	382.5	334.9	163.6	243.9	48.1	35.7	1580.9
1984	0.0	17.2	1.8	22.9	65.6	273.4	303.3	248.7	423.3	195.1	20.9	0.5	1572.7
1985	0.0	0.0	0.0	0.0	120.2	167.5	306.9	243.3	297.6	152.8	58.1	0.1	1346.5
1986	0.0	0.0	0.0	82.0	146.2	277.9	271.3	380.6	388.6	165.8	30.6	0.2	1743.2
1987	0.0	4.0	0.0	8.2	169.6	0.0	452.6	263.7	248.8	38.7	4.5	1.1	1191.2
1988	0.0	2.6	14.2	0.7	151.0	267.7	305.0	497.0	318.3	156.9	16.6	26.7	1756.7
1989	0.1	0.0	0.0	10.1	175.3	257.3	306.7	200.4	600.8	292.1	64.4	0.0	1907.2
1990	2.4	0.0	10.0	45.5	271.6	457.8	357.3	393.5	0.0	245.8	0.0	0.0	1783.9
1991	3.9	0.0	0.0	24.1	163.3	344.8	179.5	240.2	333.0	0.0	0.0	24.9	1313.7
1992	0.0	0.0	0.0	22.6	26.8	325.6	391.5	308.7	321.0	166.1	76.5	20.8	1659.6
1993	0.1	2.7	9.7	27.8	175.5	330.2	231.5	454.7	397.6	257.9	6.4	0.0	1894.1
1994	0.8	3.1	0.8	12.8	138.3	152.8	190.2	500.2	368.0	118.1	79.5	1.9	1566.5
1995	0.0	0.0	2.3	30.2	94.4	305.7	334.8	271.1	369.1	165.5	0.0	0.0	1573.1
1996	8.6	1.5	0.0	37.4	274.0	211.1	494.6	299.4	348.1	93.9	63.9	0.0	1832.5
1997	2.7	3.8	18.6	1.9	121.0	266.1	344.2	315.8	379.2	96.8	165.9	0.3	1716.3
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	91.5	223.5	403.2	408.6	111.2	420.0	261.4	2.3	1921.7
1999	1.1	0.0	8.0	16.7	107.6	274.2	282.3	352.5	367.9	119.2	0.0	13.1	1542.6
2000	0.0	0.0	0.1	45.7	270.1	285.6	256.3	237.6	333.7	180.4	22.5	0.1	1632.1
2001	0.0	0.0	0.0	12.6	102.8	214.9	252.4	215.1	220.9	153.7	9.5	0.0	1181.9
2002	0.0	0.3	14.6	62.3	237.4	258.9	394.8	215.8	227.3	221.7	17.9	0.0	1651.0
2003	0.1	4.0	57.8	0.4	180.0	277.4	225.9	450.7	284.1	251.9	55.2	7.4	1794.9
2004	0.3	0.0	10.5	33.9	260.3	185.1	212.3	259.3	355.1	242.2	29.8	0.0	1588.8
2005	0.0	0.0	0.9	12.3	307.5	230.6	298.6	378.2	447.8	524.1	7.5	0.0	2207.5
2006	0.8	0.0	6.1	93.2	180.5	230.8	521.1	270.2	286.0	131.0	69.5	12.1	1801.3
2007	0.0	0.0	9.8	81.5	67.7	133.8	188.5	282.5	309.7	261.4	22.7	0.6	1358.2
2008	1.0	9.5	1.7	119.4	159.0	437.1	411.2	284.8	259.5	356.4	0.0	0.0	2039.6
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2010	0.0	0.0	57.7	55.6	473.0	543.0	533.4	334.6	358.8	93.2	10.3	0.0	2459.6
PROM	3.4	1.4	9.8	30.1	159.3	275.2	306.6	309.2	319.7	199.5	38.3	6.8	

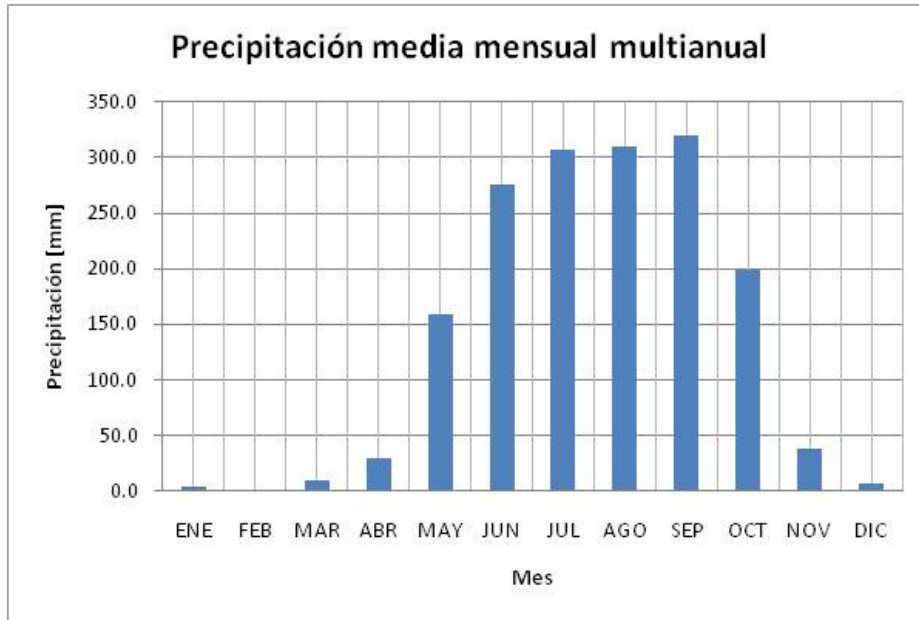


Figura 15. Precipitación media mensual multianual: Estación Ilopango

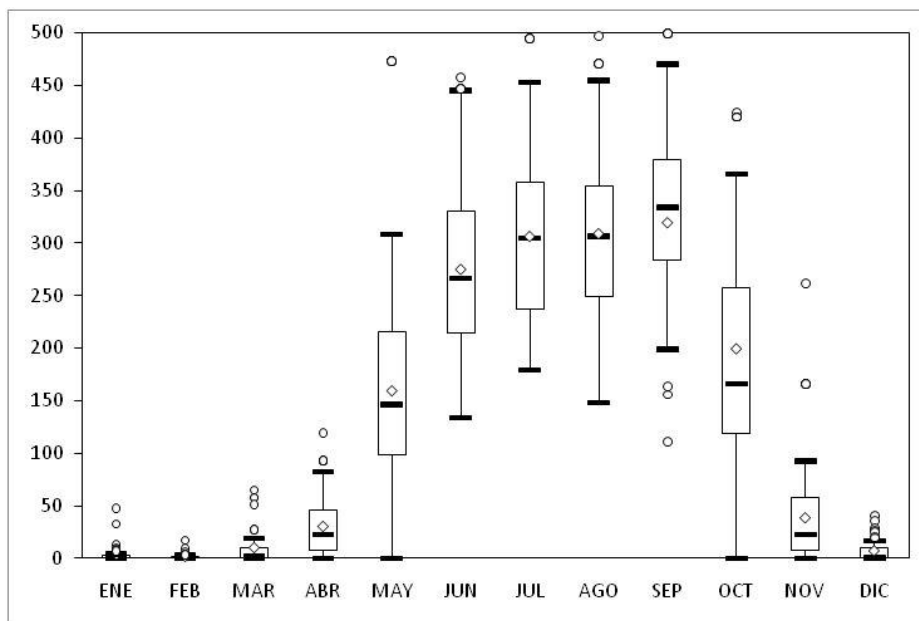


Figura 16. Gráfico Box Whisker: Estación Ilopango

Se observa que para las estaciones pluviométricas de la cuenca del Río Jiboa se tiene un esquema de precipitación unimodal, entre los meses de mayo y octubre y períodos secos para los meses de noviembre a abril. Para las estaciones analizadas, la precipitación promedio multianual para los meses julio y agosto es de 250 mm a 300 mm, aproximadamente. La precipitación media multianual oscila entre los 1500 y 2000 mm.

El Salvador se ubica en una latitud tropical donde los procesos periódicos diarios y la circulación local del tipo mesoescala (Espacialidad y temporalidad media de los factores meteorológicos) dominan el clima; la influencia del Pacífico es importante ya que produce amortiguamiento en las fluctuaciones térmicas, existiendo condiciones térmicas de poca variabilidad, además de aportar de manera importante la humedad productora de lluvia, otro factor que condiciona el clima es la orografía. El Salvador presenta dos estaciones bien definidas, la seca de noviembre a abril y la lluviosa de mayo a octubre, así como también presentan dos máximos de lluvia uno en septiembre y el otro en junio y disminución de la misma en julio y/o agosto a la que se le conoce como canícula.

OBTENCIÓN CURVAS PADF (PROFUNDIDAD, ÁREA, DURACIÓN, FRECUENCIA)

A partir de la construcción de mapas de isoyetas para diferentes períodos de retorno y duración de eventos de precipitación es posible hacer un análisis de intensidad, duración y frecuencia de los regímenes de lluvia a nivel espacial en la cuenca del Río Jiboa. Este análisis es adelantado por medio de la aplicación (ERN-AL. Curvas PADF).

A continuación se presentan las curvas PADF construidas por el consultor para la cuenca del Río Jiboa, teniendo en cuenta una duración de eventos de precipitación de 1 día.

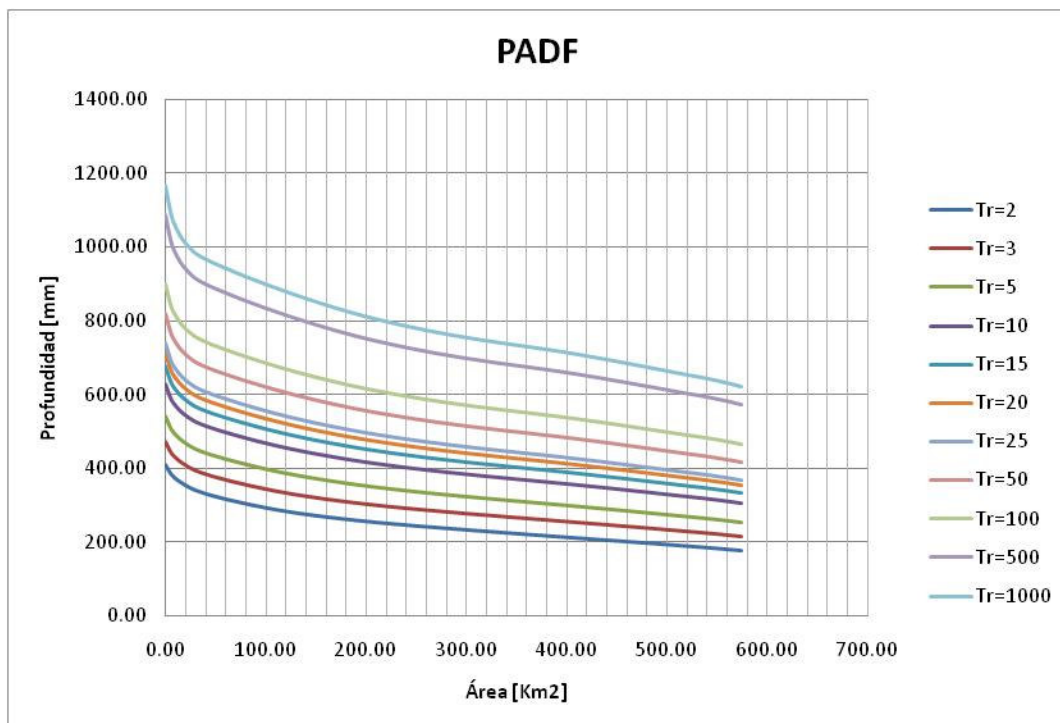


Figura 17. Curvas PADF para la cuenca del río Jiboa

MAPA DE AMENAZA POR LLUVIAS NO HURACANADAS

En el presente apartado se presentan los mapas de amenaza de lluvias intensas no huracanadas para los períodos de retorno de 50, 100, 500 y 1000 años. Cada uno de los mapas se encuentra con unidades de precipitación en mm, con un rango entre 0 y 230 mm de lluvia para eventos de 1 día.

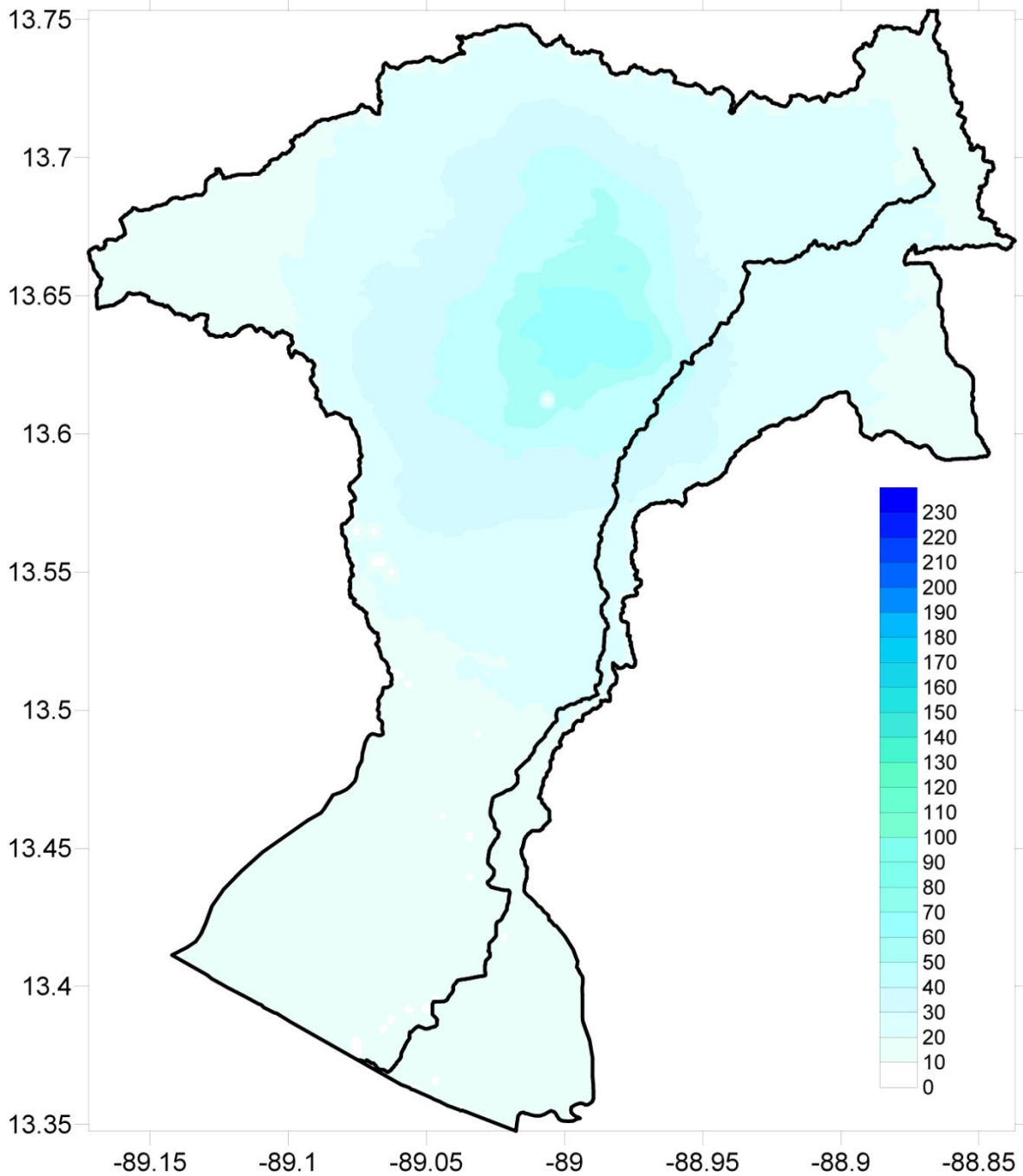


Figura 18. Mapa de amenaza por lluvias no huracanadas para TR=50 años [mm]

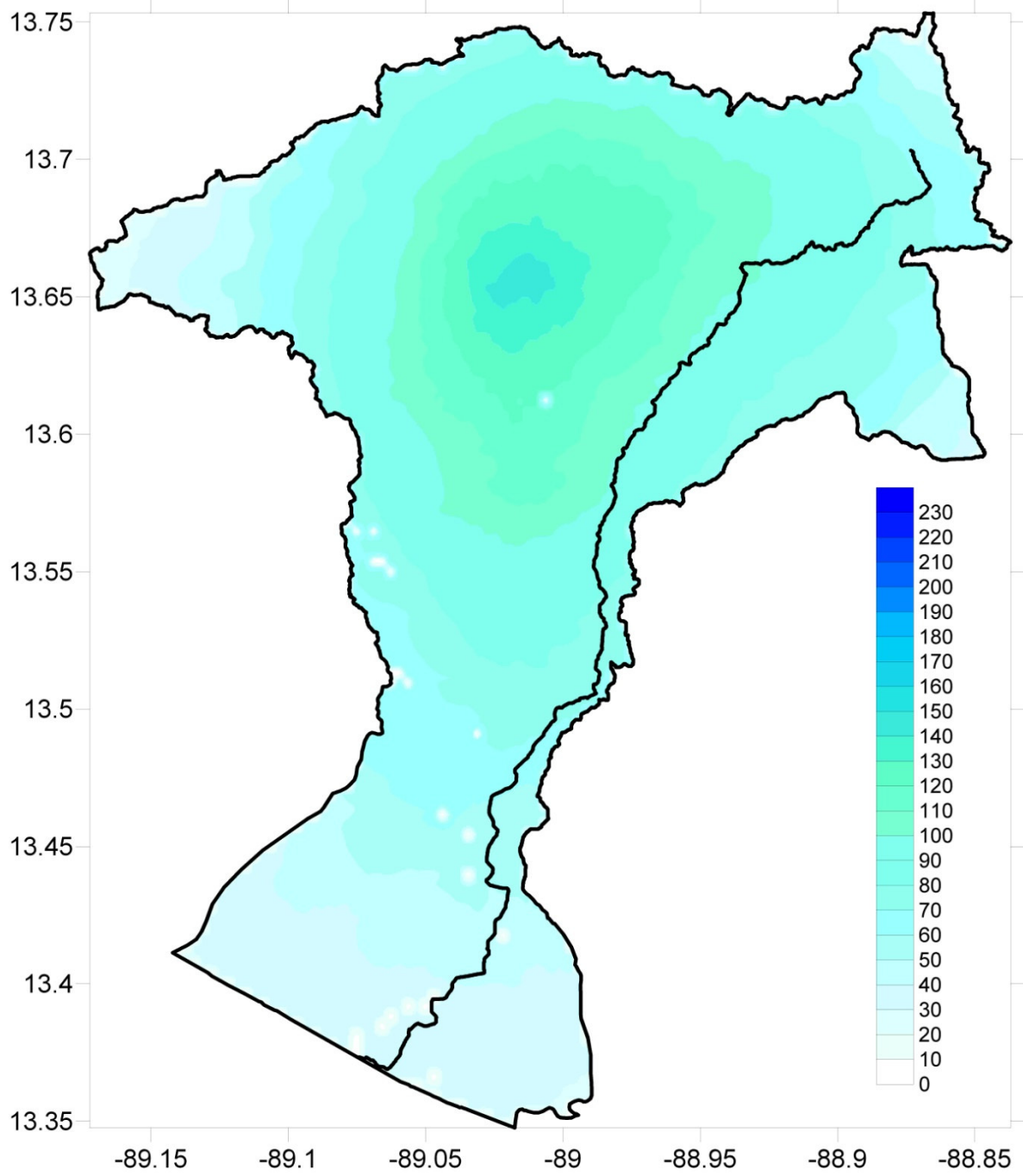


Figura 19. Mapa de amenaza por lluvias no huracanadas para TR=100 años [mm]

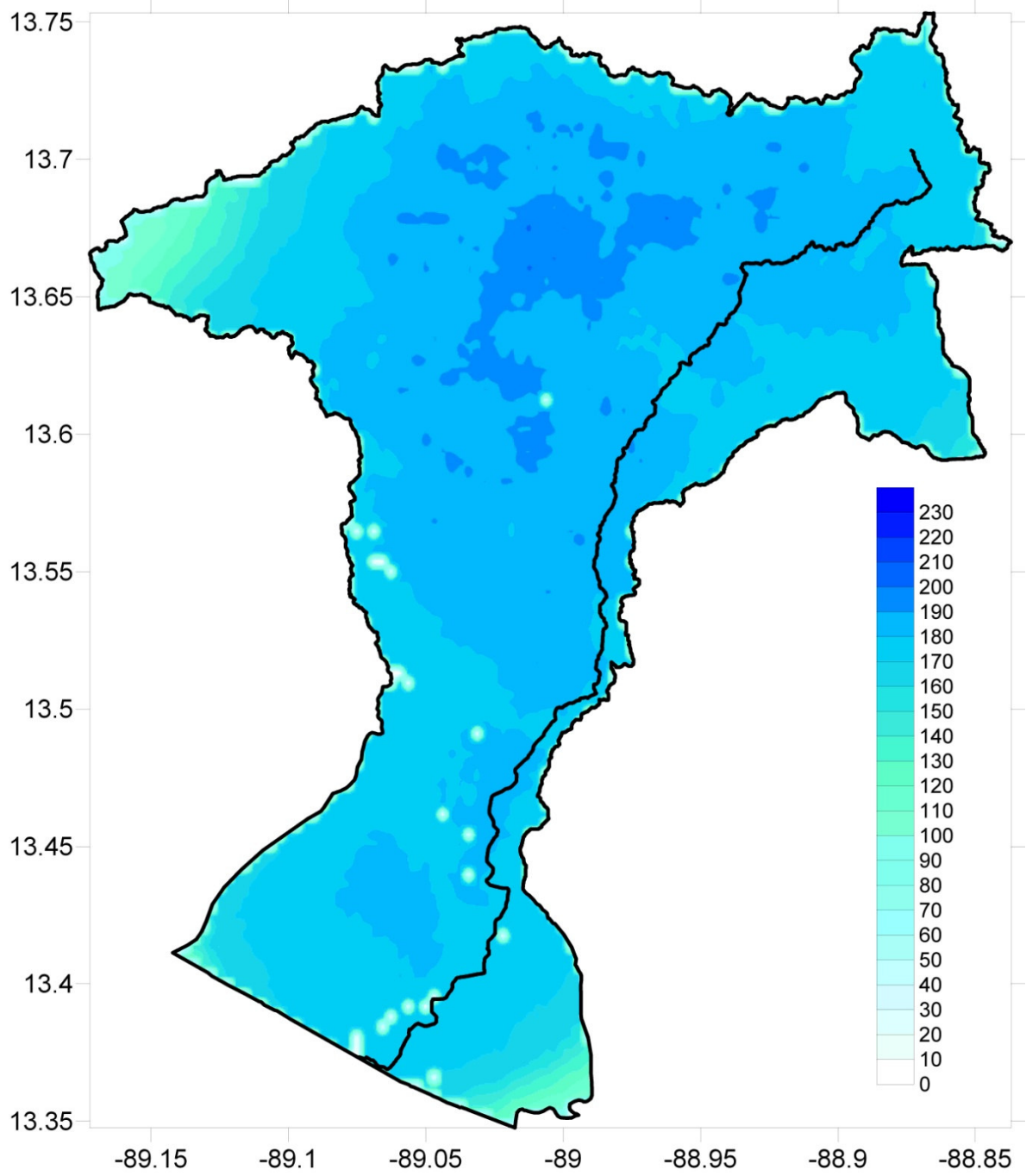


Figura 20. Mapa de amenaza por lluvias no huracanadas para TR=500 años [mm]

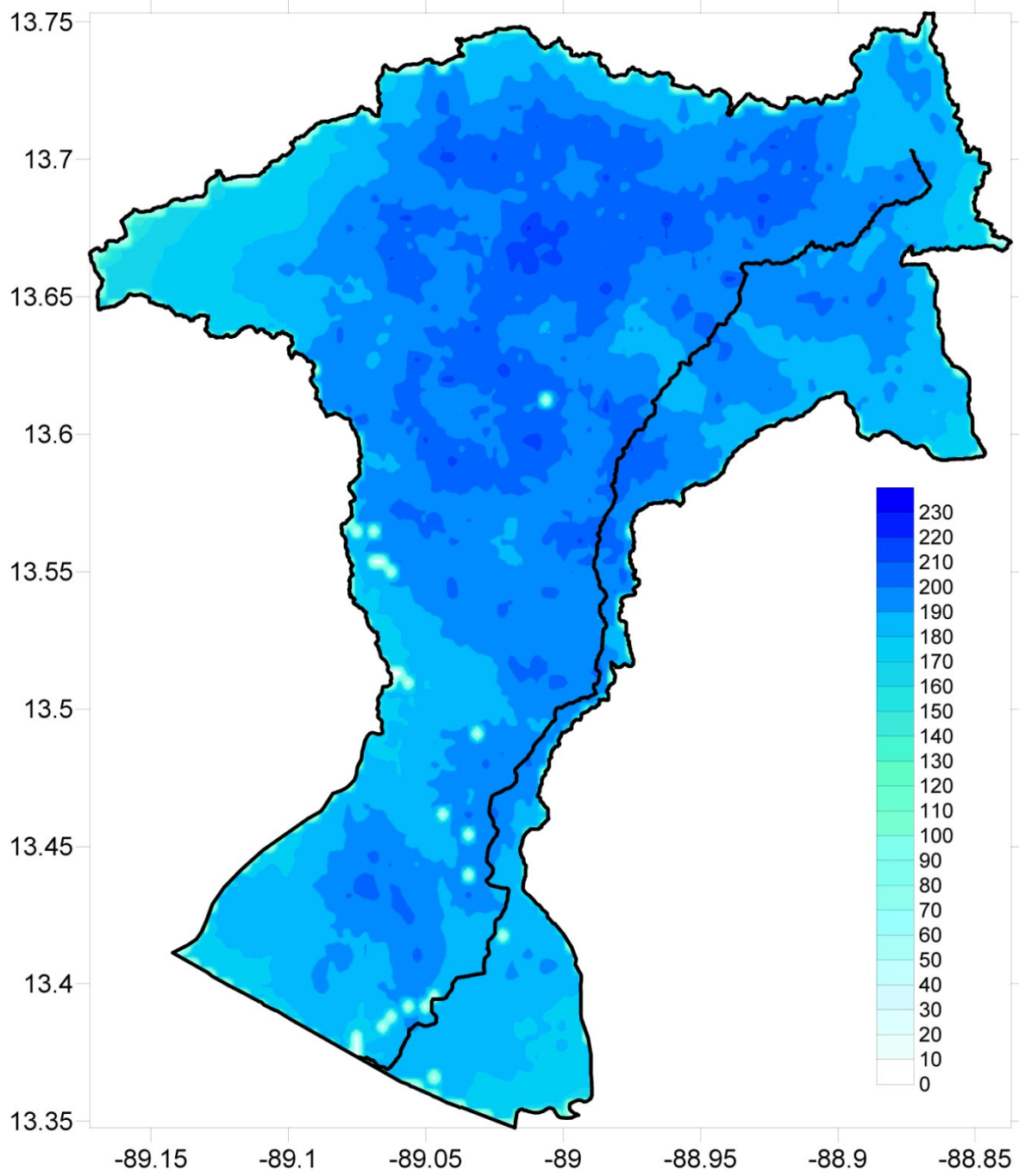


Figura 21. Mapa de amenaza por lluvias no huracanadas para TR=1000 años [mm]

AMENAZA POR INUNDACIÓN

Para la modelación probabilista de la amenaza por inundación se hace uso del modelo de inundación simplificado, a partir de la aplicación ERN-AL-Inundación.

El modelo de inundación simplificado tiene en cuenta 3 componentes principales para la generación de zonas de inundación de acuerdo a una frecuencia de ocurrencia.

- Archivo .AME de lluvia: Se debe proporcionar el archivo .AME de precipitación con el objetivo de generar los eventos de inundación a partir de los eventos estocásticos de lluvias intensas que se generaron con la aplicación ERN-AL-LluviaNH.
- Mapa de factores de escurrimiento: Mapa en formato .grd que contiene valores de N (factores de escurrimiento) que dependen del tipo de suelo y su uso. Esto con el objetivo de caracterizar las zonas más propensas a inundación por sus características de suelo y uso de suelo. En la Tabla 10 se presentan los valores de factores de escurrimiento usados para la modelación de la amenaza por inundación en la cuenca del río Jiboa.

Así mismo, en la Figura 22 se presenta una visualización de la cuenca del Río Jiboa clasificada según el método de los factores de escurrimiento.

Tabla 10 Valores de Factores de escurrimiento según tipo de suelo, uso de suelo y condición de la superficie
Fuente: Ayuda ERN-AL - Inundación

USO DE LA TIERRA O CUBIERTA	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques Naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69

USO DE LA TIERRA O CUBIERTA	CONDICIÓN DE LA SUPERFICIE	TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
	Muy espeso, alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivo de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembrada con maquinaria o al voleo) o potrero de rotación.	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (según afectan las características del material en el escurrimiento)					
Tipo A: (Eskurrimiento mínimo). Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias, y mezclas de ambas.					
Tipo B: Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.					
Tipo C: Comprende arena muy fina, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.					
Tipo D: (Eskurrimiento máximo). Incluyendo principalmente arcillas de alta plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie					

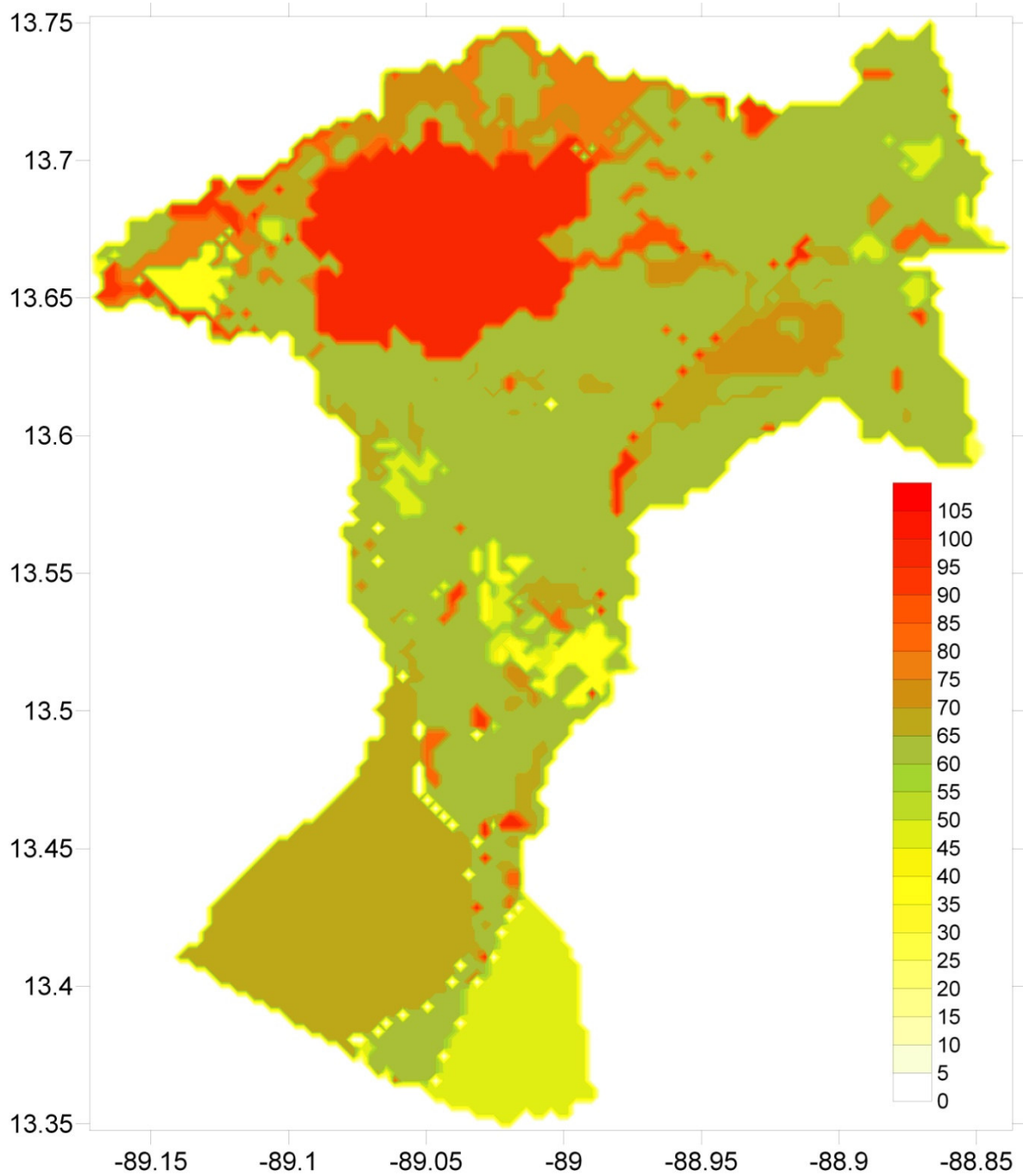


Figura 22

Visualización de cuenca del río Jiboa según su clasificación de suelos por el método de Factores de escurrimiento según la Tabla 10

- Mapa de factores de exposición a la inundación: Mapa en formato .grf que describe las condiciones topográficas de la zona de análisis. En la Figura 23 se presenta una visualización de la cuenca del Río Jiboa de acuerdo a los factores de exposición a la inundación usados para la modelación de la amenaza por inundación. Los números 8, 10 y 12 identifican las zonas protegidas al viento e

inundación, las zonas planas y las zonas con pendiente del terreno mayor al 5%, respectivamente.

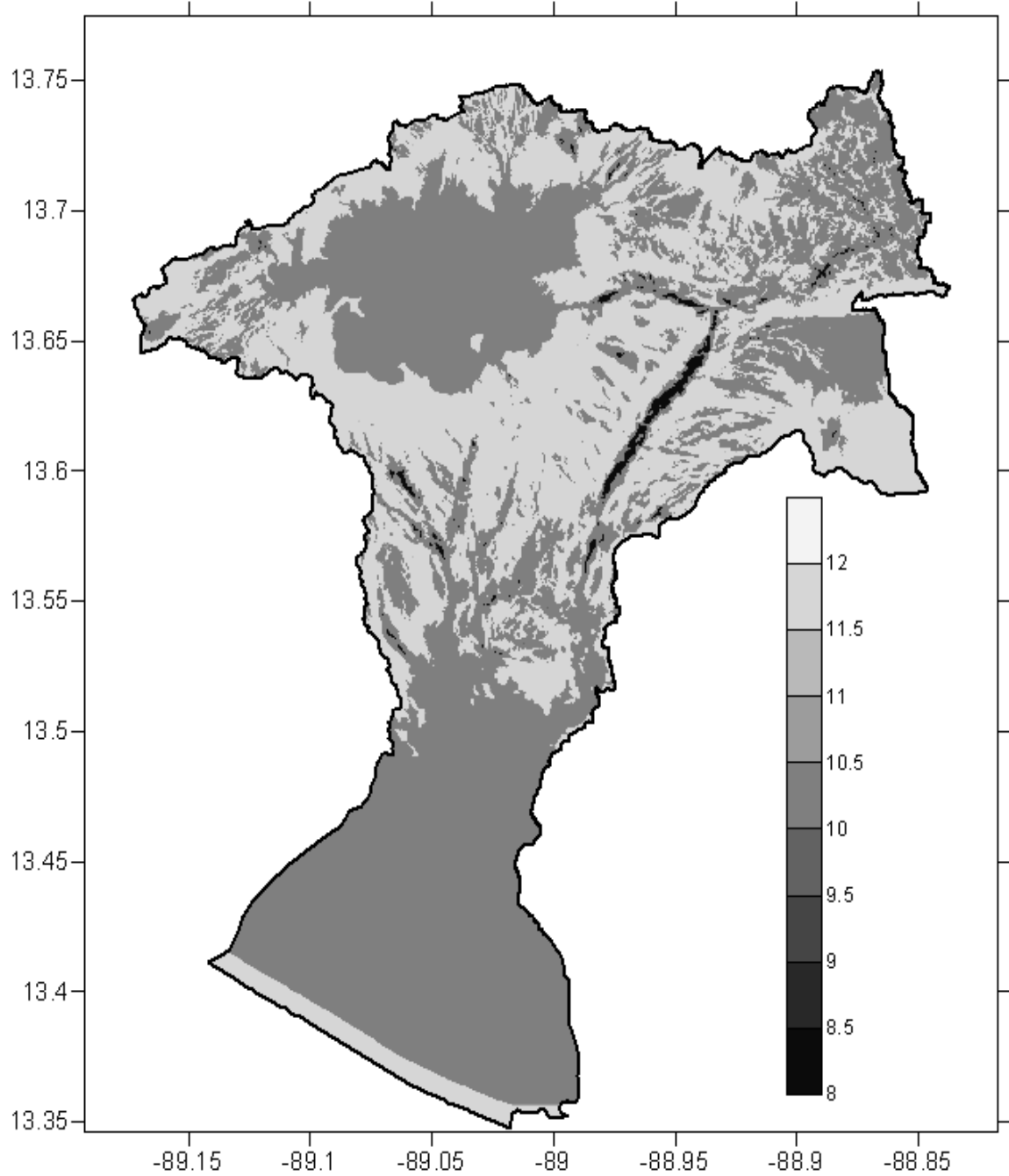


Figura 23

Visualización de cuenca del río Jiboa según factores de exposición a inundación. Valores desde 8 (protegidas) hasta 12 (totalmente expuestas)

En las figuras 24 a 27 se presentan los mapas por escenario más críticos para cada uno de los períodos de retorno analizados en el modelo de inundación simplificado para la cuenca del Río Jiboa. Fueron calculados un total de 200 escenarios de inundación, teniendo 50 escenarios de análisis por cada uno de los 4 períodos de retorno de interés.

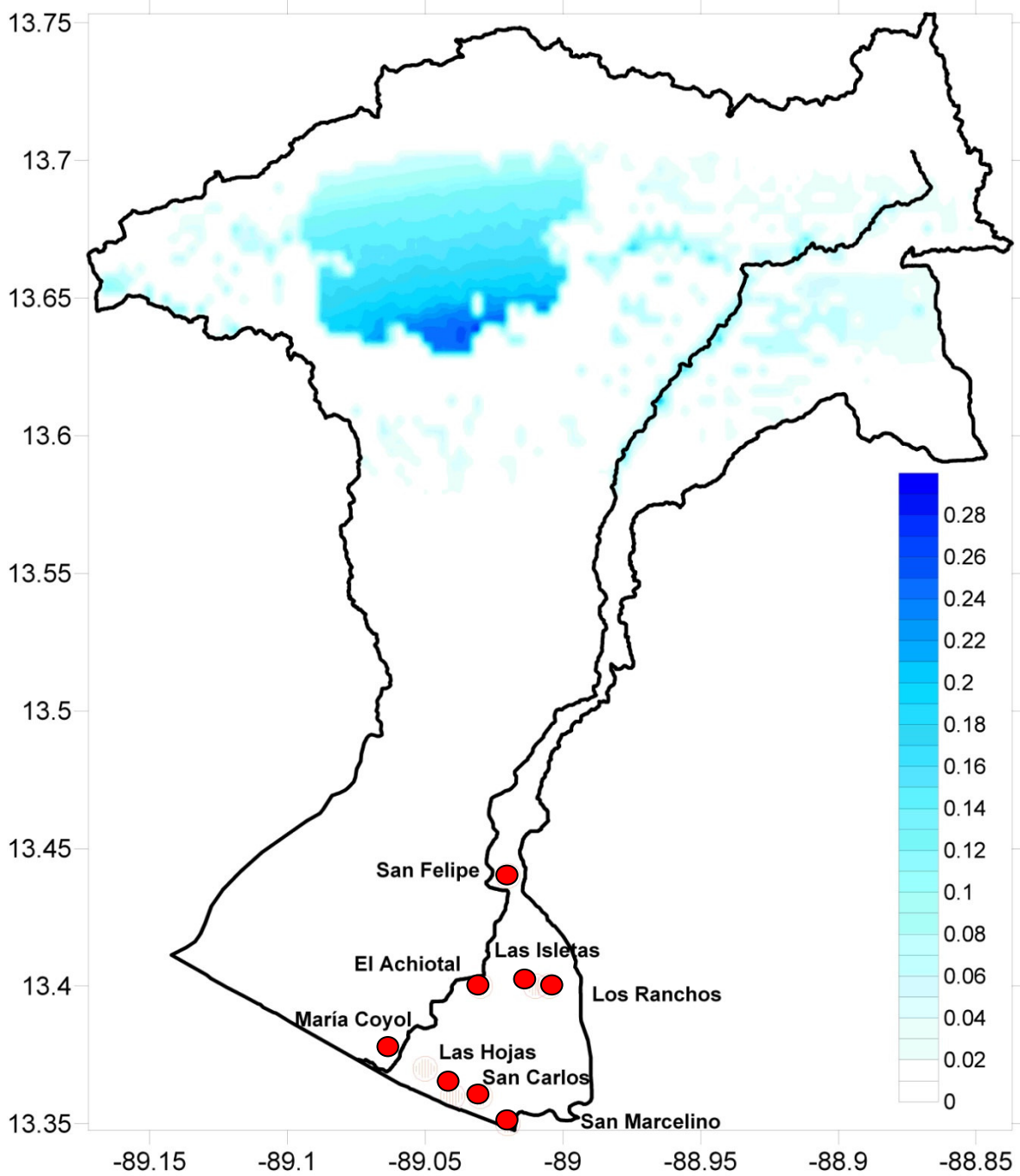


Figura 24
Mapa de escenario de inundación para TR=50 años (Escenario 30) [m]

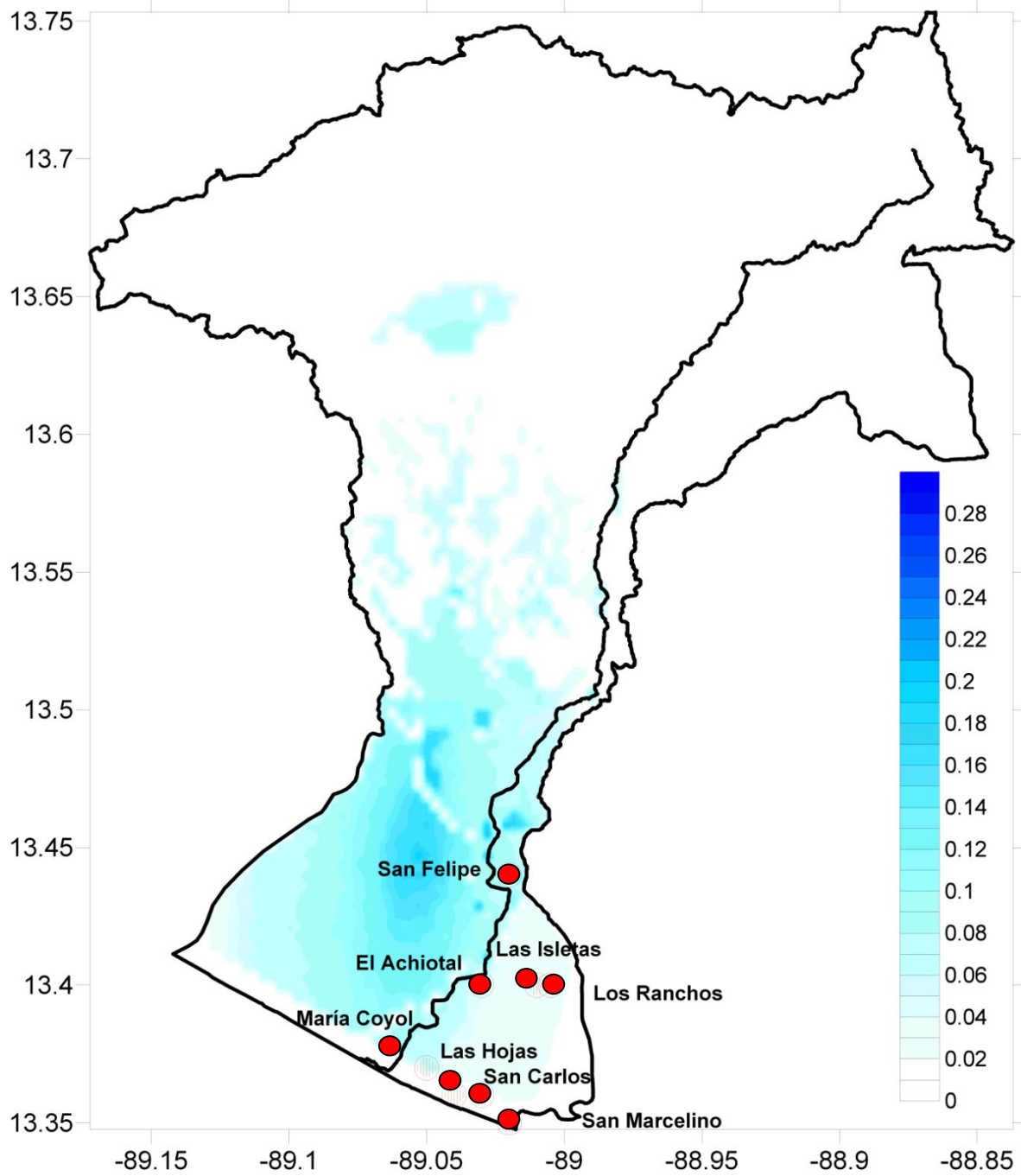


Figura 25. Mapa de escenario de inundación para TR=100 años (Escenario 59) [m]

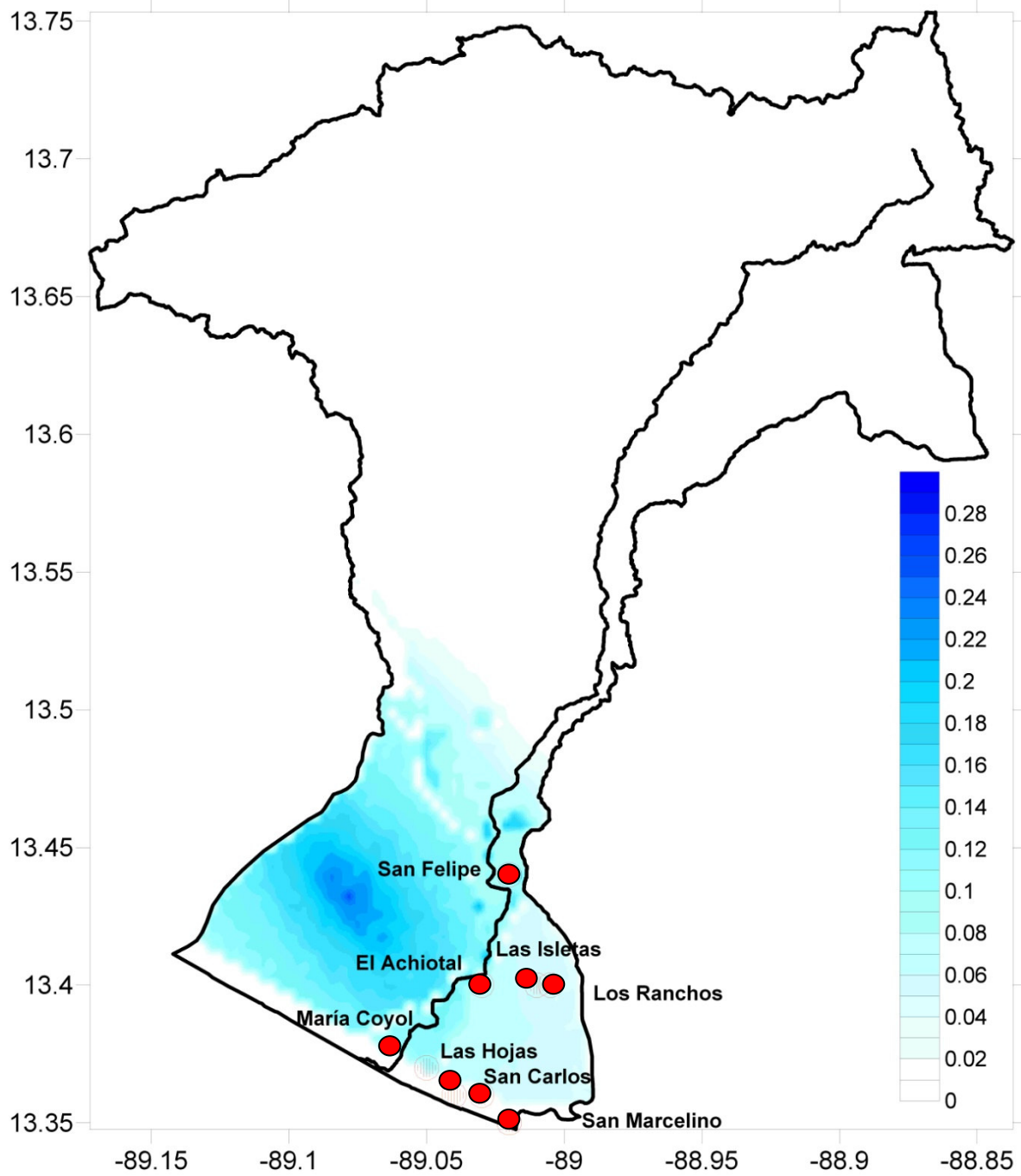


Figura 26. Mapa de escenario de inundación para TR=500 años (Escenario 104) [m]

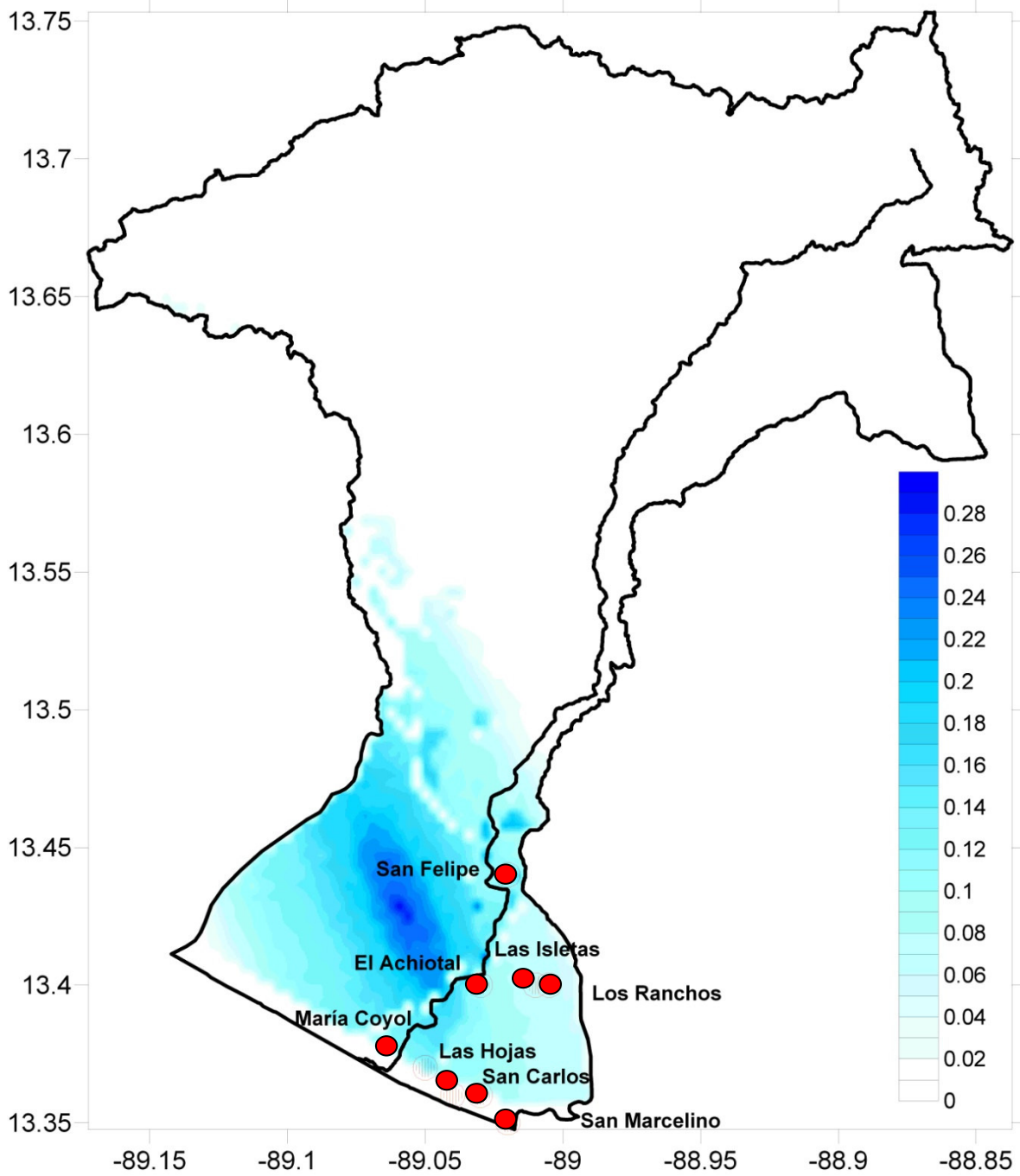


Figura 27. Mapa de escenario de inundación para TR=1000 años (Escenario 154) [m]

Teniendo el conjunto de escenarios estocásticos, es posible realizar el cálculo de tasas de excedencia para obtener los valores de amenaza integrada para diferentes períodos de retorno. En las figuras 28 a 31 se presentan los mapas de amenaza integrada de inundación, por lluvia no huracanada utilizando el método simplificado, para los períodos de retorno de 100, 500 y 1000 años.

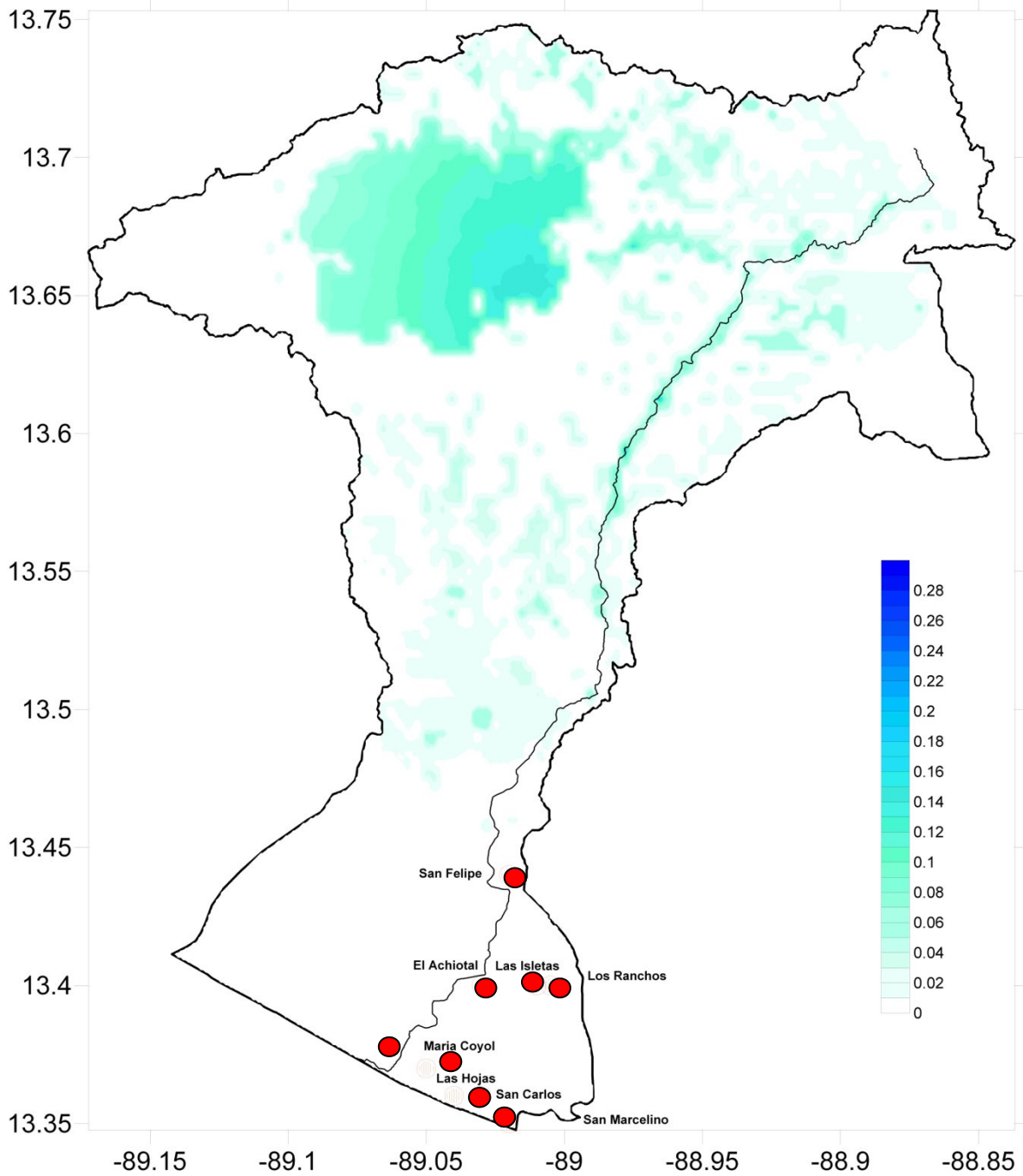


Figura 28. Mapa de inundación para $Tr=100$ años [m]

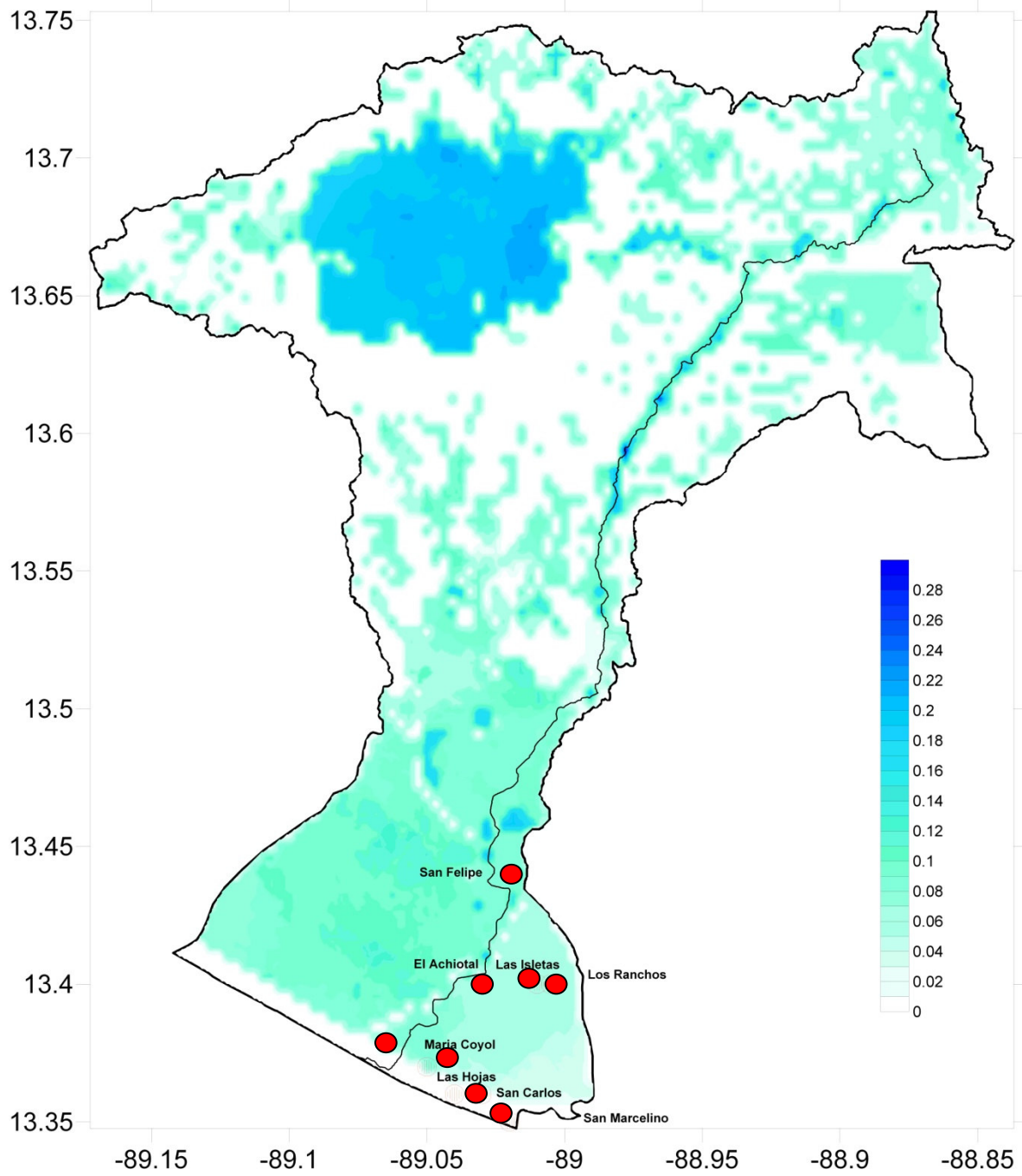


Figura 29. Mapa de inundación para Tr=500 años [m]

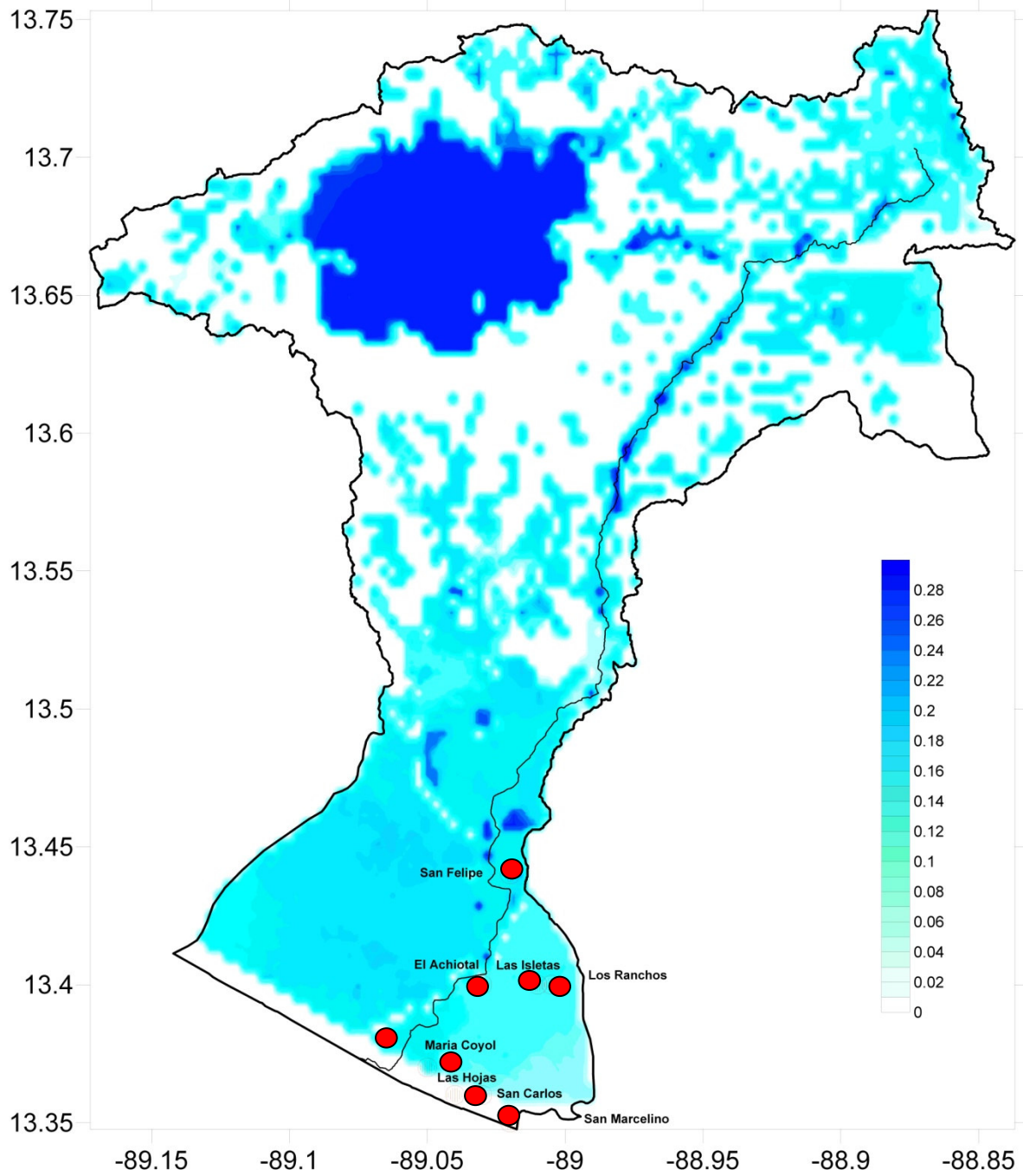


Figura 30. Mapa de inundación para $Tr=1000$ años [m]

EXPOSICIÓN Y VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES Y CULTIVOS

Los tipos estructurales contenidos en la base de datos de elementos expuestos que fue levantada corresponden a los presentados en la Tabla 11. Estos tipos se caracterizaron a modo de ejemplo mediante las funciones de vulnerabilidad de pérdida física presentadas en la Figura 31.

Tabla 11 Funciones de vulnerabilidad empleadas para edificaciones

Material	Curva Inundación	Valor Físico [US\$]
Mampostería		
Mamp1_Lám	SML_1_MN	134,011,667
Mamp2_Lám	SML_2_MN	2,400,200
Mamp1_FC	SMFC_1_AV	6,726,462
Mamp2_FC	SMFC_2_AV	613,590
Concreto		
Conc1_FC	CFC_1_AV	38,843,790
Conc2_FC	CFC_2_AV	209,584,594
Conc1_Lám	CL_1_MN	8,520,188
Conc2_LC	CLC_2_AN	231,782
Conc4_LC	CLC_4_AN	21,405,015
Total		422,337,287

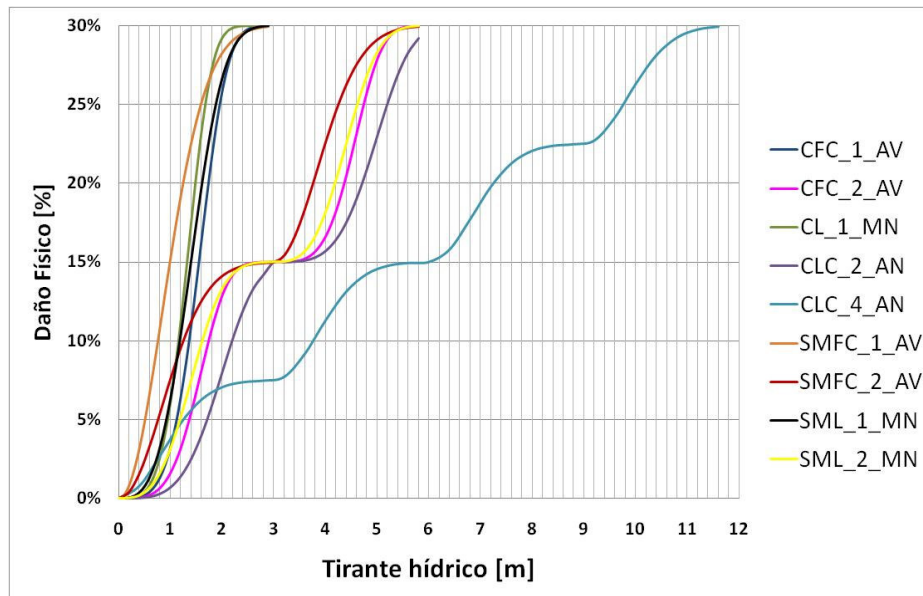


Figura 31. Funciones de vulnerabilidad por inundación empleadas

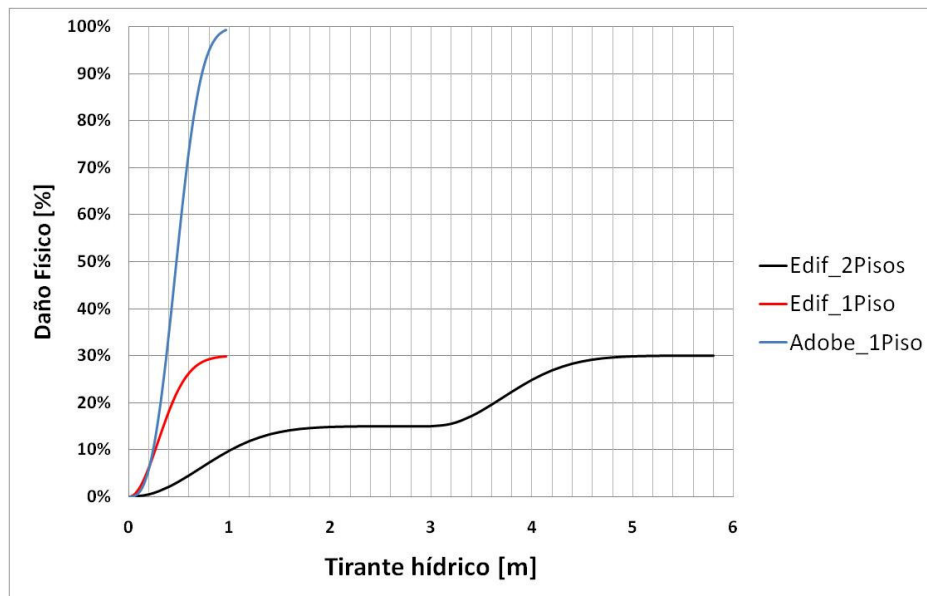
Tabla 12 Descripción curvas de vulnerabilidad empleadas (Edificaciones)

Curva inundación	Descripción
SML_1_MN	Sistema Mixto con techo de Lámina metálica de 1 piso, casa Media Nueva
SML_2_MN	Sistema Mixto con techo de Lámina metálica de 2 pisos, casa Media Nueva
SMFC_1_AV	Sistema Mixto con techo de FibroCemento de 1 piso, casa Alta Vieja
SMFC_2_AV	Sistema Mixto con techo de FibroCemento de 2 pisos, casa Alta Vieja
CFC_1_AV	Concreto (armado o prefabricado) con techo de FibroCemento de 1 piso, casa Alta Vieja
CFC_2_AV	Concreto (armado o prefabricado) con techo de FibroCemento de 2 pisos, casa Alta Vieja
CL_1_MN	Concreto (armado o prefabricado) con techo de Lámina metálica de 1 piso, casa Media Nueva
CLC_2_AN	Concreto (armado o prefabricado) con techo de Losa de Concreto de 2 pisos, casa Alta Nueva
CLC_4_AN	Concreto (armado o prefabricado) con techo de Losa de Concreto de 4 pisos, casa Alta Nueva

Adicionalmente se construyen funciones de vulnerabilidad agrupadas para edificaciones con las siguientes características:

Tabla 13 Descripción curvas de vulnerabilidad empleadas (Edificaciones)

Curva inundación	Descripción
Edif_1Piso	Edificaciones de 1 Piso para materiales diferentes a tierra, tapia pisada y/o adobe
Edif_2Piso	Edificaciones de 2 Piso para materiales diferentes a tierra, tapia pisada y/o adobe
Adobe_1Piso	Edificaciones de 1 Piso de Adobe, tierra y/o tapia pisada.



Los tipos de cultivos contenidos en la base de datos de elementos expuestos que fue levantada corresponden a los presentados en la Tabla 14. Estos tipos se caracterizaron mediante las funciones de vulnerabilidad de pérdida física presentadas en la Figura 32.

Tabla 14 Funciones de vulnerabilidad empleadas para cultivos

Cultivo	Curva Inundación	Valor Físico [US\$]
Plátano		
Plátano1	CPLP_1	180,163
Plátano2	PI_2	435,700
Caña		
Caña1	CPLP_1	1,924,880
Caña2	CM_2	4,487,370
Loroco		
Loroco1	CPLP_1	298,620
Loroco2	LP_2	602,435
Maíz		
Maíz1	M_1	453,173
Pastos		
Pastos1	CPLP_1	141,902
Total Escenario 1		2,998,735
Total Escenario 2		5,525,490

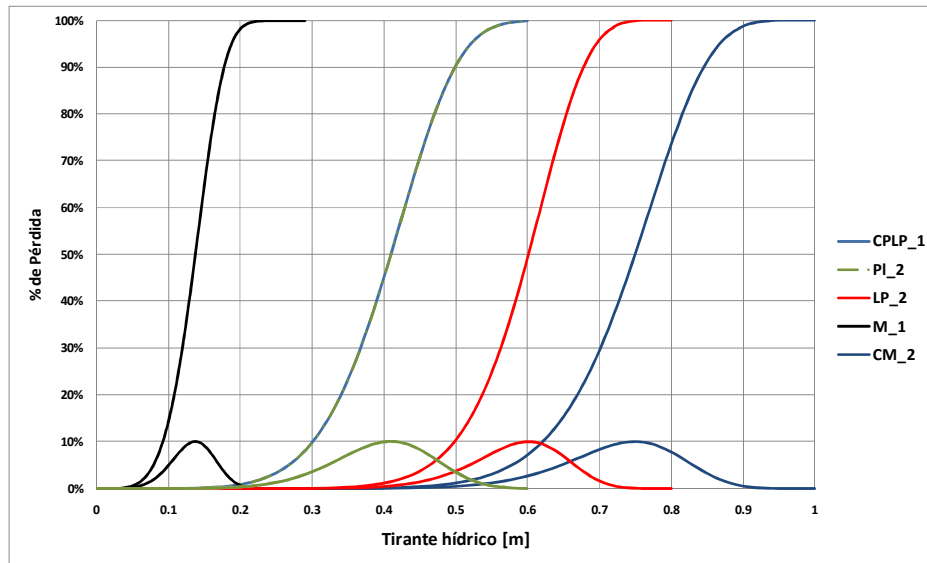


Figura 32. Funciones de vulnerabilidad para cultivos en la cuenca del río Jiboa

Para la generación de las funciones de vulnerabilidad de cultivos para el análisis de riesgo por inundación se tuvieron en cuenta dos escenarios: el primero corresponde a la evaluación del riesgo hasta la primera mitad de la fase del cultivo, teniendo en cuenta tiempo de cultivo y características fisiológicas de los mismos. El primer escenario se denomina: “Siembra y desarrollo vegetativo”.

El segundo escenario se denomina “Desarrollo y Cosecha”.

Tabla 15 Descripción de las funciones de vulnerabilidad para cultivos

Función de vulnerabilidad	Descripción
CPLP_1	Caña, Plátano, Loroco y Pastos. Escenario 1 (Siembra y desarrollo vegetativo)
PI_2	Plátano. Escenario 2 (Desarrollo y Cosecha)
LP_2	Loroco y Pastos. Escenario 2 (Desarrollo y Cosecha)
M_1	Maíz. Escenario 1 (Siembra y desarrollo vegetativo)
CM_2	Caña y Maíz. Escenario 2 (Desarrollo y Cosecha)

7 REFERENCIAS

Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Metodología de Análisis Probabilista de Riesgos. Informe ERN-CAPRA-3.2. <http://www.ecapra.org>. 2010.

Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Modelación Probabilista de Amenazas Naturales. Informe ERN-CAPRA-T1.3. <http://www.ecapra.org>. 2010.

Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Plataforma para la Evaluación Probabilista de Riesgo CAPRA-GIS. <http://www.ecapra.org>. 2009.

SNET. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. www.snet.gob.sv/