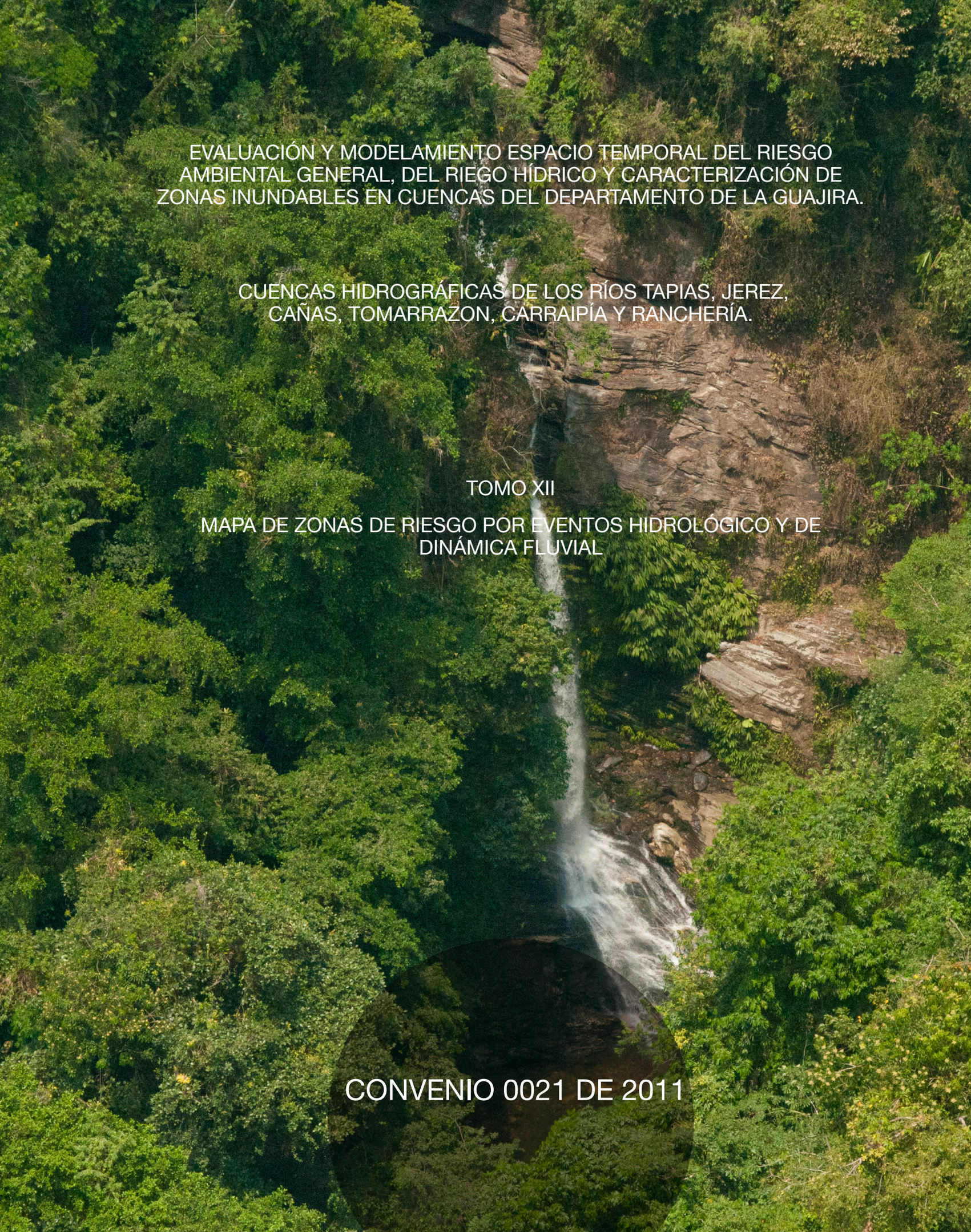


EVALUACIÓN Y MODELAMIENTO ESPACIO TEMPORAL DEL RIESGO AMBIENTAL GENERAL, DEL RIEGO HÍDRICO Y CARACTERIZACIÓN DE ZONAS INUNDABLES EN CUENCAS DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.

CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS TAPIAS, JEREZ, CAÑAS, TOMARRAZON, CARRAIPÍA Y RANCHERÍA.

TOMO XII

MAPA DE ZONAS DE RIESGO POR EVENTOS HIDROLÓGICO Y DE DINÁMICA FLUVIAL

CONVENIO 0021 DE 2011



12 MAPA DE ZONAS DE RIESGO POR EVENTOS HIDROLÓGICO Y DE DINÁMICA FLUVIAL



Personal que intervino en el estudio

CORPOGUAJIRA:

Dr. Luis Manuel Medina Toro – Director CORPOGUAJIRA

Dr. Samuel Lanao – Subdirector de Planeación

Dr. Miguel F. Pitre Ruíz – Comité supervisor convenio 021 de 2011

Dr. Mario Hernández Siosi – Comité supervisor convenio 021 de 2011

Dr. Edmundo Pimienta – Comité supervisor convenio 021 de 2011

Dr. José Ramón Ortiz – Comité supervisor convenio 021 de 2011

INTERVENTORÍA:

EPAM S. A.

Dr. Alfonso Pérez Preciado – Interventor convenio 021 de 2011

Ing. Yair Móbil – interventor residente convenio 021 de 2011

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL COLOMBIA

Dr. Fabio Alberto Arjona Hincapié, Director Ejecutivo

Dr. Jose Vicente Rodriguez Mahecha, Director científico

Dr. Cesar augusto Ruiz Agudelo, Coordinador socio-económico

Dr. Luis Francisco Madriñán Valderrama, Coordinador servicios Ecosistémicos

Dra. Patricia Bejarano Mora, Coordinadora planificación y uso del suelo

Dr. Efraín Antonio Domínguez, Hidrología

MSc. Juan Felipe Martinez, hidrología

Msc. Maria Helena Olaya, Hidrología

Msc. Jaime Andres Moreno, hidrología

Biol. Jaime Iván Burbano, Hidrología

Msc, Carlos Andrés Paez Ortiz, Biodiversidad

Biol. Pablo López, Biodiversidad

Biol. Fabio Leonardo Meza, Biodiversidad

Biol. Fernando Ayerbe Quiñones, Biodiversidad

Biol. Diego Alexander Gonzales, Biodiversidad

Sociólogo, Octavio Rodriguez, Sociología

Dr. Jaime Ricardo García, Modelamiento Carmen Alicia Beltrán, SIG

Nancy Elena Burgos, Geógrafo SIG

Dr. Carlos Eduardo Montoya, Geología

Dr. Gonzalo Alfredo Gil Vargas, geología

Dr.Jorge Hernando Montaña Cárdenas, Geología

Mcs Tobías Leiva Pinto, Geógrafo

Fernando Cárdenas Rodriguez, Topógrafo

CONTENIDO

6 RESUMEN 6

6 INTRODUCCION 6

7 Objetivos y alcance 7

8 1. INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA TOMO XII 8

8 1.1. INFORMACIÓN SECUNDARIA UTILIZADA 8

9 1.2. INFORMACIÓN PRIMARIA GENERADA 9

10 2. METODOLOGÍA 10

10 2.1. Dinámica fluvial. 10

10 2.1.1. Definición del área de trabajo y de información 10

11 2.1.2. Preparación y selección de la información 11

11 2.1.3. Elaboración de la leyenda 11

11 2.1.4. Elaboración de la fotointerpretación

11 2.1.5. Procesamiento de información generada 11

11 2.1.6. Elaboración de salidas gráficas finales 11

12 2.2. Determinación de la vulnerabilidad por cuencas 12

12 2.2.1. Determinación de la amenaza de inundación por cuencas 12

12 2.2.2. Definición de los riesgos por inundación 12

13 2.2.3. Definición de los criterios para el cálculo y zonificación de los riesgos indirectos por inundación. 13

14 2.2.4. Definición de los criterios para el cálculo y zonificación de los riesgos directos por inundación 14

16 3. RESULTADOS 16

17 4. CONCLUSIONES 17

24 7. BIBLIOGRAFÍA 24

LISTA DE TABLAS

13 Tabla 1. Calificación de los riesgos indirectos por inundaciones en las cuencas del convenio 021 del 2011.

14 Tabla 2. Matrices de decisión implementadas en los análisis de riesgos directos por inundación, para las cuencas del convenio 021 del 2011.

LISTA DE FIGURAS

13 Figura 1. Marco metodológico para la integración espacial de Riesgos por inundaciones (directos e indirectos), para las cuencas del convenio 021 del 2011.



RESUMEN

En el presente documento se detallan los resultados de los análisis de dinámica fluvial y de riesgo por eventos hidrológicos, para sectores estratégicos de las cuencas del convenio 021 del 2011. El esquema metodológico aplicado para el presente análisis consideró para dinámica fluvial: 1) -La adquisición y preparación de la información cartográfica, 2) – La depuración de la información (fotografías aéreas, imágenes LIDAR y planos cartográficos), 3) - El análisis y fotointerpretación de la dinámica fluvial en dos series temporales, para cada tramo critico determinado, y 4) - La generación de los análisis y las salidas gráficas finales. Se presentan también: Los resultados relacionados con la conceptualización del índice de riesgo y la espacialización de riesgos directos e indirectos por inundación, para cada una de las cuencas. Se destaca la situación de las cuencas Ranchería, Tapias y Carraipía, que son las que presentan las probabilidades de Riesgos (directo e indirecto) más altas.

INTRODUCCION

El presente estudio, surge con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 9 del decreto 141 de 2011, en lo referente a: a) Incorporar, en los procesos de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, la gestión del riesgo; b) Participar activamente y prestar el apoyo técnico requerido por los Comités Regionales para la Prevención y Atención de Desastres - CREPAD, y los Comités Locales de Prevención y Atención de Desastres - CLOPAD, para la identificación, priorización y ejecución de obras tendientes a mitigar la vulnerabilidad del riesgo por desastres naturales; e) Implementar los modelos de gestión integral para atender y gestionar los riesgos ambientales asociados a las zonas inundables, con base en los criterios que para tal fin expida el Ministerio de Ambiente

y Desarrollo Sostenible (MADS); f) Adelantar estudios permanentes sobre las dinámicas y comportamientos naturales y sociales que generan riesgos en las zonas inundables, incluyendo los escenarios de Cambio Climático que provea el Gobierno Nacional; g) Definir las determinantes ambientales para los Planes de Ordenamiento Territorial de conformidad con los lineamientos definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Este documento corresponde a la actividad número doce (XII) del convenio 021 de 2011 suscrito entre CORPOGUAJIRA y CONSERVACION INTERNACIONAL COLOMBIA, el cual tiene por objeto: " La elaboración de un marco técnico para la evaluación y modelamiento espacio - temporal de los riesgos por inundación, dinámica fluvial y eventos geotécnicos y caracterización de zonas inundables en las cuencas hidrográficas de los ríos Tapias, Jerez, Cañas, Tomarrazón, Carraipía y Ranchería, localizadas en jurisdicción de Corpoguajira". El desarrollo del objeto de este convenio busca, reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el ambiente, el patrimonio cultural y las actividades económicas, asociadas a estos riesgos en las cuencas hidrográficas de referencia. Además, para la cuenca del río Ranchería, se incluye una evaluación más detallada del riesgo por movimientos en masa a nivel de cuenca, apoyada en esquemas de modelamiento espacial, con la elaboración de los mapas en diferentes escenarios y la respectiva estrategia y plan de acción en prevención.

En los resultados del presente documento se presenta un análisis de los procesos de dinámica fluvial y de riesgos por eventos hidrológicos que complementa el estudio hidrológico de los Tomos 2, 5, 7 y 10, enfocado en las salidas cartográficas finales.

Objetivos y alcance

Se presenta en detalle la cartografía de zonas de riesgo por eventos hidrológicos y de dinámica fluvial, complementando los análisis ya descritos en los tomos 7 y 10 (en estos tomos se encuentra detallada ampliamente la metodologías correspondientes para la realización de los mapas de zonas de riesgo por estos dos factores).



1. INFORMACIÓN SECUNDARIA Y PRIMARIA TOMO XII

Como se mencionó en la introducción, el alcance del presente documento se restringe a la generación de los mapas resultantes de procesos geomorfológicos de dinámica fluvial y de riesgos por eventos hidrológicos; para las cuencas de los ríos Tapias, Jerez, Cañas, Tomarrazón, Carraipía y Ranchería.

1.1. INFORMACIÓN SECUNDARIA UTILIZADA

Una fuente de información secundaria contiene información primaria, sintetizada y reorganizada. Están especialmente diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos. Componen la colección de referencia de la bibliografía y facilitan el control y el acceso a las fuentes primarias1.

El desarrollo y ejecución de este análisis utilizó dos (2) tipos de información secundaria:

- INFORMACIÓN DOCUMENTAL: Se consideraron una serie de documentos y artículos de revistas científicas de carácter nacional e internacional relacionados con los temas ecología de ríos, periodos de retorno y zonificación ambiental; de igual forma, se construyó la base cartográfica para este análisis (cartografía base y temática) detallada en los tomos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10 y 11. Con el propósito de establecer de manera espacial el área territorial donde se ubica cada una de las cuencas, sus periodos de retorno (manchas de inundación - amenazas), sus valores expuestos y los niveles de criticidad (Vulnerabilidad). Así mismo se consultó la zonificación ambiental de la cuenca del río Ranchería publicada por CORPOGUAJIRA en su página oficial: http://www.corpoguajira.gov.co

- FUENTES OFICIALES DE CARTOGRAFÍA BASE: La cartografía base fue generada a escala 1:25.000 a partir de la base cartográfica de las planchas topográficas del IGAC 7 IV-D, 8 III-C, 13 II-A, 13 II-B, 13 II-C, 13 II-D, 13 III-A, 13 III-B, 13 III-C, 13 III-D V-B, 13 IV-A, 13 IV-B, 13 IV-C, 13 IV-D, 14 I-A, 14 I-C, 14 III-A, 14 III-C, 15 I-D, 15 II-C, 15 III-D, 15 III-A, 15 IV-A, 15 IV-B, 15 III-C, 15 IV-C, 15 IV-D, 20 I-A, 20 I-B, 20 I-C, 20 I-D y 21 I-A. Teniendo en cuenta que para el área de trabajo, el IGAC no cuenta con esta información en versión digital, éstas fueron adquiridas en formato impreso, y posteriormente fueron escaneadas, georeferenciadas, digitalizadas y estructuradas.

- FOTOGRAFÍAS AÉREAS: Registro de la información secundaria, asociada a las aerofotografías utilizadas para la fotointerpretación de la dinámica fluvial de las cuencas de referencia, basadas en la tabla de registro de información aerofotográfica del IGAC.

1 http://ponce.inter.edu/cai/manuales/FUENTES-PRIMARIA.pdf

REPORTE DE VUELOS Y FOTOGRAFÍAS AÉREAS PARA EL ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO - PROYECTO RIESGOS GUAJIRA

Cuenca: RÍO RANCHERÍA

Cuenca/ Río	Municipio/Tramo	Vuelo	Año			N° Fotos	Escala aproxima	N° Sobre	Observaciones
			1940 - 1970	1971 - 2000	2001 -2011				
Río Ranchería	Brazo Riito - Riohacha	R-183	1947			6 al 10	1:20.000	16	Reserva militar
	Brazo Riito - Riohacha	C-1865		1978		60 al 63	1:50.100	29547	Reserva militar
	Cerrillo - Monguí _Villa Martín	R-183	1948			33 al 36	1:40.000	701	Reserva militar
	Cerrillo - Monguí _Villa Martín	C-2386		1989		94 al 97	1:39.900	35235	Reserva militar
	Cuestecitas	M-561	1959			7820 al 7822	1:50.000	505	Reserva militar
	Cuestecitas	R-783		1978		216 al 219	1:13.050	4896	Reserva militar
	Cotoprix	R-182	1948			34 al 37	1:40.000	696	Reserva militar
	Cotoprix	R-808		1979		60 al 63	1:12.300	5138	Reserva militar
	Barrancas - Papayal - Oregenal	M-628	1960			8139 al 8141	1:60.000	483	Reserva militar
	Distracción - El Hatico - Fonseca	M-628	1960			8141 al 8143	1:60.000	483	Reserva militar
Río Tapias	Flores- Pelechua - Pte Bomba	R-181	1948			17 al 21	1:40.000	689	Reserva militar
	Flores- Pelechua - Pte Bomba	C-1471		1973		83 al 86	1:28.900	26671	Reserva militar
	Tigrera	R-181	1948			21 al 23	1:40.000	689	Reserva militar
	Tigrera	C-1471		1973		86 al 88	1:28.900	26671	Reserva militar
	Matitas	R-181	1948			24 al 28	1:40.000	689	Reserva militar
	Matitas	C-1471		1973		89 al 92	1:28.900	26671	Reserva militar
	Matitas - Anaime - Choles - Tigrera	M-33	1954			2990 al 2992	1:60.000	102	Reserva militar
	Matitas - Anaime - Choles - Tigrera	M-1459		1974		48414 al 48419	1:58.500	1784	Reserva militar
	Juan y Medio - Cascajalito- Las Palmas	M-33	1954			2987 al 2989	1:60:000	102	Reserva militar
	Juan y Medio - Cascajalito- Las Palmas	M-1459		1974		48414 al 48416	1:58.500	1784	Reserva militar
Río Cañas	Mingueo	M-48	1955			4591 al 4594	1:60.000	155	Reserva militar
	Mingueo	R-777		1978		151 al 164	1:12.000	4834	Reserva militar
Río Jerez	Dibulla	R-181	1948			12 al 16	1:40.000	689	Reserva militar
	Dibulla	C-1485		1974		6 al 9	1:29.500	26787	Reserva militar
Río Tomarrazón	Camarones	M-33	1954			2992 al 2996	1:60.000	102	Reserva militar
	Camarones	C-2218		1985		122 al 124	1:33.173	33115	Reserva militar
	Barbacoas	R-183	1948			31 al 33	1:40.000	701	Reserva militar
	Barbacoas	C-2386		1984		97 al 99	1:39.900	35235	Reserva militar
Río Carraipia	Paraguachón	C-1049	1963			11 al 19	1:40.000	22162	Reserva militar
	Paraguachón	C-2687			2003	150 al 152	1:20.000	38756	Reserva militar

1.2. INFORMACIÓN PRIMARIA GENERADA

Una fuente de información primaria contiene información original, que ha sido publicada por primera vez y que no ha sido filtrada, interpretada o evaluada por nadie más. Son producto de una investigación o de una actividad eminentemente creativa y novedosa.

Para este caso son las producciones de información nueva o agregada (Incluyendo análisis e interpretaciones), relacionadas con el desarrollo de las actividades del convenio 021 del 2011.

1. Toda la información primaria, para los presentes análisis, fue generada con base en trabajo de campo (Toma de información de fenómenos de inundación, verificaciones de coberturas vegetales, de cuerpos hídricos y perfiles de topografía) y a partir de la aplicación de 50 encuestas y 10 talleres con actores sociales (para definir las Vulnerabilidades frente a este fenómeno).

2. Se utilizó la información primaria generada por este estudio, en los tomos:

- Tomos 2 y 5: Manchas de inundación y periodos de retorno, para las cuencas del convenio 021 del 2011 (Amenazas).
- Tomo 7: Mapas de riesgos directos e indirectos de inundación.
- Tomo 11. Valores expuestos (información numérica y espacial) y Criticidad (reportes de magnitud de inundaciones y mapas); para las cuencas del convenio 021 del 2011.

2. METODOLOGÍA

El esquema metodológico aplicado para el análisis de la dinámica fluvial de los sectores con mayor riesgo de inundación, seleccionados en las seis (6) cuencas del departamento de la Guajira, correspondientes a los ríos Ranchería, Tapias, Tomarrazón, Cañas, Jerez y Carraipía; Consideró: 1) -La adquisición y preparación de la información cartográfica, 2) – La depuración de la información (fotografías aéreas, imágenes LIDAR y planos cartográficos), 3) - El análisis y fotointerpretación de la dinámica fluvial en dos series temporales, para cada tramo critico determinado, y 4) - La generación de los análisis y las salidas cartográficas finales.

En la figura 1, se describe el proceso que se llevó a cabo para la fotointerpretación y la elaboración de los análisis y las salidas gráficas finales, de los sectores correspondientes a las seis (6) cuencas objeto del convenio 021 del 2011.

2.1. DINÁMICA FLUVIAL.

A continuación, se describen cada uno de los pasos desarrollados para obtener los insumos de análisis (fotointerpretación y mosaicos de aerofotografías) de dos y/o tres series temporales, lo anterior supeditado a la disponibilidad de la información. Este proceso permitió identificar las transformaciones más evidentes, asociadas a la dinámica fluvial de los sectores seleccionados en las seis (6) cuencas de estudio.

2.1.1. Definición del área de trabajo y de información

- Identificación de los sectores con mayor riesgo por inundación para cada una de las cuencas de estudio.
- Planchas de líneas de vuelo del área de estudio – departamento de la Guajira – a escala 1:100.000 años 1943 al 2003 IGAC.
- Cartografía base del departamento de La Guajira a escala 1:25.000 IGAC.
- Imágenes LiDAR (Ligth detection and ranging) del año 2011.
- Otra información secundaria (referirse a la sección de información secundaria utilizada),

2.1.2. Preparación y selección de la información

- Selección de las líneas de vuelo para cada uno de los sectores de estudio, en los dos rangos de tiempo definidos.
- Verificación de número de aerofotografías para construir la serie correspondiente a cada sector.
- Control de calidad de la información.
- Validación con la cartografía base del cubrimiento de las aerofotografías de cada sector seleccionado

2.1.3. Elaboración de la leyenda

- Definición de los rasgos a interpretar correspondientes a la dinámica fluvial, con el fin de establecer las áreas que hayan presentado mayores cambios en las dos series de tiempo analizadas (donde se destacan procesos como erosión, migración de canal, sedimentación, etc.)

2.1.4. Elaboración de la fotointerpretación

- Fotointerpretación de cada sector en dos series de tiempo distintas, a partir de las aerofotografías seleccionadas.
- La resolución de detalle para la fotointerpretación estuvo medida por la escala aproximada de las aerofotografías.

2.1.5. Procesamiento de información generada

- Elaboración de mosaicos de la fotointerpretación y de las series de aerofotografías seleccionadas para cada sector.
- Georeferenciación de los mosaicos generados para cada sector.

2.1.6. Elaboración de salidas gráficas finales

- Organización de la fotointerpretación, los mosaicos de aerofotografías y las imágenes LiDAR, con el fin de poder establecer una comparación visual para el análisis de la dinámica fluvial.
- Verificación en campo de puntos neurálgicos de dinámica fluvial. para el desarrollo del índice de riesgo (directo e indirecto) a inundaciones en las cuencas Ranchería, Tapias, Carraipía, Tomarrazón, Jerez y Cañas.

Nota: Para mayor detalle, ver el Tomo X del presente estudio.

2.2. Determinación de la vulnerabilidad por cuencas

Si bien a nivel mundial existen varias metodologías utilizadas para medir la vulnerabilidad de cuencas hidrográficas, esta investigación se apoyó en tres (3) referentes:

- Para la medición de la vulnerabilidad global se establece el análisis y la calificación del valor expuesto (Tomo XI).
- El análisis y espacialización de la criticidad (Tomo XI) de inundaciones para cada casco urbano de cada cuenca.
- Así mismo, esta investigación se apoyó en las metodologías aplicadas en los trabajos de Cáceres (2001), Gómez (2003), Reyes (2003) y Jiménez et al. (2004) sobre vulnerabilidad en cuencas hidrográficas; los cuales forman parte de las investigaciones desarrolladas por el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), (CATIE, 2004)).

2.2.1. Determinación de la amenaza de inundación por cuencas

El análisis de amenazas para cada una de las cuencas del convenio 021 del 2011, se definió a través del modelamiento, cálculo y espacialización de los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, con la aplicación del modelo “Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF) (Gallant, 2003)” que fue el que presentó los mejores resultados para definir los distintos periodos de retorno en las cuencas objeto del presente convenio (ver detalle en el Tomo V).

Para las zonificaciones de los riesgos directos e indirectos de inundaciones, se utilizó hasta el periodo de retorno de 25 años, por considerar que este (y los que contiene) configuran la máxima probabilidad de ocurrencia de eventos desastrosos en estas cuencas (Tomo VII).

2.2.2. Definición de los riesgos por inundación

La metodología planteada se fundamentó EN LA CONSTRUCCIÓN DE MATRICES DE DECISIÓN, que llevaron a la espacialización de los riesgos directos e indirectos de inundaciones para las cuencas de Ranchería, Tapias, Tomarrazón, Cañas, Carraipía y Jerez.

Estas matrices combinaron la información numérica y espacial generada en los análisis de:

1) – Vulnerabilidad: Criticidad y Valor expuesto.

2) – Amenazas: Periodos de retorno de 2 a 25 años.

Esto basado en un Sistema de Información Geográfica (Anexo Geodatabase de cada Cuenca), que se alimentó con la información relacionada en la Figura 1.

Figura 1. Marco metodológico para la integración espacial de Riesgos por inundaciones (directos e indirectos), para las cuencas del convenio 021 del 2011.



2.2.3. Definición de los criterios para el cálculo y zonificación de los riesgos indirectos por inundación.

RIESGO INDIRECTO: Estimación de las pérdidas probables por las diferentes situaciones críticas que se puedan originar en la zona de estudio debido a los daños en los elementos afectados indirectamente por la amenaza.

Este análisis tiene una cobertura regional (para el 100% de todas las cuencas del convenio 021).

Para su calculó y espacialización, a través de matrices de decisión, se consideraron los siguientes elementos metodológicos:

1. Como elemento central de la amenaza se consideró el periodo de retorno de 25 años, modelado a través de “Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF) (Gallant, 2003)” y corregido espacialmente como se muestra en la Figura 1.

2. Como elemento de Vulnerabilidad se utilizaron las profundidades de inundación

generadas por el modelo "Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF) (Gallant, 2003)"; para este periodo de retorno de 25 años.

3. Para la definición de las cinco (5) categorías de probabilidad de riesgos indirectos de inundación, se combinó (en SIG – análisis espacial): las profundidades probables de inundación, para el periodo de retorno de los 25 años, con los niveles de criticidad de inundaciones (Tomo XI), como se muestra en la tabla 1.

4. El resultado de esta matriz de decisión se espacializó, generando así los mapas de riesgos indirectos por inundaciones; para cada cuenca.

Tabla 1. Calificación de los riesgos indirectos por inundaciones en las cuencas del convenio 021 del 2011.

CLASIFICACIÓN DEL RIESGO	PROFUNDIDAD DE LA INUNDACIÓN A 25 AÑOS	NIVEL DE CRITICIDAD
Muy poco probable	<20 cm	Normal – N Manejable – M
Poco probable	20-40 cm	Gran Disturbio – GD Inmanejable base – INB Desastroso Base – DB
Probable	40-90 cm	Inmanejable Nivel 1 – IN1 Desastroso Nivel 1 – D1
Altamente probable	90-130 cm	Desastroso Nivel 2 – D2
Muy probable	>130 cm	Desastroso Nivel 3 – D4

2.2.4. Definición de los criterios para el cálculo y zonificación de los riesgos directos por inundación

RIESGO DIRECTO: Es la suma de los riesgos específicos estimados para los diferentes grupos de elementos expuestos en el territorio amenazado.

Este análisis se aplicó específicamente para los cascos urbanos (o centros poblados), vías primarias y secundarias e infraestructura de importancia regional; en cada cuenca, con niveles de criticidad definidos (Tomo XI).

Para su calculó y espacialización, a través de matrices de decisión, se consideraron los siguientes elementos metodológicos:

1. Como elemento central de la amenaza se consideró el periodo de retorno de 25 años, modelado a través de "Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF) (Gallant, 2003)" y corregido espacialmente como se muestra en la Figura 1.

2. Para la interpretación de la Vulnerabilidad se consideraron las calificaciones de valores expuestos y criticidad desarrolladas en el Tomo VII.

3. Para la definición de las cuatro (4) categorías de probabilidad de riesgos directos de inundación, se combinó (en SIG – análisis espacial): El periodo de retorno de los 25 años (de cada cuenca), con las calificaciones de valor expuesto y los niveles de criticidad de inundaciones (Tomo XI); como se detalla en la tabla 1.

Tabla 2. Matrices de decisión implementadas en los análisis de riesgos directos por inundación, para las cuencas del convenio 021 del 2011.

AMENAZA	VULNERABILIDAD	PROBABILIDAD DE RIESGO
Determinada a partir del polígono de los periodos de retorno de 25 años, para cada cuenca	Determinada por los niveles de criticidad en cada casco urbano y centro poblado de cada cuenca	Intersecciones espaciales entre amenaza y vulnerabilidad.
Periodo de retorno de 25 años	Normal (N) y Manejable (M)	POCO PROBABLE
	Gran disturbio (GD), Inmanejable base (INB) y desastroso base (DB)	PROBABLE
	Inmanejable nivel 1 (IN1), Desastroso nivel 1(D1)	ALTAMENTE PROBABLE
	Desastroso nivel 2 (D2), Desastroso nivel 3 - avenida torrencial (D3)	MUY PROBABLE
VÍAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS		
AMENAZA	VULNERABILIDAD	RIESGO
Determinada a partir del polígono de los periodos de retorno de 25 años, para cada cuenca.	Determinada por los valores expuestos, en cada cuenca.	Intersecciones espaciales entre amenaza y vulnerabilidad, en cada cuenca
Periodo de retorno de 25 años	Vías primarias	ALTAMENTE PROBABLE
	Vías secundarias	PROBABLE

Nota: Para mayor detalle ver Tomo VII.

3. RESULTADOS

Salidas cartográficas de zonificación de las probabilidades de riesgos por inundación, los cuales se encuentran impresos en el anexo Cartográfico de este estudio y en forma digital en el Geodatabase anexo:

1. Mapa de riesgos indirectos de inundación para la cuenca del río Tapias.
2. Mapa de riesgos indirectos de inundación para la cuenca del río Tomarrazón.
3. Mapa de riesgos indirectos de inundación para la cuenca del río Carraipía.
4. Mapa de riesgos indirectos de inundación para la cuenca del río Jerez.
5. Mapa de riesgos indirectos de inundación para la cuenca del río Cañas.
6. Mapa de riesgos indirectos de inundación para la cuenca del río Ranchería.
7. Mapa de riesgos directos de inundación para la cuenca del río Tapias.
8. Mapa de riesgos directos de inundación para la cuenca del río Tomarrazón.
9. Mapa de riesgos directos de inundación para la cuenca del río Carraipía.
10. Mapa de riesgos directos de inundación para la cuenca del río Jerez.
11. Mapa de riesgos directos de inundación para la cuenca del río Cañas.
12. Mapa de riesgos directos de inundación para la cuenca del río Ranchería.



4. CONCLUSIONES

DINÁMICA FLUVIAL

- Todas las cuencas han presentado cambios significativos desde la década de los 50, como se evidenció en la fotointerpretación de los resultados.
- Muchas de las poblaciones que actualmente tienen altos valores expuestos y, que se encuentran en zonas con alta dinámica fluvial, no existían o tenían poca población, en las décadas de los 50 (Mingueo, Paraguachón, Anaime, etc.)
- Para todas las cuencas, objeto de este convenio, se puede observar un patrón similar en el cual los puntos de desfogue de los ríos se encuentran muy cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta (entre los 3 y 5 km de las faldas de la misma), siendo la cuenca del río Tomarrazón la que ha presentado migraciones de canal más intensas.
- Lastimosamente no se encontraron suficientes tomas multitemporales para la población de Tomarrazón, aunque se encuentra exactamente en el punto de desfogue del río con el mismo nombre. Sin embargo, la mayor parte de la población se encuentra alejada de los puntos de migración del canal que en este punto se encuentra bastante encajado. Aguas abajo, la población de Barbacoas se encuentra ubicada en un abanico aluvial con sedimentos recientes, lo cual la pone en alto riesgo y se recomienda su reubicación. Finalmente, para la cuenca del Tomarrazón, el poblado de Camarones en sí mismo no presenta un riesgo elevado con dinámica fluvial, pero la carretera Troncal del Caribe en las coordenadas 11°24’55.88´´ - 73°03’39.39´´, comienza a mostrar evidencias importantes de acumulación de sedimentos.
- La cuenca del río Ranchería, presenta importantes fenómenos de dinámica fluvial en los sectores localizados entre las ciudades de Distracción y Fonseca en donde, esta última ha ido creciendo hacia el norte en zonas con alto riesgo por dinámica fluvial reciente.
- En la población de Barrancas, pese a no encontrarse en un riesgo directo por los movimientos del cauce del río Ranchería, se debe tener especial cuidado en las zonas de Maguellas y Necesidad (coordenadas 10°57’05.00´´ y 72°46’36.71´´ y, 10°57’41.40 y 72°46’17.89´´ respectivamente), en aras de evitar asentamientos humanos permanentes.
- La ciudad de Riohacha ha presentado un acelerado crecimiento desde la década de los 70, con múltiples construcciones en el sector de Brazo-Rito donde, de acuerdo al POMCA del río Ranchería y a los recientes análisis hidrológico-hidráulicos, los cuales han sido confirmados por el estudio de dinámica fluvial, deben prohibir el asentamiento permanente en ese sector; al igual que en la zona de la salida a Mayapo se deben restringir los asentamientos a partir de las coordenadas 11°32’04.19´´ - 72°53’24.07´´.
- Con respecto a la cuenca del río Tapias, existen dos sectores prioritarios por presentar alta dinámica fluvial, de los cuales el más crítico es el sector Flores



– Pelechua – Puente Bomba, ya que, en general esta surcada por múltiples paleo-cauces y las poblaciones de Puente Bomba y las Flores están asentadas sobre manchas de inundación con arenas recientes. Por otro lado, el sector de Anaime – Choles- Tigrera presenta un conjunto de madre-viejas que evidencian dinámica fluvial reciente, desde 1974 hasta el presente; en este sector, la población de Anaime es especialmente vulnerable.

- Para la cuenca del río Jerez, como así lo denotó la foto-interpretación aérea, en la población de Dibulla se encuentra en un punto bastante estable desde la perspectiva de dinámica fluvial, con excepción de las viviendas que se ubican entre la carrera 1ra, la calle 3ra y la desembocadura del río Jerez. Así mismo, se recomienda que se restrinja la ubicación de asentamientos permanentes en el sector entre las coordenadas N11° 15´30.03´´ - O 73°18´18.43´´ y N11°15´23.04´´ - O 73°16´38.71´´ya que, desde 1974 el cauce comienza a presentar migraciones puntuales por cambios significativos en el uso de la tierra.

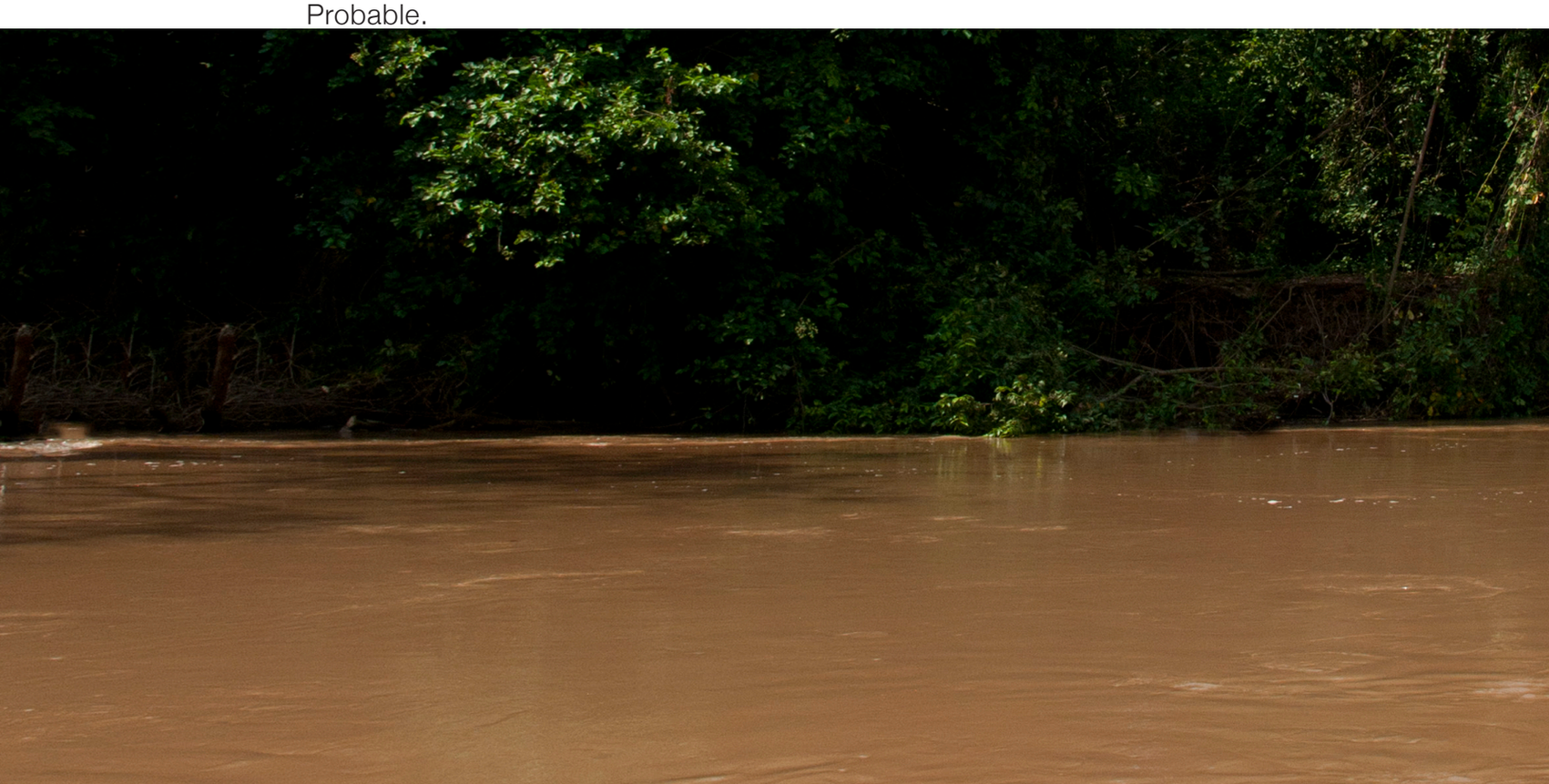
- La población de Mingueo en el río Cañas, que no existía en el año de 1955, ha presentado un acelerado crecimiento y destrucción de la cobertura del bosque ripario original. Dada la reciente historia de movimientos del cauce, en los últimos 40 años, se debe restringir la ocupación permanente en los sectores ubicados al noroccidente del casco urbano.

RIESGOS POR EVENTOS HIDROLÓGICOS (INUNDACIONES)

- Las probabilidades más altas de riesgos de inundaciones, a nivel regional y local, se presentan en las cuencas: Ranchería, Tapias y Carraipía, respectivamente.

- Los centros poblados: Fonseca, Hato Nuevo, Riohacha, Mingueo, Paraguachón, Comejenes, Puente Bomba, Las Flores, Tigrera y Camarones; presentan un riesgo de inundación directa, Altamente probable.

- El centro poblado de Dibulla, presenta un riesgo de inundación directa Muy Probable.



6. RECOMENDACIONES

DINÁMICA FLUVIAL

En aras de disminuir el riesgo por inundaciones, como consecuencia de un alta dinámica fluvial, las zonas identificadas en los distintos mapas como áreas de migración activa de canal (madre-viejas y paleo-cauces), deben tener un uso restringido a actividades anuales sin ocupación permanente y, en la mayoría de casos como se puede observar en el plan de acción, estas zonas (Tomo XIII) deben ser declaradas zonas de protección y/o restauración. De igual modo, en el marco del plan de acción (Tomo XIII), se deben priorizar las áreas localizadas entre los municipios de Distracción y Fonseca, Brazo – Rito en Riohacha, el sector Anaime – Choles y Pelechúa-Puente Bomba en el río Tapias, y el sector de Paraguachón en el río Carraipía. Se recomienda implementar, en estos sectores, estrategias de revegetalización de riberas y declaratoria de zonas de protección; para las áreas con canal de migración activas.

Se deben diseñar e implementar incentivos para reubicar asentamientos permanentes en zonas de alto riesgo por dinámica fluvial, en especial, en el poblado de Paraguachón donde actualmente, al menos 35 viviendas, se encuentran sobre el cauce activo del río Carraipía.

Aunque no tienen alto valor expuesto, las zonas de cultivo de plátano y palma africana sobre el río Tapias, deben respetar la ronda activa del cauce y la Corporación debe hacer un seguimiento a las distintas obras de diques y acequias que, se han construido para simplificar el canal entre las poblaciones de Puente Bomba y Choles. La operación de estas obras debe ser reglamentada por la autoridad ambiental para así, evitar la concentración de energía hidráulica (a partir de la energía potencial y cinética) que se vería acumulada por la masa de agua en sectores que originalmente presentaban una gran cantidad de meandros.

Para mayor información, sobre recomendaciones puntuales, consultar al Plan de Acción Tomo XIII del presente estudio.



RIESGOS POR EVENTOS HIDROLÓGICOS

La recomendación central que se desprende de este análisis de zonificación del riesgo, para las cuencas de estudio, se relaciona con la definición de un marco de prioridades frente a la construcción de un eventual Plan Regional de Gestión del Riesgo por Inundación.

Se recomienda que, en la implementación de un Plan de Riesgos, se consideren los siguientes niveles de prioridad, dadas las probabilidades de riesgo por inundación, reportadas en los presentes análisis:

NIVEL DE PRIORIDAD	CUENCA	CASCO URBANO O CENTRO POBLADO PRIORIZADO
MUY ALTO	RANCHERIA	Fonseca
		Hatonuevo
		Riohacha
ALTO	TAPIAS	Pelechúa
		Comejenes
		Las Flores
		Puente Bomba
MEDIO	CARRAIPIA	Carraipía
		Paraguachón



6. GLOSARIO

ACUÍFERO: formación geológica permeable por la que circula o puede circular agua.

AGUAS CONTINENTALES: las estancadas o corrientes superficiales, así como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.

AMENAZA / PELIGRO: Evento físico, potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Estos incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas/peligros, los cuales pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos. Cada una de ellas se caracteriza por su localización, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad.

ALERTA TEMPRANA: Provisión de información oportuna y eficaz a través de instituciones identificadas, que permiten a individuos expuestos a una amenaza, la toma de acciones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para una respuesta efectiva. Los sistemas de alerta temprana incluyen tres elementos, a saber: conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes; proceso y difusión de alertas comprensibles a las autoridades políticas y población; así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas.

AVENIDA O CRECIDA: paso por tramos de un río, de caudales superiores a los normales, que dan lugar a elevaciones de los niveles de agua.

COTA: Es la altura que alcanzan las aguas desde el lecho.

CAUDAL BÁSICO: Es un determinado caudal de inundación asociado a una frecuencia determinada usado para elaborar regulaciones. Algunos países han adoptado la “crecida de 100 años o centenaria» como el caudal básico para indicar el nivel mínimo de inundación que deberá ser utilizado por una comunidad en sus regulaciones de control de manejo de las áreas de inundación.

CRECIDA CENTENARIA (RECURRENCIA 100 AÑOS): Término usualmente utilizado para referirse al uno por ciento anual de posibilidades de inundación. Las inundaciones provocadas por dichos eventos son aquellas que resultan igualadas o excedidas, en promedio, una vez en 100 años. El término no debe tomarse literalmente ya que, por ser eventos naturales, no hay garantía de que este tipo de inundaciones ocurra una o más veces dentro del período de 100 años.

CRECIDA EXTRAORDINARIA: se la puede interpretar como caso fortuito que eventualmente afecta las riberas de un río, y ocurre cuando es superado el nivel del agua de un río o arroyo correspondiente a la crecida máxima anual media.

DESASTRE: Interrupción seria del funcionamiento de una comunidad o sociedad que causa pérdidas humanas y/o importantes pérdidas materiales, económicas o ambientales; que exceden la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación utilizando sus propios recursos. Un desastre es función del proceso de riesgo. Resulta de la combinación de amenazas, condiciones de vulnerabilidad e insuficiente capacidad o medidas para reducir las consecuencias negativas y potenciales del riesgo.

ELEMENTO EXPUESTO: Se refiere al tipo de objeto que se encuentra dentro del área amenazada personas, vivienda, infraestructura, edificaciones, cultivos, etc.).

EVAPORACIÓN: es la cantidad de agua que se evapora por calentamiento de la masa líquida.

EMBALSE: es el volumen de agua retenida por una o más presas, incluyendo márgenes, laderas y toda obra necesaria para su explotación.

EVALUACIÓN DEL RIESGO / ANÁLISIS: Metodología para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de amenazas potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen. El proceso de evaluación de riesgos se basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas, a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo.

INUNDACIÓN: sumergimiento temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada.

INUNDACIONES FLUVIALES: Son por lo general, consecuencia de una lluvia intensa, con lo que los ríos se desbordan.

INUNDACIONES TORRENCIALES, REPENTINAS: Se caracterizan porque el nivel del agua sube y baja con rapidez. Obedecen generalmente a una lluvia torrencial sobre un área relativamente pequeña.

INUNDACIÓN O CRECIDA ORDINARIA: Para ríos se la considera hasta donde llegan las más altas aguas en estado normal. Existe consenso entre muchos especialistas para que esta definición, bastante ambigua, sea modificada por la de “hasta donde llega el agua superficial durante la crecida máxima anual media”, es el límite normal del dominio público.

INUNDACIONES COSTERAS: Las zonas costeras se inundan a veces durante la pleamar a causa de mareas inusualmente altas motivadas por fuertes vientos en la superficie oceánica, o por maremotos ocasionados por terremotos en las placas del fondo oceánico.

LLANURA DE INUNDACIÓN: Inundación periódica de las zonas planas aledañas a los ríos de manera natural.

LECHO O FONDO DE RÍO: terreno cubierto por las aguas cuando los ríos que lo alimentan alcanzan sus máximas crecidas ordinarias.

LECHO O FONDO DE LAGO O LAGUNA: terreno ocupado por sus aguas, cuando alcanzan su mayor nivel ordinario, correspondiente a las máximas crecidas ordinarias de los ríos que lo alimentan.

RED DE DRENAJE: La red de drenaje es la encargada de canalizar las aportaciones de las escorrentías a los colectores y de organizar los flujos de los cauces desde su cabecera hasta su desembocadura. Para ello se construyen grandes obras estructurales como por ejemplo los embalses de regulación de las cuencas que sirven, entre otras razones, para contrarrestar las avenidas y evitar los desbordamientos de los ríos.

RIESGO: Estimación de las pérdidas probables de vidas humanas, heridos, animales, propiedades, infraestructura, usos del suelo, actividades económicas y demás elementos expuestos ante una probable amenaza y una vulnerabilidad existente.

RIESGO DIRECTO: Es la suma de los riesgos específicos estimados para los diferentes grupos de elementos expuestos en el territorio amenazado.

RIESGO ESPECÍFICO: Estimación de las pérdidas probables de un grupo de elementos expuestos (construcciones, infraestructuras, usos del suelo, etc.).

RIESGO INDIRECTO: Estimación de las pérdidas probables por las diferentes situaciones críticas que se puedan originar en la zona de estudio debido a los daños en los elementos afectados directamente por la amenaza.

PALEO-CAUCE: Abanicos de ríos muertos que se reactivan brevemente en tiempos de grandes lluvias.

EROSIÓN: Degradación y transporte de suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la tierra y que está fuertemente vinculada con la circulación de agua, hielo o viento.

TERRAZAS DE INUNDACIÓN: Restos de una llanura de inundación, donde el cauce principal del río se ha alejado pero que aun están sujetas a frecuentes inundaciones.

CIÉNAGAS: Depósitos de aguas no corrientes (ecosistemas lénticos) con algún grado de conexión con el río, del cual depende la renovación de sus aguas y el intercambio de materiales, sedimentos, propágulos y organismos.

CRESTAS: Cumbres con agudos peñascos de una montaña.

VULNERABILIDAD: Puede ser directa o indirecta. La vulnerabilidad directa se refiere al porcentaje probable de pérdida de un elemento (o grupo de elementos, organización, entidad, medio ambiente) expuesto respecto al valor del elemento como resultado de la posible ocurrencia de una amenaza con ciertas características específicas. La vulnerabilidad de cada grupo o tipo de elementos expuesto se puede representar en un mapa. La vulnerabilidad indirecta se refiere a las potenciales pérdidas que puedan presentarse, tanto en la zona inundada como en sectores distantes de ésta, al afectarse la infraestructura y la población en sus actividades productivas. Por lo general es más compleja y difícil de establecer.

7. BIBLIOGRAFÍA

BADIA I PERINYÀ, Anna. La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Departamento de Geografía, 2000.

BLAIKIE, Piers. En: At risk. Natural hazards, people's vulnerability, and disasters. Londres: Routledge, 1994. p. 1-71 y 123-146.

BOSQUE SENDRA, Joaquín y otros. Sistemas de Información Geográfica y cartografía de riesgos tecnológicos. El caso de las instalaciones para la gestión de residuos en Madrid. En: Industria y Medio Ambiente, Actas de las VIII Jornadas de Geografía Industrial (27-29, octubre: Alicante). Memorias. 1999

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Análisis Integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central. VI semana del CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2004.

COLOMBIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 "Prosperidad para Todos". Sostenibilidad Ambiental y Prevención del riesgo. Bogotá, 2010.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL) y BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN Y FOMENTO (El Banco Mundial). Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres, 2003. p. 95.

DÍEZ HERRERO ANDRÉS. 2010. Utilización de los SIGs en el análisis del riesgo de inundación en el Alto Alberche (cuenca del Tajo). En: LAÍN HUERTA, Luis (ed.); Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y el medio ambiente. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Medio. 2010.

GALLANT, J. C. A multiresolution index of valley bottom flatness for mapping depositional areas. En: Water Resources Research. 2003. vol. 39, no 12.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES.2002. IDEAM. Perfil del estado de los recursos naturales y el medio ambiente en Colombia 2001. Tomo III. Bogotá, Colombia. 156 pp.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES.2010. IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2010. Bogotá, Colombia. 556 pp.

LEGEARD, BENOÎT. Prévention des inondations torrentielles méditerranéennes. Approche multi-agents pour l'aide à la gestion spatialisée de crise. Tesis de Doctorado. Grenoble: Université Scientifique, Technologique et Médicale Joseph Fourier - Grenoble I, 1999. 6. p.

OXFAM. 2007. Alarma Climática: Aumentan los desastres debidos al cambio climático. En: Oxfam Internacional. 2007. 31 p.

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA.2011. Ley 1450 (16, junio, 2011). Por medio de la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Diario Oficial. Bogotá, 2011. no. 48102. 56 pp.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (PNUMA) (2002). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002. En: GEO 3 Pasado, presente y futuro. Nayrobi, Kenya, publicado en español. Capítulo II, Agua Dulce. MundiPrensa ed. Madrid, 2002.

RIBAS PALOM, Anna. Natura, societat i calamitat. Una aproximación a les inundacions històriques de la ciutat de Girona. Tesis de Doctorado. Girona: Universitat de Girona, 1994. 1, 2, 9-65 y 361 p.

SAURI, David. Introducción. En: SAURÍ, David (coord.). Les inundacions. Barcelona: Diputación de Barcelona, 1997. p. 7-11.

SCHUMM, S.A. River variability and complexity. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 220 p. ISBN-13: 978-0521846714.

