

BOLETÍN

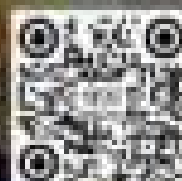
EDICIÓN ESPECIAL NO. 4

2024

OBSERVATORIO NACIONAL DE LA CRISIS CLIMÁTICA

**ZONIFICACIÓN DE ESCENARIOS
DE RIESGOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS
EN ZONAS VULNERABLES EN LOS
ESTADOS DEL EJE ANDINO,
CENTRO NORTE COSTERO E INSULAR.**

**ESCUCHANDO A
LA NATURALEZA**



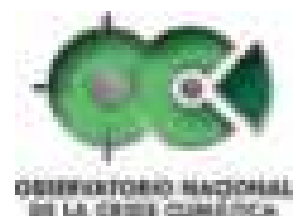
ESCUCHANDO A LA NATURALEZA



- SUMARIO -

Zonificación de Escenarios de Riesgos Hidrogeomorfológicos en Zonas Vulnerables en los Estados del Eje Andino, Centro Norte Costero e Insular.

Resumen	7
Introducción	8
Antecedentes	10
Marco Teórico Conceptual	15
Metodología	18
Resultados	19
Síntesis de criterios y características generales para definir niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad ante la potencial ocurrencia de eventos hidrogeomorfológicos en las cuencas hidrográficas venezolanas.	24
Discusión	30
Conclusiones	93
Referencias bibliográficas	94



—EDITORIAL—

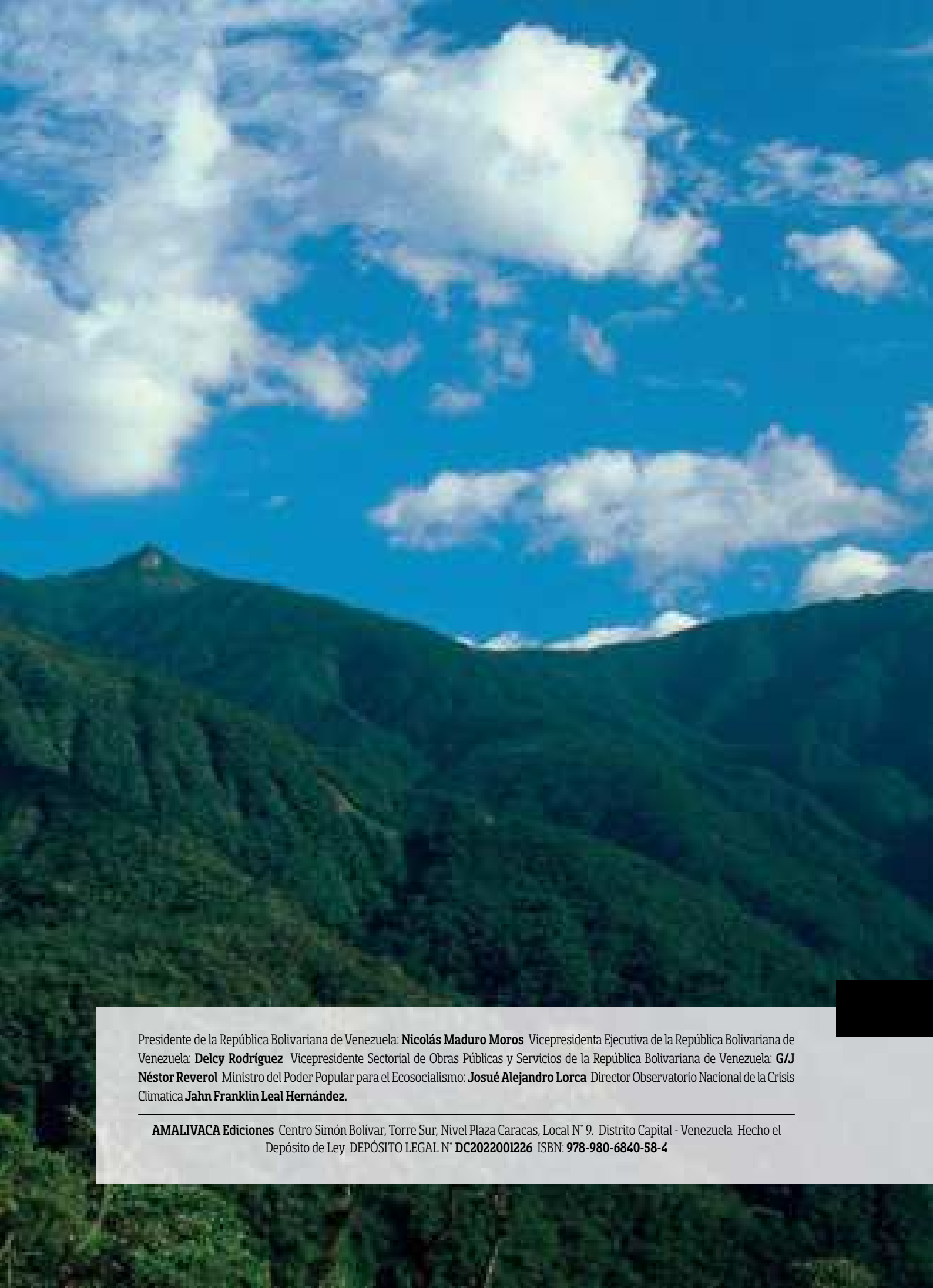
En aras de contribuir a la preservación de la especie humana y la salvación de la vida en el planeta, según lo planteado en el 5to Objetivo Histórico del Plan de la Patria, el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC), por mandato del Presidente Constitucional de la República Bolivariana de Venezuela; Nicolás Maduro Moros pone a disposición del pueblo venezolano, el Observatorio Nacional de la Crisis Climática (ONCC), con el propósito de generar conocimiento a partir del diagnóstico, diseño, ejecución, seguimiento y evaluación de las fuentes de datos existentes.

Para ofrecer el análisis, la divulgación e información oportuna, que permitan a los tomadores de decisiones desarrollar acciones para enfrentar la crisis climática, basadas en criterios de adaptación y mitigación del cambio climático, en cumplimiento con la normativa legal nacional y de los tratados internacionales firmados por la República Bolivariana de Venezuela.

En este sentido, el ONCC, será la instancia encargada de producir la información que permitan dar respuestas efectivas al generar políticas y acciones frente al cambio climático, minimizando sus impactos, así como impulsar de manera colectiva la construcción y consolidación del socialismo como única opción frente al modelo depredador, discriminador e insostenible como es el capitalismo.

Josué Alejandro Lorca

Ministro del Poder Popular para el Ecosocialismo



Presidente de la República Bolivariana de Venezuela: **Nicolás Maduro Moros** Vicepresidenta Ejecutiva de la República Bolivariana de Venezuela: **Delcy Rodríguez** Vicepresidente Sectorial de Obras Públicas y Servicios de la República Bolivariana de Venezuela: **G/J Néstor Reverol** Ministro del Poder Popular para el Ecosocialismo: **Josué Alejandro Lorca** Director Observatorio Nacional de la Crisis Climática **Jahn Franklin Leal Hernández**.

AMALIVACA Ediciones Centro Simón Bolívar, Torre Sur, Nivel Plaza Caracas, Local N° 9. Distrito Capital - Venezuela Hecho el Depósito de Ley DEPÓSITO LEGAL N° **DC2022001226** ISBN: **978-980-6840-58-4**



Zonificación de Escenarios de Riesgos Hidrogeomorfológicos en Zonas Vulnerables en los Estados del Eje Andino, Centro Norte Costero e Insular.



RESUMEN

En el territorio venezolano y en especial en la zona más densamente poblada ubicadas en mayor proporción en la franja andina, zuliana, centro norte, costera e insular, los procesos activos relativos con crecidas excepcionales y movimientos de masa están íntimamente correlacionados con factores condicionantes tales como: procesos superficiales de alteración del afloramiento rocoso conocidos como meteorización en materiales litológicos y estratigráficos muy variados y de diferente resistencia, así como la influencia importante de fracturas por fallamiento activo, geomorfología de relieves muy variados, intervenciones significativas y usos de la tierra en conflictos, en zonas inestables y en algunos casos bajo régimen de administración especial, que son consideradas susceptibles a la ocurrencia de cambios en el sistema climático.

En tal sentido, se han escogido treinta (30) cuencas hidrográficas con antecedentes de eventos hidromeomorfológicos para realizar la zonificación de susceptibilidad en las comunidades vulnerables. Con estos resultados se están realizando las aplicaciones geomáticas necesarias para estimar niveles de vulnerabilidad basado en criterios de exposición y de esta manera relacionar escenarios de riesgos de desastres que sirvan de base para la gestión territorial y el ordenamiento urbano.

Esta investigación está orientada a zonificar, a través de técnicas geomáticas, interpretación hidromeomorfológica y chequeo de campo, los niveles de vulnerabilidad a los que están expuestas 30 comunidades emplazadas en cuencas hidrográficas consideradas por su comportamiento torrencial, antecedentes históricos y presencia de factores condicionantes de la susceptibilidad para que se generen posibles escenarios de riesgos ante amenazas de índole hidromeomorfológico. Fueron escogidas las microcuencas que drenan hacia complejos urbanos en el ámbito andino, centro norte costero e insular en donde destacan las ciudades de San Cristóbal, Mérida y Trujillo, los sectores poblados de: Cordero, Tovar, Zea, El Anís, El Molino, Guayabones, Tucaní, Timotes, Aracay, El Arado y El Playón, del eje andino; El Limón, El Castaño, Las Tejerías y El Cojo del eje centro norte costero; y los singulares valles de: La Asunción y El Valle del Espíritu Santo en la Isla de Margarita y Cumaná en las márgenes del Río Manzanares en el estado Sucre.

Este tipo de estudios se centra en zonificar las posiciones o unidades geomorfológicas a escala urbana, cruzar información de índole geológica y topográfica (rangos de pendientes), para generar zonificaciones de susceptibilidad, que permitan posteriormente estimar niveles de vulnerabilidad tomando en cuenta los patrones de ocupación y exposición ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos e hidromeomorfológicos con potencialidad de daños sobre las poblaciones, sus bienes y servicios.

Introducción

Los entornos urbanos al igual que cualquier concentración humana, han mantenido un crecimiento poblacional y de consecuente ocupación hacia zonas consideradas susceptibles a ser afectadas por procesos o eventos adversos geodinámicos, atmosféricos e hidrológicos, en tal sentido, es importante aplicar metodologías orientadas a zonificar y caracterizar los niveles de susceptibilidad, amenaza y escenarios de riesgos, sobre los cuales se encuentran estas poblaciones. La identificación de estos procesos hidrogeomorfológicos a través de inventarios y diagnósticos detallados, permite orientar a las instituciones y a las comunidades, sobre las restricciones, potencialidades y escenarios de riesgo que los caracterizan de manera particular a cada uno de ellos y que son ejemplos claros de complejos urbanos que contienen sitios y áreas puntuales consideradas de alto riesgo ante los eventos potencialmente catastróficos mencionados.

Aunado a esta premisa, en estos espacios se reconocen que “la anarquía tiende a apoderarse de las áreas de expansión periurbana y parte de su gente se ve en la necesidad de ocupar terrenos bajo amenazas naturales” (Méndez 2010, p. 26) que se identifican como sectores puntuales de las ciudades que son afectados regularmente, por procesos asociados a movimientos de masa, en los cuales se han identificado situaciones de riesgo motivado a que la población ha ocupado vertientes inestables, secciones de escarpe erosivos muy inclinados y posiciones bajas cercanas a quebradas o ríos con comportamientos hídricos torrencial.

Por sus condiciones físicas naturales, cada espacio bajo análisis tiene un entorno heterogéneo con variadas condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas y de uso de la tierra, por lo que está sujeta a diversos procesos complejos, que involucran afectaciones locales por la ocurrencia de movimientos de masa, crecidas torrenciales y eventos adversos asociados.

Análoga a las condiciones físicas del suelo, el subsuelo y el material rocoso, se suman intensas precipitaciones, concentradas en periodos de tiempo capaces de saturarlos. Este exceso de humedad, activa en la mayoría de los casos nuevos movimientos de masa y reactiva aquellos que se encontraban estables, al igual que permite que aumente la escorrentía y erosión de los suelos, afectando comunidades rurales y urbanas que requieren de planificación y ordenamiento territorial desde la perspectiva de la gestión de riesgos asociados al cambio climático “hecho estrechamente relacionado con los ciclos de la naturaleza: movimientos sísmicos y picos de precipitaciones” (Amaya 2013, p. 395).

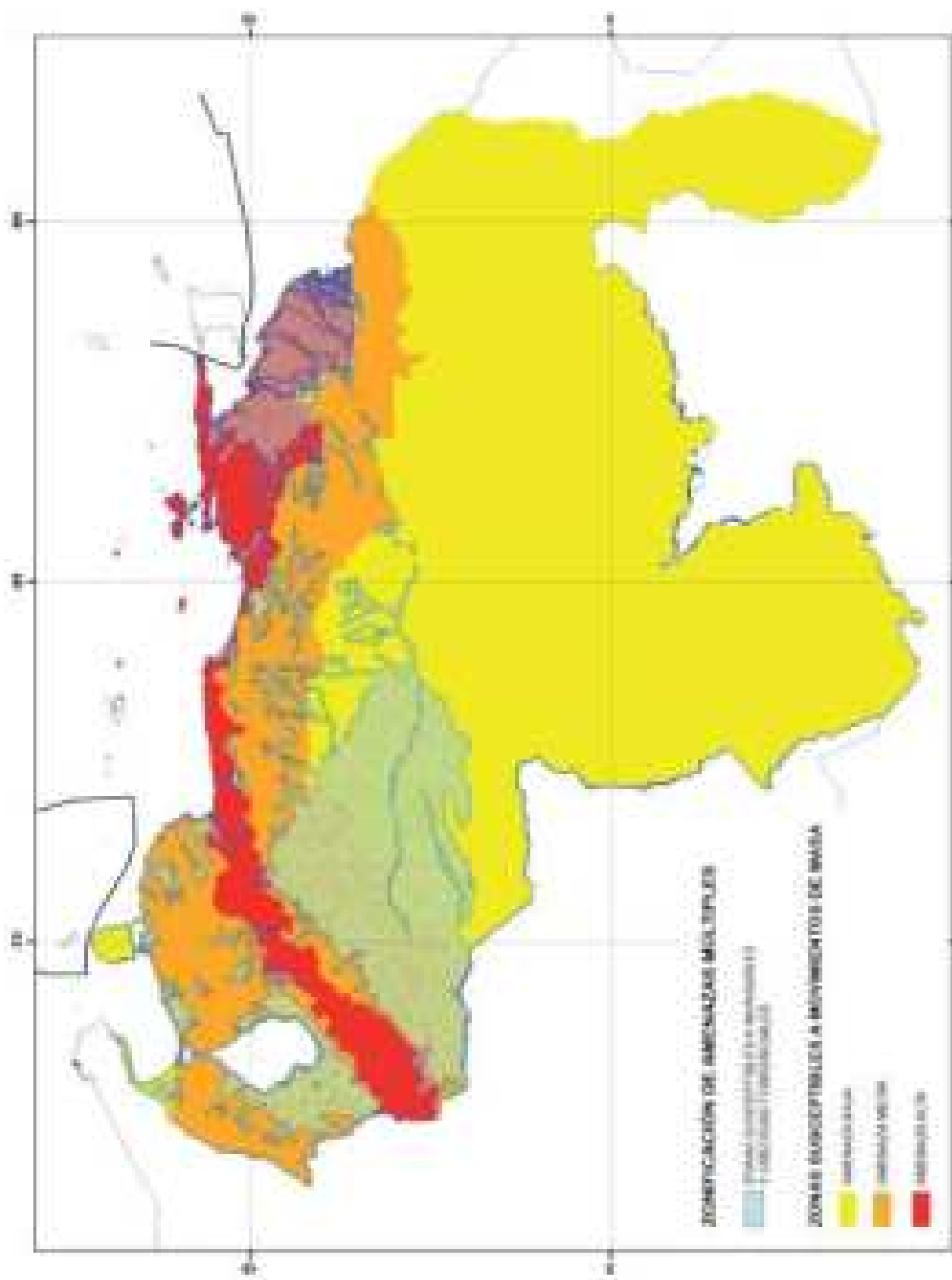


Figura 1. Mapa de amenazas múltiples.
Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico, 2022

Antecedentes

En Venezuela se reconocen eventos hidrogeomorfológicos que han afectado considerablemente a las poblaciones vulnerables, sobresaliendo entre los escenarios con mayor nivel de daños, las tragedias de: El Limón 1987, Vargas 1999, Valle del Mocotíes 2005 y más recientemente Las Tejerías y El Castaño en el año 2022.

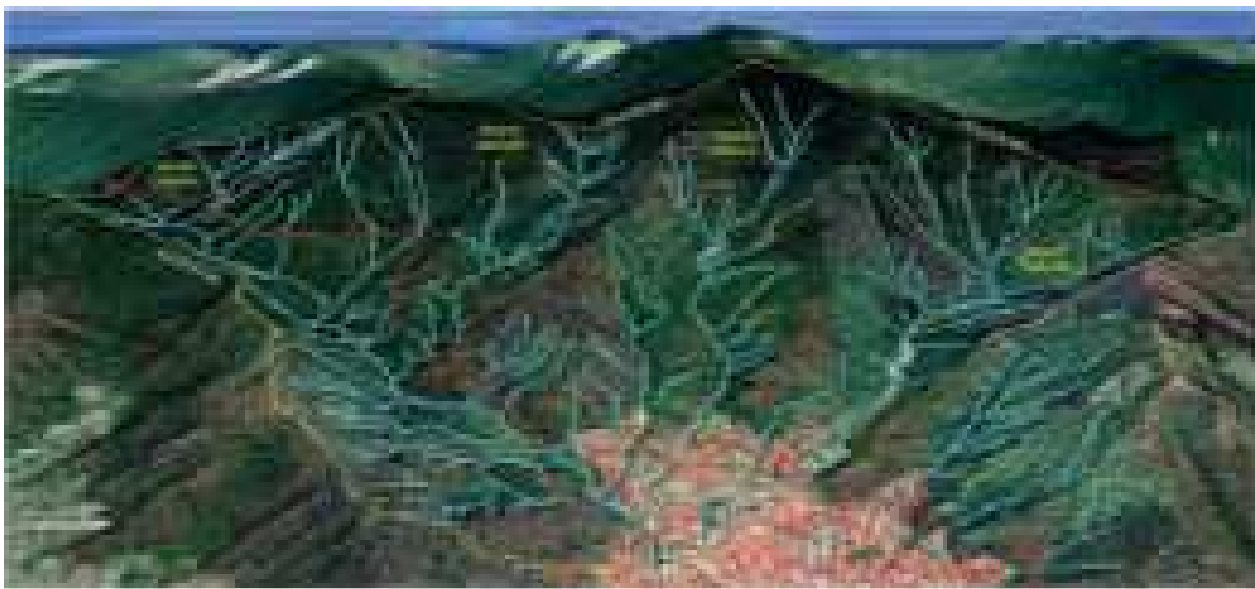
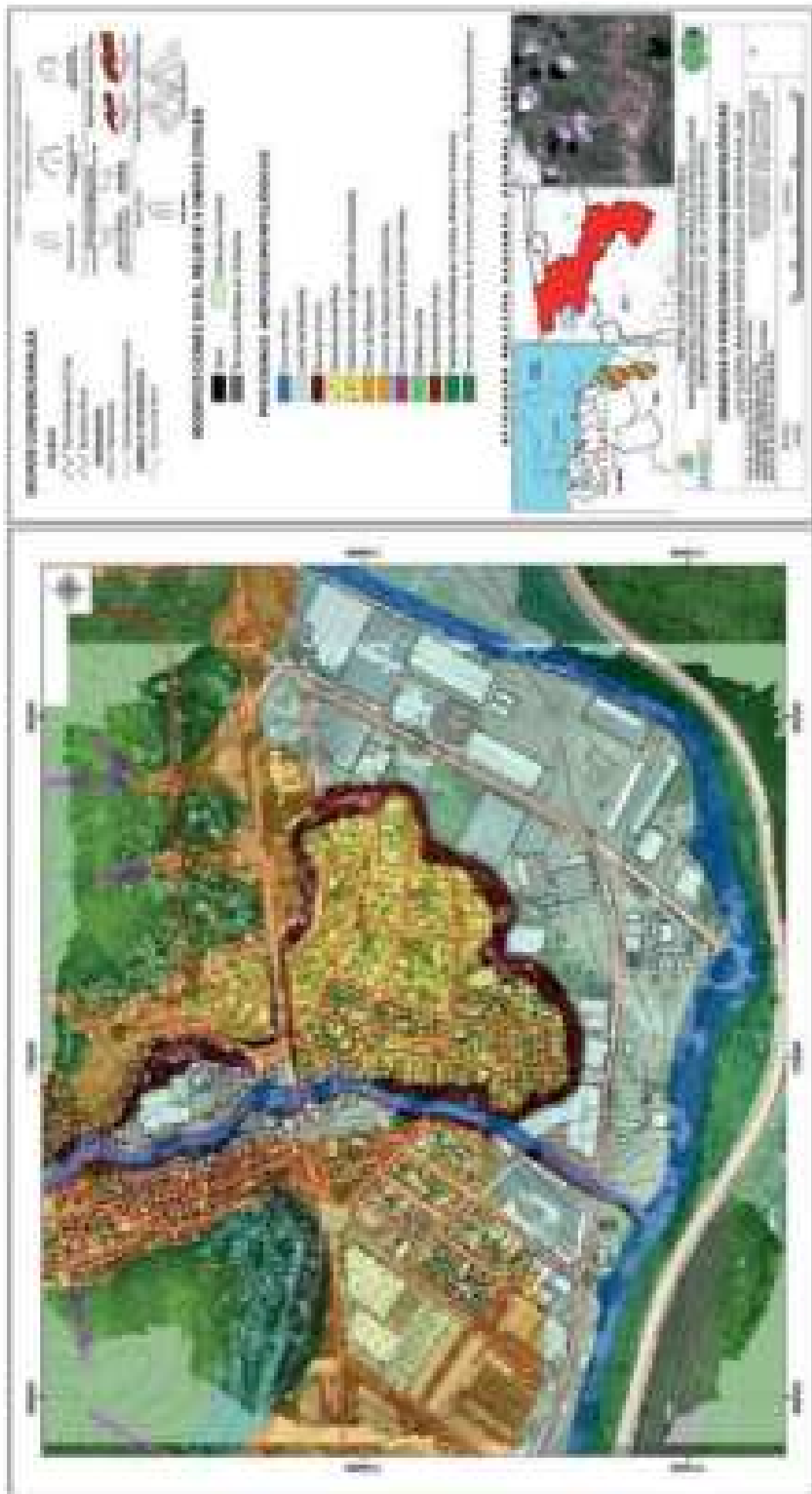


Figura 2. Cuenca del Río El Limón y sus tributarios. Se detallan las condiciones de vulnerabilidad en las comunidades emplazadas en los abanicos aluviales al pie de las montañas.

Estos eventos con múltiples daños y pérdidas de vidas, bienes y servicios, son de principal atención para el objetivo planteado, ya que se centra particular interés en las comunidades vulnerables, en las que han ocurrido eventos hidrogeomorfológicos en el pasado y en las mismas se identifican escenarios con alta probabilidad de ocurrencia de situaciones similares.

Un entorno que mostró recientemente que los factores condicionantes están presentes y solo se requiere de un agente detonante como las intensas y concentradas precipitaciones en umbrales por encima de lo normal es Las Tejerías, en donde estos procesos generan eventos potencialmente catastróficos que se presentan como escenarios de riesgos con múltiples daños, pérdidas humanas, bienes y servicios, en donde el análisis de la vulnerabilidad y las amenazas pasan a ser indicadores de que se amerita de ordenación territorial, planificación regional y gestión de riesgo en todas sus fases o aristas.



Antecedentes sobre la temática de la investigación

A continuación, se mencionan las características resaltantes de algunas investigaciones y aportes afines con el tema, los cuales pueden facilitar la comprensión del mismo.

Estudios anteriores al presente, adelantan las metodologías para el análisis de las variables hidrogeomorfológica, tal es el caso de (Vivas, 1966), en su artículo Métodos de Investigación Hidro-geomorfológica Aplicados en el Estudio de una Cuenca Hidrográfica, el cual propone que la investigación hidro-geomorfológica debe estar enmarcada dentro de los objetivos específicos de la geomorfología. (Cabello, 1966), obtiene la base geomorfológica y descriptiva de las características generales del relieve en la vertiente norte de la Sierra Nevada, en la vertiente sur de la Sierra de La Culata y en el fondo del valle del Río Chama, acorde con las formas del relieve y los procesos de modelado que intervinieron hasta esa época.

En cuanto a, Cabello y Ferrer, (1983), presentan una síntesis de las principales características geomorfológicas de la cuenca del Río Tórbes, a través de la elaboración de un inventario físico detallado sobre las relaciones de los procesos y geoformas, para la zonificación de los niveles de susceptibilidad.

Varnes (1984), agrupa trabajos relacionados con la zonificación de movimientos de masa en diversos países del mundo. Resaltando la importancia del uso de los sensores remotos, el trabajo de campo, las escalas de los estudios a diversos niveles de detalle, la superposición e interpretación cartográfico-espacial de los elementos físicos y el uso de los sistemas de información geográfica vinculadas a la zonificación de los movimientos de masa.

Hansen, (1984), representa cartográficamente la geomorfología, el inventario de proceso y susceptibilidad a nivel global.

Ferrer (1987-1988), realiza investigaciones sobre la Influencia de las Condiciones Geomorfológicas en el Desarrollo y Expansión de la Ciudad de Trujillo, Andes Venezolanos, y propone una Metodología para la Evaluación Geomorfológica de la Estabilidad Relativa de Terrenos de la Conurbación Valera Trujillo, respectivamente.

González (1991), realiza una Zonificación de los Riesgos Naturales para la Ciudad de San Cristóbal y sus Alrededores. Un Enfoque Geomorfológico.

Ferrer (1996), elabora un ensayo sobre la evolución geológica de un segmento de la falla de Boconó durante el Neógeno: implicaciones tectónicas y sedimentológicas del sector Tabay-Estánques (estado Mérida) y representa en formato analógico a escala 1:25.000 sus resultados y específicamente, sirven de base para la elaboración del mapa de geología que cubre el área bajo estudio.

La utilización conjunta de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las técnicas de evaluación multicriterio (EMC) se presentan como uno de los procedimientos ideales para el desarrollo de tareas de planificación y ordenamiento territorial, habiendo sido ya suficientemente demostradas sus beneficiosas aportaciones por Barredo (1996) en su libro Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Este trabajo surge como una propuesta para enriquecer la aplicación de los sistemas de información geográfica al trabajarlos de manera integrada con técnicas de toma de decisiones; en donde se resuelve de manera completa la problemática de la asignación óptima de los usos del suelo en la ordenación territorial a través de la EMC en el entorno de los SIG.

Un Análisis del Fenómeno Ocurrido en el Litoral Venezolano en diciembre de 1999, es presentado por Cárdenas (2000). En este documento, se indagan opiniones técnicas sobre los aspectos meteorológicos y los periodos de recurrencia

sobre la vertiente norte de la Cordillera de La Costa. Se trata de un análisis meteorológico-histórico que permite asociar los diferentes tipos de movimientos de masa ocurridos en el Litoral Central entre Maiquetía y Carmen de Uría en diciembre de 1999, en el cual se afirma que, para explicar mejor el comportamiento del relieve, debemos considerar no sólo la topografía, sino también la geología, la vegetación y los procesos de meteorización.

Irigaray y Chacón (2002), en una recopilación elaborada por Ayala-Carcedo y Corominas (2002). Exponen un análisis sobre los "Métodos de Análisis de la Susceptibilidad a los Movimientos de Masa mediante SIG. En el artículo se describen ocho (8) modelos utilizados para determinar los niveles de susceptibilidad a los movimientos de masa. (Modelos basados en el análisis de distribución de los movimientos de masa; basados en el análisis de actividades; basados en la densidad de movimientos de masa; basados en el análisis geomorfológico; basados en el análisis cualitativo; basados en el análisis estadístico bivalente; basados en el análisis estadístico multivalente; y modelos deterministas). Cada uno analizado con sus ventajas y limitaciones. Ferrer y Laffaille (2002), analizan un Interesante Ejemplo de Formación y Ruptura de Laguna de Obturación en la Cuenca Media del Río Chama. Mérida-Venezuela, utilizando para ello el análisis de las fotografías aéreas tomadas unos cuatro años después de la tragedia ocurrida en Ejido el 28 de octubre de 1947. En esta investigación se describen: los derrumbes de roca como efecto cosísmico y represamiento del Río Montalbán; el impacto en la sección inferior por flujo o torrente de detritos y el posterior represamiento del Río Chama en la confluencia con los Ríos Montalbán y Albarregas; y el caudal excepcional proveniente del Río Chama e impactó aguas abajo. Se dedicó principal atención a los procesos de movimientos de masa en la Sierra de La Culata y el depósito aluvial de los sedimentos en la zona de menor pendiente conocida como sector La Vega de Ejido.

Una investigación realizada para la ciudad de Mérida-Venezuela aplicando el AHP es el presentado por Pozzobon y Gutiérrez (2003), en el cual aplican un modelo para la selección

y priorización de áreas a reforestar, utilizando técnicas de evaluación multicriterio, sistemas de información geográfica e imágenes de percepción remota.

Ferrer y Laffaille (2004), formulan Una Aproximación al Estudio de Niveles de Susceptibilidad en un Barrio Ubicado en la Ciudad de Mérida-Venezuela, en la que se aplica una metodología para el estudio de la habilitación física de barrios en áreas de montaña, en la comunidad conocida como La Vega del Hospital y localizada específicamente, en la margen izquierda del Río Albarregas entre el borde, pared y pie del talud colindante con la avenida 2 Obispo Ramos de Lora, en una zona deslizada y con fuertes restricciones de ocupación debido a la susceptibilidad hidro-geomorfológica del emplazamiento. En este trabajo se representan cartográficamente las limitaciones asociadas a los procesos hídricos y geomorfológicos, en especial a movimientos de masa coligados al deslizamiento, masa deslizada, asentamiento diferencial e inestabilidad en el borde del escarpe erosivo.

Chacón y Uzcátegui (2004), realizan la actualización geomorfológica de la ciudad de Mérida, acorde con las formas del relieve y los procesos de modelado hasta ese año. Esta cartografía geomorfológica, incluye los rasgos geomorfológicos y procesos morfogenéticos más importantes, tanto naturales como antrópicos de la terraza de Mérida y sus alrededores. Junto a las bases teóricas, el chequeo de campo y el análisis fotogeológico se obtiene el mapa que representa los principales procesos y unidades geomorfológicas del área de estudio a escala semi-detallada.

Reginald H. et al., (2005), miembros del Grupo de Especialistas sobre Movimientos de Masa GEMMA, del Servicio Geológico Canadiense, dictan en Venezuela el curso de movimientos de masa con motivo de apoyar el Proyecto Multinacional Andino-Mérida.

En este se abordan la temática referente a: planificación de proyectos, gestión de riesgo, terminología, clasificación de movimientos en masa, determinación de estado de actividad/

edad, reconocimiento de movimientos en masa, introducción a mecánicas de roca y de suelo, inventario de movimiento en masa, métodos de datación del cuaternario, condicionamientos de deslizamientos, reconocimiento de movimiento en masa tipo flujo, uso del formulario del inventario GEMMA, mapeo de movimientos en masa, detonantes de movimientos en masa, efectos secundarios, monitoreo de movimientos en masa, análisis estadísticos, mapeo de amenaza por movimientos en masa, reporte de estudios de movimientos en masa, reconocimiento de movimiento en masa y mapeo de movimientos en masa en campo usando estándares GEMMA.

La metodología GEMMA es reconocida mundialmente por la mayoría de los investigadores de los procesos asociados a movimientos de masa y es aplicada actualmente por los países que conforman los Servicios Geológicos de Canadá, Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

Roa (2006), realiza una Aproximación al Mapa de Susceptibilidad y Amenazas por Deslizamientos de la Ciudad de Trujillo, Venezuela. En la cual

realiza una evaluación de susceptibilidad y amenazas por deslizamientos con el uso de técnicas de EMC y aplicando el MJA propuesto por Saaty (1980). En este análisis la EMC consistió en dos partes básicas: La descripción general de los procesos de deslizamientos en el área de estudio y el posterior modelamiento de la sensibilidad y amenaza por deslizamientos.

Ramírez (2010), aplica los sistemas de información geográfica, para realizar una aproximación a la zonificación de los niveles de susceptibilidad en la ciudad de Mérida, obteniendo como resultado cinco (5) niveles bien definidos a través de la superposición de factores condicionantes. Este material posteriormente, fue usado para trabajos relacionados con el proyecto Andes en Acción Climática y la Zonificación de Amenazas en la ciudad de Mérida y sus alrededores.

Marco teórico conceptual

En el siguiente Marco Teórico se presentan de forma resumida algunos trabajos previos vinculados con la temática de la investigación y aquellos realizados dentro del área objeto de estudio, siguiendo un orden cronológico desde los documentos más recientes a los más antiguos. Adicionalmente, se recopilan algunos conceptos de autores en forma de bases teóricas que permiten sustentar el problema planteado.

Riesgo

El riesgo se relaciona con una situación potencial, que puede presentarse por la ocurrencia de un evento natural dañino en un contexto de vulnerabilidad social y física ante el mismo. Aunque no existe unanimidad sobre el concepto de riesgo, la mayoría de los expertos coinciden en que el riesgo se refiere a "la probable ocurrencia de daños y pérdidas como consecuencia de la manifestación de un evento físico potencialmente peligroso en un contexto social vulnerable ante el mismo". (Cardona, 2008).

Amenaza

Suarez (1998), señala que amenaza es una condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Una descripción de amenazas a deslizamientos debe incluir las características de estos, el volumen o áreas de los movimientos, las profundidades, las velocidades y su probabilidad de ocurrencia.

Amenaza también se le conoce como peligro: es la probabilidad de que un fenómeno físico potencialmente peligroso (de origen natural, socio-natural o antropogénico) se presente en un lugar específico (territorio), con una cierta intensidad (potencial de daño) y con determinada duración y frecuencia (ciclo de recurrencia). Una amenaza sólo se puede concebir como tal si el fenómeno físico tiene la potencialidad de generar daños en un contexto social determinado. La amenaza puede ser de origen natural, socio-natural y antropogénico o tecnológico. (Marrero, 2010).

Susceptibilidad

De acuerdo con González de Vallejo et al. (2002), la susceptibilidad puede definirse como la probabilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresa en diversos grados cualitativo y relativos. Dependen de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos de los propios materiales geológicos o externos.

Vulnerabilidad

Puede definirse como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos expuestos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político - institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad de la región. (Wilches, 1993).

Análisis de vulnerabilidad

Este análisis comprende dos etapas fundamentales: La identificación de escenarios de vulnerabilidad y la zonificación de la vulnerabilidad. Los escenarios de vulnerabilidad se construyen con base en los escenarios de amenaza y consisten en la identificación de los tipos de daños esperados, para lo cual se consideran variables de entrada a los elementos expuestos. (Álvarez, 2015).

Elementos expuestos

Se refiere a las personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. (Álvarez, 2015).

Procesos hidrogeomorfológicos

Denota los eventos de crecidas torrenciales con aporte significativo de sedimentos de variada granulometría, en donde destacan los flujos de detritos, flujos hiperconcentrados y flujos de lodo. (IGCRN, 2017).

Movimiento de masa

Los movimientos de masa, que resultan ser una de las variables más significativas en la aplicación de la metodología, se definen como el desplazamiento descendente de materia por la influencia directa de la gravedad González de Vallejo et al (2002). Este material se mueve a velocidades que van desde imperceptibles a muy rápidos. Casi todos los movimientos de masas resultan del desgaste de los suelos y el material rocoso suelto, que por lo regular comprenden material superficial de la corteza terrestre. Aunque la humedad puede ser un condicionante importante, el incesante efecto de la gravedad es la fuerza principal del movimiento de masa (Wicander y Monroe, 2000).

La ocurrencia de movimientos de masa amerita interpretar la dinámica de los mismos, a través de los estudios de susceptibilidad de un determinado espacio geográfico, en este caso, con el apoyo de técnicas geomáticas.

La susceptibilidad es definida como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresado en diversos grados o niveles cualitativos y relativos, siendo dependiente de los factores que controlan y condicionan la ocurrencia de los procesos que puedan ser intrínsecos de los propios materiales geológicos o externos (Ramírez, 1998; González de Vallejo et al, 2002).

Los factores condicionantes bajo análisis, permiten la evaluación de la susceptibilidad de una zona o conjunto de áreas homogéneas. Esta susceptibilidad representa el establecimiento de una relación entre los movimientos de masa observables, fruto de la acción de factores condicionantes, de evolución lenta y factores desencadenantes de variación más rápida, a lo largo de un horizonte temporal y un conjunto de factores como pendiente, litología, uso de la tierra, entre otros, que se extrapolan a las zonas sin movimientos con el objeto de evaluar su propensión a los mismos (Ayala y Corominas, 2002).

Los tipos de movimientos de masa más comunes se pueden apreciar en la Figura 4, resaltando el hecho de que los de mayor ocurrencia en el área de estudio son los deslizamientos, caídas de rocas, la reptación y los flujos.

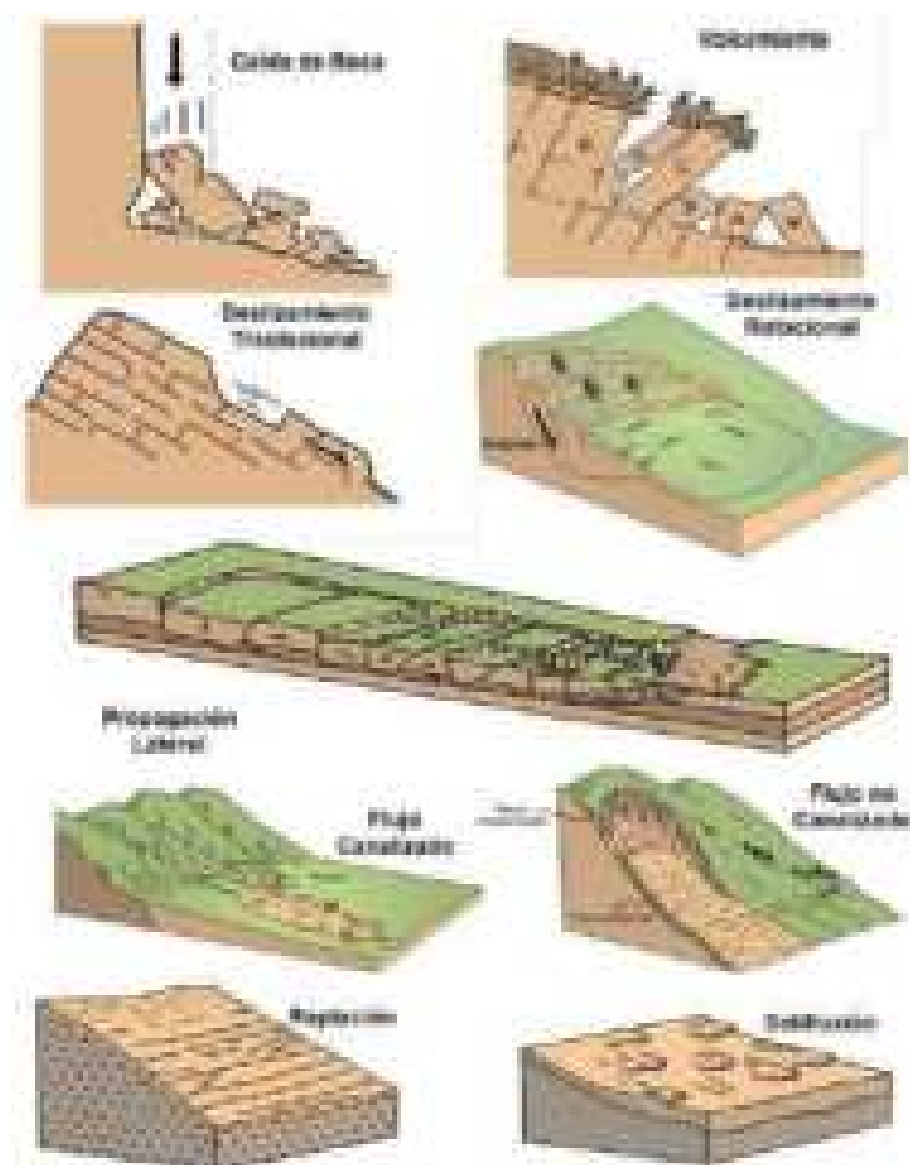


Figura 4. Tipos de movimientos de masa. Fuente: Proyecto Multinacional Andino 2007

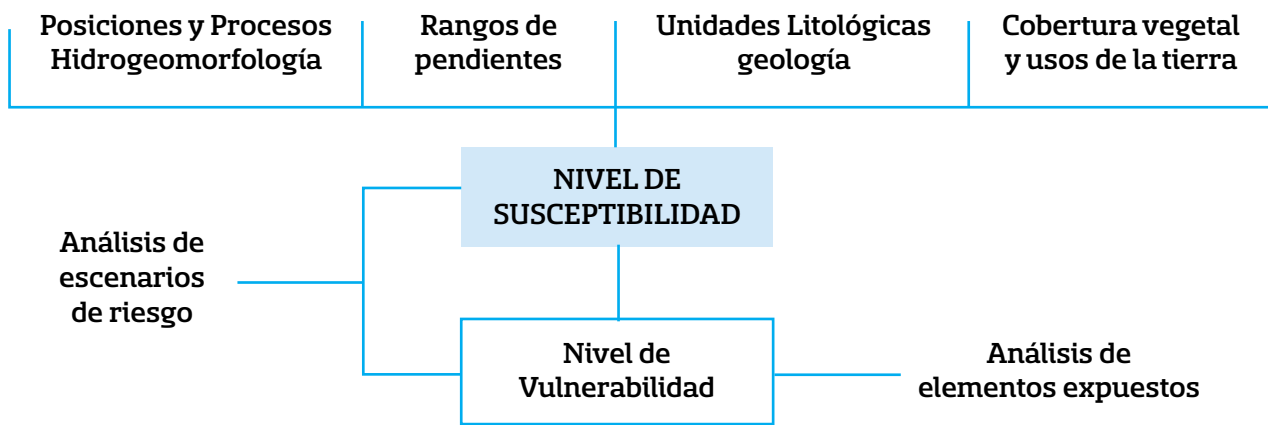
Metodología

El procedimiento metodológico se plantea en 3 fases o etapas. En primera instancia se realizó un arqueo de información que permitió seleccionar las treinta (30) cuencas hidrográficas de interés principal a nivel nacional. Para ello se utilizaron criterios basados en el análisis la cantidad y calidad de información, la existencia de bases cartográficas y aerofotogramétricas a escalas pertinentes 1:25.000 y 1:5.000, los antecedentes de eventos generadores de daños reconocidos y las condiciones de vulnerabilidad actuales.

El material cartográfico a escala urbana, al igual que la existencia de mapas que cubren las cuencas en gran proporción, permitió iniciar el procesamiento de datos con el uso de sistemas de información geográfica con la finalidad de conformar un banco de datos que capaz de ofrecer a futuro consultas dinámicas útiles a la toma de decisiones por parte de entes competentes en materia de gestión de riesgos. En segundo lugar, se procedió al proceso de: fotointerpretación de material proveniente de sensores remotos y procesamiento digital de imágenes de satélite, que ofrecen la posibilidad de analizar los escenarios de riesgos a través de la obtención de las representaciones de los niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad de las comunidades seleccionadas. En esta fase, se realizan las salidas de campo necesarias para corroborar las zonificaciones elaboradas con el uso de las geotecnologías, aprovechando para tomar registros fotográficos y coordenadas que permitan demostrar los resultados obtenidos. Finalmente, se diseñarán salidas cartográficas y análisis sobre los casos bajo estudio, con énfasis en las zonificaciones de las posiciones hidrogeomorfológicas, los niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad basada en el estudio de los elementos expuestos.

Para efectos de la estimación de la vulnerabilidad basada en los niveles de exposición, se prepararon en primera instancia los mapas de posiciones y procesos hidrogeomorfológicos, unidades litológicas y rangos de pendientes, los cuales permitirán la obtención de la zonificación de susceptibilidad que sirve de base para la superposición de los elementos expuestos considerados (construcciones, viviendas y vialidad) y de esta manera poder a través de aplicaciones geomáticas identificar niveles de vulnerabilidad ante amenazas hidrogeomorfológicas. Con estos insumos se reconocen escenarios de riesgos que son fundamentales para posteriores estudios y toma de decisiones vinculadas a la gestión de riesgos de desastres y el oportuno ordenamiento territorial.

Las interpretaciones se elaboraron a escala urbana con lo cual se dejan productos bajo plataforma de sistemas de información geográfica en formato digital que pueden ser utilizados por entes competentes en materia de vivienda, vialidad, servicios, protección civil, Ecosocialismo, planificación urbanística, entre otras.



Resultados

Teniendo claro que para el análisis del cambio climático y la ocurrencia de procesos hidromorfológicos en las cuencas hidrográficas, se han de estudiar en conjunto todos los agentes, factores o elementos físicos (clima, topografía, hidrografía, geología, geomorfología, suelos) y humanizados (actividades agrícolas y otros usos de la tierra) tanto en la red contributiva y la zona de transporte, como en la red distributiva, se analizaron las microcuencas hidrográficas y los escenarios naturales que se generan en las vertientes y zonas de depositación o acumulación densamente pobladas en las 30 cuencas hidrográficas seleccionadas en el país para estimar la cantidad de viviendas en situación de alto riesgo. Casos de estudios recientes permiten reconocer la necesidad de investigaciones que consideren el cambio y crisis climática como la base para la toma de decisiones, la planificación a través de planes de desarrollo urbano locales y a escalas que permitan diagnosticar las particularidades de cada entorno ocupado o por ocupar. Ejemplo de estos criterios se muestran a continuación para la ciudad de San Cristóbal.

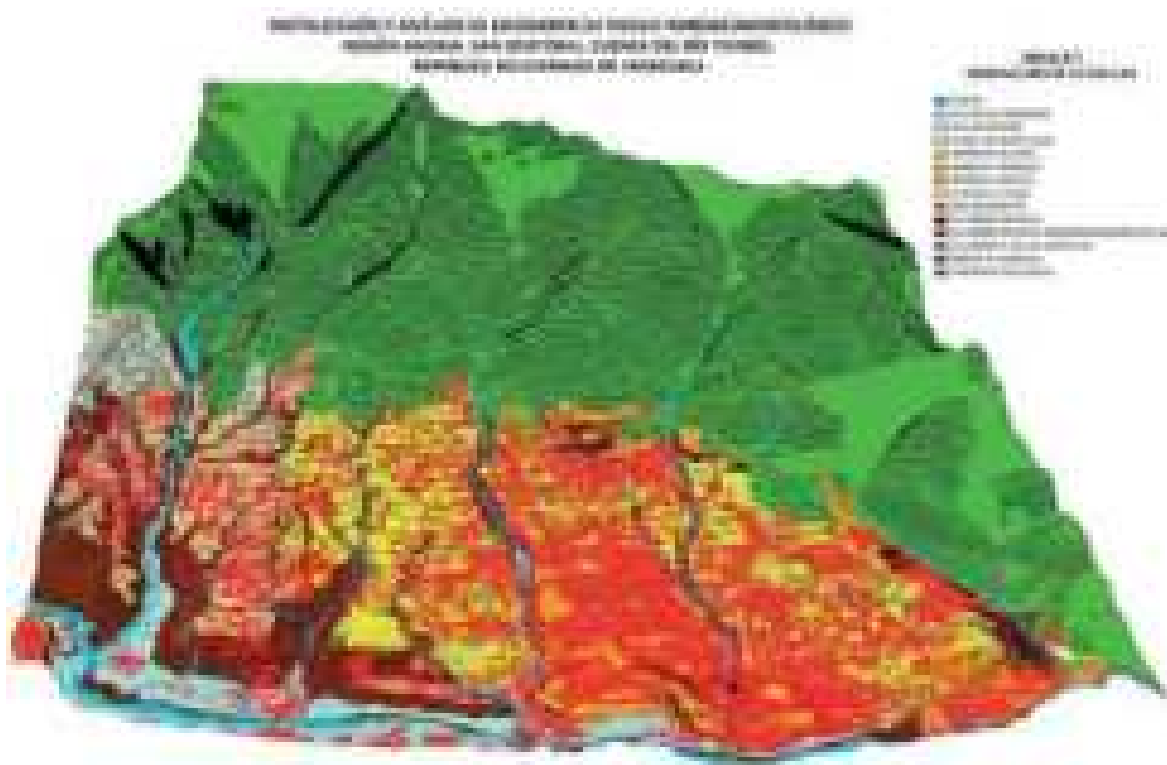


Figura 6. Zonificación de unidades hidromorfológicas de la ciudad de San Cristóbal, estado Táchira, fundamentales para la identificación de niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad.

Por otro lado, resaltan de manera muy importante, las condiciones de riesgo geológico, asociado a la dinámica de los Sistema de Fallas las cuales representan el conjunto de amenazas más importante a nivel nacional y sobre la cual gran parte de la población se pudiera ver afectada y cuyas complicaciones con escenario de riesgo de cambio climático complejizan las actuaciones de las instituciones en caso de emergencias o desastres.

Para el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC) y el Observatorio Nacional para la Crisis Climática (ONCC), es común escuchar que un río se desbordó, que se originó un deslizamiento en la vertiente, que existieron represamientos naturales en fechas pasadas y que las amenazas están presentes en todas las regiones en situación de riesgos, principalmente a causa de movimientos de masa y a los periodos de lluvia que ocasionan crecidas torrenciales, desbordamientos e inundaciones. Igualmente, son las comunidades en muchos casos responsables del comportamiento de los procesos y de la estabilidad de las vertientes, ya sea por el uso que se le esté dando al suelo o simplemente por emplazar y urbanizar las zonas de la red distributiva y contributiva de las cuencas hidrográficas de forma inadecuada, sin planificación u ordenamiento territorial o en casos específicos en donde la zonificación requiere actualización como es el caso de los planes de desarrollo urbano local.

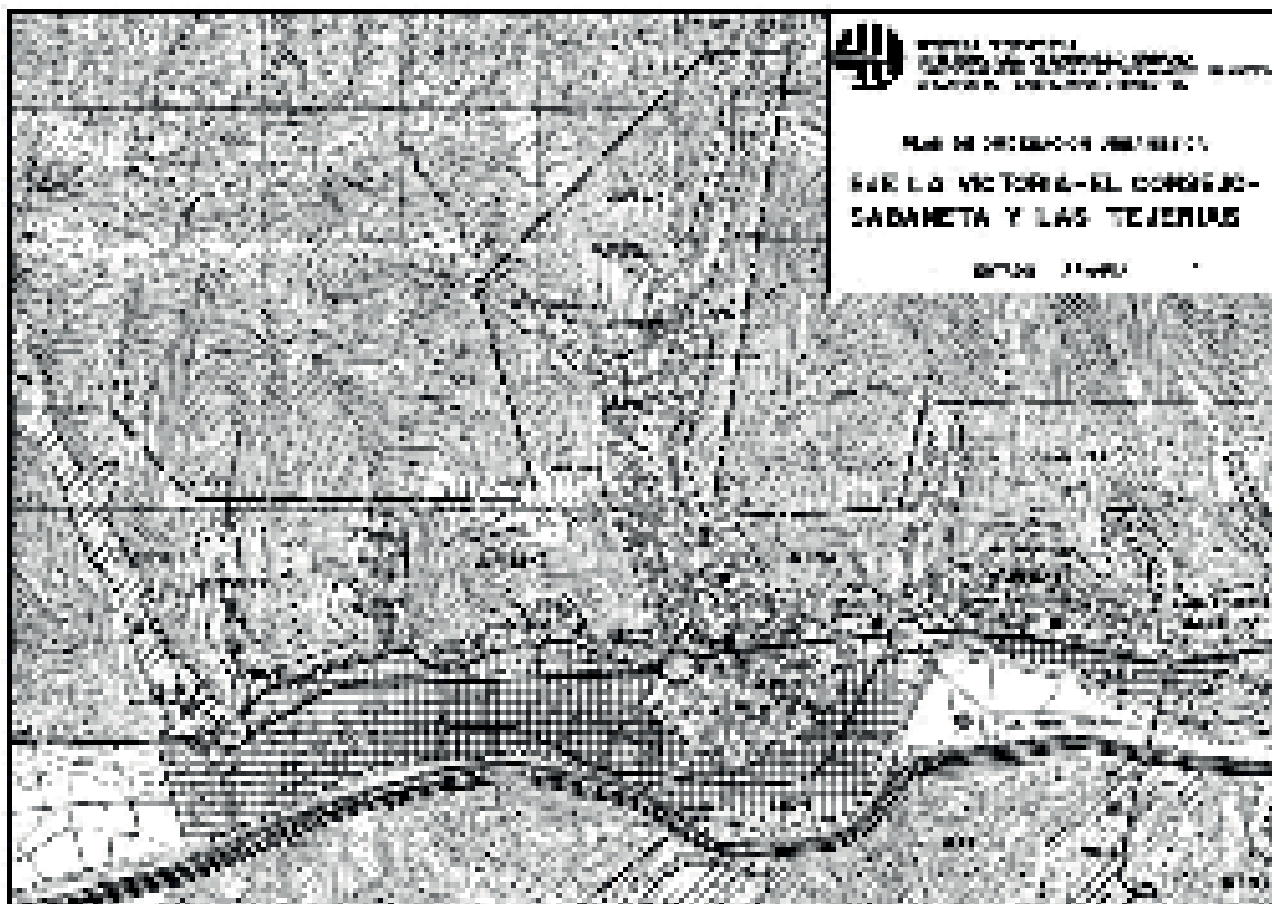


Figura 7. Extracto del Plan de Ordenación Urbanística del Eje La Victoria – El Consejo – Sabaneta y Las Tejerías.
(fuente de la imagen falta)

En cuanto a los procesos que pueden estar activos dentro de las cuencas hidrográficas como unidad mínima de estudio en la crisis climática, se puede decir que estos son responsables de la dinámica de las geoformas (abanicos aluviales y conos de deyección) presentes en los fondos de valle y las manifestaciones físicas relacionadas con movimientos de masa (avalanchas de detritos, flujos de detritos, flujos de barro, deslizamientos, derrumbes y represamientos naturales, entre otros), que mantienen y dinamizan las actividades que ocupan al MINEC y sus direcciones estratégicas como es el caso del ONCC.

Igualmente, dentro del diagnóstico y análisis de la crisis climática y el Ecosocialismo, es importante tener en cuenta que los procesos dentro de nuestros sistemas hidrológicos, tienen relación con algún desequilibrio o desestabilización de las vertientes, que responden a condicionantes y detonantes físico-naturales y antrópicos, que valdría la pena detallar en Planes de Ordenación del Territorio con vinculación a la Gestión de Riesgos ante la crisis y variabilidad climática. La forma en que se dan estos procesos comienza por las condiciones de estabilidad en las laderas, que drenan hacia el cauce principal. Un ejemplo típico es la saturación de suelos, la inexistente o poca cobertura vegetal debido a la intervención, un material litológico expuesto, diaclasado, fracturado y meteorizado, un gradiente inclinado, un tipo de suelo con características arenosas a franco arenosa de excesiva permeabilidad por ejemplo o suelos arcillosos tendientes a la expansión-contracción y posiblemente a la intervención antrópica por parte de los ocupantes o usufructuarios de la tierra.

En la zona más densamente poblada del país, se presentan diversos problemas que van desde sequías que afectan la disponibilidad de agua potable y fallas en la energía hidroeléctrica hasta los eventos asociados a la inestabilidad en las cuencas y la dinámica de los procesos superficiales, correlacionados a su vez por procesos naturales de escurrimiento y movimientos de masa complejos. Es por ello que la caracterización hídrica y geomorfológica es esencial en los estudios de evolución del relieve y su ocupación territorial, ya que se puede obtener una perspectiva espacial sobre formas y depósitos y su posible relación con la litología y otros parámetros tales como: topográficos, estructurales, hidrográficos, geomorfológicos, entre otros, dentro de un marco científico sustentado por las bases del cambio climático y su relación con la distribución y características de la población y estas a su vez, dentro de la unidad básica de estudio denominada cuenca hidrográfica.



Figura 8. Zonificación hidrogeomorfológica de las microcuencas hidrográficas que drenan hacia el centro poblado de Zea, estado Mérida. Insumo fundamental para la estimación de niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad. (Fuente no está indicada)

Aunado a esta premisa, en estos espacios vulnerables se reconoce que “la anarquía tiende a apoderarse de las áreas de expansión periurbana y parte de su gente se ve en la necesidad de ocupar terrenos bajo amenazas naturales” (Méndez 2010, p. 26).

En tal sentido, se reconoce la situación del riesgo de espacios tan dinámicos como la región andina, el eje centro norte costero, las planicies aluviales y la extensa franja costera que bordea el norte del país y los ámbitos insulares, en las cuales se amerita cuantificar y evaluar las diversas situaciones de riesgo ante el cambio climático y su expresión en las variables: recurso agua potable y drenajes, condiciones hídricas, geológicas, geomorfológicas y de origen antrópico, que ameritan de estudios detallados y bajo la apertura de grandes bases de datos y levantamiento exhaustivo apegados al uso e inversión de datos geospaciales y constantes levantamientos de campo, con la finalidad de planificar, ordenar y desarrollar sustentablemente el territorio.

En las vertientes de las cuencas que drenan hacia las zonas urbanas por mencionar algunas: el eje de La Guaira, Tejerías y El Castaño que recientemente generaron eventos hidrogeomorfológicos significativos con importantes pérdidas que lamentar, se presentan problemas de inestabilidad ante el cambio climático que ponderan los procesos hídricos torrenciales, sobre los desarrollos urbanos y rurales. Boletín Edición Especial N° 5 Observatorio Nacional de la Crisis Climática, 2023.

En otras palabras, las características físicas del entorno mantienen procesos activos y latentes relacionados con fenómenos hídricos y geomorfológicos con amenaza potencial sobre la población vulnerable, los cuales se estabilizan y se reactivan, según se comporten los agentes hidrometeorológicos - climáticos detonantes. Ejemplo de ello, son los movimientos de masa en los bordes de escarpes erosivos y en las vertientes de las microcuencas y que son la fuente de suministro para la activación de crecidas torrenciales y demás procesos hidrogeomorfológicos asociados, que afectan de manera compleja a las comunidades densamente pobladas, así como a las zonas agroproductivas y de interés estratégico de la nación.

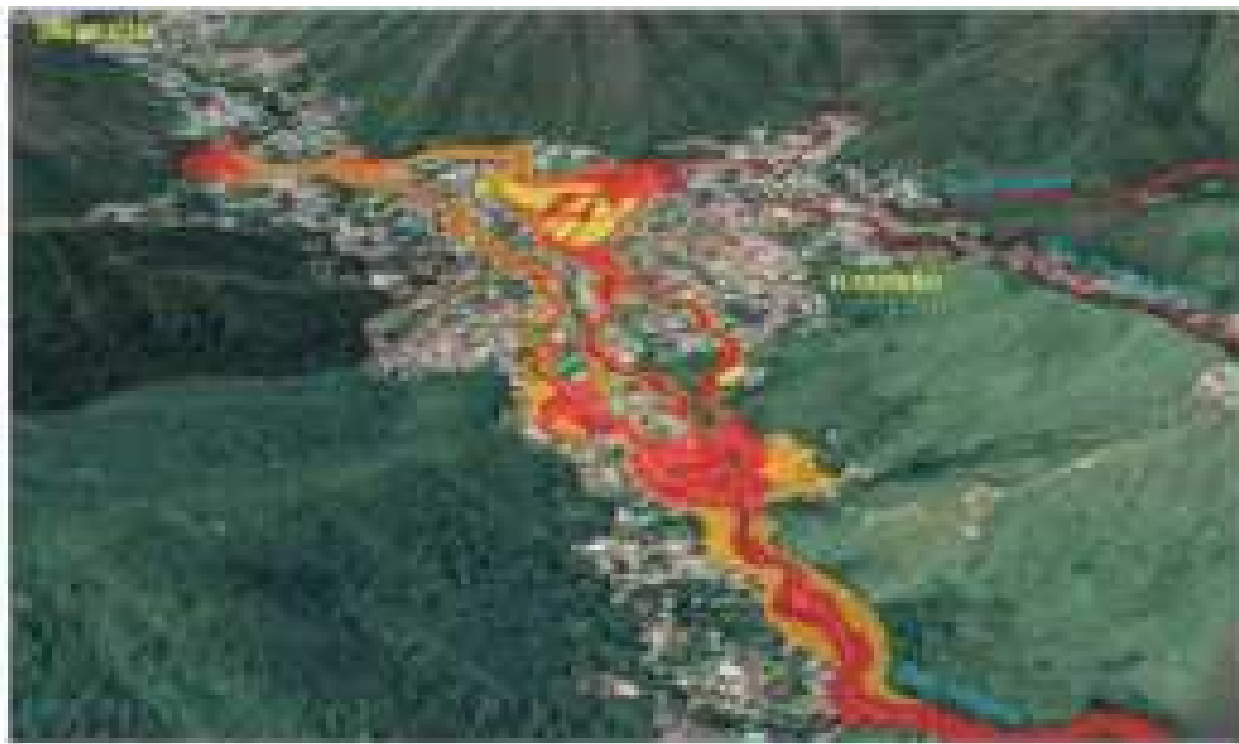


Figura 9. Manchas de crecidas torrenciales y niveles de susceptibilidad. El Castaño, estado Aragua, 2022. (No se indica la fuente de la imagen)

En otras palabras, las características físicas del entorno mantienen procesos activos y latentes relacionados con fenómenos hídricos y geomorfológicos con amenaza potencial sobre la población vulnerable, los cuales se estabilizan y se reactivan, según se comporten los agentes hidrometeorológicos - climáticos detonantes. Ejemplo de ello, son los movimientos de masa en los bordes de escarpes erosivos y en las vertientes de las microcuencas y que son la fuente de suministro para la activación de crecidas torrenciales y demás procesos hidrogeomorfológicos asociados, que afectan de manera compleja a las comunidades densamente pobladas, así como a las zonas agroproductivas y de interés estratégico de la nación.

El problema generado por los escenarios de cambio climático, no fuesen tan graves si existiera retiro prudencial entre las construcciones, el cauce de los ríos y los bordes de escarpes erosivos, o si previo a la urbanización de alguno de los abanicos aluviales, conos de deyección, vertientes y demás geoformas, se evaluaran, las posibles áreas ocupadas en cuanto a la susceptibilidad ante el devenir del avance y agravación de los fenómenos asociados al cambio climático. (Ramírez, 2014).

Del análisis cartográfico antes detallado, se desprende algunos resultados que en resumen son preocupantes y por tal motivo se sintetizan en la siguiente tabla de niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad de las construcciones y la viabilidad de los entornos y cuencas bajo estudio. La primera de estas tablas hace alusión a los totales en kilómetros cuadrados de los niveles de susceptibilidad cuantificados a nivel de las cuencas hidrográficas analizadas.

NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD Km2				
Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
135,32	524,16	59,31	94,5	13

Los 135 y 524,16 Km² bajo niveles de susceptibilidad muy alta y alta respectivamente, representan a modo de comparación una extensión superior al territorio cubierto por la Gran Caracas, lo que permite identificar una superficie realmente preocupante, si reconocemos que en este análisis sólo se evaluaron 30 cuencas hidrográficas pilotos en 20 entornos urbanos vulnerables del país, todos con antecedentes de eventos hidromeomorfológicos extremos.

NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES m ²				
Alta	Moderada	Baja	Muy Baja	Muy Baja
10.485.734,7	9.429.985,3	26.605.837,3	40.136.987,8	13

NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LA VIALIDAD Km				
Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja
347,25	950,92	709,00	1.982,57	354,33

Por su parte, el análisis de la vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad permitió estimar una importante superficie de construcciones (usos urbanos) con alta y muy alta vulnerabilidad que se estima en 13.867.931,3 m² representado por todas aquellas construcciones o parte de ellas, que se encuentran construidas en las zonas de mayor susceptibilidad, tal como se detalla en la tabla "Síntesis de criterios y características generales" mostrada a continuación. Igualmente, en el análisis cartográfico se logró estimar la longitud de los tramos viales involucrados en cada nivel de vulnerabilidad, resaltando cerca de 1.298,16 km identificados como tramos viales de muy alta y alta vulnerabilidad ante eventos hidromeomorfológicos extremos.

Síntesis de criterios y características generales para definir niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad ante la potencial ocurrencia de eventos hidromeomorfológicos en las cuencas hidrográficas venezolanas.

Niveles de susceptibilidad	Características generales
Muy Alta	Relieve extremadamente inclinado [$> 45^\circ$ ($> 100\%$)] fuertes condicionantes para la generación de movimientos de masa. Material suelo en escarpes o taludes, áreas de deposición y contactos entre depósito aluvial y vertientes-escarpes. Baja calidad relativa de las rocas aflorantes. Presencia de movimientos de masa activos. Restricciones asociadas a borde de escarpes muy inclinados e inestables. Usos de la tierra y vegetación que intervienen significativamente en la dinámica de los procesos geomorfológicos y la consecuente ocurrencia de movimientos de masa. Vertientes y escarpes en zonas de falla. Alto potencial de ocurrencia de movimientos de masa durante eventos hidrometeorológicos extremos y prolongados. Cauce de ríos y quebradas con comportamiento hídrico torrencial (flujos de detritos, aludes torrenciales, desbordamientos, inundaciones, procesos erosivos). Consideraciones importantes: Se corresponde con zonas de muy alta susceptibilidad y vulnerabilidad en las comunidades ante la ocurrencia de movimientos de masa en laderas y ante crecidas torrenciales asociadas al aporte de material detrítico de variada granulometría, desde cantos rodados hasta megaclastos (rocas de variado tamaño), proveniente de las áreas de vertientes y escarpes erosivos. Se incluyen complejos procesos erosivos y de socavación hídrica de fondo y de márgenes de los cursos de agua, que pueden desestabilizar las posiciones geomorfológicas de vertientes, taludes y zonas de desbordes. Sugerencias prácticas: Se recomienda realizar monitoreo constante en periodos lluviosos o eventos de fuertes precipitaciones. Establecer sistemas de alerta temprana comunitarios que contemplen el uso de limnímetros o reglas graduadas con señalización en secciones de puentes o muros laterales, con el uso de colores y figuras que sean de fácil percepción para las comunidades y que les permita reconocer el nivel de muy alto peligro. Establecer simulacros de desalojos preventivos e identificar rutas y zonas seguras, para concentrar a la población en caso de eventos extremos. Difundir estrategias de índole educativas-comunitarias, para dar a conocer las acciones a considerar en momentos de activación de alertas tempranas, ante eventos hidrogeomorfológicos de gran magnitud, que permitan enseñar a las poblaciones involucradas sobre el nivel de peligro al que están expuestos. Orientación para organismos en materia de ordenamiento territorial y permisos para la construcción: Muy fuertes restricciones para su ocupación, todo uso residencial e instalaciones esenciales debe ser alertado o reubicado.

Relieve muy inclinado entre [30–45 ° (58–100 %)]. Roca blanda poco resistente. Áreas inmediatas a los procesos geomorfológicos activos. Restricciones asociadas a borde de escarpes inclinados e inestables. Usos de la tierra y vegetación que intervienen relativamente en la dinámica de los procesos geomorfológicos. Consecuente ocurrencia de movimientos de masa. Vertientes en zonas de falla. Zonas inmediatas a cauces de cursos de agua (quebradas o ríos).

Consideraciones importantes:

Son consideradas zonas de alta susceptibilidad y vulnerabilidad en las comunidades, propensas a sufrir daños por movimientos de masa de dimensiones considerables en laderas y escarpes erosivos, que rebasan o superan los umbrales que caracterizan las zonas de muy alta susceptibilidad. Se corresponden con zonas inmediatas a las cicatrices de ruptura de las masas deslizadas y lugares de deposición de los materiales coluviales. Se suman los cauces excepcionales y paleocauces, que en algunas ocasiones se corresponden con áreas susceptibles a desbordamientos por aumento de caudal y sitios de obturación (represamiento) y avulsión (desbordamiento). Estas zonas se encuentran bordeando las zonas de muy alta susceptibilidad y vulnerabilidad.

Sugerencias prácticas:

No ocupar las secciones críticas de desborde ni las zonas colindantes a escarpes erosivos y vertientes inclinadas. Por ser zonas propensas a eventos que superan o rebasan las zonas de mayor susceptibilidad, igualmente, la población debe ubicar las zonas de menor susceptibilidad para establecer los protocolos de actuación y desalojo previamente difundidos y practicados.

Usar los sistemas de alerta temprana establecidos para las zonas de muy alta susceptibilidad en casos de precipitaciones y crecidas excepcionales, que seguramente estarán acompañadas de aportes de detritos (rocas y sedimentos de variado tamaño) que ocuparán en similar situación éstos espacios, definidos como de alta susceptibilidad y alta vulnerabilidad.

Preparar a las comunidades ante los eventos hidromorfológicos usando como guía la zonificación establecida en el mapa, para definir el nivel de exposición particular de cada comunidad y evitar agruparlos en las zonas más críticas.

Difundir estrategias de índole educativas – comunitarias, para dar a conocer las acciones a considerar en momentos de activación de alertas tempranas ante eventos hidromorfológicos de gran magnitud, que permitan reconocer que se encuentran entre las zonas consideradas como vulnerables.

Orientación para organismos en materia de ordenamiento territorial y permisos para la construcción: Fuertes restricciones para su ocupación. Todo uso urbano dentro de estas zonas, requiere de estudios específicos para definir las condiciones de riesgo concretos a las que está expuesto.

	Relieve de pendiente moderadamente inclinada, comprendidos entre [15–30 ° (27–58 %)]. Predominio de roca blanda con intercalaciones de roca resistente. Moderados procesos geomorfológicos en ocasiones controlados por la vegetación. Posiciones geomorfológicas intermedias, medianamente retiradas de bordes de escarpes o taludes. Usos de la tierra y vegetación que no intervienen representativamente en la dinámica de los procesos hidrogeomorfológicos. Consideraciones importantes: Zonas expuestas a comportamientos hidrogeomorfológicos complejos y excepcionales, en presencia de elementos desencadenantes como por ejemplo fuertes precipitaciones y movimientos sísmicos. No son consideradas zonas realmente seguras y se requieren estudios puntuales para definir las condiciones para su uso y permanencia por parte de las comunidades. Las zonas de moderada susceptibilidad recubren o bordean las zonas de alta susceptibilidad y alta vulnerabilidad y pueden ser afectadas de manera indirecta en caso de ocurrir procesos hidrogeomorfológicos de gran magnitud. Este nivel de susceptibilidad y vulnerabilidad genera incertidumbre porque es difícil predecir o determinar el comportamiento tan complejo de los procesos geodinámicos externos e hidrológicos en zonas de montañas, fondos de valle y depósitos aluviales en donde la población ocupó sin retiros prudenciales o legales. Sugerencias prácticas: Reconocer que no son zonas de alta y muy alta vulnerabilidad y susceptibilidad, en tal sentido la población que ocupa estos espacios debe ubicarse espacialmente sobre el mapa e identificar la cercanía o distancia entre las zonas seguras e inseguras ante eventos hidrogeomorfológicos extremos. Identificar estas zonas como espacios de transición entre las zonas más susceptibles y aquellas que se consideran seguras desde una perspectiva hidrogeomorfológica. Por su condición de incertidumbre ante la ocurrencia de eventos que superan los escenarios normales, se debe incorporar a la población que ocupa estos espacios en las estrategias de preparación y respuesta comunitarias y sistemas de alerta temprana. Orientación para organismos en materia de ordenamiento territorial y permisos para la construcción: Restricciones considerables para su ocupación que ameritan evaluación geotécnica e hidrológica específicas.
Moderada	

Baja

Relieve poco inclinado con rangos entre [5-15 ° (9-27 %)]. Predominio de roca masiva resistente con intercalación de rocas menos resistentes. Áreas retiradas de escarpes o taludes y de superficies de ruptura o fallas, con pocas posibilidades de ocurrencia de movimientos de masa y sin presencia de procesos geomorfológicos activos o latentes. Posiciones del relieve medias y superiores de los fondos de valle y depósitos aluviales. En ocasiones cubierta de vegetación arbórea abundante, poco intervenida y con condiciones de relativa estabilización sobre las vertientes, escarpes o taludes.

Consideraciones importantes:

Las zonas de baja susceptibilidad y baja vulnerabilidad denotan espacios seguros que no han sido afectados por eventos hidrometeorológicos o geomorfológicos históricos. Su nivel de susceptibilidad puede cambiar sólo si ocurren represamientos naturales y procesos de avulsión que permitan el desborde hacia zonas retiradas de los cursos de aguas torrenciales. En caso de ocurrir escenarios excepcionales estas zonas pueden verse afectadas de manera indirecta.

Consideraciones prácticas:

Realizar estudios hidrológicos a escalas detalladas, con el uso y análisis de secciones transversales a los cursos de agua con la finalidad de detallar los escenarios de riesgos que rebasan los umbrales de los eventos hidrometeorológicos normales.

Considerar obstáculos urbanos como construcciones, red vial, vegetación en los cauces y drenajes urbanos en casos de fuertes precipitaciones.

Se corresponden con posiciones geomorfológicas altas, sobresalientes y retiradas de las zonas de muy alta y alta vulnerabilidad y susceptibilidad, que no representan zonas de peligro ante crecidas torrenciales normales o excepcionales asociadas a movimientos de masa de grandes magnitudes.

Orientación para organismos en materia de ordenamiento territorial y permisos para la construcción: Pocas restricciones para su ocupación y desarrollo. Estos espacios poseen potencialidades para la construcción y consolidación del ámbito urbano.

Muy Baja	Relieve plano con gradientes inferiores a [5 ° (< 9 %)] pero sobre posiciones geomorfológicas muy altas o superiores dentro de la terraza de la ciudad de Mérida y sobre secciones sobresalientes de los abanicos aluviales. Zonas bastante retiradas de: los bordes de escarpes o taludes, de las superficies de ruptura y de vertientes con pendiente abrupta, así como distantes a zonas de contacto coluvio aluvial con presencia de movimientos de masa activos. Material sedimentario dentro de depósitos aluviales en posiciones geomorfológicas altas y estables. Usos urbanos concentrados. Algunos sitios con vegetación arborea muy abundante, sin intervención y alta condición forrajera y protectora a los agentes meteorológicos desencadenantes. Consideraciones importantes: Las zonas de muy baja susceptibilidad y muy baja vulnerabilidad se consideran espacios en los cuales las inundaciones, crecidas torrenciales y procesos de remoción en masa, no llegarían a afectar. Son zonas no expuestas ante estos tipos de procesos hidrogeomorfológicos. Consideraciones prácticas: Por considerar que estos espacios no están comprometidos ante la ocurrencia de eventos hidrogeomorfológicos, se reconoce que son los más estables, seguros y apropiados para el desarrollo y consolidación. Orientación para organismos en materia de ordenamiento territorial y permisos para la construcción: Áreas sin restricciones generales para la ocupación. Se definen como áreas con fuertes potencialidades para el uso urbano.
----------	---

Discusión

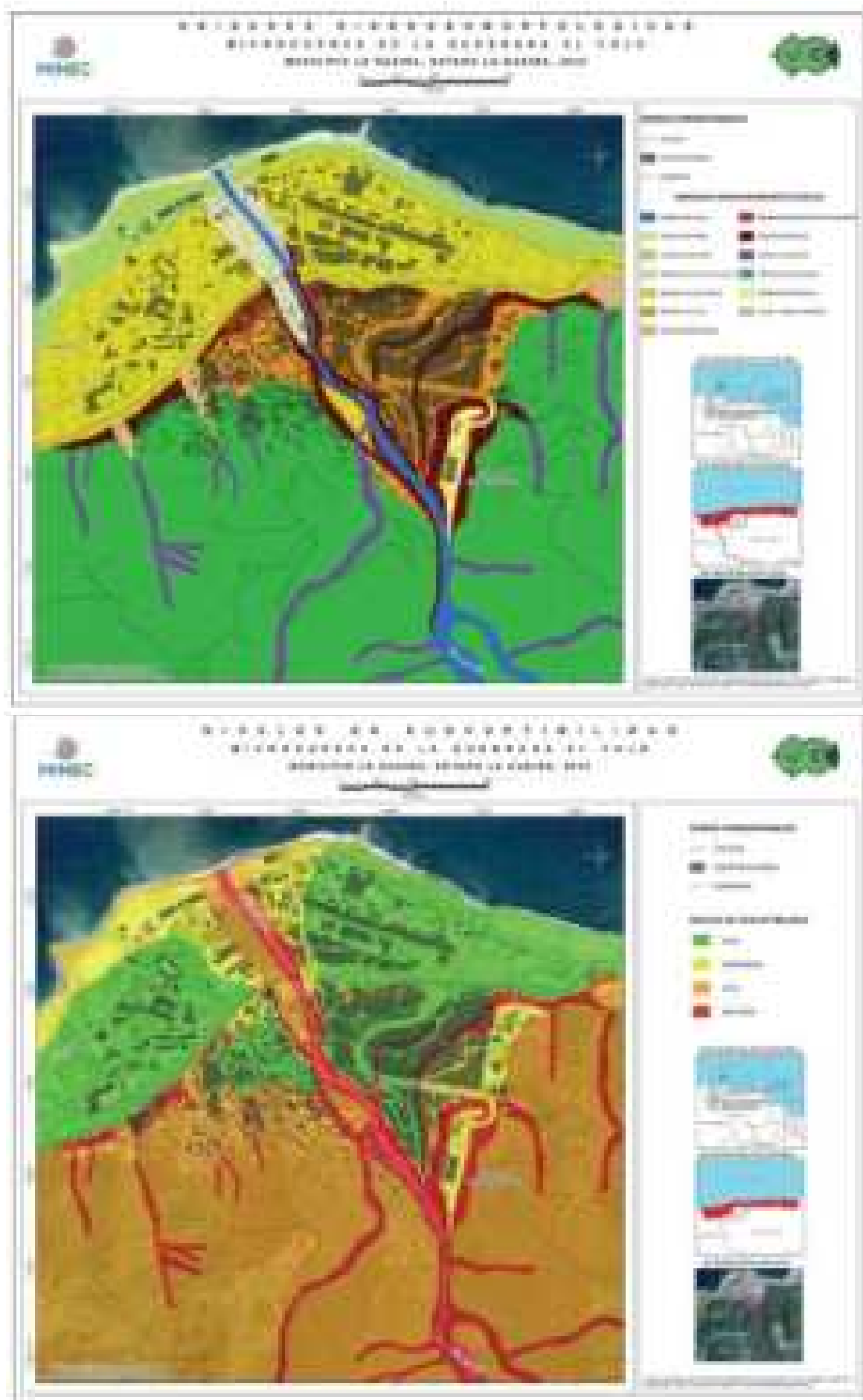
Se priorizaron las cuencas hidrográficas y comunidades a abordar, consiguiendo identificar 30 cuencas que contemplan las comunidades vulnerables distribuidas en el ámbito andino, centro norte costero e insular. Cada cuenca y comunidades inmersas dentro ellas especialmente en el ámbito de ocupación urbana en donde se concentra la vulnerabilidad humana, se trabajó progresivamente hasta conformar los resultados finales esperados y a entregar al final del proyecto. Las capas cartográficas bajo ambiente de sistemas de información geográfica, fueron creadas con la finalidad de ser alimentadas con la información producto de la interpretación y digitalización.

El banco de datos ha aumentado la cantidad de información digital a medida que se avanza en cada uno de los estudios de casos. El producto en desarrollo fue progresivo a medida que se avanzó en la georreferenciación, vectorización e interpretación de cada escenario de riesgo para posteriormente identificar los niveles de vulnerabilidad basada en los niveles de exposición de las construcciones ante los eventos hidrogeomorfológicos. Las capas digitales fueron cargadas en carpetas por separado para cada ámbito de manera que posteriormente sea de fácil acceso y edición por parte del Observatorio Nacional de la Crisis Climática.

A medida que se adelantó el desarrollo del proyecto se complementó esta interpretación con las salidas de campo correspondientes, las cuales permitieron tomar registro de las condiciones de vulnerabilidad y amenaza en las comunidades. Una vez cumplida con la superposición y obtención de resultados con el uso de sistemas de información geográfica, se realizó la reclasificación de la información cartográfica resultante. Una vez realizadas las operaciones con el uso de sistemas de información geográfica se obtuvieron los resultados en los ámbitos seleccionados.

Igualmente, tal como se mencionó con las salidas de campo se han podido tomar los datos y fotografías necesarias para interpretar los escenarios de riesgos con énfasis en los niveles de vulnerabilidad de las comunidades involucrada. El diseño y representación de los escenarios de riesgos bajo el formato del Observatorio Nacional de la Crisis Climática fue una de las últimas tareas realizadas posterior a la obtención de los resultados completos. Una vez establecido el formato de salidas cartográficas, se realizaron los mapas temáticos para cada ámbito vulnerable, que permitieron conformar el banco de datos fundamental para la toma de decisiones en materia de gestión de riesgos hidrogeomorfológicos asociados a la dinámica del cambio climático. Estos productos no solo son insumos importantes para el Observatorio Nacional de la Crisis Climática, sino también para cada comunidad vulnerable y las instituciones competentes en materia ambiental, de ordenamiento territorial y gestión de riesgos de desastres.

En cuanto a, los resultados que se entregan en formato digital, resaltan ochenta y cuatro (84) mapas alusivos a la zonificación hidrogeomorfológica, niveles de susceptibilidad y vulnerabilidad de los treinta (30) estudios de casos que cubren veinte (20) ámbitos urbanos. Estos mapas y los resultados síntesis del análisis cartográfico se presentan a continuación. Los mapas son tamaño pliego a gran formato y se adjuntan en tamaño reducido de su versión original para su presentación en el documento.



Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de la microcuenca: Quebrada El Cojo.

Del análisis cartográfico desde la perspectiva de la zonificación de escenarios de amenazas, susceptibilidad, vulnerabilidad y consecuentes riesgos, se desprenden resultados que sintetizan los resultados de manera práctica. Estos datos permiten a su vez comparar entre entornos similares y comprender la complejidad de cada realidad geográfica.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
El Cojo	Susceptibilidad Km²				
	0,24	1,16	0,2	0,54	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	20642,61	27967,83	58674,88	135532,93	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	1,39	7,3	2,52	11,28	0



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad en la microcuenca: Quebrada El Cojo.



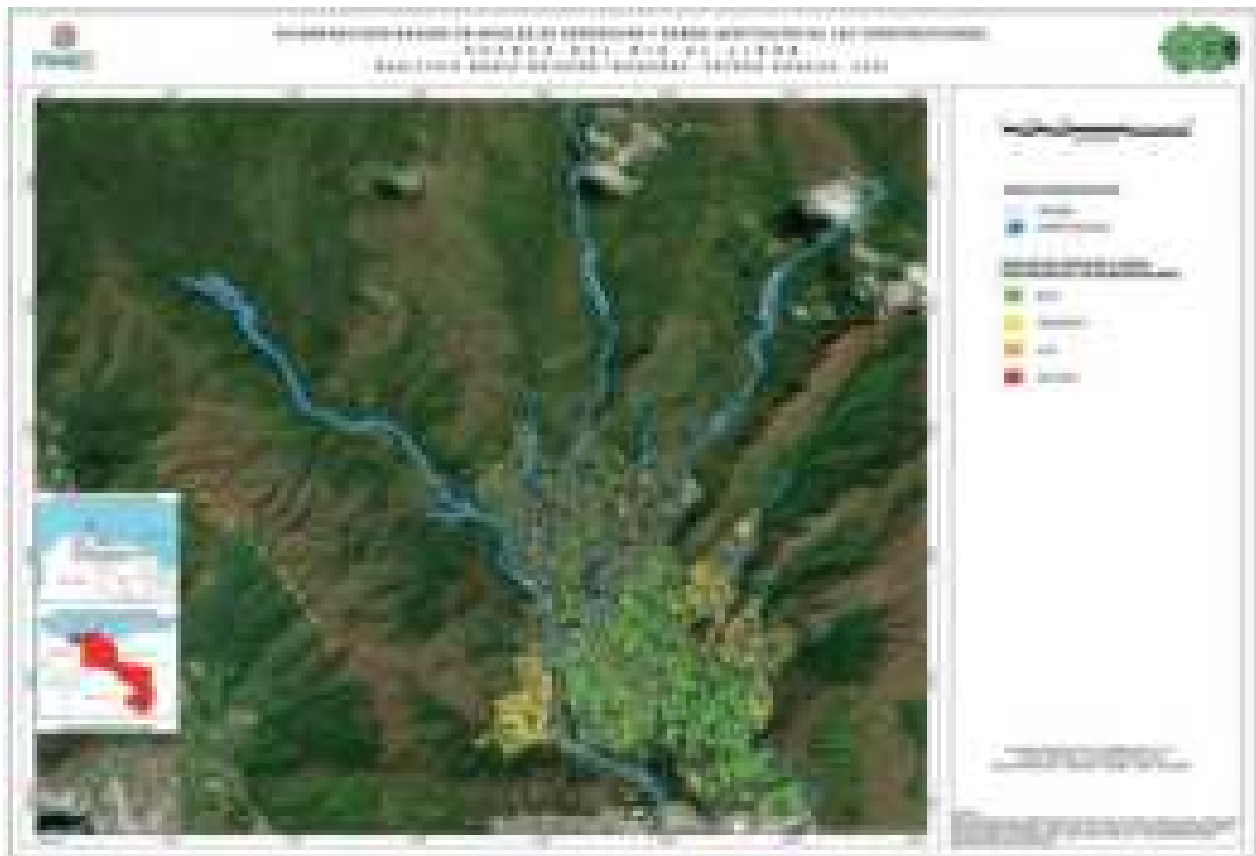
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Río El Limón, Quebradas Guamita, Corral de Piedra, Valle Verde y Manguito.



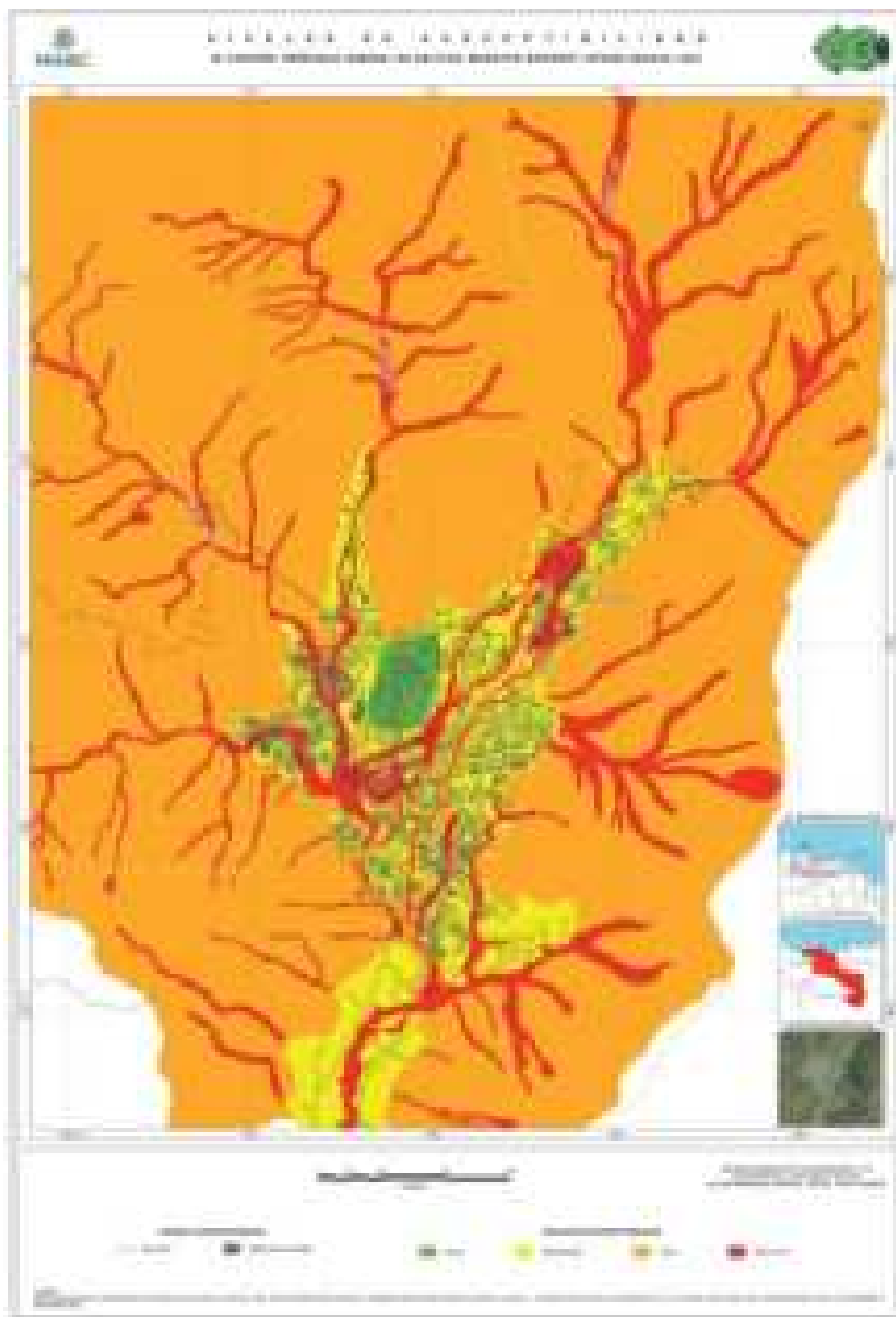


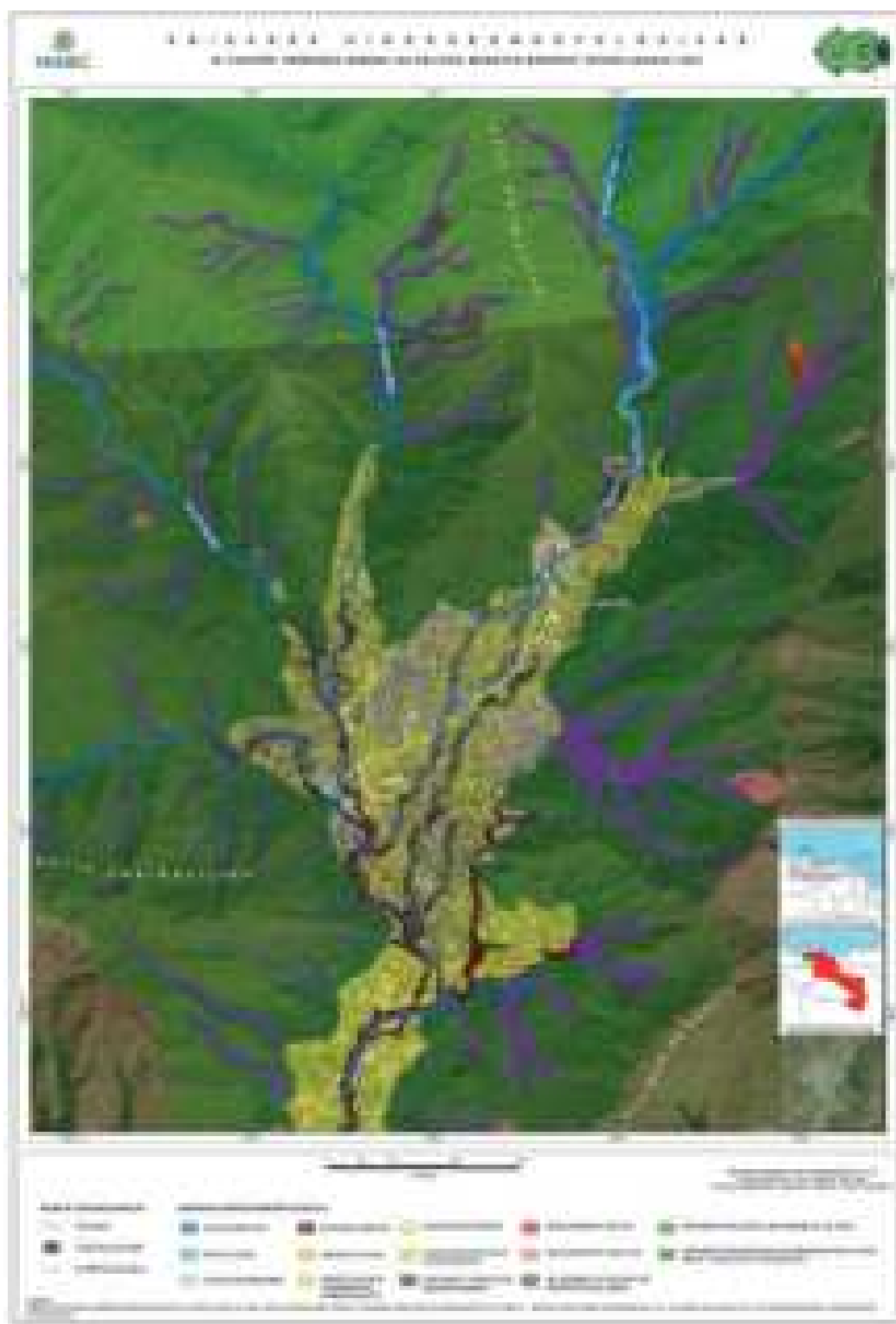
CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
El Limón Guamita Corral de Piedra Valle verde Manguito	Susceptibilidad Km²				
	6,1	40,76	1,19	3,35	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	93437,19	40751,2	502224,98	1370507,66	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	7,61	7,62	37,7	110,19	0

Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad en las microcuencas: Río El Limón, Quebradas Guamita, Corral de Piedra, Valle Verde y Manguito.

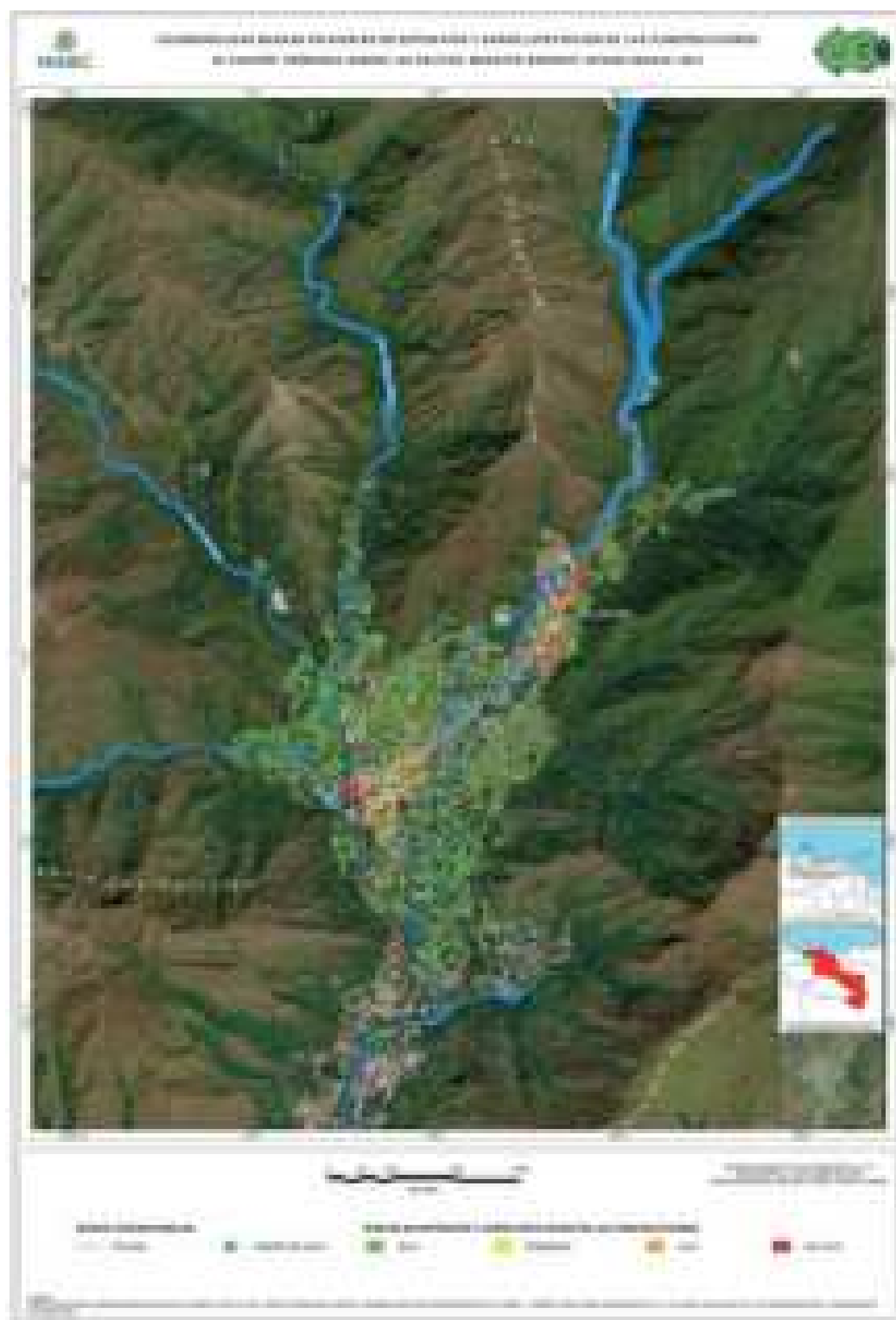


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Río El Castaño, Quebradas Planta Vieja y Palmarito.



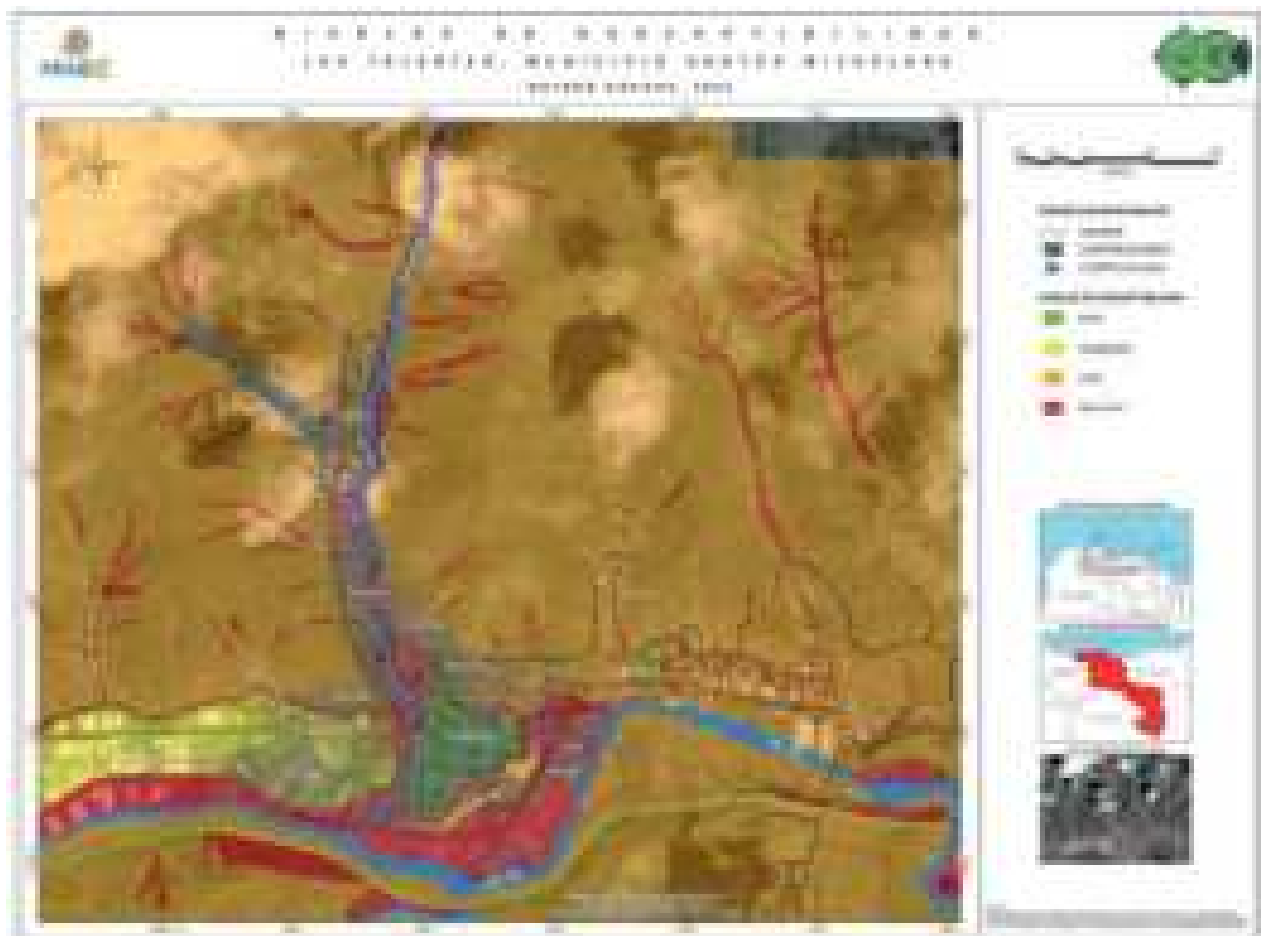
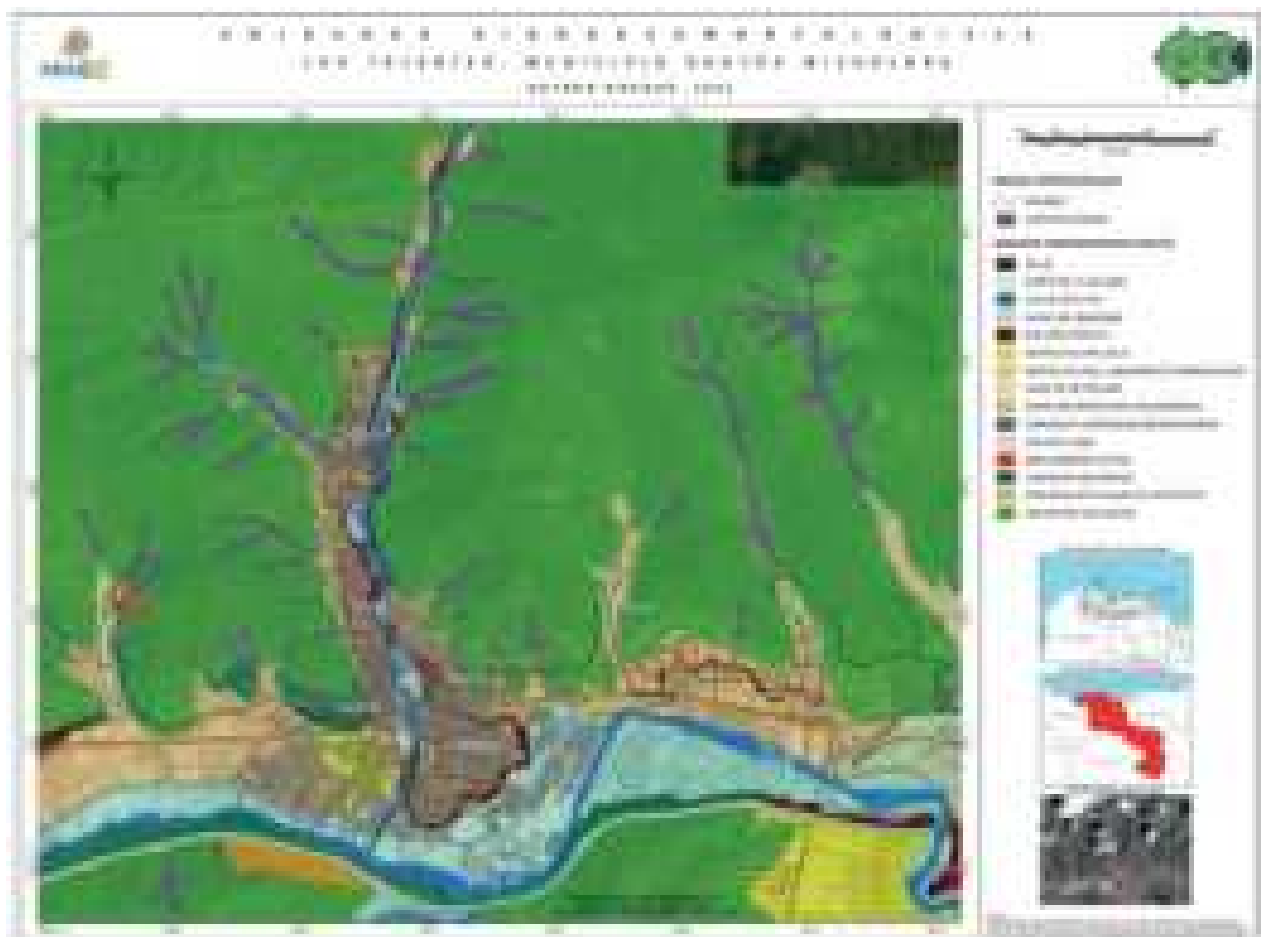


CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
El Castaño	Susceptibilidad Km²				
	3,35	37,56	2,52	0,16	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	1440,91	1190,79	660,58	11920,03	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	9,32	2,8	0,13	76,56	0





Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad en las microcuencas: Río El Castaño, Quebradas Planta Vieja y Palmarito.



Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de la microcuenca: Los Patos o Chorrerón, en Las Tejerías.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Los Patos	Susceptibilidad Km²				
	1,3	9,31	0,54	0,14	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	5264,88	7356,4	628,14	2615,96	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	20,69	41,94	13,57	6,27	0





Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad en la microcuenca: Los Patos o Chorrerón, en Las Tejerías.



Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Río Castán, Quebradas Mesa de Gallardo, Mocoy, Los Cedros y Cementerio.

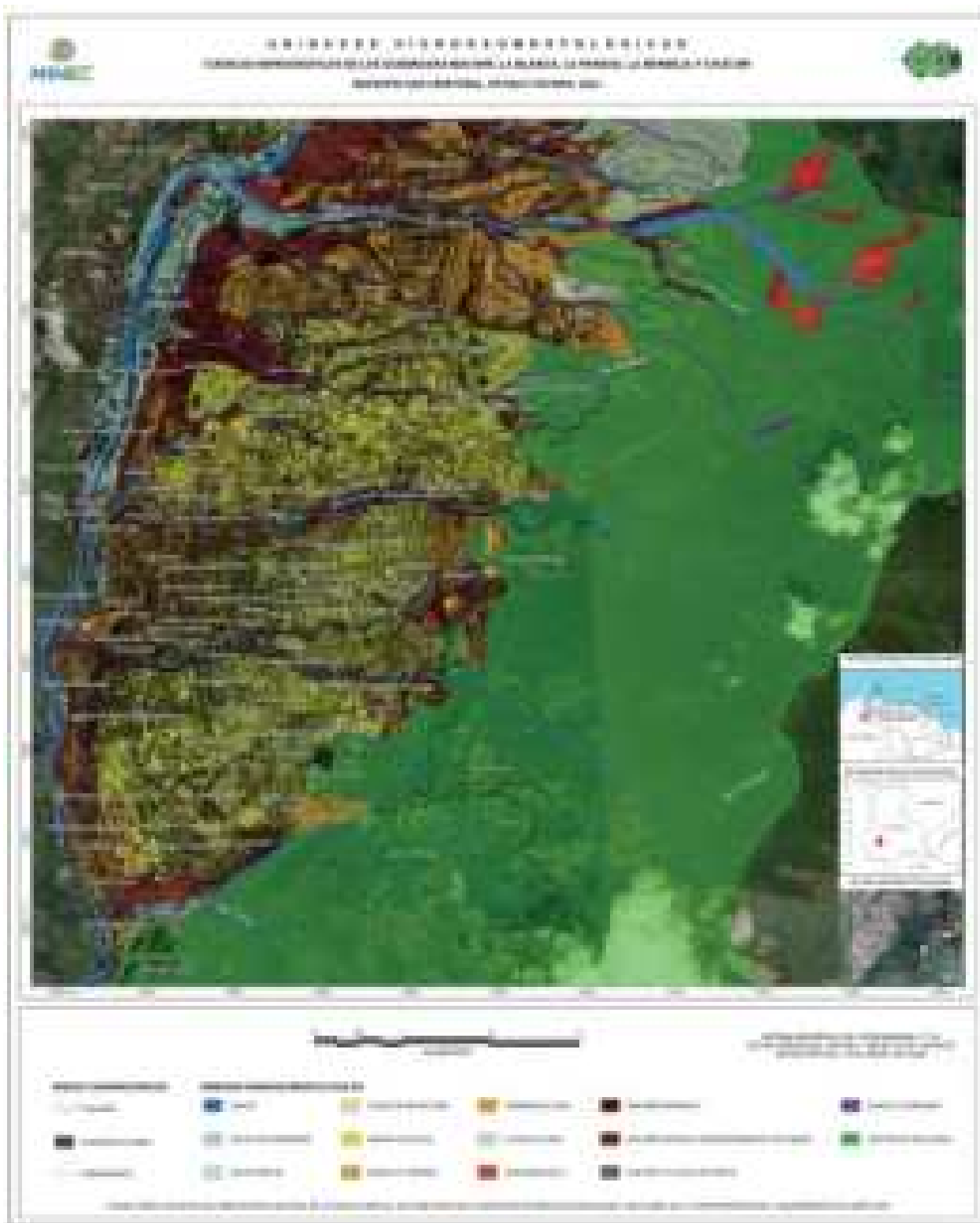
CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Mocoy Castan Cementerio Mesa de Gallardo Los Cedros	Susceptibilidad Km²				
	3,97	39,66	1,75	1,73	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	50757,24	208782,26	126707,51	120484,47	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	18,34	72,41	54,76	59,77	0





Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Río Castán, Quebradas Mesa de Gallardo, Mocoy, Los Cedros y Cementerio.



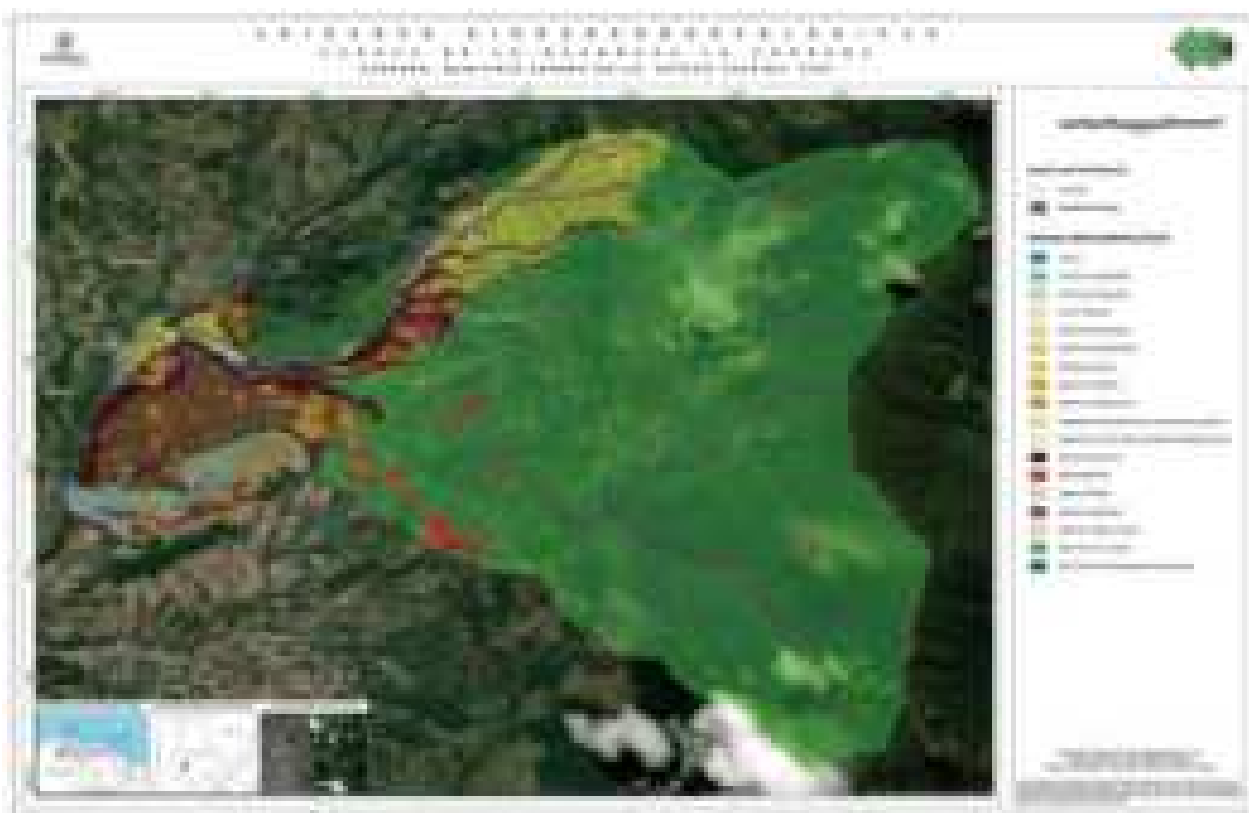


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Margen izquierda del Río Tórbes y Quebradas Michurí, La Carbonera, La Bermeja, La Parada y Machirí en la ciudad de San Cristóbal.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Michuri La Carbonera La Bermeja La Parada Machirí	Susceptibilidad Km²				
	12,13	50,04	2,8	24,44	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	250669,702	129077,648	97384,4127	511700,395	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	90,700764	140,989611	80,4497	737,891348	0

Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Margen izquierdo del Río Tórbes y Quebradas Michurí, La Carbonera, La Bermeja, La Parada y Machirí en la ciudad de San Cristóbal.



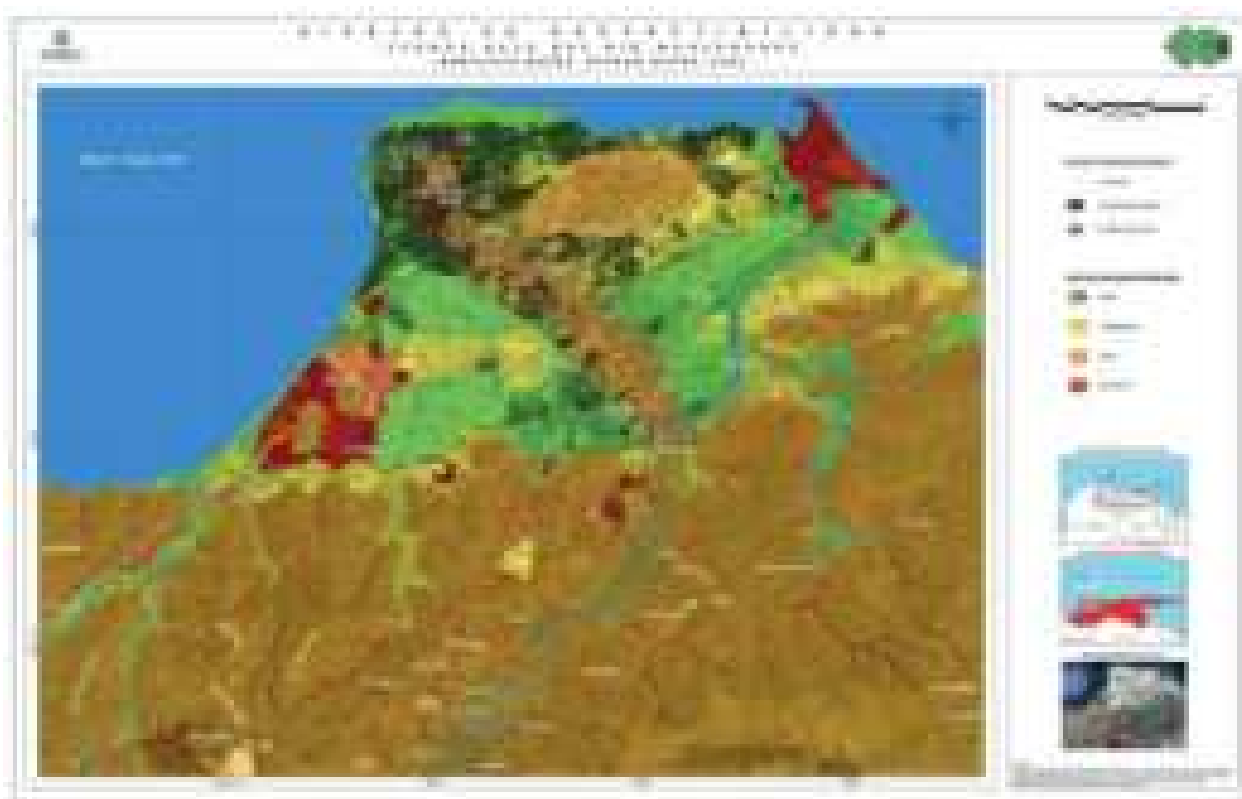


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: de las Quebradas La Cordera o La Blanca y Colorada.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
La Cordera o La Blanca y La Colorada	Susceptibilidad Km²				
	3,01	21,15	1,96	1,97	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	6910,41	4459,66	6974,01	5263,03	
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	3,67	13,67	6,94	21,95	



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: de las Quebradas La Cordera o La Blanca y Colorada.



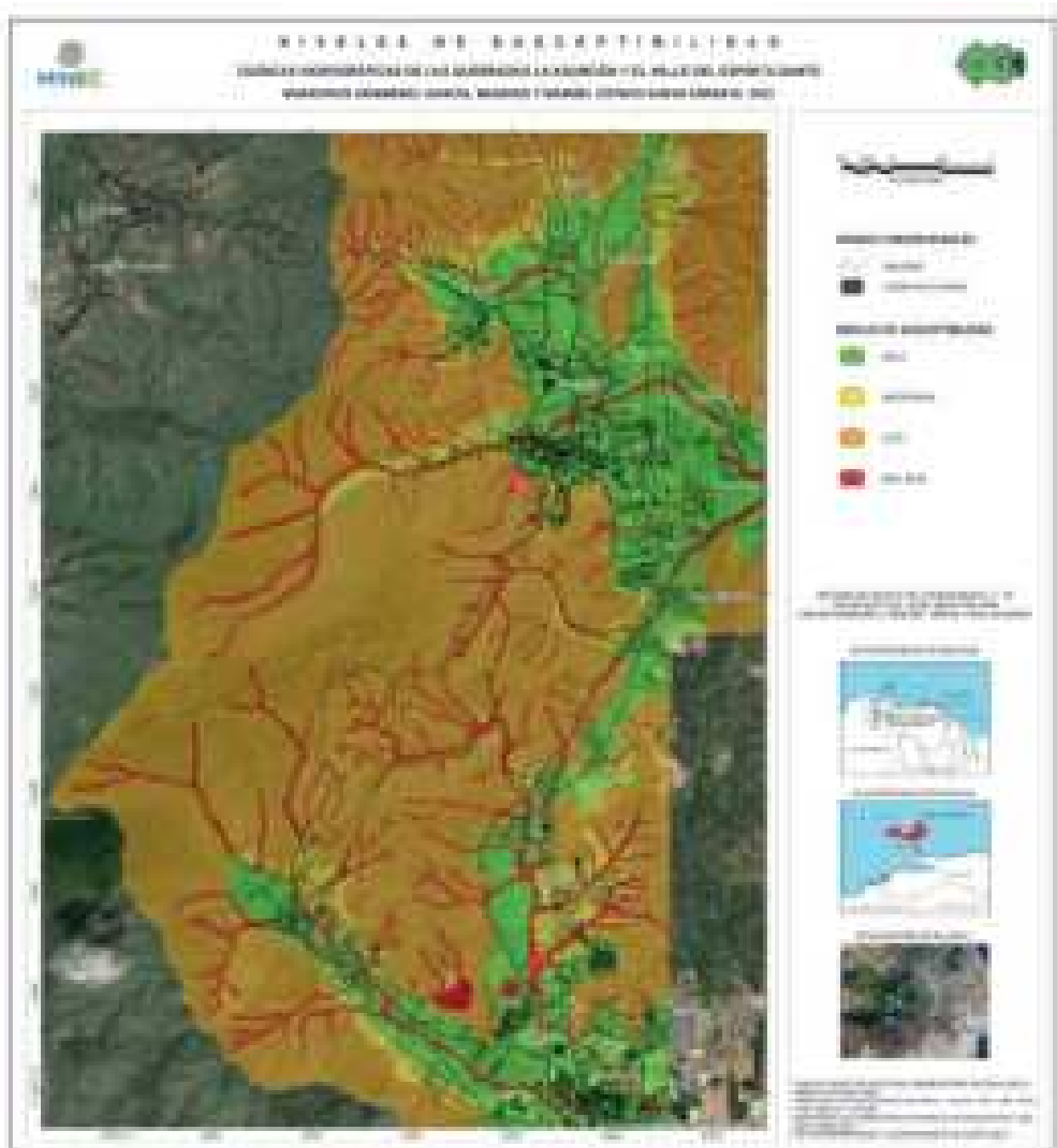
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Ríos Manzanares, Barbacoas y Cautaro, Quebradas Tumbas y La Llanada.

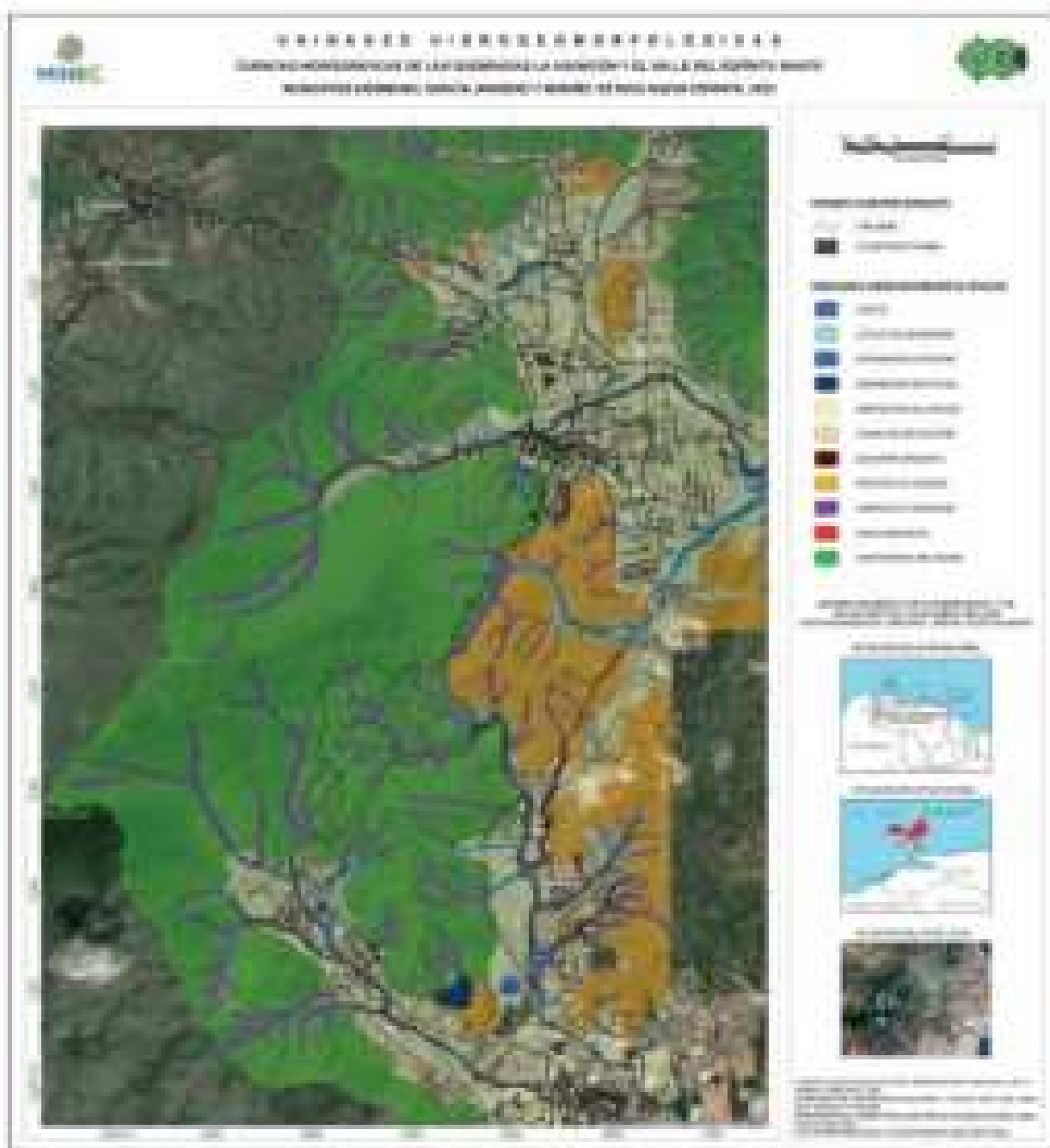
CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Manzanares Barbacoas Cautaro Tumbas La Llanada	Susceptibilidad Km²				
	12,94	121,4	21,89	28,94	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	1626,29203	23846,3866	15771,5032	19684,3096	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	20,24803	223,199129	264,10735	372,507721	0





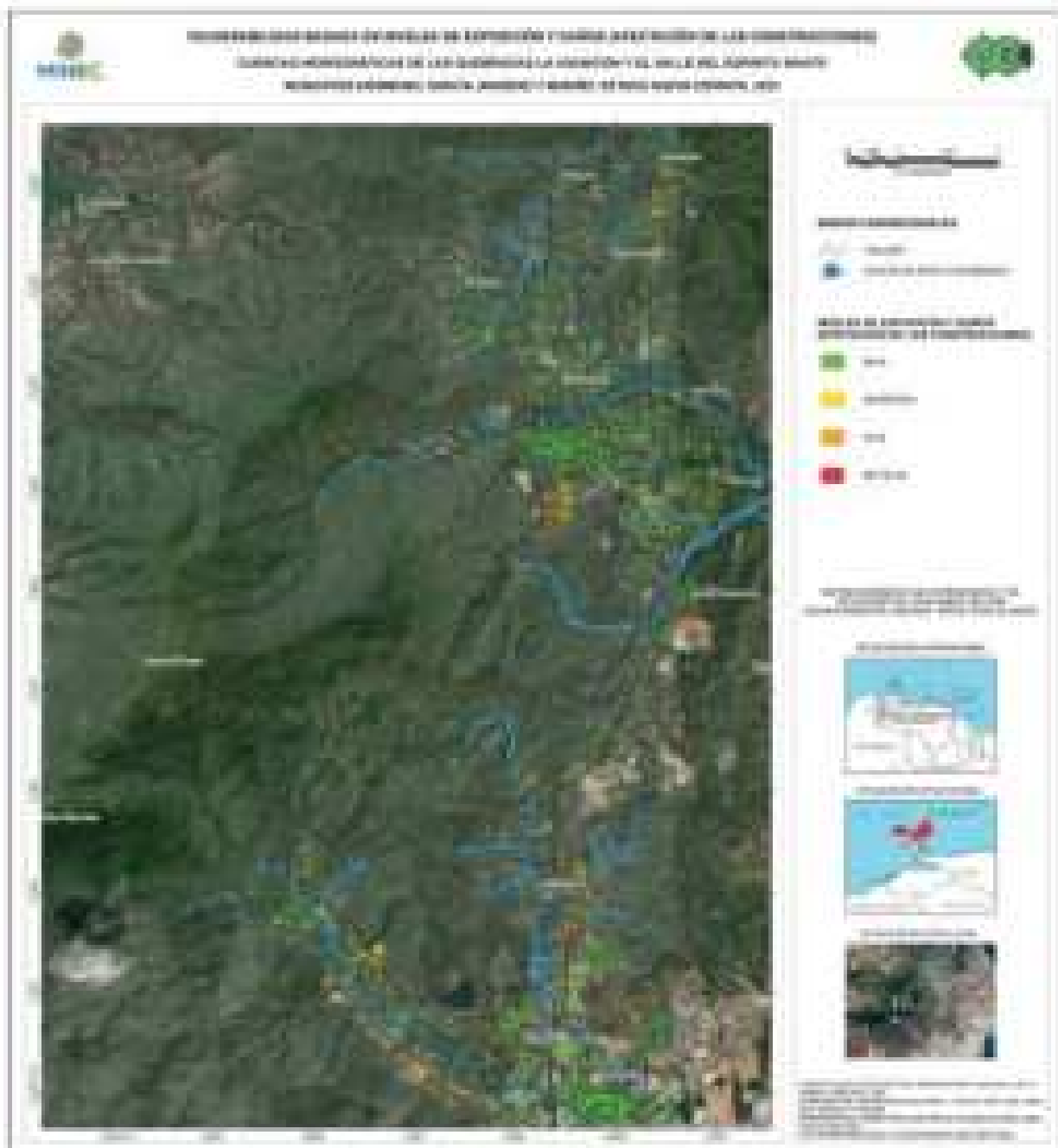
Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Ríos Manzanares, Barbacoas y Cautaro, Quebradas Tumbas y La Llanada.





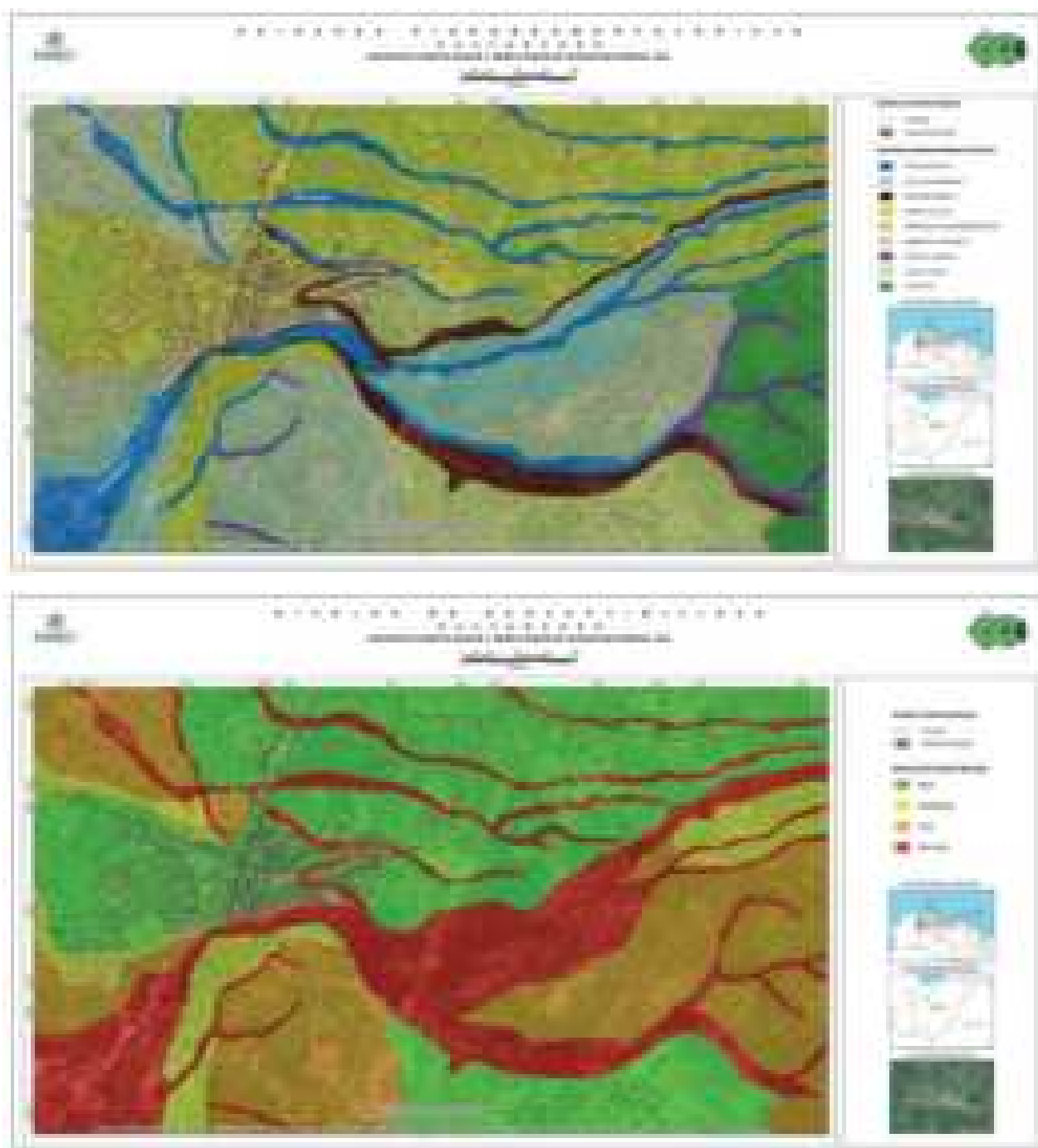
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Ríos La Asunción, Copey y Quebradas La Sierra y El Valle del Espíritu Santo.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
La Asunción El Valle del Espíritu Santo	Susceptibilidad Km²				
	5,5	30,42	3,45	12,03	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	3254,68	4743,46	10489,63	36139,8	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	24,36	56,6	61,87	255,68	0





Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Ríos La Asunción, Copey y Quebradas La Sierra y El Valle del Espíritu Santo.

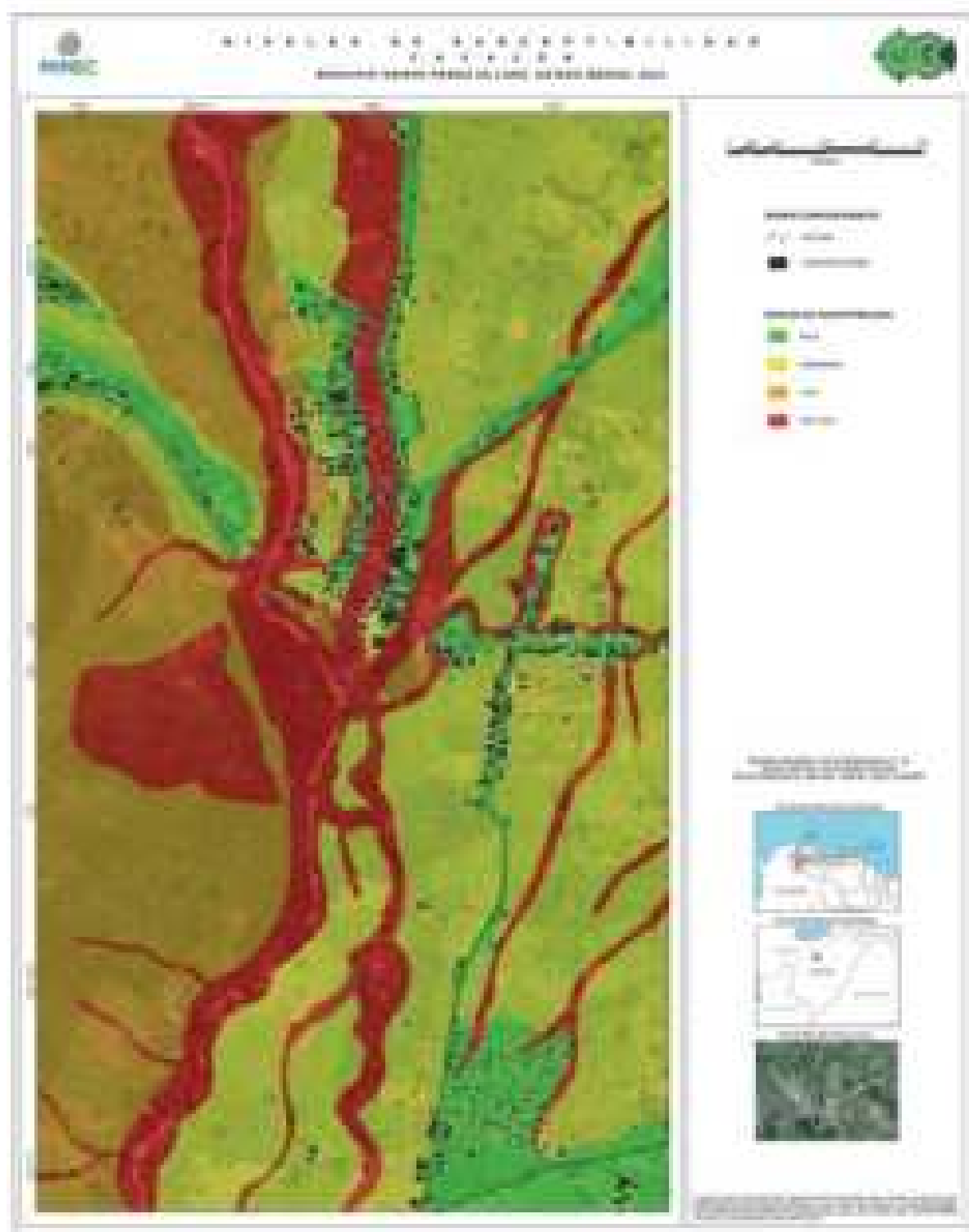


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de la microcuenca: Río Guayabones.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Guayabones	Susceptibilidad Km²				
	1,74	1,93	0,5	2,88	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	1990,37	1092,08	5653,25	10129,16	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	1,93	3,04	5,34	25,04	0



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de la microcuenca: Río Guayabones.

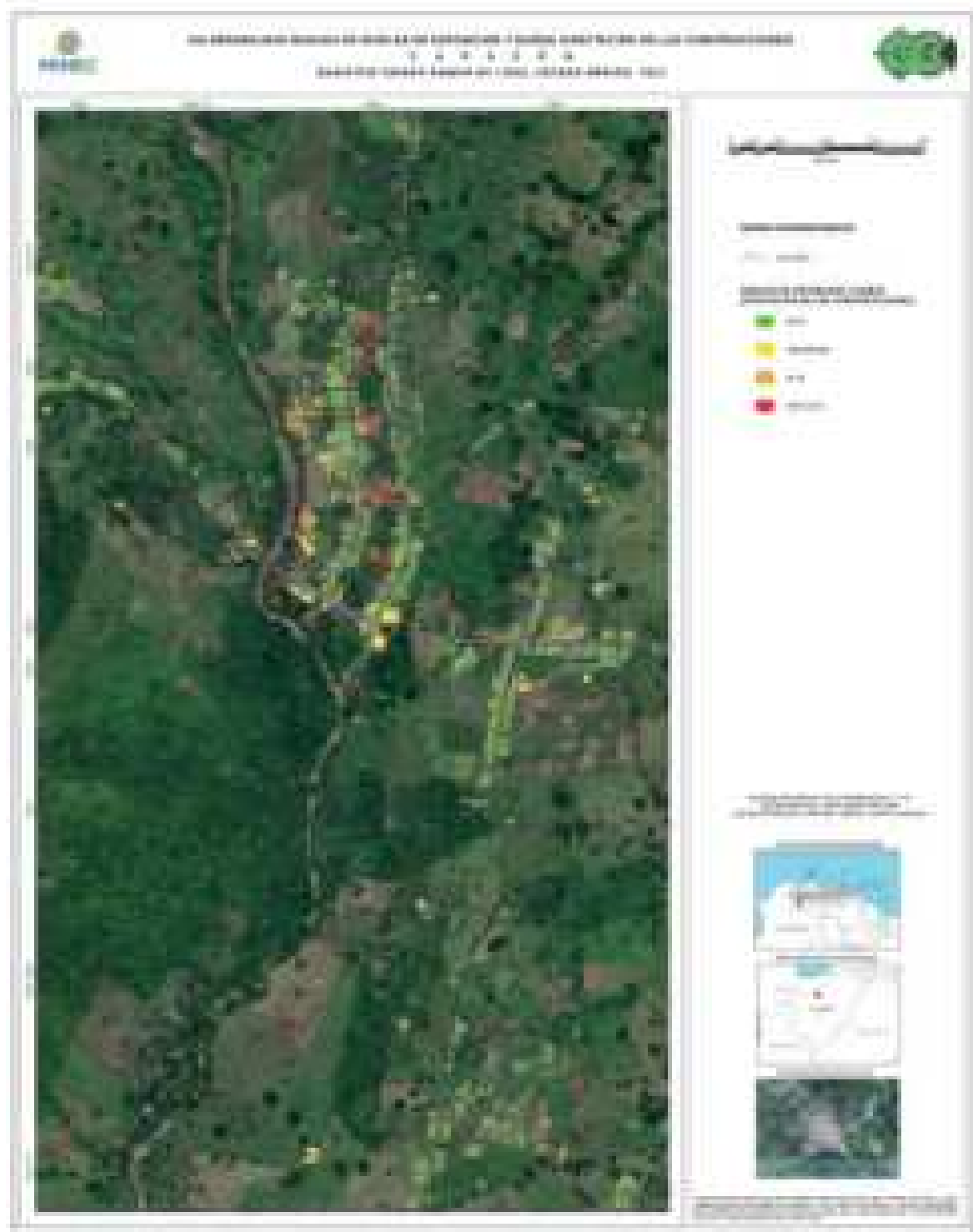


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de la microcuenca: Río Capaz, sector Capazón.



Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de la microcuenca: Río Tucaní.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Capaz	Susceptibilidad Km²				
	1,03	1,27	2,03	0,63	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	13260,63	1092,08	18649,84	84524	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	1,54	0,41	2,57	17,05	0





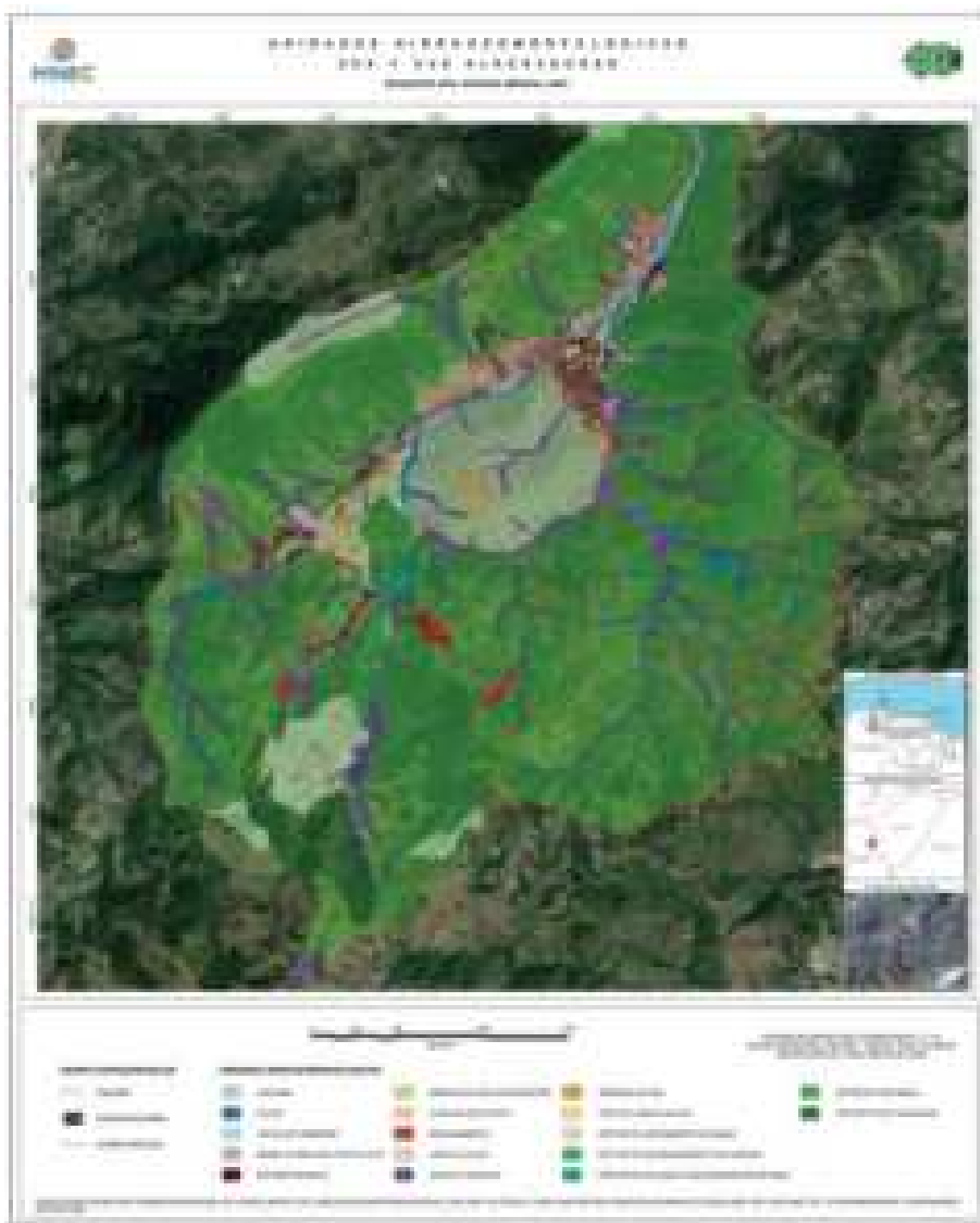
Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de la microcuenca: Río Capaz, sector Capazón.

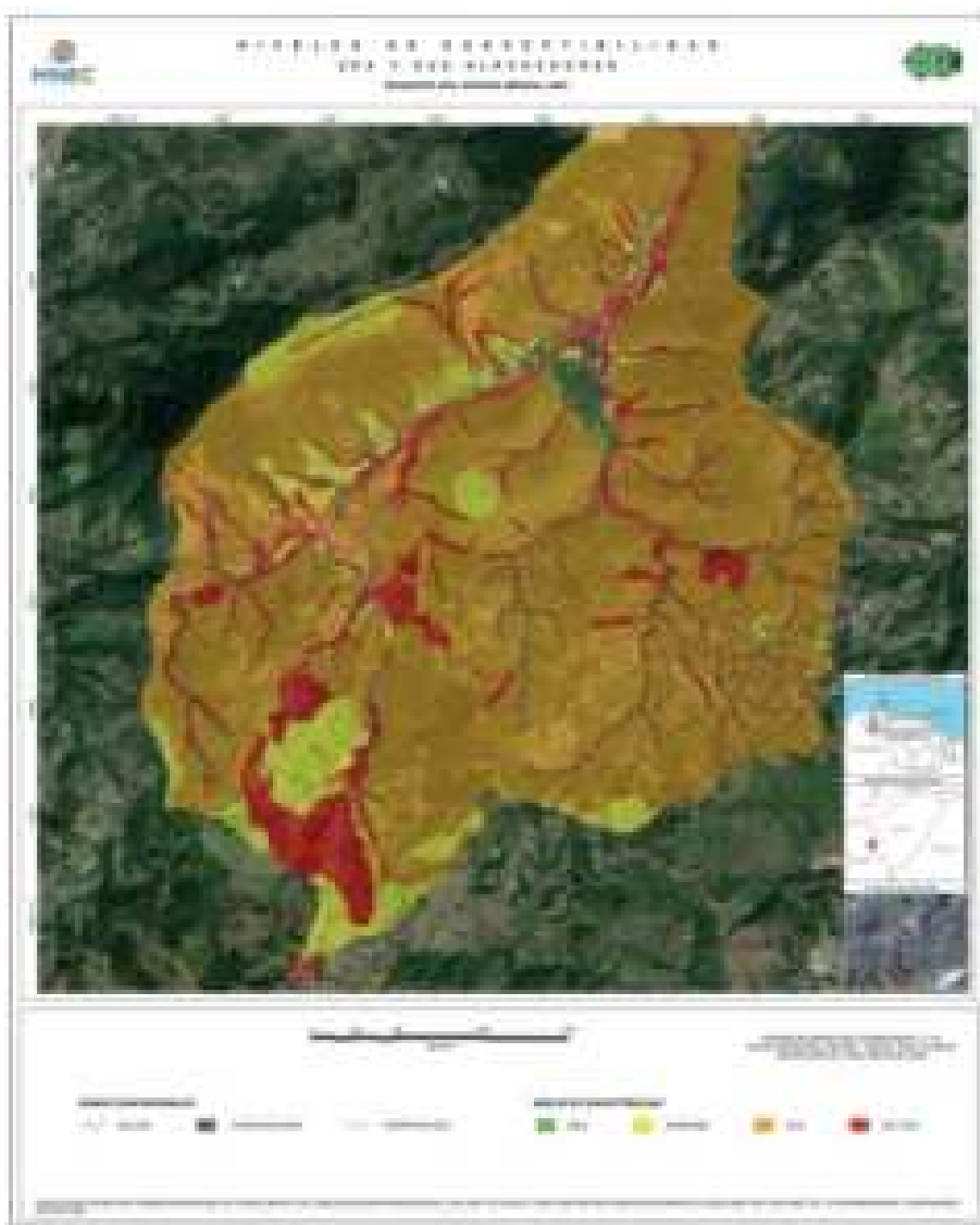




Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de la microcuenca: Río Tucaní.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Tucaní	Susceptibilidad Km²				
	2,39	0,26	1,47	245	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	4602,21	3234,34	23494,19	13618,25	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	4,21	2,82	24,79	29,62	0





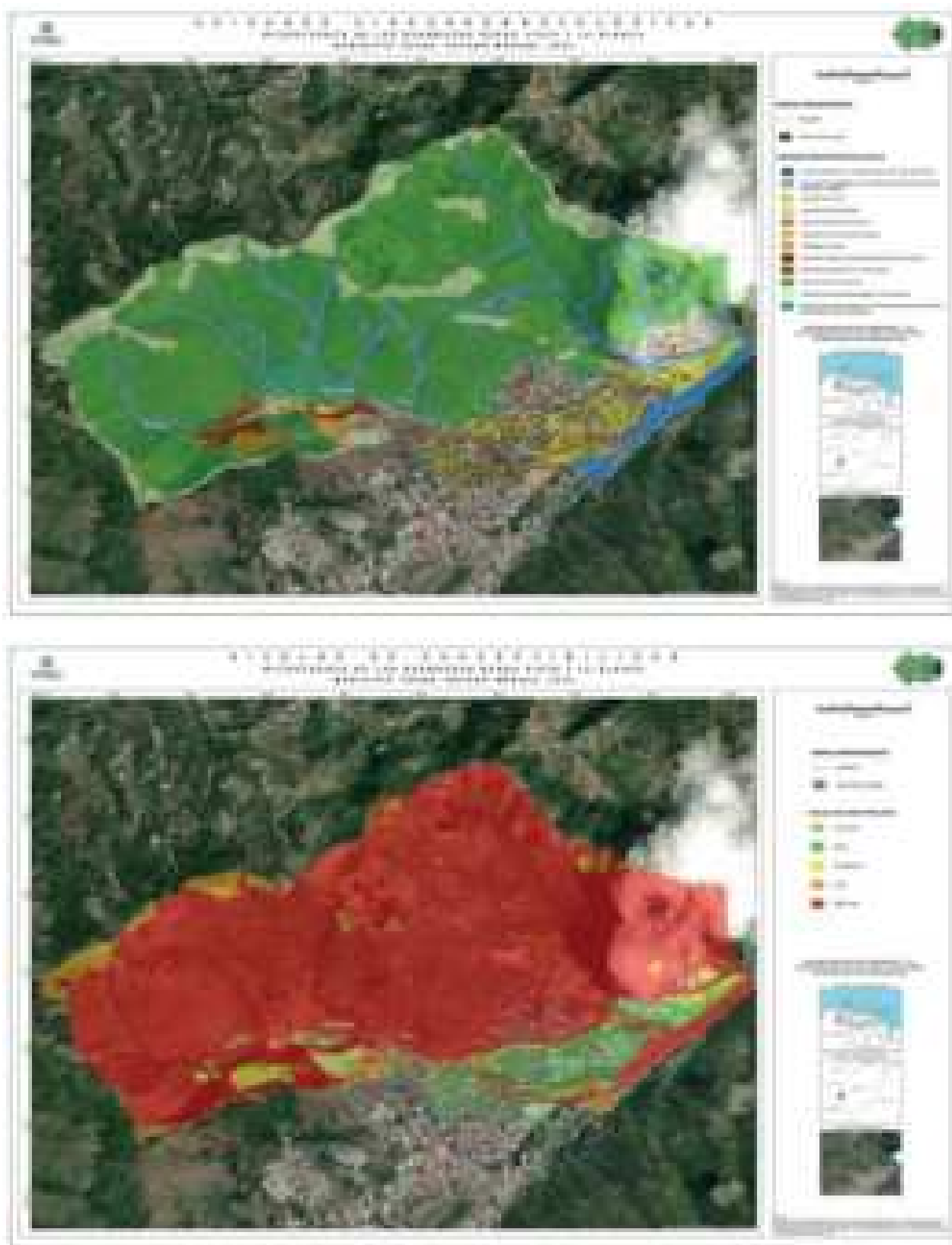
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: El Playón de Zea y Guaruríes.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
El Playón Guaruríes	Susceptibilidad Km²				
	4,47	24,89	3,25	0,29	0,58
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	7017,03	87741,68	128786,35	152993,5	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	12,12	102,1	33,64	12,4	0





Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: El Playón de Zea y Guaruríes.

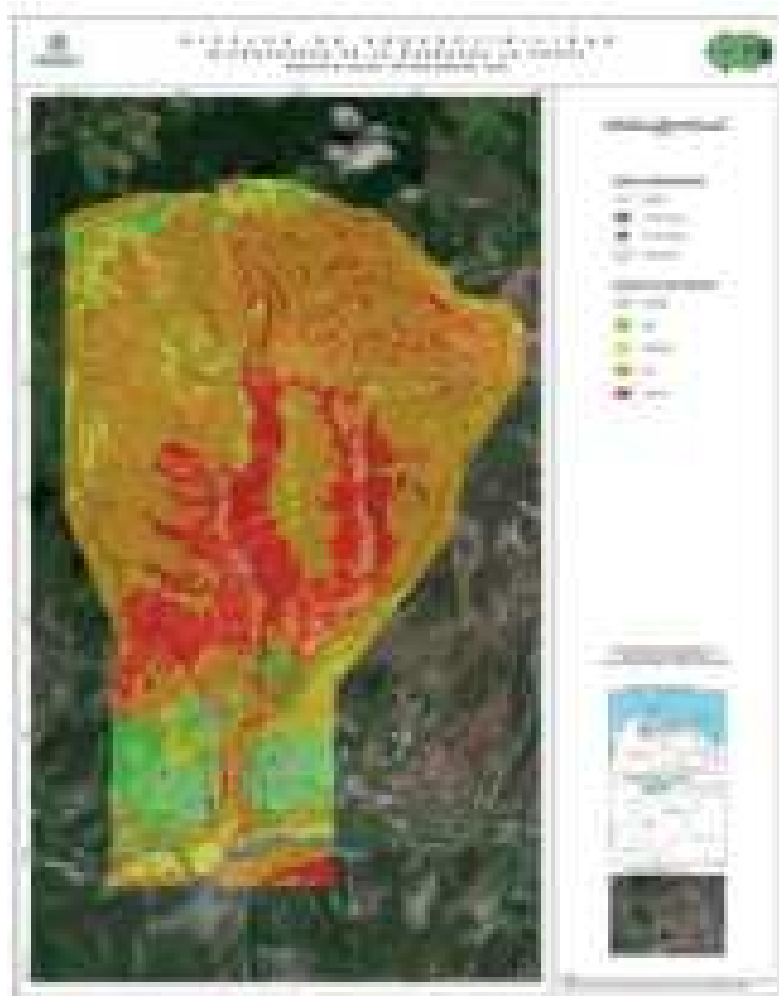


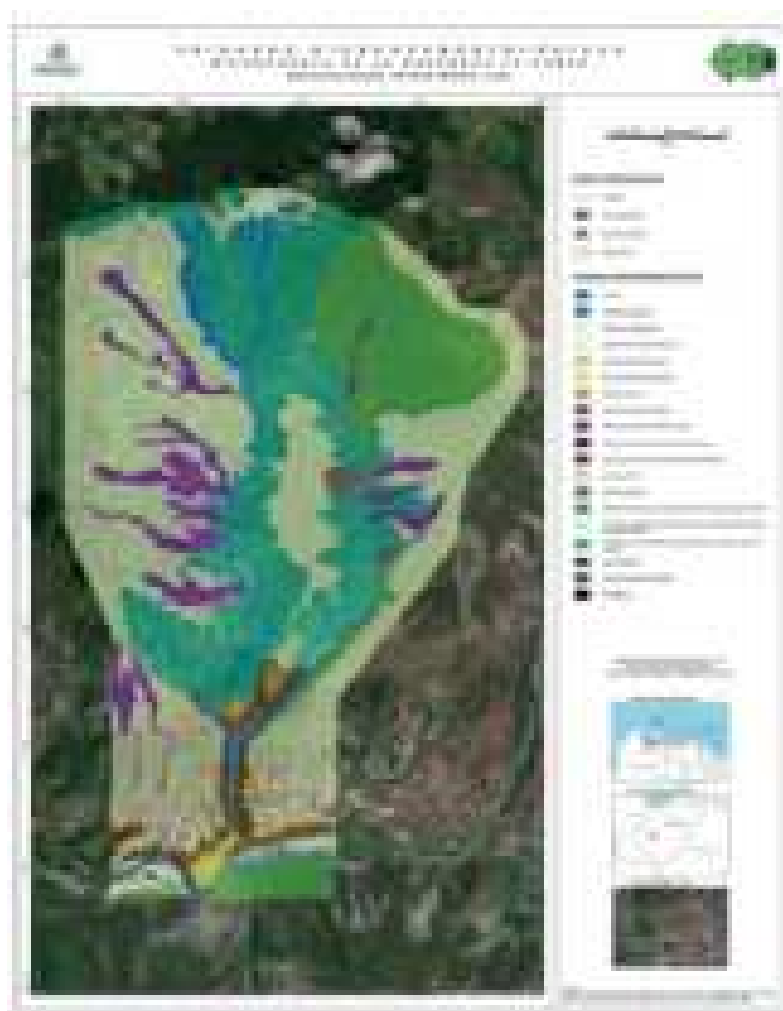
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: La Blanca y Buena Vista.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
La Blanca Buena Vista	Susceptibilidad Km²				
	2,05	3,49	0,43	0,15	0,58
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	66993,01	39144,1	46508,04	60344,99	138998,28
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	13027,8833	4467,02639	2778,13491	3154,2227	5857,44668



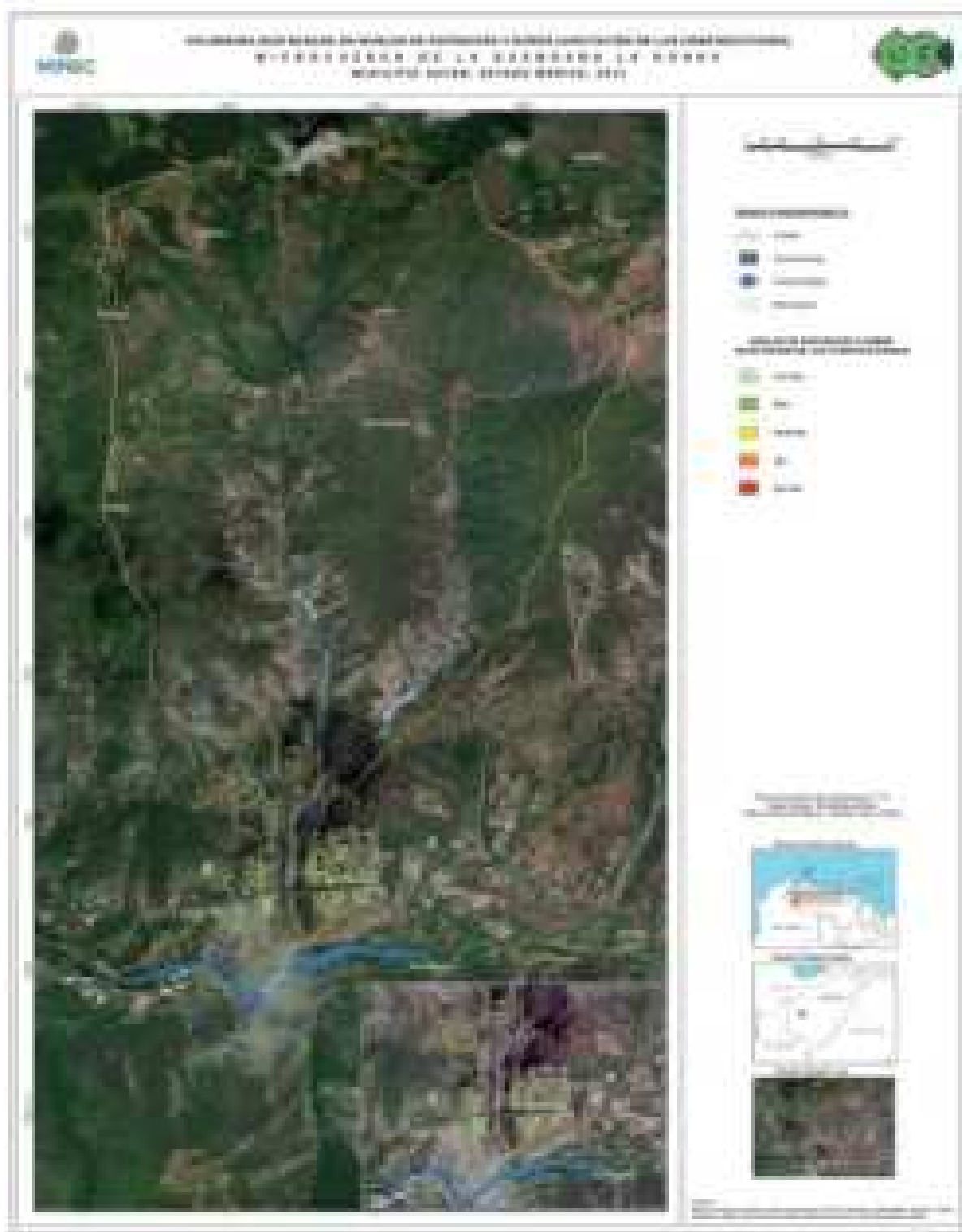
Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: La Blanca y Buena Vista.

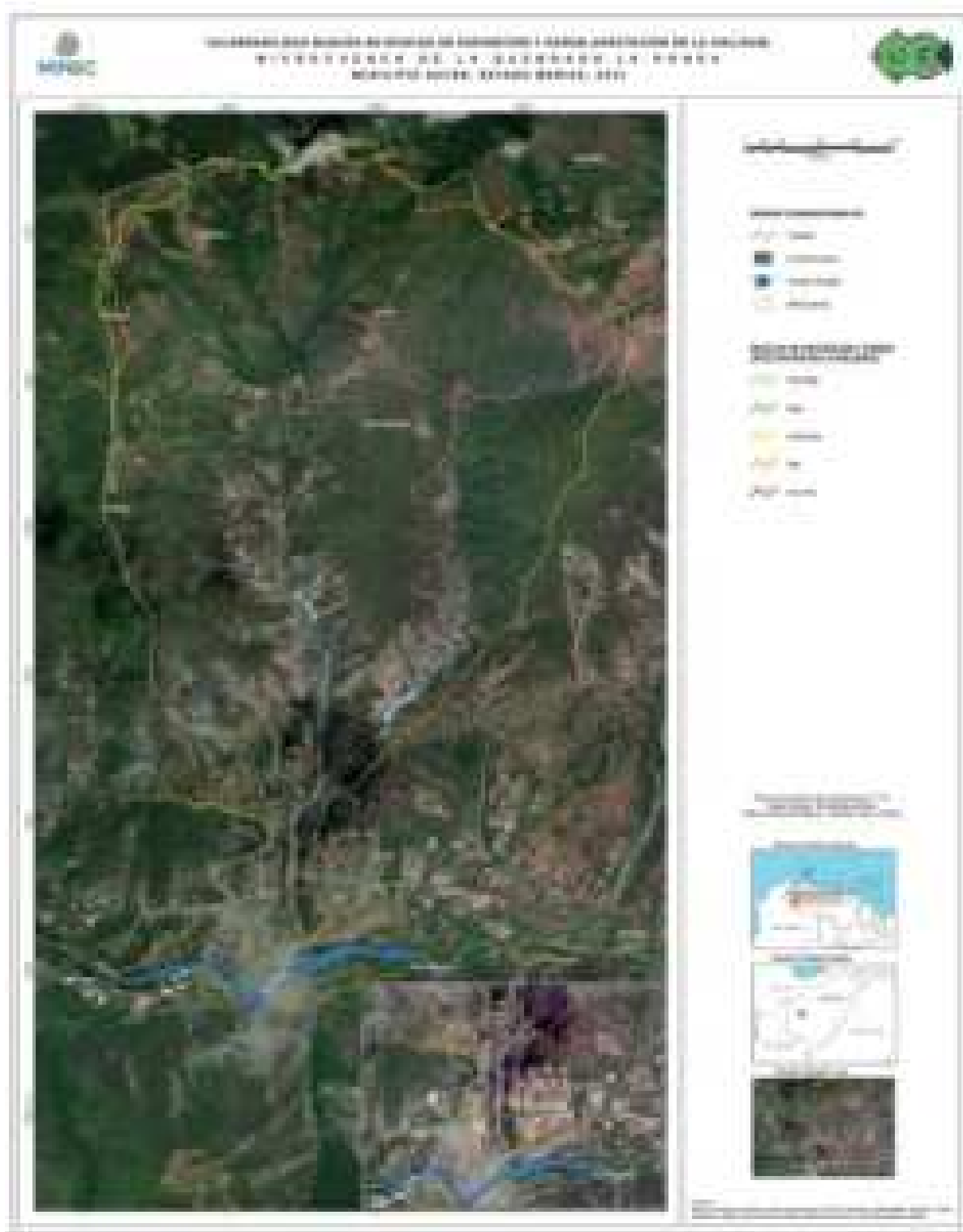




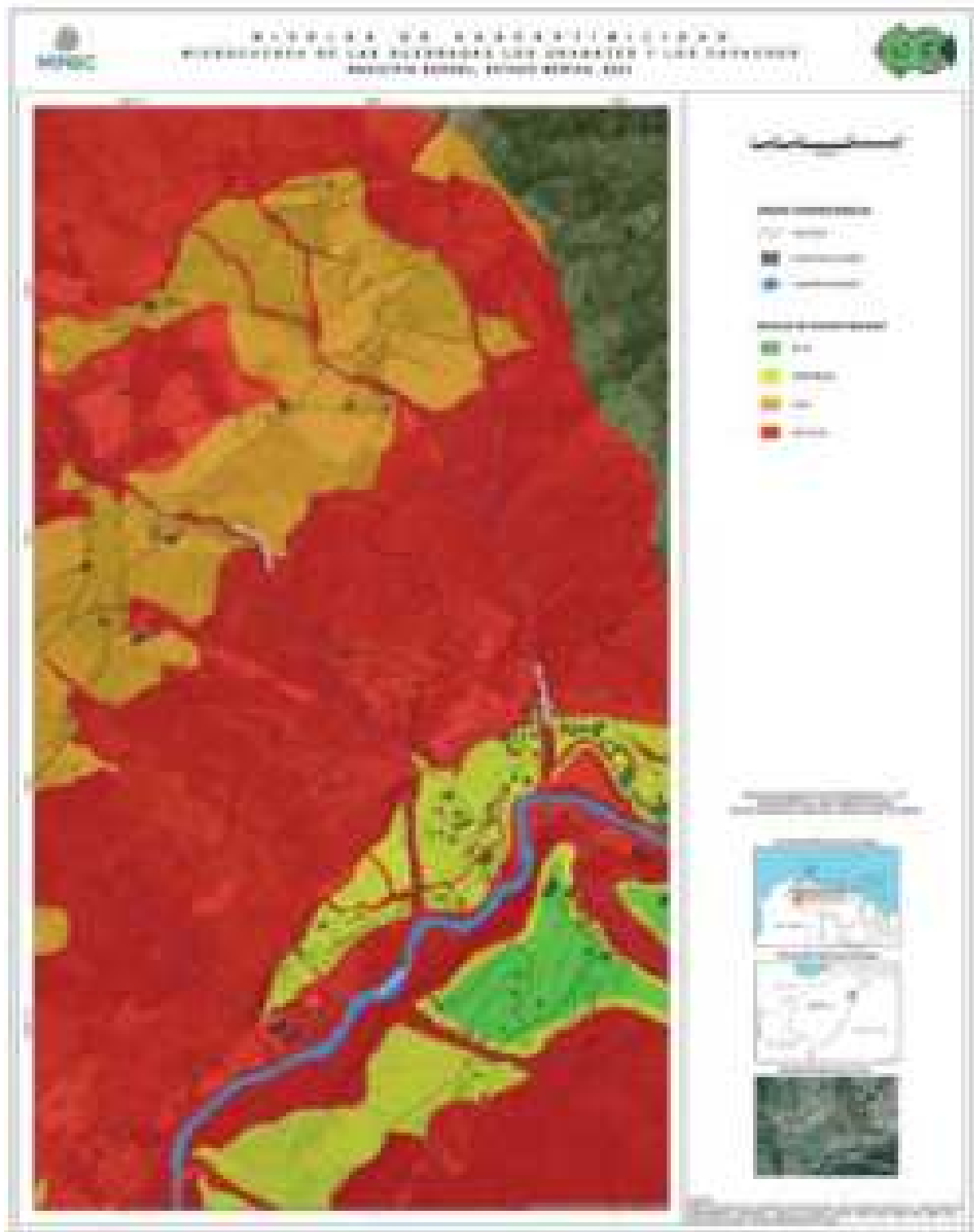
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: La Honda y Morón.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
La Honda Morón	Susceptibilidad Km²				
	3,07	9,66	1,95	0,64	0,77
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	350,648837	4320,31127	5138,70454	17529,3044	109134,906
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	0,350397	4,601241	3,318374	0,9277971	2,343236

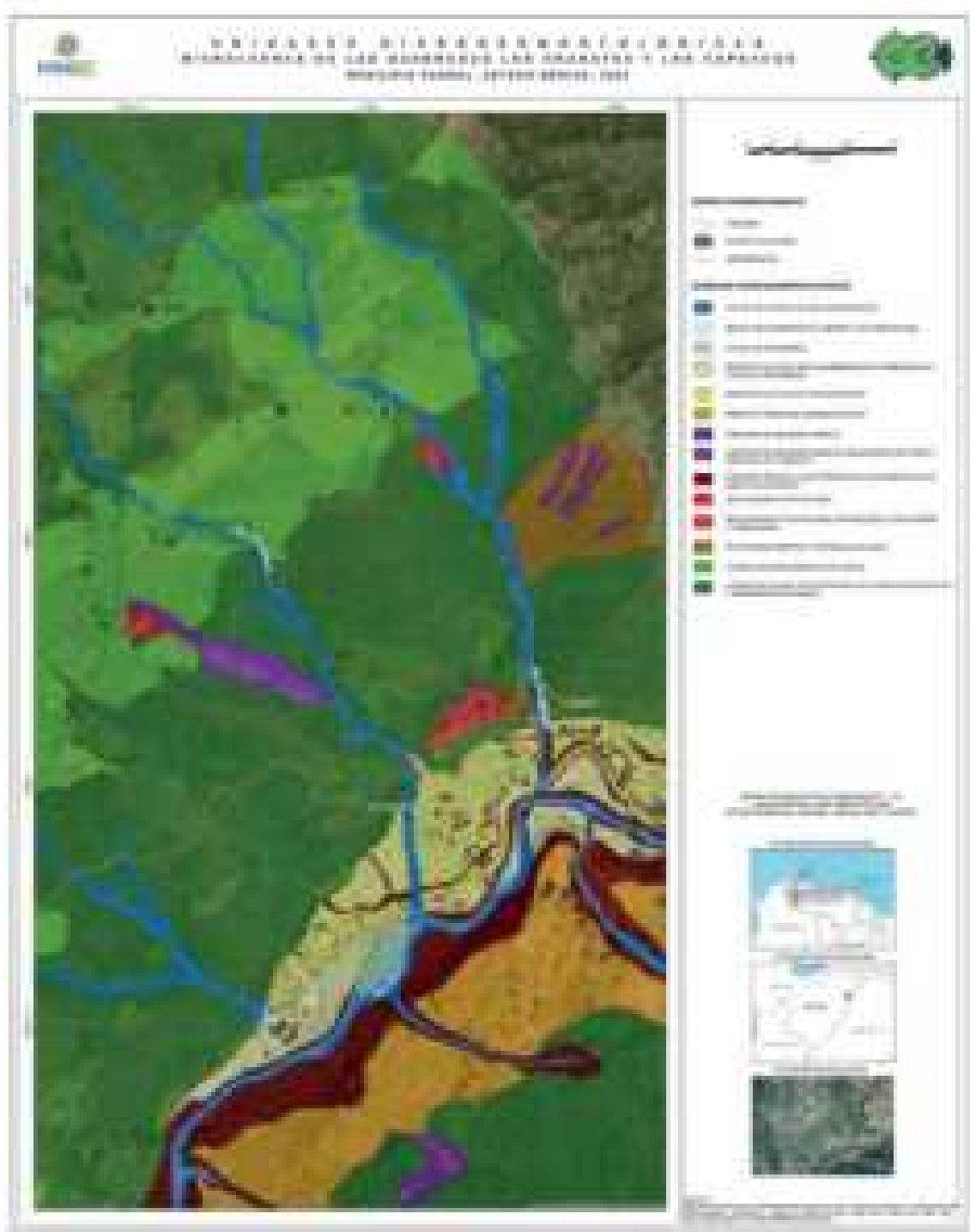




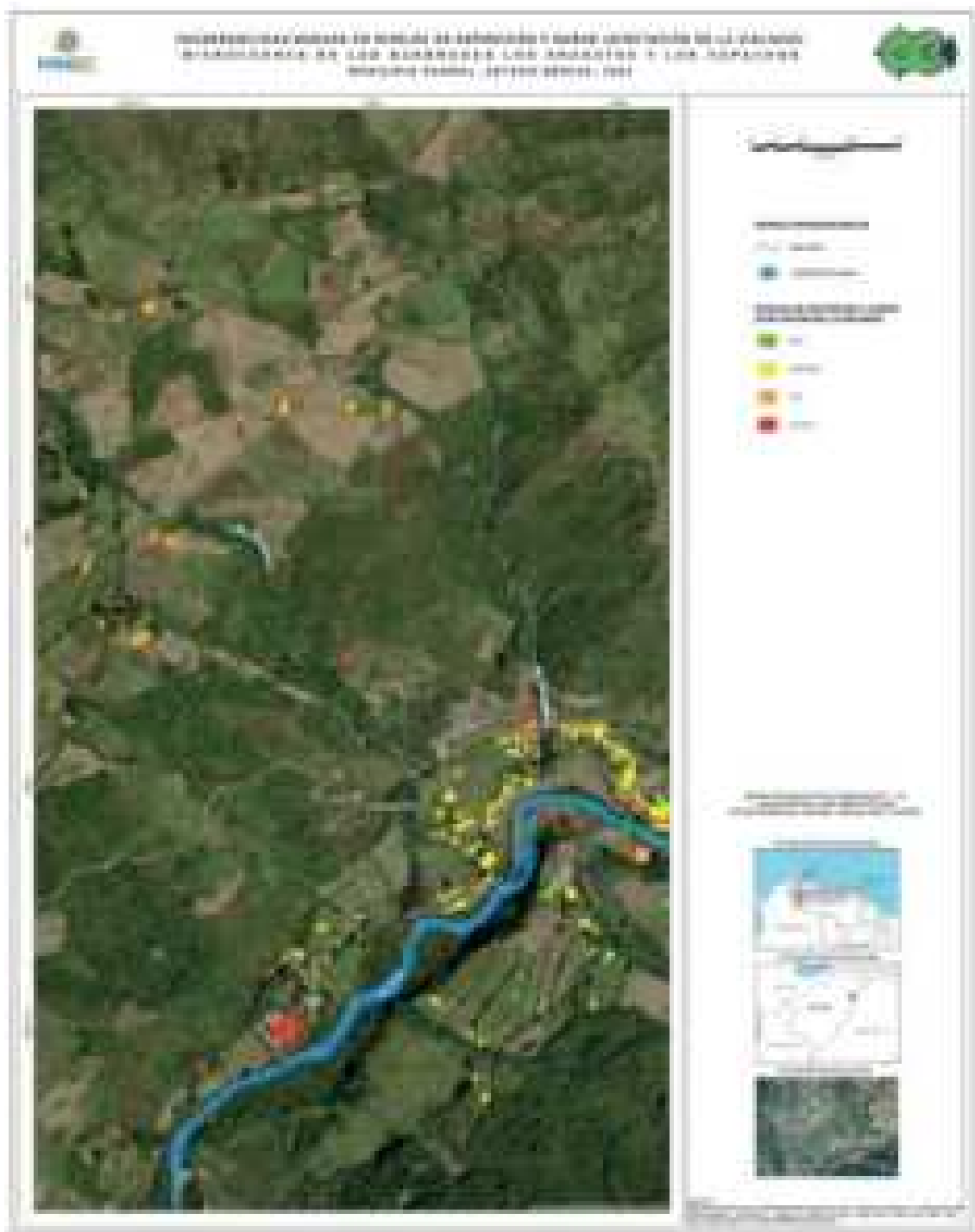
Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: La Honda y Morón.



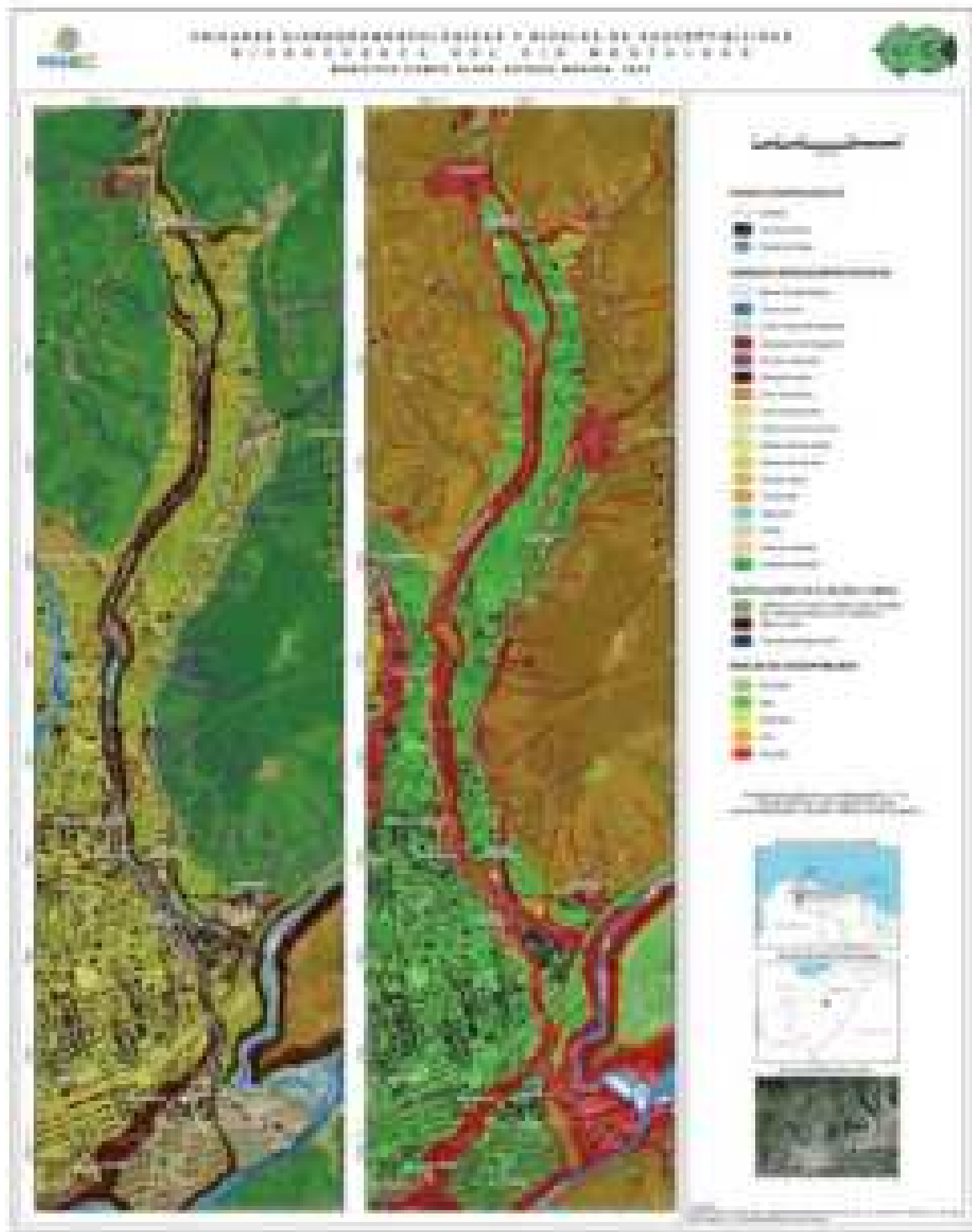
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Los Granates y Los Capachos.



CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Los Capachos Los Granates	Susceptibilidad Km²				
	2,99	0,57	0,33	0	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	225,5126	133,8699	387,077951	91,563269	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	10,5893 7	3,84006	2,63617	0,81039	0

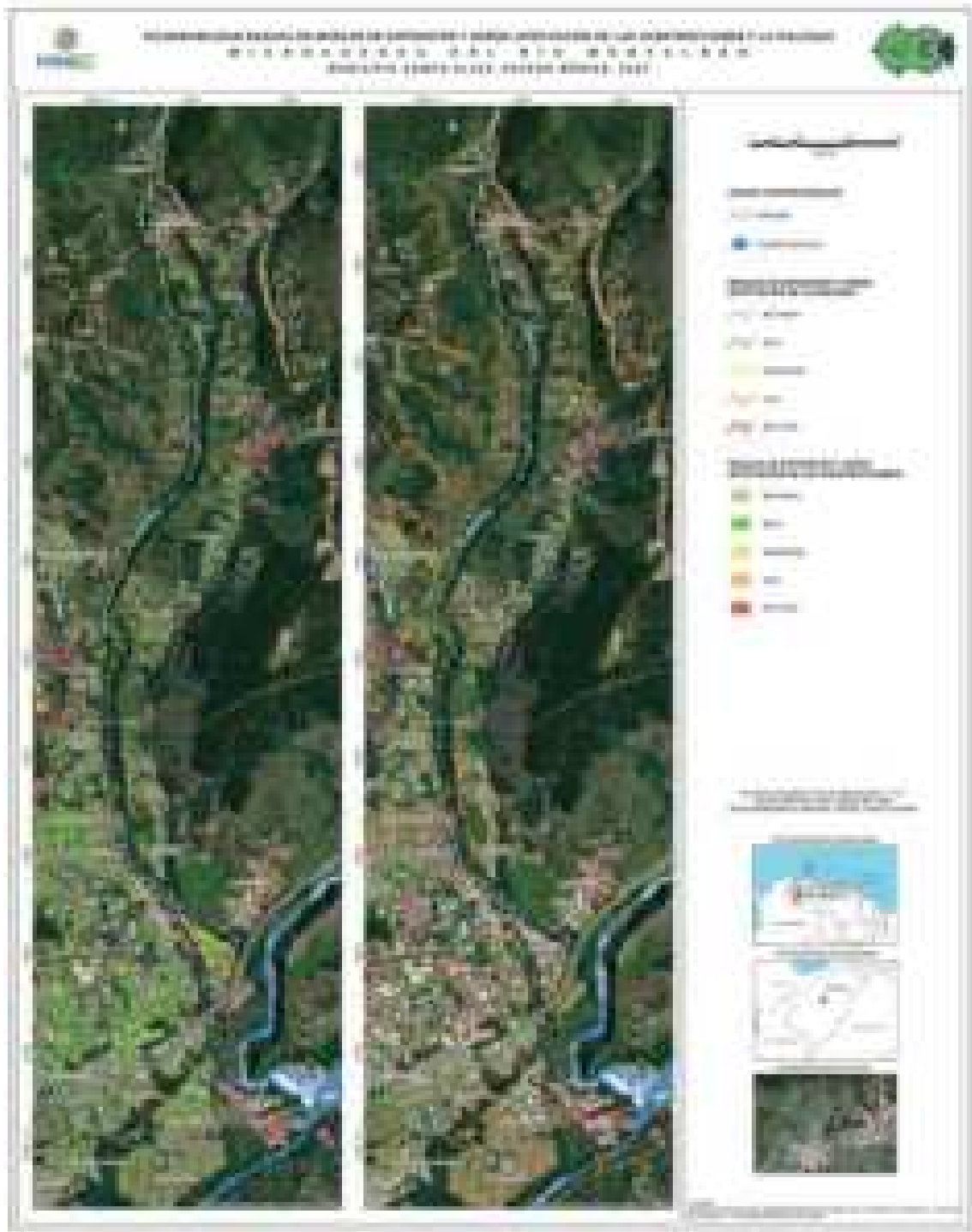


Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Los Granates y Los Capachos.

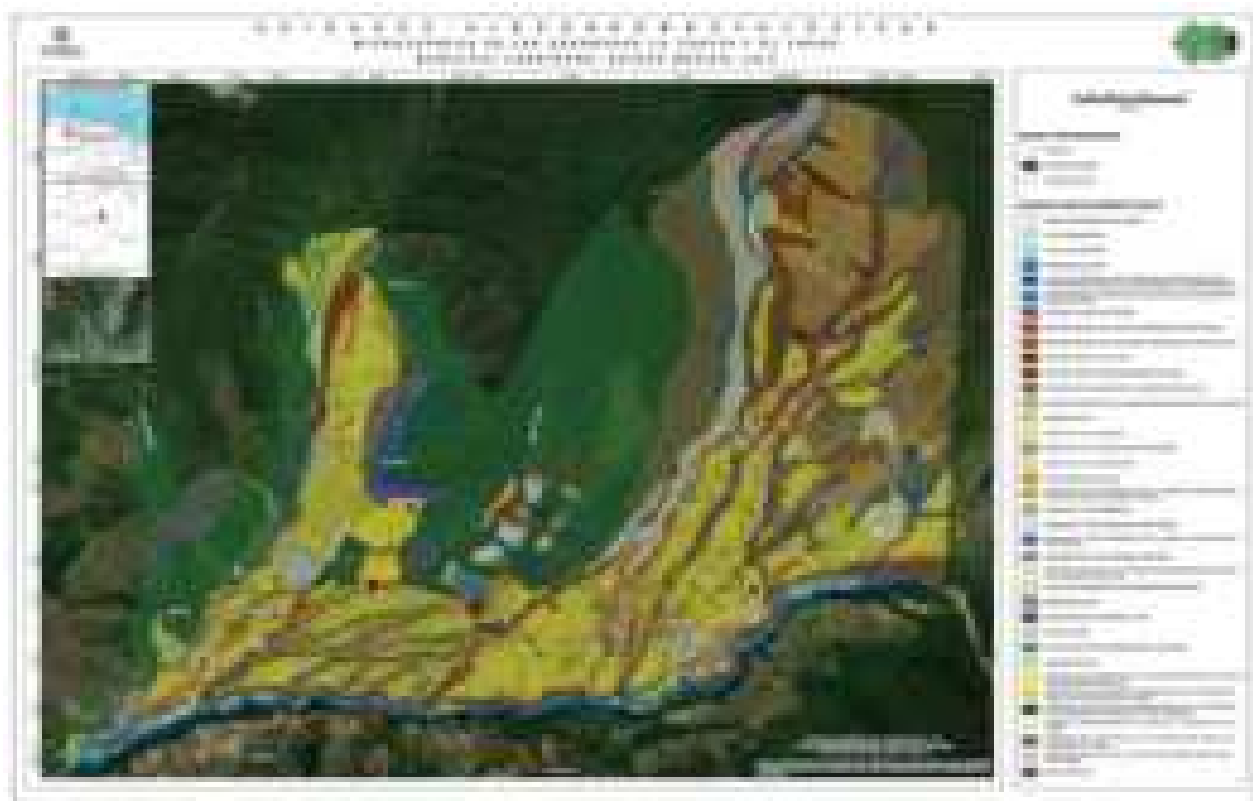
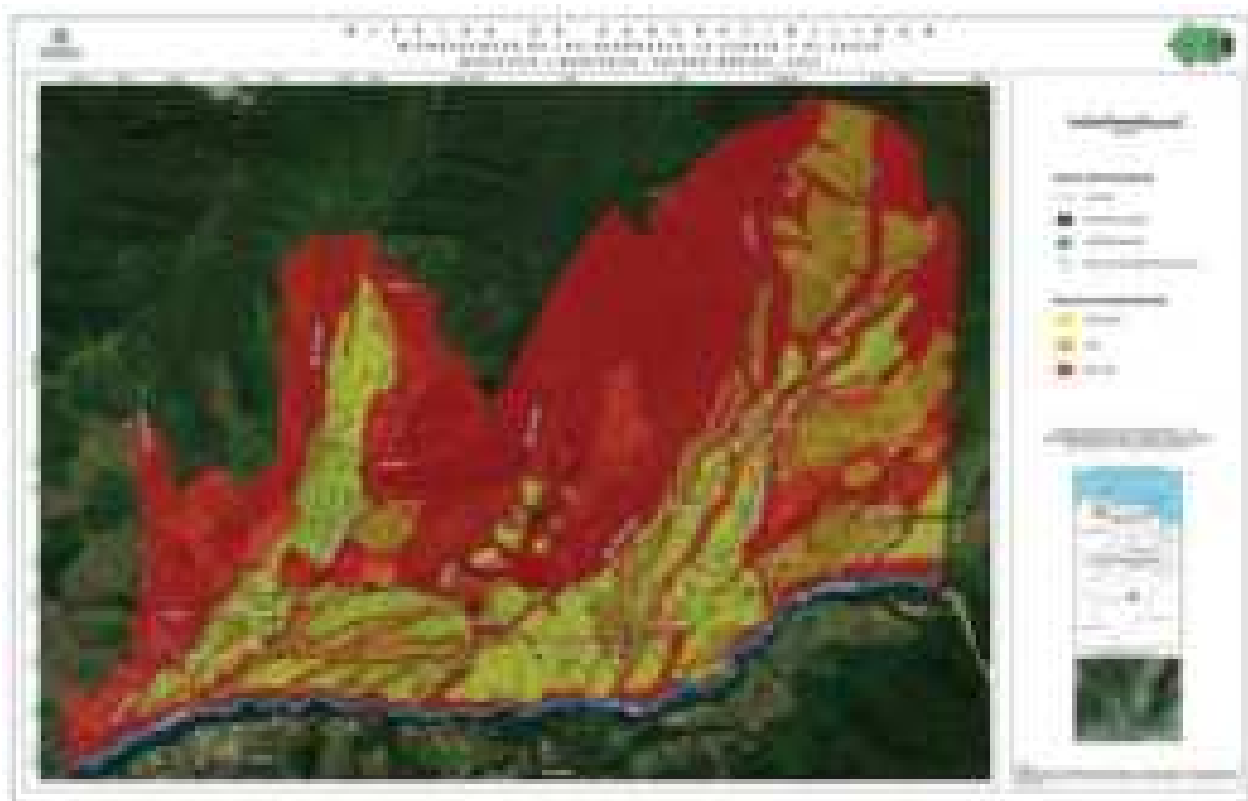


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Río Montalbán y Quebrada La Ceibita.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Montalbán La Ceibita	Susceptibilidad Km ²				
	1,85	5,1	0,66	2,4	0,13
	Vulnerabilidad de las construcciones m ²				
	46936,1531	105793,349	54044,0994	535908,738	2550,34268
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	5,514399	18,953039	5,643863	33,828349	0,197903



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Río Montalbán y Quebrada La Ceibita.



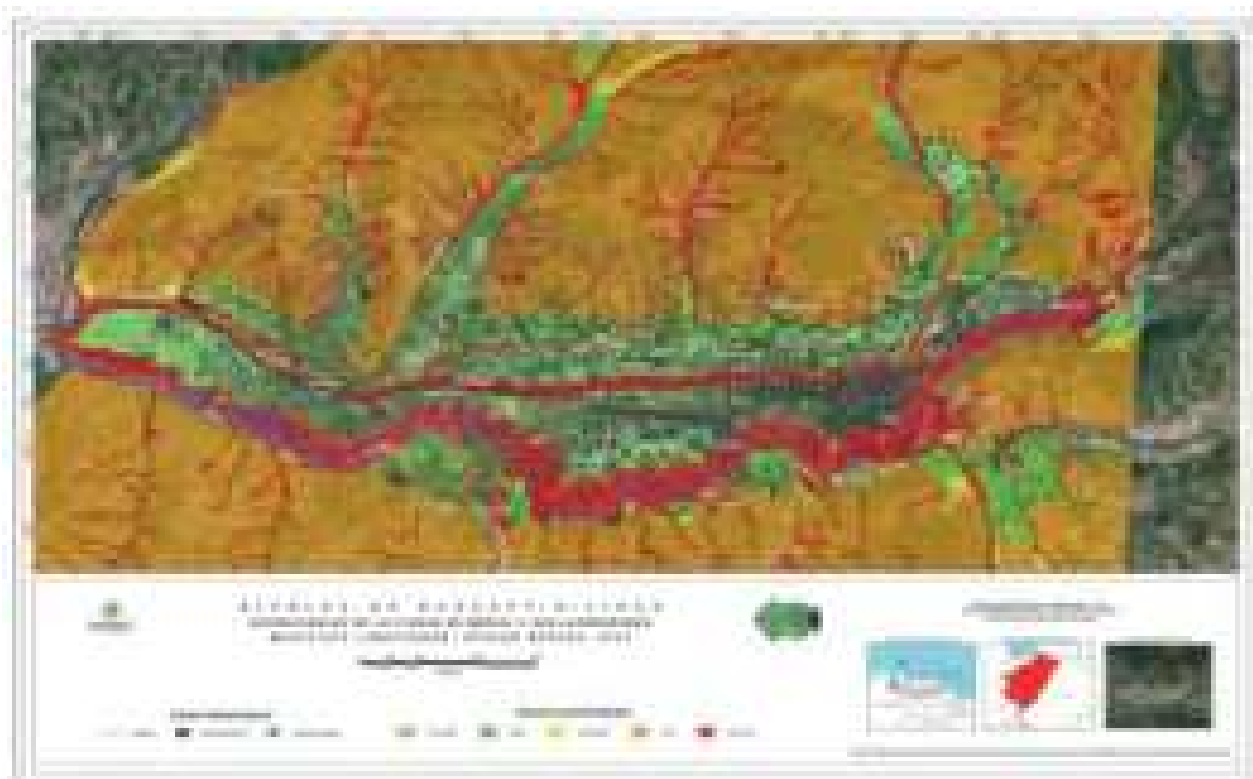
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: La Cuesta, La Valencia, La Boba, Valle Grande, El Peñón, La Carbonera, Yerbabuena y El Arado.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
La Cuesta	Susceptibilidad Km²				
La Boda	9,64	3,39	2,59	0	0
El Peñon	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
La Valencia	27719,468	104251,739	171997,665	0	0
La Carbonera	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
La Yerbabuena	30,9891	39,79035	30,590765	0	0
El Arado					



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: La Cuesta, La Valencia, La Boba, Valle Grande, El Peñón, La Carbonera, Yerbabuena y El Arado.



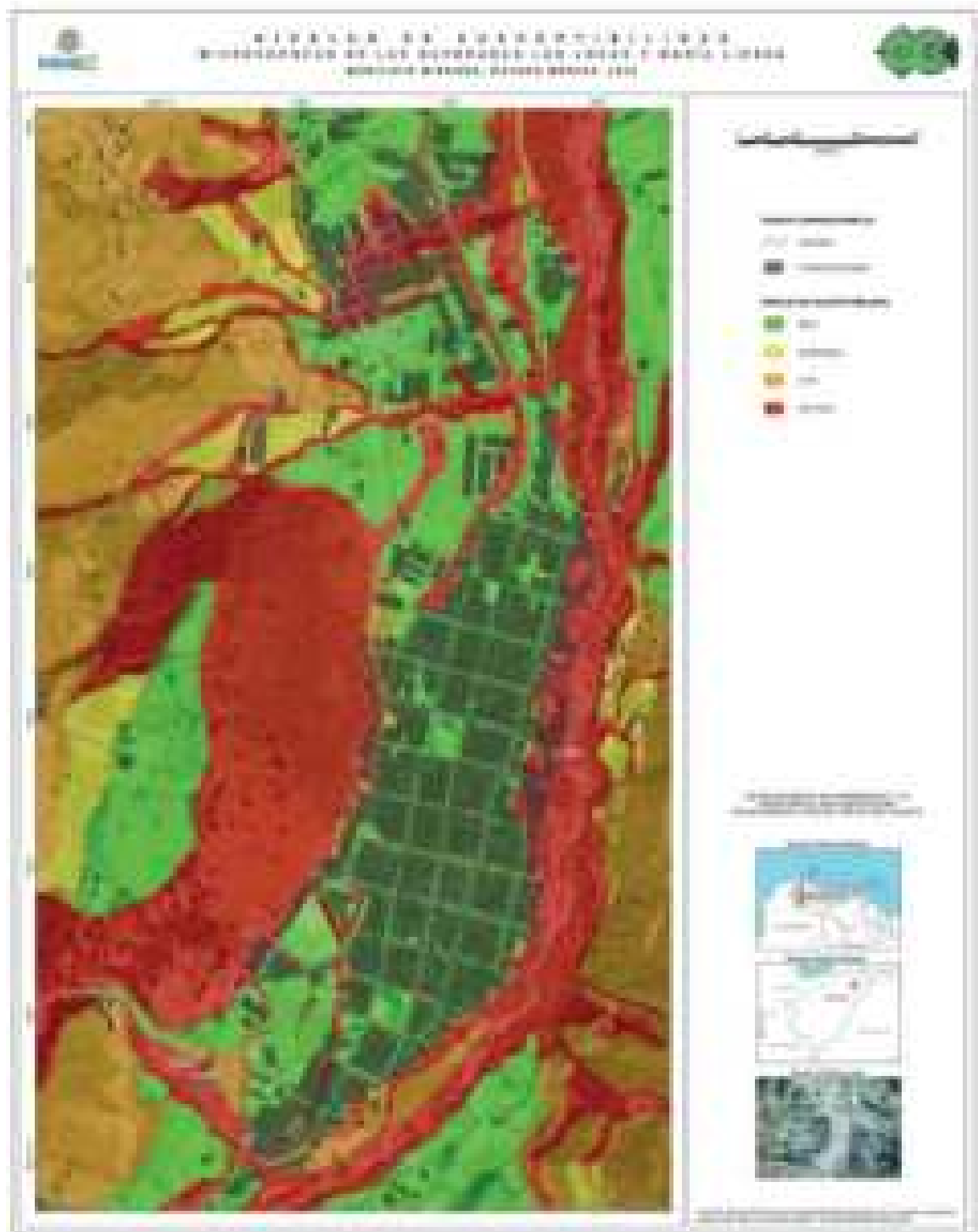


Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: Ríos Albarregas, Mucujún y Chama; Quebradas Milla, La Mónica, Gavidia, El Rincón, La Pedregosa, Carvajal, La Negra, Las Astilleras, La Fría, La Matambita, El Cafetal, San Jacinto, La Perla, La Fría de El Arenal, El Volcán y El Zamuro.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
La Pedregosa	Susceptibilidad Km²				
EL Rincón	20,05	79,02	3,86	7,79	11,52
Albarregas	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
Milla	205753,384	839022,517	540554,747	1709972,3	3974730,5
Carvajal	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
El Volcán	62,07419	178,37946	74,70762	194,24991	345,93488
La Fría					
La Perla					
Las Astilleras					
Río Chama					



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: Ríos Albarregas, Mucujún y Chama; Quebradas Milla, La Mónica, Gavidia, El Rincón, La Pedregosa, Carvajal, La Negra, Las Astilleras, La Fría, La Matambita, El Cafetal, San Jacinto, La Perla, La Fría de El Arenal, El Volcán y El Zamuro.



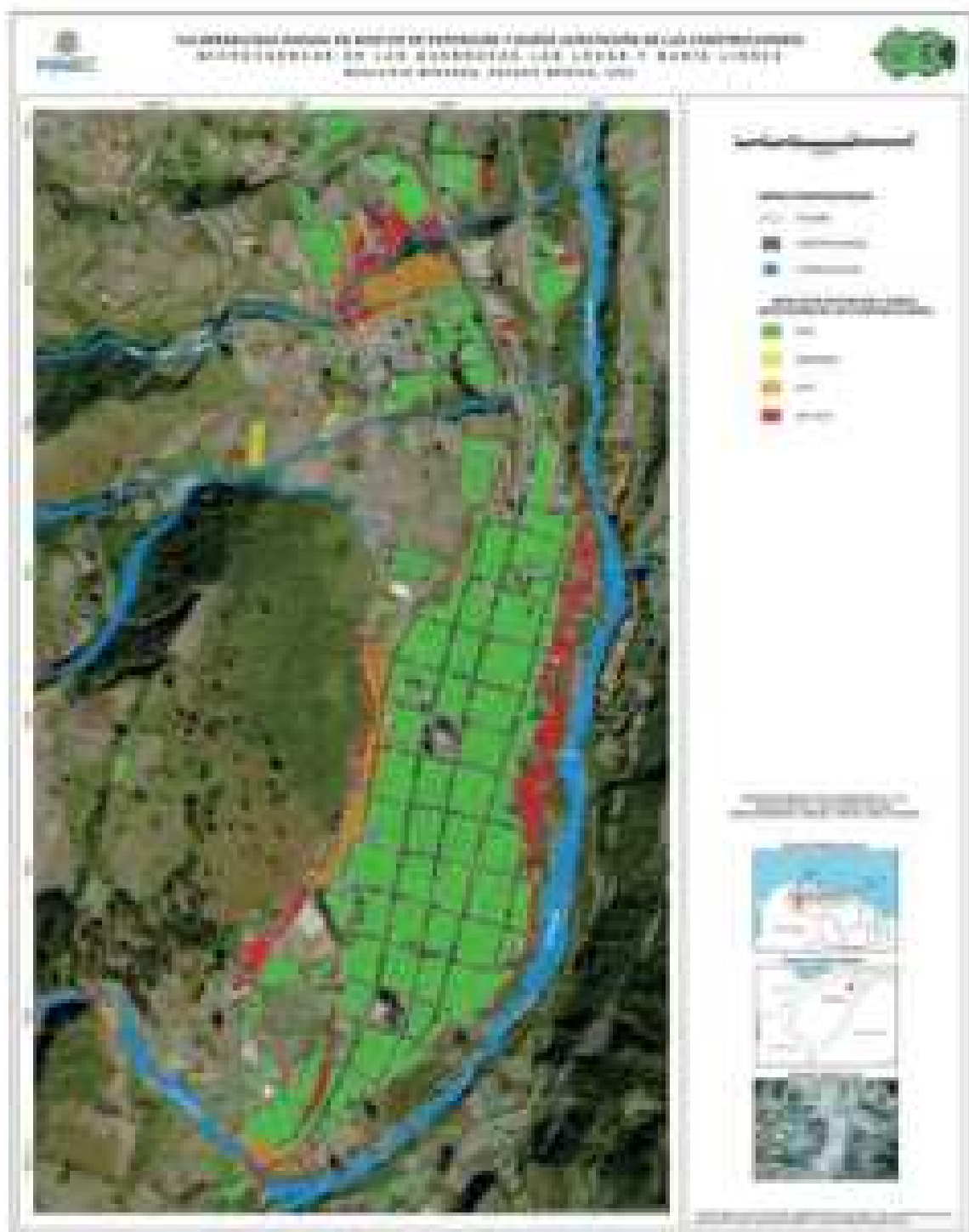
Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de las microcuencas: María Lionza y Las Locas.



CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Las Locas y María Lionza	Susceptibilidad Km²				
	0,82	2,99	0,1	0,75	0
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	41346,002	51931,1706	4282,51053	260367,959	0
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	2,036457	8,776482	0,907044	10,054438	0



Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de las microcuencas: María Lionza y Las Locas.





Mapas finales de las unidades hidrogeomorfológicas y niveles de susceptibilidad de la microcuenca: Río Aracay.

CUENCA	MUY ALTA	ALTA	MODERADA	BAJA	MUY BAJA
Las Blanca Buena Vista	Susceptibilidad Km²				
	2,05	3,49	0,43	0,15	0,58
	Vulnerabilidad de las construcciones m²				
	66993,01	39144,1	46508,04	60344,99	138998,28
	Vulnerabilidad de la vialidad Km				
	2,036457	4,46702639	2,77813491	3,1542227	5,85744668





Mapas finales de los niveles de exposición y vulnerabilidad de las construcciones y la vialidad de la microcuenca: Río Aracay.

Conclusiones

Es esencial para la planificación del uso de la tierra y el ordenamiento del territorio, la elaboración de una zonificación de las amenazas y las áreas susceptibles ante estos procesos hidromorfológicos a una escala detallada en todas las cuencas hidrográficas con comportamiento hídrico torrencial del país, útiles para la toma de decisiones en materia de gestión de riesgo, planificación y ordenamiento territorial con visión de desarrollo sostenible y crisis climática. En tal sentido, existe la necesidad de establecer estrategias, pautas y estandarizaciones para la determinación de las amenazas y las vulnerabilidades de las comunidades, las líneas vitales (servicios básicos), las viviendas y los grupos familiares ante los fenómenos vinculados al cambio o crisis climática en donde las lluvias y las sequías generan escenarios complejos a los cuales nos debemos adaptar.

Para concretar, es conveniente afirmar que en este proceso de adaptación y mitigación al cambio y crisis climática y lo que ello significa en términos de gestión territorial, es obligante trabajar en diagnósticos locales de los escenarios de riesgos en las comunidades, en la alerta temprana y monitoreo con apoyo de previsión meteorológica y a nivel comunitario, el mantenimiento de obras de drenaje y de control de torrentes, la construcción de obras de mitigación y almacenamiento de agua potable, la potencialidad de instalación y aprovechamiento de energías limpias o alternativas, reubicación de comunidades emplazadas sobre entornos vulnerables ante amenazas hidrometeorológicas y la aplicación de la legislación venezolana que respalda estos enunciados.

Referencias

- Amaya, C. 2013. La organización del espacio en el Área Metropolitana de Mérida. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones. 1ª Edición. 586 p.
- Álvarez, G. E. Á., Peña, C. E., Becerra, A. E., Bello, E. M., Castiblanco, É. A., Pineda, C. E., & Peña, G. L. 2015. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Servicio Geológico Colombiano-SGC.
- Ayala, C. y Corominas, J. 2002. Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Instituto Geológico y Minero de España. 153 p. Disponible en: <http://ggyma.geo.ucm.es/articulos/articulo.pdf>.
- Barredo, J. 1996. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, España: Ra-Ma. 264 p.
- Cabello, O. 1966. Estudio geomorfológico de Mérida y sus alrededores. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de geografía. Mérida. 105 p.
- Cabello, O. y Ferrer, C. 1983. Síntesis de las principales características geomorfológicas de la cuenca del Río Tórbes. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. ULA.
- Cárdenas, A. 2000. Análisis del fenómeno ocurrido en el litoral venezolano en diciembre de 1999. Revista Geográfica Venezolana. 41 (2). 273 – 280 p.
- Cardona Arboleda, O. D. 2008. Medición de la gestión del riesgo en América Latina. Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo, ISSN-e 1988-0928, N° 3, 2008, págs. 1-20
- Chacón, G. y Uzcátegui, A. 2004. Actualización geomorfológica de la ciudad de Mérida y sus alrededores. Escuela de Ingeniería Geológica. ULA, trabajo final de grado, Mérida. 157 p.
- Ferrer, C. 1987. Influencia de las condiciones geomorfológicas en el desarrollo y expansión de la ciudad de Trujillo (estado Trujillo), Andes Venezolanos. Revista Geográfica Venezolana. XXVIII: 93 – 136 p.
- . 1988. Metodología para la evaluación geomorfológica de la estabilidad relativa de terrenos de la conurbación Valera Trujillo. Revista Geográfica Venezolana. XXIX: 5 – 64 p.
- . 1996. Evolución Geológica de un Segmento de la Falla de Boconó Durante el Neógeno: Implicaciones Tectónicas y Sedimentológicas del Sector Tabay – Estánques (estado Mérida). Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. ULA.
- Ferrer, C. y Laffaille, J. 2002. Ejido. 1947: Un interesante ejemplo de formación y ruptura de laguna de obturación de la cuenca media del Río Chama. Mérida – Venezuela. III Jornadas Venezolanas Sismicidad Histórica. Serie Técnica N° 1 200 – 203 p.

- , 2004. Un ensayo de zonificación física para la habilitación física de barrios en Los Andes Venezolanos. *Revista Geográfica Venezolana*. 45 (1): 11 – 34 p.
- González de Vallejo, Ferrer, M. Ortuño, L. y Oteo, C. 2002. *Ingeniería geológica*. Editorial Prentice Hall. Madrid – España. 695 p.
- González, M. 1991. Zonificación de los riesgos naturales para la ciudad de San Cristóbal y sus alrededores. Un Enfoque Geomorfológico. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. ULA. Mérida. 77 p.
- Hansen, A. 1984. Landslide hazard analysis. En: Brunsden, D. y Prior, D. (eds.) *Slope Instability*. Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 523 p.
- Instituto de geografía y conservación de recursos naturales IGCRN, 2013. Informe preliminar sobre los procesos hidrogeomorfológicos localizados en la quebrada Ño León, sector La Mucuy baja. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Informe técnico. (Inédito).
- Irigaray, C. y Chacón, J. 2002. Métodos de análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera mediante SIG. Madrid España. 21 – 36 p.
- Marrero, M. 2010. La ley de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos. *Revista temas de coyuntura*, (61).
- Méndez, E. 2010. Mérida. Ciudad para vivir crear y trascender. Ediciones del Rectorado, Universidad de Los Andes, 1era Edición, 142 p.
- Observatorio Nacional de la Crisis Climática, 2023. Boletín Edición Especial N°5 Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo.
- Pozzobón, E. y Gutiérrez, J. 2003. Utilización de un sistema de información geográfica para la selección y priorización de áreas a reforestar en los alrededores de la ciudad de Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. 47(2) 2003. 61 – 72 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicios Nacionales de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Ramírez, N. 2010. Aplicación de la percepción remota y los sistemas de información geográfica para la zonificación de áreas susceptibles a los movimientos en masa. Caso: terraza de Mérida y sus alrededores. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Monografía de Especialización en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. XXIII Curso Internacional. 102 p.
- , 2014. Evaluación de una metodología para zonificar áreas susceptibles a ser afectadas por movimientos de masa en la Ciudad de Mérida. Mérida: Universidad de Los Andes.
- Ramírez, R. 1998. Aplicación de una metodología para la determinación de áreas susceptibles a movimientos de masa Caso: Microcuenca La Piñalera. Cuenca del río Dorada. estado Táchira – Venezuela. Centro de Estudios de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. ULA. Tesis de Maestría. 35 p.

- Reginald, H. Jackson, L. Hungr, O. Jakob, M. y Porter, M. 2005. Movimientos de masa. Servicio Geológico Canadiense. Proyecto Multinacional Andino. INGEOMIN. 432 p.
- Roa, J. Aproximación al mapa de susceptibilidad y amenazas por deslizamientos de la ciudad de Trujillo, Venezuela. ÁGORA -Trujillo. Venezuela. ISSN 1316-7790 - Año 9- N° 17 - enero - junio - 2006. 45-83 p.
- Saaty, T. 1980. The analytical hierchy process. New York. USA, McGraw Hill. Pittsburgh: RWS Publications. 192 p.
- Suárez, J. 1998 Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Capítulo 13. Zonificación de susceptibilidad, amenaza y riesgo. p. 527.
- Varnes, D.J. 1984. Landslide hazard zonation. A review of principles and practice. UNESCO press, París, 63 p.
- Vivas, L. 1966. Métodos de Investigación Hidro-geomorfológica Aplicados en el Estudio de una Cuenca Hidrográfica, Revista Geográfica Venezolana. Vol 2.
- Wicander, R. y Monroe, J. 2000. Fundamentos de geología. Internacional Thomson Editores S.A., Segunda Edición. México. 456 p.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. Los desastres no son naturales, 11-44.



MINEC

Ministerio del Poder Popular para el **Ecosocialismo**

