

Licitación: 111882

**Servicio de evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas
humanos y naturales de la Cuenca del Canal de Panamá**

INFORME FINAL DE CONSULTORÍA

Presentado por CATHALAC

Preparado por:

Freddy Picado Traña (Coordinador)
Joel Pérez Fernández
José María Guardia
Miroslava Morán
Ricardo Montenegro
Octavio Smith
Bessy García

2011

Tabla de Contenido

Resumen Ejecutivo	12
1. Identificación de las principales amenazas naturales causadas por eventos climatológicos extremos en la Cuenca	15
Presentación	15
1.1 Proceso metodológico	16
1.2 Bases de datos históricas sobre la información climatológica, meteorológica e hidrológica a escala regional, nacional y de la Cuenca	17
a) Estructura de la información	17
b) Continuidad de los registros	17
d) Disponibilidad de la información	19
e) Procesamiento de la información	23
f) Cartografía base utilizada.....	23
1.3. Mapas de las condiciones climatológicas actuales producto de la variabilidad climática en la CHCP	24
1.3.1. Comportamiento de la precipitación mensual en la CHCP	28
1.3.2. Variabilidad de la precipitación asociada al fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur..	36
1.4. Identificar y caracterizar las principales amenazas naturales causadas por eventos climatológicos extremos en la Cuenca	45
1.4.1. Identificación de la Amenaza Climática.....	45
a) Marco conceptual de la amenaza climática	45
b) Desarrollo y selección de indicadores de amenaza climática	45
c) Expresión en unidades espaciales y análisis de mapas	47
d) Método de los Deciles de Gibbs y Maher:	47
e) Método de la curva integral de coeficientes modulares.....	49
1.5. Mapas de amenazas naturales causadas por la variabilidad climática en la CHCP	52
1.5.1. Amenaza por inundaciones en la Cuenca (1971 – 2010)	52
1.5.2. Amenaza por Sequía en la Cuenca (1971 – 2010)	56
1.5.3. Metodología utilizada para el cálculo de susceptibilidad los parámetros físico ambientales de la Cuenca	60

2. Condiciones y/o procesos económicos, sociales y ambientales que aumentan la susceptibilidad de los sistemas naturales y sociales frente a las amenazas naturales causadas por eventos.....	74
2.1. Variables económicas, sociales y ambientales que aumentan la susceptibilidad de los sistemas naturales y humanos de la CHCP a las amenazas de la variabilidad climática.....	74
2.2 Línea base de la vulnerabilidad socioeconómica de la Cuenca que aumentan la susceptibilidad a las amenazas adversas de la variabilidad climática.....	78
2.3. Zonas críticas y grupos vulnerables dentro de la CHCP a la variabilidad climática, tomando en consideración las amenazas climáticas	89
2.4. Elaborar mapas de vulnerabilidad actual de la CHCP en el que se indiquen los grupos vulnerables a las distintas amenazas climáticas (sequías, inundaciones, deslizamientos.....	92
2.4.1. Vulnerabilidad biofísica	93
2.4.1.1. Expresión en unidades espaciales y análisis de mapas	94
2.4.2. Vulnerabilidad del clima actual a sequías	94
2.4.3. Vulnerabilidad del clima actual a inundaciones	97
2.4.4. Vulnerabilidad Socioeconómica actual	99
3. Estimación de la magnitud y probabilidad de los daños causados por las amenazas naturales actuales, dadas las condiciones de variabilidad climática.....	101
3.1 Identificar y describir las relaciones establecidas entre el clima y las dinámicas sociales y naturales dentro de la CHCP	101
3.2 Determinar los efectos de las principales amenazas climatológicas actuales en los sectores prioritarios.....	106
3.3 Capacitación de Comités Locales en conceptos básicos sobre el clima, variabilidad climática, amenazas, exposición, sensibilidad, vulnerabilidad y cambio climático.....	110
4. Medidas para reducir la vulnerabilidad climática en la Cuenca.....	132
4.1 Acciones programas y proyectos e investigaciones que coadyuven a reducir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática en Cuenca	132
4.1.1. Vulnerabilidad en la Cuenca	132
4.1.2. Subcuencas más vulnerables en la Cuenca	135
4.1.3. Acciones, programas y proyectos.....	136
4.2 Análisis de la viabilidad técnica, económica, social y ambiental para la implementación de las acciones, programas y proyectos identificados para reducir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática en la Cuenca	139
4.2.1 Propuestas de medidas para reducir la vulnerabilidad ante la variabilidad climática en las subcuencas prioritizadas de la CHCP	139

4.3 Priorización de las acciones, programas y proyectos identificados, considerando las necesidades inmediatas y el análisis de la viabilidad técnica, económica, social y ambiental	162
4.3.1. Criterios para la evaluación de las propuestas.....	162
4.3.2. Evaluación y priorización de las propuestas.....	166
Dólar invertido / tiempo de duración.....	166
5. Conclusiones y recomendaciones	167
6. Bibliografía.....	177

Índice de Acrónimos

ACP	Autoridad del Canal de Panamá
ANAM	Autoridad Nacional del Ambiente
CATHALAC	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe
CHCP	Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá
CICH	Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá
CREHO	Centro Regional Ramsar para la Capacitación e Investigación sobre Humedales para el Hemisferio Occidental
DESINVENTAR	Sistema de Inventario de Desastres
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
IAC	Índice de Amenaza Climática
IDAAN	Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales de Nicaragua
IPH	Índice de Pobreza Humano
ISDR	Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres por sus siglas en inglés
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA)
NMP	Número más probable, técnica utilizada para cuantificar el número de bacterias coliformes
NOOA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PICC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
SIG	Sistema de Información Geográfico
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TEEB	La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad por sus siglas en inglés
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical

Índice de Cuadros

Cuadro 1.1	Estaciones con información sobre precipitación diaria y su localización en coordenadas.	18
Cuadro 1.2	Estructura de los datos provistos para esta consultoría por la Sección de Recursos Hídricos de la ACP.	19
Cuadro 1.3	Estaciones seleccionadas con el periodo de registro 1971-2010 completo.	20
Cuadro 1.4	Estaciones de referencia con información dentro del periodo de registro 1971-2010.	22
Cuadro 1.5	Estaciones con un periodo de registro reciente respecto a 1971-2010.	22
Cuadro 1.6	Indicadores de Amenaza por inundación y sequía a nivel de microcuencas en la CHCP.	50
Cuadro 1.7	Anomalías mensuales de precipitación de los eventos El Niño 1976 y 1997, respecto al promedio de la serie 1971 – 2010. Estación San Miguel, subcuenca río Pequení.	58
Cuadro 2.1	Línea Base de los indicadores de Exposición en la Cuenca.	79
Cuadro 2.2	Subcuencas con mayor nivel de exposición a la variabilidad climática.	80
Cuadro 2.3	Línea base de los indicadores de Sensibilidad en la Cuenca.	82
Cuadro 2.4	Línea base de los indicadores de Capacidad de Adaptación en la Cuenca.	83
Cuadro 2.5	Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica para todas las subcuencas de la Cuenca del Canal de Panamá.	85
Cuadro 2.6	Subcuencas con mayor vulnerabilidad socioeconómica en la Cuenca.	87
Cuadro 2.7	Subcuencas vulnerables de la Cuenca del Canal de Panamá.	91
Cuadro 3.1	Resumen de los talleres de capacitación y devolución de resultados dirigidos a los Comités Locales de las subcuencas del oeste de la Cuenca.	112
Cuadro 3.2	Riesgos identificados por los participantes en los talleres en la Región Oeste de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.	113
Cuadro 3.3	Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados celebrado en El Lirio y dirigido a los miembros de los Comités Locales de las 4 S.	119
Cuadro 3.4	Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados celebrado en La Chorrera para los miembros de los Comités Locales indicados.	122
Cuadro 3.5	Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados celebrado en el Tramo Alto de Cirí Grande para los miembros de los Comités Locales indicados.	123
Cuadro 3.6	Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados, celebrado en el Tramo Medio Bajo de Cirí Grande para los miembros de este Comité Local.	124
Cuadro 3.7	Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados, celebrado en el Tramo Medio Bajo de Trinidad.	127
Cuadro 3.8	Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados,	129

	celebrado con los Comités Locales de Chilibre y Chilibrillo.	
Cuadro 3.9	Resumen de riesgos identificados para las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo.	130
Cuadro 4.1	Subcuencas con índice de vulnerabilidad socioeconómica alta y muy alta.	133
Cuadro 4.2	Sub cuencas priorizadas en función del nivel de vulnerabilidad socioeconómica y al clima actual.	135
Cuadro 4.3	Líneas de acción, programas y proyectos identificados por el Plan de Desarrollo Sostenible y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la CHCP.	137
Cuadro 4.4	Evaluación de las propuestas de las 7 subcuencas priorizadas.	166

Índice de Mapas

Mapa 1.1	Cobertura espacial de la superficie de la cuenca para las estaciones con diferentes periodos de registros. Fuente: CATHALAC, 2011.	21
Mapa 1.2	Mapa base con la red de estaciones meteorológicas utilizadas e información de referencia. Fuente: CATHALAC, 2011	25
Mapa 1.3	Distribución de la Precipitación Anual para el periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	26
Mapa 1.4	Distribución de la precipitación de la estación “relativamente seca” para el periodo 1971 – 2010, en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.	27
Mapa 1.5	Distribución de la precipitación durante la estación lluviosa para el periodo 1971 – 2010, en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.	29
Mapa 1.6	Distribución de la precipitación promedio de enero, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	30
Mapa 1.7	Distribución de la precipitación promedio de mayo, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	31
Mapa 1.8	Distribución de la precipitación promedio de julio, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011 Distribución de la precipitación promedio de julio, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011	33
Mapa 1.9	Distribución de la precipitación promedio de septiembre, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	34
Mapa 1.10	Distribución de la precipitación promedio de noviembre, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	35
Mapa 1.11	Amenaza por inundación en la CHCP referida al periodo de registro 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	53
Mapa 1.12	Amenaza por inundación en la CHCP referida al evento extremo de 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	55
Mapa 1.13	Amenaza por sequía en la CHCP referida al periodo de registro 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	59
Mapa 1.14	Susceptibilidad a inundación por características de la pendiente en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.	63
Mapa 1.15	Mapa de pendientes de la Cuenca en grados. Fuente: CATHALAC, 2011.	64
Mapa 1.16	Susceptibilidad a Deslizamiento por valoración de características de la pendiente (SP) en la Cuenca.	66
Mapa 1.17	Valoración del parámetro de la humedad del terreno (Sh) en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.	68
Mapa 1.18	Valoración del parámetro de susceptibilidad litológica (SI) en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.	71
Mapa 1.19	Susceptibilidad a Deslizamientos tomando en consideración los factores internos de pendientes, humedad del terreno y susceptibilidad litológica Cuenca. Fuente: CATHALAC. 2011.	73
Mapa 2.1	Vulnerabilidad del clima actual por sequía para la Cuenca del Canal de Panamá, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	95
Mapa 2.2	Vulnerabilidad del clima actual por Inundación para la Cuenca del Canal de Panamá, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.	98
Mapa 2.3	Vulnerabilidad socioeconómica actual de Cuenca del Canal de Panamá, referida al año 2000 (Censo). Fuente: CATHALAC, 2011.	100

Índice de Tablas

Tabla 1	Clasificación de rangos del decil según el método de Gibbs y Maher.	48
Tabla 2	Susceptibilidad a inundación de acuerdo a intervalos de pendiente en grados.	62
Tabla 3	Clases de Pendientes, Condiciones del Terreno y Valoración del Parámetro Sp.	65
Tabla 4	Rangos de precipitación utilizados para el cálculo del parámetro de humedad del terreno (Sh). Fuente: CATHALAC, 2011.	67
Tabla 5	Valoración de las características del parámetro de pendiente (Sh). Fuente: CATHALAC, 2011.	67
Tabla 6	Cálculo del valor del parámetro de Susceptibilidad Litológica.	70
Tabla 7	Grado de susceptibilidad a deslizamiento de los parámetros Sp, Sh y Sl. Fuente: CATHALAC, 2011.	71
Tabla 3.1	Valor económico total estimado por TEEB para los servicios ofrecidos por humedales continentales. En \$/ha/ año, a precios corrientes.	108
Tabla 3.2	Valor económico total estimado por TEEB para los servicios ofrecidos por bosques tropicales continentales. En \$/ha/ año, a precios corrientes.	109

Índice de Figuras

Figura 2.1	Enfoque metodológico para evaluar la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica de la CHCP.	75
Figura 2.2	Relación entre sensibilidad y la magnitud de una amenaza. Fuente: CATHALAC-UNU/INWEH, 2007.	76
Figura 2.3	El fortalecimiento de la capacidad de respuesta construye resiliencia. Fuente: CATHALAC-UNU/INWEH, 2007.	77
Figura 3.1	Material preparado para la devolución de resultados en el Taller de las subcuencas 4s. El panel superior muestra la distribución de la precipitación para la estación seca (izquierda) y la lluviosa (derecha), en el panel inferior se presenta la susceptibilidad a inundaciones (izquierda) y a deslizamientos (derecha). Fuente: CATHALAC, 2011.	121
Figura 3.2	Material preparado para la devolución de resultados en el Taller de las subcuencas Cirí Grande y Trinidad. En la columna izquierda se muestra a nivel de la Cuenca la amenaza climática por inundación y sequía, en la columna izquierda la amenaza a nivel de las subcuencas indicadas. Fuente: CATHALAC, 2011.	126
Figura 3.3	Material de trabajo para el taller de devolución de resultados en el tramo Medio-Bajo del río Trinidad. A la derecha se muestra la distribución espacial de la susceptibilidad a inundaciones y a la izquierda, la susceptibilidad a deslizamientos. Fuente: CATHALAC, 2011.	128
Figura 3.4	Material de trabajo utilizado para el taller de devolución de resultados en las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo. En el panel superior se muestra la distribución espacial de la precipitación para las estaciones seca y lluviosa, en el panel inferior se ilustra la susceptibilidad a deslizamientos y la capacidad de adaptación de dichas subcuencas. Fuente: CATHALAC, 2011.	131

Índice de Gráficos

Gráfico 1.1	Comparación de los eventos El Niño y La Niña con respecto al “año normal de 1991” en la CHCP. Periodo 1971 – 2010.	37
Gráfico 1.2	Estación El Chorro – Subcuenca Río Trinidad. Variabilidad interanual de la precipitación: 1971-2010.	38
Gráfico 1.3	Estación San Miguel – Subcuenca Río Pequení. Variabilidad interanual de la precipitación: 1971-2010.	39
Gráfico 1.4	Estación El Chorro – Subcuenca Río Trinidad. Comportamiento de la precipitación mensual en años El Niño.	40
Gráfico 1.5	Estación San Miguel – Subcuenca Río Pequení. Comportamiento de la precipitación mensual en años El Niño.	40
Gráfico 1.6	Estación Barro Colorado – Subcuenca Lago Gatún. Variabilidad interanual de la precipitación: 1971-2010.	41
Gráfico 1.7	Estación Alhajuela – Subcuenca Lago Alhajuela. Variabilidad interanual de la precipitación: 1971-2010.	41
Gráfico 1.8	Estación Barro Colorado – Subcuenca Lago Gatún. Comportamiento de la precipitación mensual en años El Niño.	42
Gráfico 1.9	Estación Alhajuela – Subcuenca Lago Alhajuela. Comportamiento de la precipitación mensual en años El Niño.	42
Gráfico 1.10.a	Estación Gatún Rain – Subcuenca Lago Gatún. Variabilidad interanual de la precipitación: 1971-2010.	44
Gráfico 1.10.b	Estación Gatún Rain – Subcuenca Lago Gatún. Comportamiento de la precipitación mensual en año El Niño.	44
Gráfico 1.10.c	Estación Pedro Miguel – Subcuenca Miraflores. Variabilidad interanual de la precipitación: 1971-2010.	44
Gráfico 1.10.d	Estación Pedro Miguel – Subcuenca Miraflores. Comportamiento de la precipitación mensual en años El Niño.	44
Gráfico 1.11	Estación El Chorro, subcuenca río Trinidad. Comparación de la marcha media mensual de la precipitación del periodo 1971-2010, con respecto a los acumulados mensuales de los eventos El Niño de 1976 y 1997.	57
Gráfico 1.12	Estación San Miguel, subcuenca río Pequení. Comparación de la marcha media mensual de la precipitación del periodo 1971-2010, con respecto a los acumulados mensuales de los eventos El Niño de 1976 y 1997.	57

Resumen Ejecutivo

Este estudio tiene como objetivo la “Evaluación de la Vulnerabilidad Actual de los Sistemas Humanos y Naturales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá” a partir de las actividades establecidas en la Licitación No. 111882.

La información primaria obtenida de la Sección de Recursos Hídricos de la División de Agua de la ACP ha sido procesada y establecida técnicamente en formatos digitales estructurados, buscando la homologación y mayor validez posible de los datos, a pesar de las diferencias o variaciones en la cantidad de registros para cada una de las estaciones meteorológicas consideradas.

Posteriormente, se conformaron grupos de información definidos por criterios estadísticos y temporales para la identificación de valores indicativos de amenaza en términos de precipitación, ya sea por déficit, vista como sequía o por exceso, como inundaciones para la Cuenca. De esta manera, fue posible la generación de una sola base de datos fácilmente exportable para su visualización geográfica en un Sistema de Información Geográfico.

El capítulo 1 del presente informe muestra como resultado inicial una base de datos estructurada para el análisis de los registros de precipitación diaria, por mes, año y periodos particulares, asimismo, se definió el marco teórico para la caracterización de la amenaza climática y de la vulnerabilidad considerada en términos de precipitación en la Cuenca para el periodo 1971-2010, así como una colección de mapas a diferentes escalas temporales (mensual, estacional y anual) que representan geográficamente la distribución espacio – temporal de tan importante elemento para la Cuenca. También, se analizan los impactos de los eventos El Niño y La Niña que han afectado a la Cuenca, obteniéndose hallazgos importantes sobre los impactos de estos fenómenos en la marcha mensual y anual del régimen de precipitación.

Se incluye la caracterización de las principales amenazas naturales causadas por la variabilidad climática y eventos extremos que afectan a la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá. También se elaboraron los mapas de amenazas naturales referidos a eventos que causan inundaciones y sequías, analizándose su distribución espacial a nivel de subcuencas y microcuencas, en función de los niveles de intensidad definidos.

En el capítulo 2, se determinaron las condiciones y procesos Económicos y Ambientales que aumentan la Susceptibilidad de los sistemas naturales y sociales frente a las

amenazas climáticas por inundación y sequía. De esta manera fue posible definir las zonas críticas y grupos vulnerables dentro de la Cuenca.

Como parte del proceso para definir la vulnerabilidad de la Cuenca, se elaboraron análisis de Susceptibilidad de los siguientes parámetros físicos ambientales: (a) Susceptibilidad a deslizamiento por pendiente del terreno; (b) susceptibilidad a inundación; (c) humedad del terreno y (d) susceptibilidad litológica. Estos análisis fueron cartografiados en mapas que incluyen las subcuencas principales y los corregimientos a fin de identificar las comunidades vulnerables.

También, se preparó una línea base de vulnerabilidad socioeconómica actual de la Cuenca en base a las variables económicas, sociales y ambientales que aumentan la susceptibilidad a las amenazas climáticas.

Se elaboraron mapas de vulnerabilidad referidos a eventos que causan inundaciones y sequías, analizándose su distribución espacial a nivel de subcuencas y microcuencas, en función de los niveles de intensidad definidos. También se elaboró un mapa de vulnerabilidad socioeconómica.

En el capítulo 3, se identifican y describen las relaciones establecidas entre el clima y las dinámicas sociales y naturales dentro de la Cuenca. Se analiza las transformaciones históricas que ha sufrido la Cuenca como resultado de la construcción de los embalses de los 3 lagos y la migración masiva hacia la Cuenca de campesinos del interior del país, y su repercusión en el aumento o disminución de la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales. En función de la variable demográfica como principal determinante del grado de vulnerabilidad de la población que vive en la Cuenca se definieron 3 modelos en cuanto a la vulnerabilidad, incluyendo los procesos de emigración e inmigración y los impactos del proceso de urbanización de algunas subcuencas.

De forma general y en función de los alcances del presente trabajo, se estima el efecto de las principales amenazas climáticas actuales en los sectores prioritarios de la cuenca, como lo son la operación del Canal por eventos extremos que producen sequías e inundaciones.

En este tercer capítulo, también se sistematizan los resultados de los seis talleres de inducción y devolución de resultados, organizados conjuntamente con el Equipo de Relaciones con la Comunidad de la División de Ambiente de la ACP, los cuales se realizaron en las subcuencas siguientes: (a) taller en las 4S, El Lirio 11/08/11; (b) Hules Tinajones y Caño Quebrado, La Chorrera el 16/08/11; (c) Tramo alto Cirí Grande, el

17/08/11; (d) Tramo Medio Bajo Cirí Grande, Los Faldares 25/08/11; (e) Tramo Media Bajo de Trinidad, El Cacao 26/08/11), y (f) todos los tramos de las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo.

En calidad de ejemplo, se incluye en anexos los materiales didácticos utilizados para los talleres de capacitación realizados en diferentes subcuencas de la parte Oeste de la Cuenca. Se incluyen a una escala mayor los mapas de vulnerabilidad biofísica y socioeconómica.

En el capítulo 4, se identificaron acciones o proyectos que faciliten la reducción de la vulnerabilidad ante las amenazas climáticas por inundación y sequía en la CHCP, resumiéndose los resultados más relevantes de la evaluación de las amenazas de la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica descrita en los capítulos anteriores.

Posteriormente se priorizaron las subcuencas sobre la base de la información de vulnerabilidad socioeconómica, vulnerabilidad ante la amenaza de inundaciones y de sequías, y se identificaron las acciones y se desarrollaron las propuestas orientadas a reducir la vulnerabilidad en dichas subcuencas.

También, se describen los criterios para evaluar las propuestas y se evalúan económica, social y ambientalmente, y a la vez se ordenaron de acuerdo con los resultados de la evaluación. Se realizó la aproximación de los costos asociados a la presencia de eventos extremos de no llevarse a cabo acciones que busquen reducir la vulnerabilidad de la Cuenca.

Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones más resaltantes del estudio, la bibliografía revisada y los anexos del documento.

1. Identificación de las principales amenazas naturales causadas por eventos climatológicos extremos en la Cuenca

Presentación

La Constitución panameña define el Canal de Panamá como el patrimonio inalienable de la Nación que permanecerá abierto al tránsito pacífico e ininterrumpido de las naves de todas las naciones. Por ello, la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) tiene el gran reto de la conservación de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica que abastece del vital líquido para la operación del Canal y esto no exclusivamente para fines de navegación, pues la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), cuya zona de captación de 3,313 km², con un drenaje de aproximadamente 4,390 millones de metros cúbicos de agua al año, abastece el agua necesaria para el funcionamiento del Canal y el agua potable que se consume en las ciudades de Panamá y Colón, donde se concentra aproximadamente el 50% de la población del país (CICH, 2007).

La Cuenca ha dado muestras de vulnerabilidad a fenómenos climáticos en diferentes momentos, dos de ellos, a causa de lo que podría clasificarse como eventos extremos, los cuales sucedieron en los años de 1997-1998 y recientemente en diciembre del año pasado (2010). En ambos momentos los efectos por dichos eventos, sequía en el primer caso y exceso de lluvias en el segundo, tuvieron repercusiones en todo el país, con sustanciosas pérdidas, considerables no solo económicas, sino de vidas humanas, afectaciones de infraestructura, la salud, la seguridad alimentaria y en ambos casos, se detuvo momentáneamente la operación de Canal.

El estudio de evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas humanos y naturales en la Cuenca del Canal para el periodo 1971-2010, permitirá conocer mejor la distribución espacial y temporal de la precipitación a diferentes escalas (mensual, estacional y anual) de tan importante elemento para la operación del Canal, caracterizando las principales amenazas climáticas (sequía, inundación) a través de mapas que ilustran su distribución espacial. Como parte del proceso de definir la vulnerabilidad de la Cuenca se hicieron análisis de susceptibilidad a deslizamientos que fueron cartografiados en mapas que incluyen las 50 subcuencas y corregimientos a fin de identificar las comunidades vulnerables. Se preparó una línea base de la vulnerabilidad socioeconómica actual, la cual fue útil para la evaluación de la vulnerabilidad por sequía e inundación y para identificar las subcuencas con mayor vulnerabilidad. Con base a esta evaluación de vulnerabilidad, se identificaron las acciones y se desarrollaron las propuestas orientadas a reducir la vulnerabilidad de la Cuenca.

1.1 Proceso metodológico

Para la elaboración del presente estudio el equipo de trabajo siguió la secuencia de etapas que se ilustra en el diagrama siguiente. Cada una de estas etapas se describe en los acápites que a continuación se desarrollan a lo largo de este informe.

Diagrama del proceso metodológico de trabajo

1.2 Bases de datos históricas sobre la información climatológica, meteorológica e hidrológica a escala regional, nacional y de la Cuenca

La recolección de datos meteorológicos e hidrológicos de fuentes primarias fue una de las primeras actividades realizadas y establecidas en el plan de trabajo compartido con la ACP. Esta información fue obtenida a través de varias comunicaciones con funcionarios de las Divisiones de Ambiente y Agua, y facilitada por la Sección de Recursos Hídricos de la ACP. Esta información, fue compartida en formato digital (hojas de cálculo de Excel) a través de discos ópticos para su gestión.

a) Estructura de la información

La información proporcionada sobre la precipitación mantiene una estructura organizada por décadas donde se contempla el registro de 103 estaciones, con información diaria por estación desde el primero de enero de 1940 al 30 de abril de 2011, última fecha de registro obtenida para la atención de esta consultoría. Las estaciones reportadas, presentan distintos periodos de registros basados primordialmente en la fecha en la que originalmente fueron establecidas para su monitoreo sistemático en la Cuenca. Ver **Cuadro 1.1**.

De igual forma, la estructura de la información contiene una hoja descriptiva de la ubicación geográfica, nombre y elevación de cada una de las estaciones en la CHCP. Ver **Cuadro 1.2**.

Para fines de realizar un primer análisis de control de calidad de la información proporcionada y que sea considerada en los diagnósticos, se evaluó en detalle aspectos como 1) la continuidad de los registros y 2) la consistencia en los datos para cada una de las estaciones.

b) Continuidad de los registros

No todas las estaciones proporcionadas cumplen con la misma cantidad de registros en sus series de tiempo, entendiéndose que ello radica en las distintas fechas que las estaciones han sido establecidas para mediciones sistemáticas en la CHCP.

En general, existen periodos de días consecutivos sin registros en algunas estaciones, el cual puede extenderse desde un mes hasta más allá de un año sin datos. No obstante, los inconvenientes encontrados respecto a la continuidad de los registros, no representan alguna alteración significativa en los resultados manejados como climatologías mensuales dentro de un periodo de 30 años.

Cuadro 1.1. Estaciones con información sobre precipitación diaria y su localización en coordenadas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
	Year	Month	Julian Day	DATE	CDL	CHI	PEL	SMG	ACL	ALA	BCI	CAS	CHR	CNO	CNT	GAM	GAT	GUA	HHI	HUM	MLR	RAI	PMG	ESC	
1	1940	1	1	19400101	0.0	1.3	1.8			19.3	0.3			1.3		2.5	1.3							1.3	
2	1940	1	2	19400102	0.3	0.0	0.3			8.9	22.6			2.3		9.4	52.6							4.8	
3	1940	1	3	19400103	3.3	0.8	5.1			0.0	2.5			2.5		0.3	8.4							3.8	
4	1940	1	4	19400104	0.0	0.0	0.0			0.0	0.3			0.0		0.0	0.0							0.0	
5	1940	1	5	19400105	0.0	0.0	0.0			0.0	0.5			3.8		0.3	2.0							0.0	
6	1940	1	6	19400106	27.9	0.0	7.6			4.1	16.0			41.9		8.6	12.2							0.0	
7	1940	1	7	19400107	0.3	0.3	0.3			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
8	1940	1	8	19400108	9.4	0.0	9.1			0.3	0.0			0.0		0.0	0.8							0.0	
9	1940	1	9	19400109	0.5	0.0	0.8			0.0	0.3			0.0		0.0	0.0							0.0	
10	1940	1	10	19400110	0.3	0.0	0.3			0.0	0.3			0.0		0.0	0.0							0.0	
11	1940	1	11	19400111	0.3	0.0	0.3			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
12	1940	1	12	19400112	0.5	0.0	0.3			0.0	0.0			0.0		0.3	0.0							0.0	
13	1940	1	13	19400113	0.3	0.0	0.3			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
14	1940	1	14	19400114	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0			0.5		0.0	0.0							0.0	
15	1940	1	15	19400115	0.0	0.0	0.0			0.0	2.5			2.0		0.0	0.8							0.0	
16	1940	1	16	19400116	2.8	1.0	14.7			1.5	1.0			1.3		0.3	0.3							0.3	
17	1940	1	17	19400117	1.0	0.0	1.5			1.3	6.4			4.3		0.3	1.0							0.0	
18	1940	1	18	19400118	0.8	0.0	0.0			0.0	0.3			0.0		0.0	0.0							0.0	
19	1940	1	19	19400119	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
20	1940	1	20	19400120	0.5	0.0	0.0			0.0	0.0			2.5		0.0	0.0							0.0	
21	1940	1	21	19400121	0.0	0.0	0.5			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
22	1940	1	22	19400122	1.8	1.5	1.3			0.3	0.0			0.0		0.3	0.3							0.0	
23	1940	1	23	19400123	0.3	0.0	0.5			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
24	1940	1	24	19400124	10.9	1.0	5.8			0.0	19.3			8.9		1.0	36.6							1.8	
25	1940	1	25	19400125	1.0	0.0	0.0			0.0	2.0			2.8		0.0	0.3							0.0	
26	1940	1	26	19400126	0.0	0.0	0.0			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
27	1940	1	27	19400127	5.1	0.0	16.3			2.3	0.0			0.5		0.0	0.0							0.3	
28	1940	1	28	19400128	53.1	23.1	50.8			11.7	18.5			21.6		6.1	6.6							1.8	
29	1940	1	29	19400129	23.1	6.4	12.7			5.1	23.9			8.9		6.4	13.2							1.8	
30	1940	1	30	19400130	0.5	0.0	0.0			0.0	0.0			0.0		0.0	0.0							0.0	
31	1940	1	31	19400131	17.5	3.8	1.3			0.3	0.3			1.0		0.0	2.5							0.0	
32	1940	2	32	19400201	2.3	0.0	4.8			0.3	3.3			0.0		0.0	0.0							0.0	
ESTACIONES 1940-1949 1950-1959 1960-1969 1970-1979 1980-1989 1990-1999 2000-2009 2010																									

Para fines de obtener los primeros análisis, se disgregaron los registros por mes, año y estación de tal forma que facilitara la identificación de las series más completas y extensas posibles. En este sentido, y a pesar de contar con información de 103 estaciones meteorológicas en la Cuenca, después del control de calidad en la información, se seleccionaron un total de 22 estaciones bases con información completa para el periodo 1971-2010, es decir los últimos 40 años.

Para el periodo seleccionado (1971 – 2010), no se encontraron sobresaltos o valores del registro que pudieran fluctuar muy por encima de los valores medios registrados y que fueran confundidos como valores extremos de lluvia, por lo que la estadística realizada sobre estos fenómenos proporciona confiabilidad en los resultados por obtener. En resumen, se establece que los valores máximos registrados en las estaciones corresponden a lo ocurrido en un estado del tiempo dado.

AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ
DEPARTAMENTO DE AMBIENTE, AGUA Y ENERGÍA
DIVISIÓN DE AGUA
SECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

COORDENADAS DE LAS ESTACIONES DE LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ

Agua Clara (ACL):	Latitud: 09° 21' 52" N	Longitud: 79° 42' 22" W	Elevación: 460 metros
Alhajuela (ALA):	Latitud: 09° 12' 23" N	Longitud: 79° 37' 14" W	Elevación: 40 metros
Barro Colorado (BCI):	Latitud: 09° 09' 55" N	Longitud: 79° 50' 11" W	Elevación: 33 metros
Cascadas (CAS):	Latitud: 09° 04' 53" N	Longitud: 79° 40' 48" W	Elevación: 47 metros
Chorro (CHR):	Latitud: 08° 58' 32" N	Longitud: 79° 59' 25" W	Elevación: 43 metros
Caño (CNO):	Latitud: 09° 04' 35" N	Longitud: 79° 49' 22" W	Elevación: 33 metros
Ciento (CNT):	Latitud: 09° 17' 52" N	Longitud: 79° 43' 41" W	Elevación: 38 metros
Gamboia (GAM):	Latitud: 09° 06' 44" N	Longitud: 79° 41' 38" W	Elevación: 31 metros
Gatún (GAT):	Latitud: 09° 16' 06" N	Longitud: 79° 55' 14" W	Elevación: 31 metros
Guacha (GUA):	Latitud: 09° 10' 37" N	Longitud: 79° 56' 20" W	Elevación: 29 metros
Hodges Hill (HHI):	Latitud: 09° 02' 39" N	Longitud: 79° 39' 05" W	Elevación: 70 metros
Hum (HUM):	Latitud: 09° 02' 54" N	Longitud: 80° 02' 21" W	Elevación: 30 metros
Monte Lirio (MLR):	Latitud: 09° 14' 28" N	Longitud: 79° 51' 12" W	Elevación: 34 metros
Pedro Miguel (PMG):	Latitud: 09° 01' 22" N	Longitud: 79° 37' 02" W	Elevación: 30 metros
Raíces (RAI):	Latitud: 09° 05' 31" N	Longitud: 79° 59' 16" W	Elevación: 34 metros
Candelaria (CDL):	Latitud: 09° 22' 58" N	Longitud: 79° 30' 59" W	Elevación: 98 metros
Chico (CHI):	Latitud: 09° 15' 49" N	Longitud: 79° 30' 35" W	Elevación: 104 metros
Escandalosa (ESC):	Latitud: 09° 25' 25" N	Longitud: 79° 34' 42" W	Elevación: 480 metros
Peluca (PEL):	Latitud: 09° 22' 48" N	Longitud: 79° 33' 40" W	Elevación: 107 metros
San Miguel (SMG):	Latitud: 09° 25' 12" N	Longitud: 79° 30' 15" W	Elevación: 520 metros

Cuadro 1.2. Estructura de los datos provistos para esta consultoría por la Sección de Recursos Hídricos de la ACP.

d) Disponibilidad de la información

En el **Cuadro 1.3**, se detalla el listado de las estaciones meteorológicas que contaban con datos completos para el periodo seleccionado de 40 años (1971-2010), distribuidas en la mayor parte del territorio de la Cuenca y las cuales se consideraron en calidad de *estaciones base*. Del **Mapa 1.1** se deduce que estas 22 estaciones cubren la mayor parte del área total de la Cuenca del Canal de Panamá.

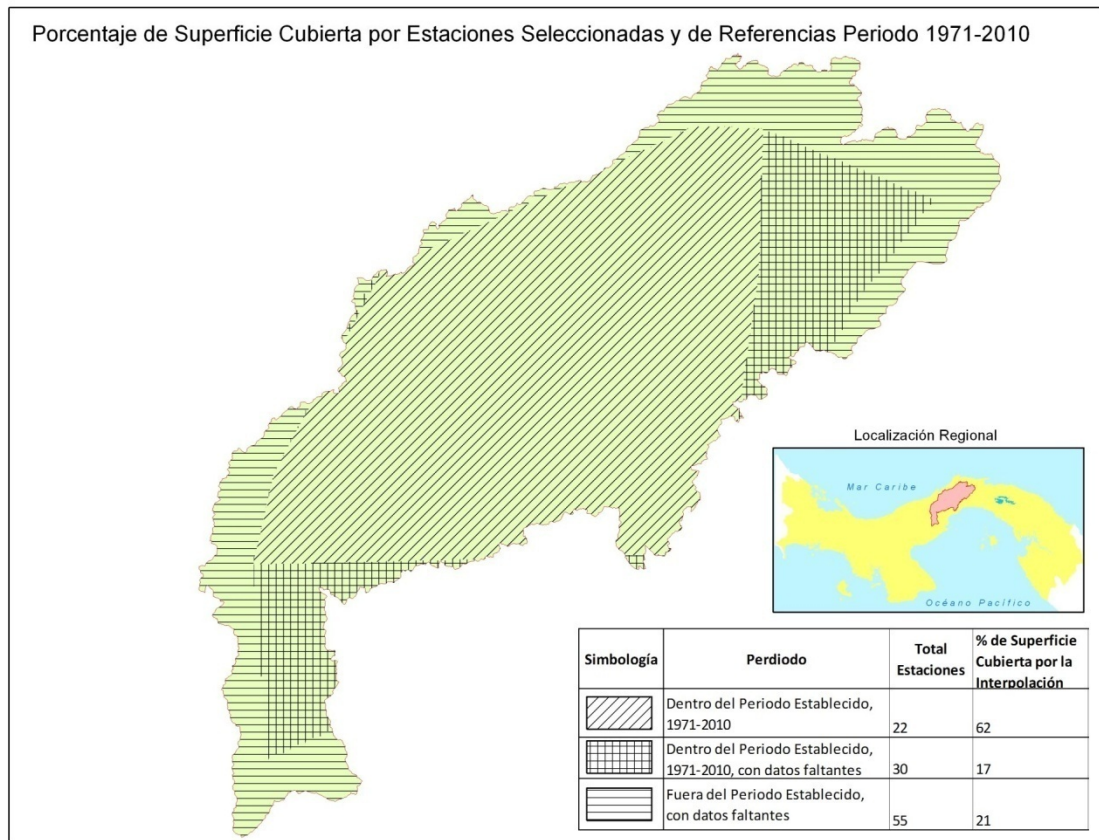
Cuadro 1.3. Estaciones seleccionadas con el periodo de registro 1971-2010 completo.

N°	NOMBRE	ESTACION	ELEVACION (MT)	AÑOS DE REGISTRO	PERIODOS DE REGISTRO	UTM X	UTM Y
1	GAT	Gatún Rain	30.48	40	1940-2010	618565	1024634
2	CNO	Cano	32.91	40	1940-1958, 1971-2010	629376	1003444
3	SAL	Salamanca	79.24	38	1940-1949, 1960-2010	655596	1028757
4	ALA	Alhajuela	39.62	40	1940-2010	651549	1017898
5	CHI	Chico	103.63	40	1940-1961, 1963-1964, 1966-2010	663702	1024275
6	CDL	Candelaria	97.53	40	1940-2010	662914	1037450
7	PEL	Peluca	106.68	40	1940-2010	658003	1037122
8	SMG	San Miguel	519.98	40	1941-1961, 1963-2010	664239	1041572
9	ACL	Agua Clara	459.94	40	1941-2010	642084	1035340
10	ESC	Escandalosa	480.06	40	1950-1959, 1970-2010	656092	1041937
11	CHR	Chorro	42.67	40	1948-2010	610997	992240
12	CAN	Cañones	103.63	33	1948-1958, 1978-2010	603064	989270
13	CAS	Cascadas	47.24	39	1972-2010	645068	1004051
14	PMG	Pedro Miguel	30.48	40	1940-2010	651993	997595
15	BHT	Balboa Heights	30.48	40	1940-2010	658953	990618
16	GUA	Guacha	28.95	40	1961-2010	616581	1014523
17	RAI	Raíces	33.52	40	1941-2010	611236	1005109
18	GAM	Gamboa	31.39	40	1940-2010	643529	1007455
19	HUM	Humedad	30.48	40	1966-2010	605601	1000272
20	BCI	Barro Colorado	33.52	40	1940-2010	627848	1013268
21	MLR	Monte Lirio	33.52	40	1943-2010	625960	1021647
22	CNT	Ciento	38.10	40	1948-2010	639681	1027753

Según lo recomendado por la Organización Meteorológica Mundial, para lograr la cobertura deseada en el área de estudio, se recurrió a considerar una zona tipo *buffer* con estaciones complementarias, las cuales se ilustran en el **Mapa 1.1**.

En el **Cuadro 1.4**, se listan las estaciones que no cumplen con el criterio de 40 años de registros para el periodo 1971-2010. Sin embargo, sus estadísticas en términos de valores promedio son coherentes con los resultados obtenidos con las estaciones base, lo que permite la continuidad requerida en el análisis espacial de la precipitación en la Cuenca.

En el **Mapa 1.1**, se ilustra la superficie de la cuenca cubierta por las diferentes estaciones utilizadas en el presente estudio. El 62% de la superficie de la cuenca está cubierta por estaciones que tienen los datos completos para el periodo seleccionado (1971-2010), un 17% de la superficie por estaciones que tienen registros incompletos respecto al periodo seleccionado, pero presentan interrupciones en la continuidad de sus registros para algunos años. Un tercer grupo de estaciones que cubren el 21% de la superficie de la cuenca, se encuentra con estaciones que presentan registros recientes, sin embargo fueron utilizadas de apoyo para completar algunos análisis.



Mapa 1.1. Porcentaje de superficie cubierta por estaciones seleccionadas y de referencia para el periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

Se seleccionó un tercer grupo de estaciones en calidad de referencia las cuales poseen información reciente con respecto a la última década, pero que fueron clave para analizar el comportamiento del evento extremo de 2010 que causó grandes inundaciones en la cuenca. Ver **Cuadro 1.5**.

Cuadro 1.4. Estaciones de referencia con información dentro del periodo de registro 1971-2010.

N°	NOMBRE	ESTACIÓN	ELEVACIÓN (MT)	AÑOS DE REGISTRO	PERIODOS DE REGISTRO	UTM X	UTM Y
1	RPD	Rio Piedras	198.12	26	1985-2010	675962	1026355
2	MIR	Miraflores	19.81	14	1940-1944, 1997-2010	652791	996646
3	GTW	Gatún West	32.91	16	1995-2010	617621	1024047
4	JAG	Jagua	545.59	13	1998-2010	604804	965872
5	VTM	Vistamares	968.65	13	1998-2010	675619	1021101
6	CHM	Chamón	640.08	11	2000-2010	684689	1033032
7	GAD	Gasparillal	345.94	11	2000-2010	608251	979763
8	HHI	Hodges Hill	70.10	32	1971-2002,	648228	999946

Cuadro 1.5. Estaciones con un periodo de registro reciente respecto a 1971-2010.

N°	NOMBRE	ESTACION	ELEVACION (MT)	AÑOS DE REGISTRO	PERIODOS DE REGISTRO	UTM X	UTM Y
1	FAA	FAA	10.05	32	1979-2010	659468	991665
2	DHT	Diablo Heights	4.57	28	1983-2010	656843	991286
3	LMB	Limón Bay	3.04	14	1997-2010	619177	1034280
4	FTO	Frijolito	348.99	13	1998-2010	641044	1019241
5	EZA	Esperanza	542.54	13	1998-2010	680931	1040510
6	ARC	Arca Sonia	265.17	12	1999-2010	663154	1016500
7	CCA	Cerro Cama	120.09	11	2000-2010	620264	997917
8	DBK	Dos Bocas	228.60	11	2000-2010	672246	1045201
9	ZAN	Zanguenga	109.72	1	2010	624470	990559
10	ABU	Agua Buena	0.00	4	2007-2010	653846	1007985
11	SCL	Santa Clara	0.00	4	2007-2010	637392	998710
12	BBQ	Barbacoa	0.00	3	2008-2010	632169	1008306
13	CZL	Corozal Oeste	6.77	6	2005-2010	656654	992821
14	TRA	Tranquilla	0.00	4	2007-2010	657451	1022744
15	PFR	Punta Frijoles	0.00	3	2008-2010	631178	1012695
16	PBO	Punta Bohío	0.00	3	2008-2010	625675	1015349
17	IBC	Isla Bruja Chiquita	0.00	3	2008-2010	618951	1018277
18	CCO	Cerro Cocoli	71.93	3	2008-2010	654816	994012
19	SVV	Sitio Víctor Valdés	134.11	3	2008-2010	651786	995813
20	SRO	Santa Rosa	27.73	25	1986-2010	647864	1015611
21	CAB	Chico	0.00	2	2009-2010	668726	1033850

		Cabecera					
22	ASA	Agua Salud	170.68	2	2009-2010	636190	1019838
23	BUR	Boca de Uracillo	9.14	7	2000-2006	590689	992220
24	ILC	Indio Los Chorros	0.00	7	2002-2008	596058	968553

e) Procesamiento de la información

Una vez seleccionadas las estaciones meteorológicas y considerando la disponibilidad de los datos se incorporó la información analizada previamente al sistema de información geográfico con sus respectivos registros, anuales, mensuales, promedios, acumulados, etc.

Se generó información de precipitación acumulada anual y promedios mensuales para el periodo 1971-2010, en las estaciones que disponían de datos y para el resto de las estaciones se utilizó el periodo más homogéneo de los datos disponibles.

Los registros de precipitación acumulada dieron como salidas raster de precipitación anual para toda la Cuenca, precipitación promedio para la estación seca y la lluviosa. Los datos de precipitación media mensual permitieron generar raster para los 12 meses del año en toda la cuenca.

Los registros de precipitación se tabularon en archivos de Excel y luego se ingresaron al Sistema de Información Geográfico (SIG), para posteriormente ser procesados y obtener archivos raster de 200 metros de resolución.

El proceso de interpolación se realizó utilizando el método “No Lineal” que usa un polinomio de quinto orden que produce una superficie suave, este método genera resultados más continuos a partir de puntos distribuidos irregularmente en una superficie, obteniéndose una interpolación no angular.

f) Cartografía base utilizada

La cartografía base utilizada fue proporcionada por la Autoridad del Canal de Panamá, se trata de capas vectoriales de Red Vial, Red de Drenaje, Límite de Distrito, Límite de Corregimientos, Límite de Provincia, Límite de la Cuenca del Canal de Panamá, Límite de Microcuencas de la Cuenca del Canal de Panamá, Límite de Subcuencas Principales, Poblados Censo del 2000 y Áreas protegidas.

Esta información permitió generar mapas a escala 1:375,000 para los informes y 1:150,000 para los seis talleres locales que se realizaron en las subcuencas priorizadas de forma coordinada con el equipo de Relaciones con la Comunidad de la ACP.

Además de esta información, se utilizó el modelo de elevación digital de 90 metros del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el cual permitió generar las formas de relieve utilizado de base para los distintos mapas temáticos.

Las estaciones meteorológicas que existen en la Cuenca, fueron incorporadas como información cartográfica utilizando las coordenadas geográficas que están incluidas en los datos de registros anuales por cada estación.

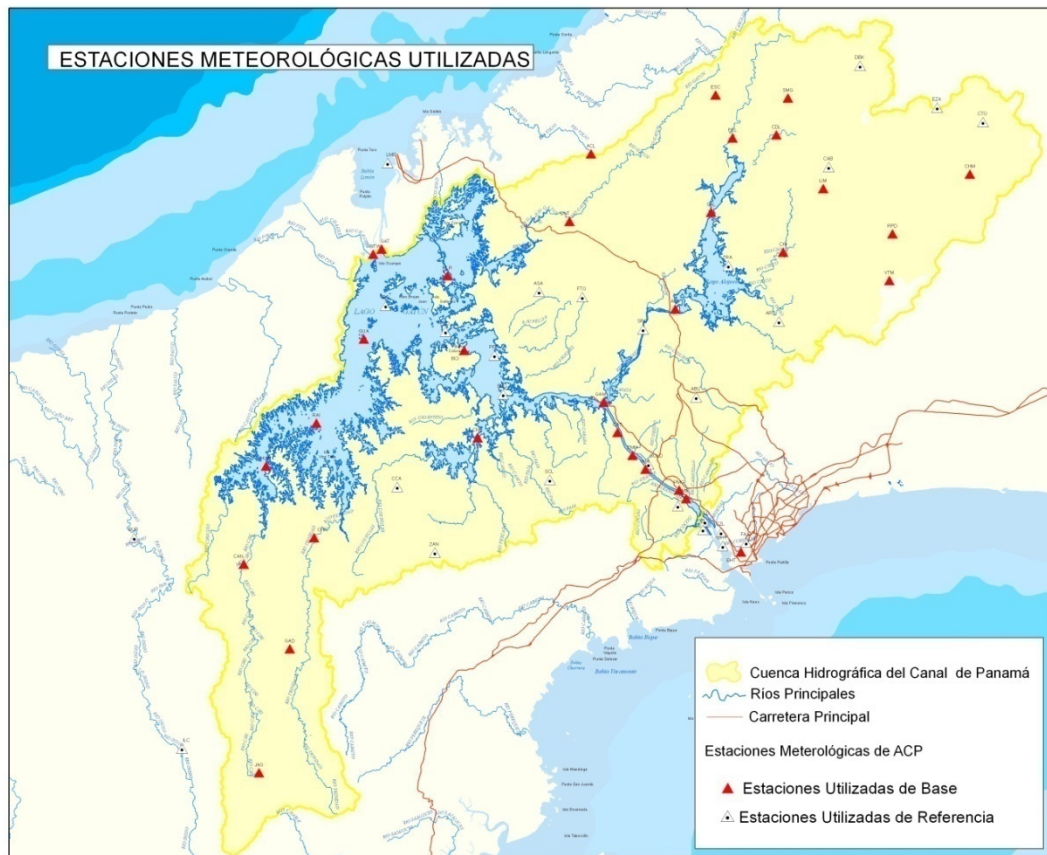
Los mapas fueron elaborados utilizando el paquete ArcGis y la información tabular que los complementa, fue procesada en Excel. El sistema de proyección cartográfico empleado fue el Universal Transversal de Mercator, (UTM) Zona 17 y el Datum North American 1927, (NAD 27).

Para la toponimia de los mapas, se utilizó información generada por CATHALAC, con base en los mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia a escala 1:250,000 y la producida por la propias base de datos de la ACP. Los productos cartográficos entregables corresponden a mapas de tamaño 11"X17" (Tabloide).

1.3. Mapas de las condiciones climatológicas actuales producto de la variabilidad climática en la CHCP

A partir de la base de datos diseñada en la sección anterior (1.1), se elaboraron los mapas climatológicos promedio de la precipitación mensual, estacional y anual se utilizaron las series preparadas en la sección anterior (1.1); para facilitar este proceso se diseño un mapa base que contiene la red de estaciones seleccionadas para este estudio, así como las estaciones en calidad de referencia para los análisis. Ver Mapa 1.2.

También se elaboraron doce mapas mensuales sobre la distribución espacial de la precipitación media mensual en la Cuenca, donde se observa claramente la influencia de los diferentes procesos sinópticos que forman el clima de Panamá, incluyendo la distribución mensual de tan importante elemento; como por ejemplo el inicio y finalización de las estaciones lluviosa y relativamente seca; e incluso la reducción de la precipitación dentro de los meses de la estación lluviosa, cuando la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se desplaza al Norte del territorio de Panamá sobre Centroamérica, como en el mes de septiembre; notándose el importante rol de este proceso sinóptico en el régimen de lluvia de la Cuenca.

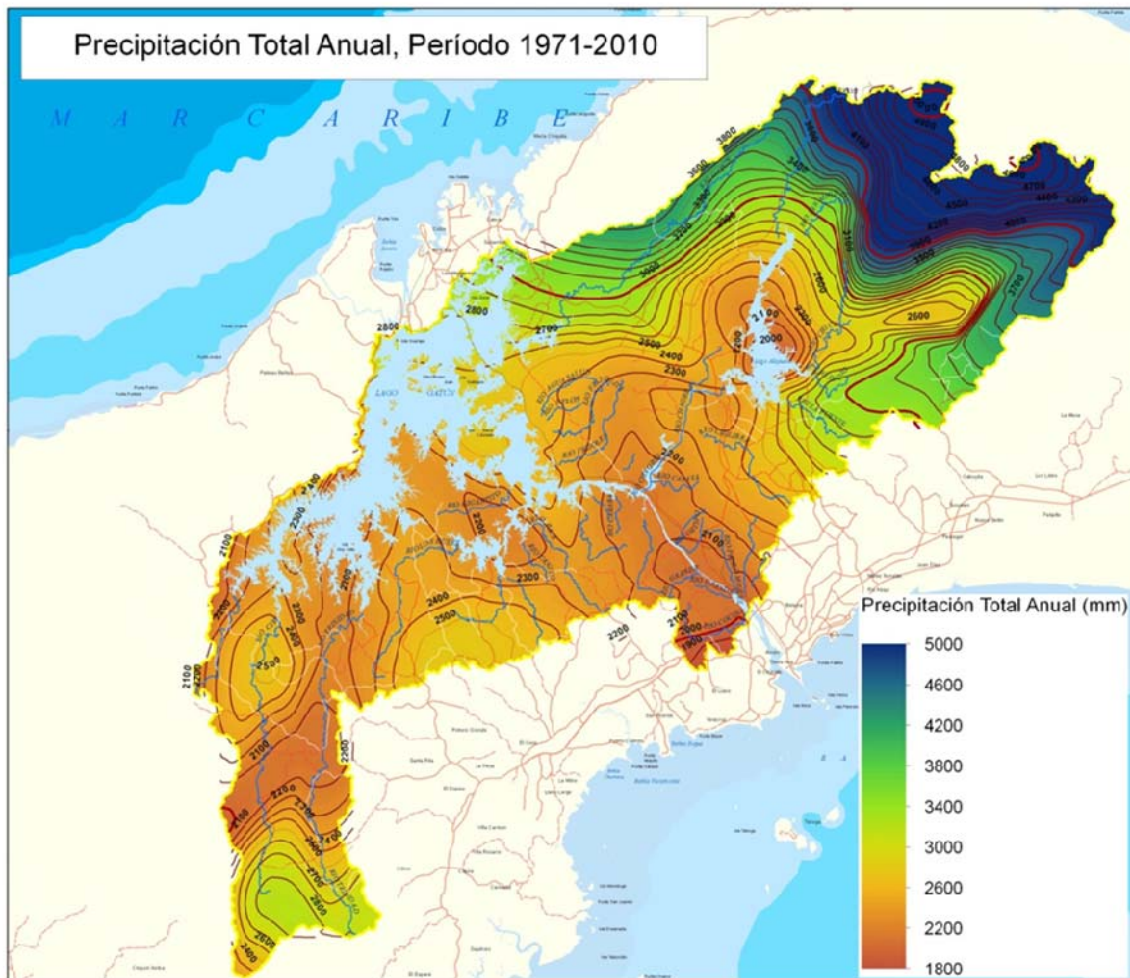


Mapa 1.2. Red de estaciones meteorológicas utilizadas de base y de referencia.

Además del Mapa de Precipitación Total Anual para el periodo 1971 – 2010 (ver **Mapa 1.3**) se elaboraron los mapas estacionales para el periodo “relativamente seco” y el lluvioso.

Del **Mapa 1.3** sobre la distribución de los totales Anuales de Precipitación se observa que las subcuencas de mayor pluviosidad son las de los ríos Pequení, Chagres, Chico y la de Boquerón en su parte más norte, con valores de precipitación mayor a 4,000 milímetros (mm). En la parte noreste de la Cuenca las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras presentan valores anuales de lluvia entre 2,900 y 3,700 mm.

En la subcuenca del Lago Alhajuela y sus alrededores los totales anuales varían entre 2,400 mm en su porción sur, hasta 2800 mm en el extremo norte. Las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo están representadas por las isoyetas de de 2,200 a 2,500 mm anuales.



Mapa 1.3. Distribución de la Precipitación Anual para el periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

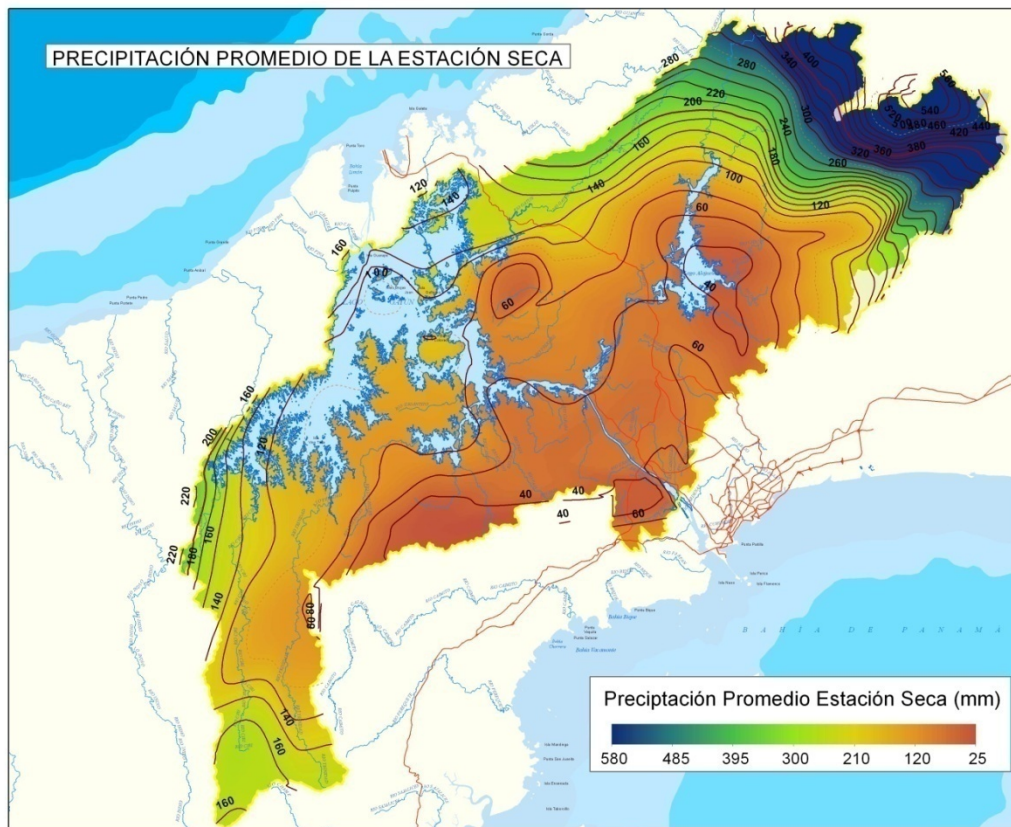
La parte sur de la CHCP se caracteriza por ser la de menor precipitación, en particular las subcuencas del Lago Miraflores y de los ríos Obispo, Mandinga y Caraña, donde los totales anuales oscilan entre 2100 y 2200 mm.

La región de Panamá Oeste presenta acumulados anuales de precipitación entre 2,100 y 2,300 mm, siendo la subcuenca de caño Quebrado la menos húmeda con 2,100 mm.

En las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad la parte más lluviosa corresponde a los tramos altos con valores anuales entre 2,400 y 2,800 mm; en el tramo medio los totales anuales oscilan entre 2100 y 2,300 mm, mientras en el tramo bajo entre 2,200 y 2,400 mm.

Para la subcuenca del Lago Gatún la distribución de la precipitación anual disminuye de la parte este hacia el oeste. La porción Este es la más húmeda donde se localizan los poblados de Nueva Italia y Nueva Providencia con valores entre 2,700 y 3,000 mm. En las subcuencas de los ríos Agua Salud, Pelón, Frijolita y Frijoles la precipitación disminuye de norte a sur, con valores de 2,700 a 2,300 mm. En la parte central del Lago Gatún los totales anuales varían entre 2,200 -2400 mm, disminuyendo en el extremo oeste hasta 2100-2,200 mm.

En el **Mapa 1.4.**, se presenta la distribución espacial de la precipitación promedio referida al periodo “relativamente seco” que se extiende entre enero y abril, en lo general se mantiene una distribución similar al de los totales anuales, en donde la porción este de la Cuenca es la más lluviosa, con valores promedios entre 300 y 500 milímetros (mm).



Mapa 1.4. Distribución de la precipitación promedio de la estación “relativamente seca” para el periodo 1971 – 2010, en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.

La parte noreste de la Cuenca donde se localizan las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras, los acumulados estacionales para el periodo seco oscilan en promedio entre 150 y 300 mm.

Toda la parte sur de la Cuenca está delimitada por las isolíneas de 100 a 50 mm, abarcando una amplia franja que se extiende desde las subcuencas de Chilibrillo, Chilibre, pasando por la del Lago Miraflores y toda la región de Panamá Oeste hasta la subcuenca de Quebrada Grande.

En las subcuencas Cirí Grande y Trinidad los acumulados estacionales varían desde 150 mm en los tramos alto y bajo, hasta 100 mm en el tramo medio.

En el **Mapa 1.5**, se ilustra la distribución espacial de la precipitación promedio referida al periodo lluvioso que se presenta entre mayo y diciembre, en lo general se mantiene una distribución espacial similar al de los totales anuales, en donde la precipitación disminuye con dirección de Este hacia el Oeste; así como de norte a sur en la Cuenca. En la parte Este de la Cuenca los acumulados de precipitación durante la estación lluviosa oscilan entre 3,000 mm y 3,900 mm; en la parte Noreste entre 2,600 y 3,200 mm. La región del corredor Transístmico del Pacífico delimitado por las subcuencas de Chilibrillo y Chilibre, muestra valores de precipitación entre 2,100 y 2,300 mm.

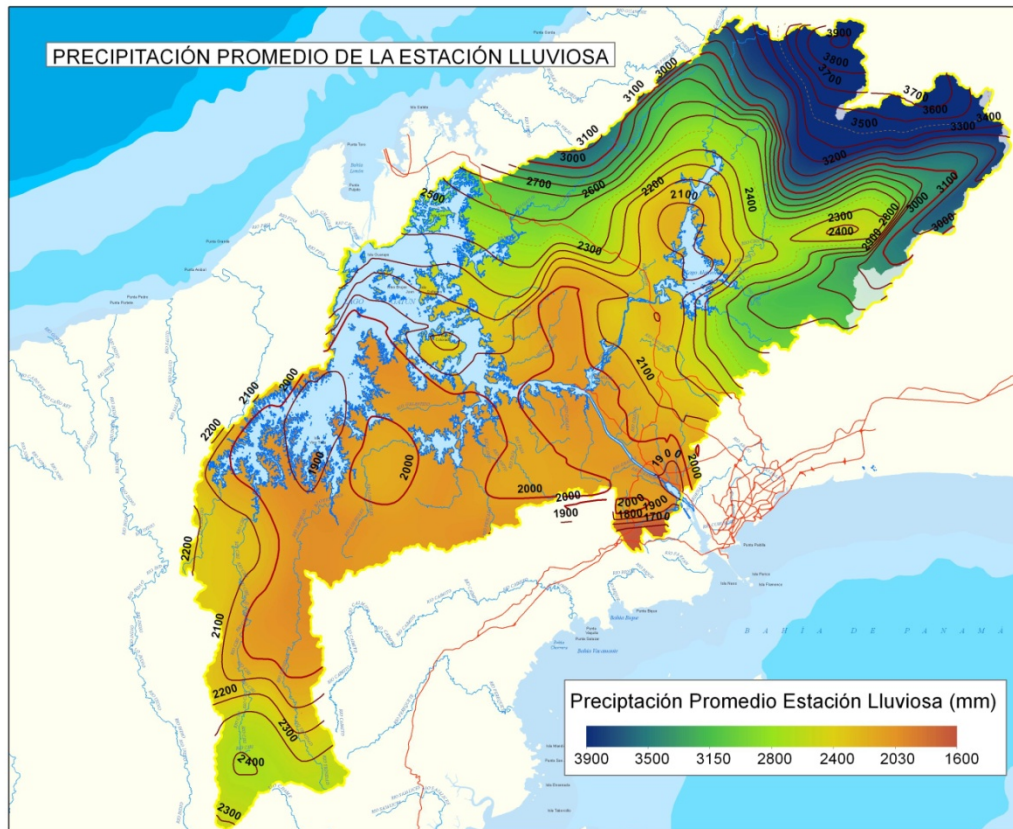
La parte Sur de la Cuenca es la más seca, con valores acumulados entre 1,700 -1,900 mm en la subcuenca del Lago Miraflores. Toda la parte Sur del Lago Gatún y la región de Panamá Oeste están delimitadas por las isolíneas de lluvia entre 1,900 y 2,000 mm. Mientras la porción norte del Lago Gatún es relativamente más húmeda, con totales estacionales que están entre 2,000 y 2,500 mm. Las subcuencas de Cirí Grande y Trinidad presentan valores de precipitación entre 2000 y 2,300 mm durante la estación lluviosa, observándose que el tramo alto de dichas subcuencas es el más lluvioso pudiendo alcanzar en Cirí Grande valores hasta de 2,400 mm.

Para mayor información en el **Anexo I**, se incluyen los mapas de distribución de la precipitación anual, estación seca y lluviosa.

1.3.1. Comportamiento de la precipitación mensual en la CHCP

El conocimiento de la distribución espacial y temporal de la precipitación es muy importante para las diferentes actividades sociales y productivas que se realizan en la Cuenca, por tal razón en esta sección se describe la distribución espacial de la lluvia referida al periodo de 1971 a 2010 para los meses de enero, mayo, julio, septiembre y noviembre. Éstos son representativos de periodos muy importantes para las actividades

de la Cuenca como lo son el inicio de la estación seca (enero) y de la estación lluviosa (mayo), el centro de la estación lluviosa (julio) y el mes más seco de dicha estación (septiembre), así como el mes más lluvioso (noviembre). Para mayor información los doce mapas mensuales se incluyen en el **Anexo I**.

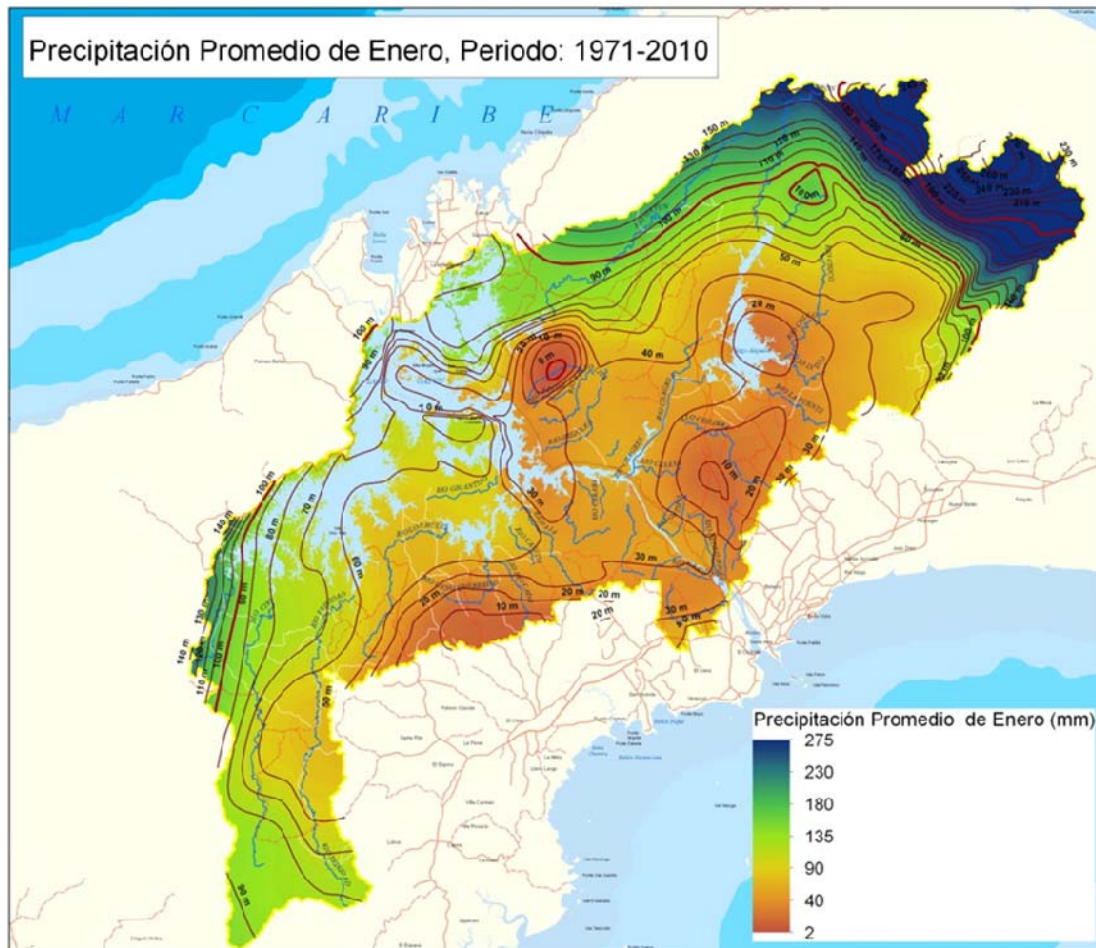


Mapa 1.5. Distribución de la precipitación promedio durante la estación lluviosa para el periodo 1971 – 2010, en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.

En la **Mapa 1.6**, se presenta la distribución de la precipitación promedio del *mes de enero*. Este mes se caracteriza por ser el primero de la estación seca en la mayor parte de la Cuenca, por tal razón los acumulados de lluvia varían entre 2 y 275 mm. La mayor parte del Sur de la Cuenca muestra valores mensuales de lluvia entre 10 y 40 mm, dicha zona se extiende desde las subcuencas del Lago Alhajuela, río Las Cascadas y La Puente hacia el Oeste, a través del Corredor Transístmico del Pacífico (subcuencas Chilibre y Chilibrillo), las subcuencas del Lago Miraflores, río Obispo y Mandinga, y toda la región de Panamá Oeste.

Las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad presentan valores de lluvia entre 50 y 120 mm; a excepción del tramo medio del río Trinada donde la precipitación es menor

(50-60 mm). La parte más lluviosa corresponde al tramo bajo de Ciri Grande y a Ciricito con valores medios mensuales de 80 a 130 mm.

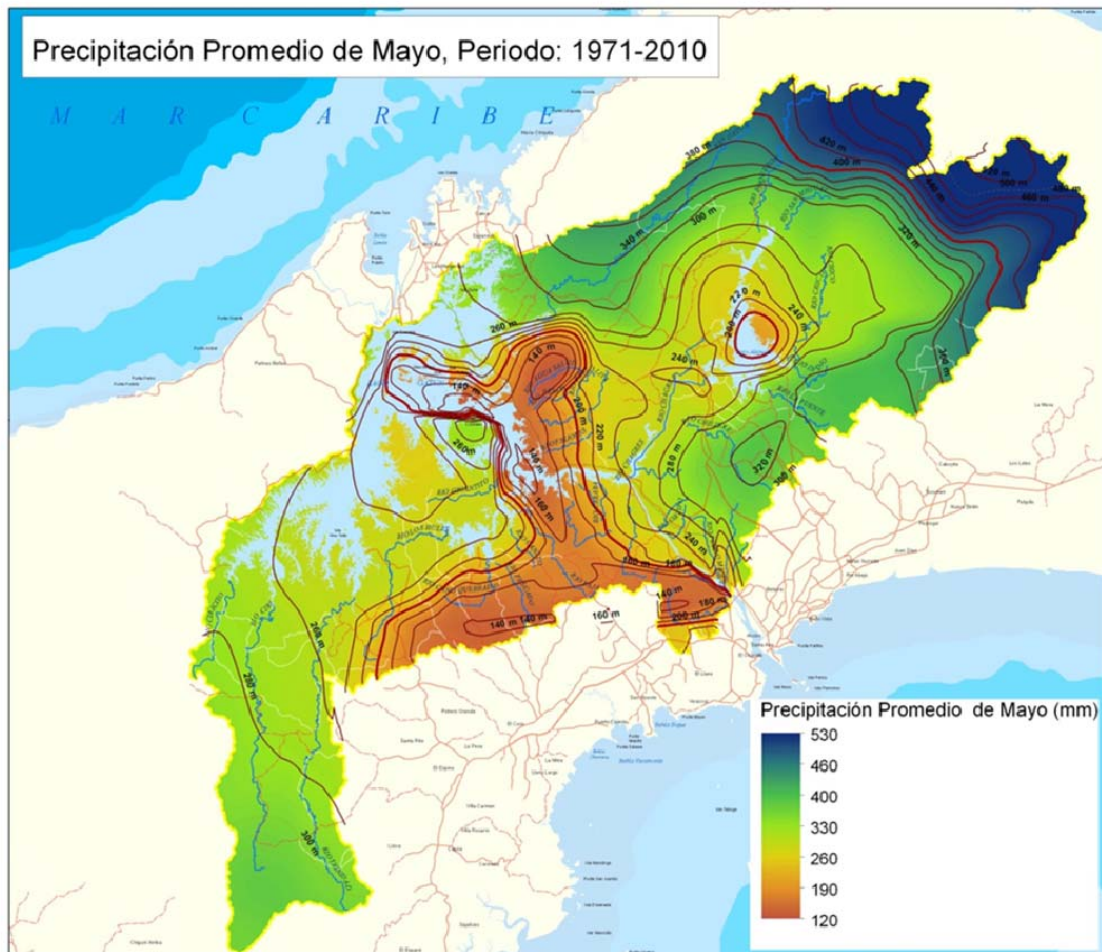


Mapa 1.6. Distribución de la precipitación promedio de enero, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

La subcuenca del Lago Gatún es más húmeda en su parte norte (80-100 mm) y en los extremos noreste (90 mm) y suroeste (80-120 mm); mientras las subcuencas más secas corresponden a la de los ríos Quebrada del Medio, Agua Salud, Pelón, Frijolita, Frijoles y Quebrada Aguas Claras (10-40 mm).

En las subcuencas de los sectores Noreste (Aguas Claras, Gatún y Boquerón) y Este (Pequení y Chagres) predomina el patón de lluvias de la vertiente del Caribe, con valores mensuales de lluvia entre 90 y 260 mm.

La distribución espacial de la precipitación media del *mes de mayo* se ilustra en el **Mapa 1.7**, el cual se caracteriza por el establecimiento de la estación lluviosa en CHCP debido fundamentalmente a que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se localiza sobre el territorio de Panamá. Las precipitaciones aumentan significativamente con respecto al mes de enero y los valores mensuales varían entre 120 mm en la parte más seca de la Cuenca y 530 mm en la más húmeda.



Mapa 1.7. Distribución de la precipitación promedio de mayo, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

La zona más seca de la Cuenca se localiza en la parte central, la cual se extiende de norte a sur, desde las subcuencas orientales del Lago Gatún (Quebrada del Medio, Agua Salud, Pelón, Frijolita, Frijoles) con un valor de 140 mm, hasta la mitad de la subcuenca del Lago Miraflores, y de aquí se proyecta hacia el oeste, abarcando las subcuencas de los ríos Caño Quebrado, Pescado, Cañito, Paja, Baila Monos y Mandinga; donde la precipitación promedio mensual varía entre 140 y 200 mm.

La región formada por las subcuencas de los ríos Trinidad, Cirí Grande y Ciricito, muestra valores mensuales de precipitación entre 260 y 280 mm, notándose que la subcuenca de Trinidad en sus tramos medio y bajo es un poco menos húmeda que la de Cirí Grande.

La subcuenca del Lago Alhajuela y sus alrededores muestra promedios mensuales de lluvia entre 200 y 260 mm. Las subcuencas de los ríos Chilibre, Chilibrillo, La Puente y Las Cascadas están delimitadas por las isoyetas de 280 – 320 mm. Así mismo, en la parte noreste de la Cuenca, las subcuencas de los ríos Aguas Claras y Gatún se incrementa la precipitación a un rango entre 280 y 400 mm.

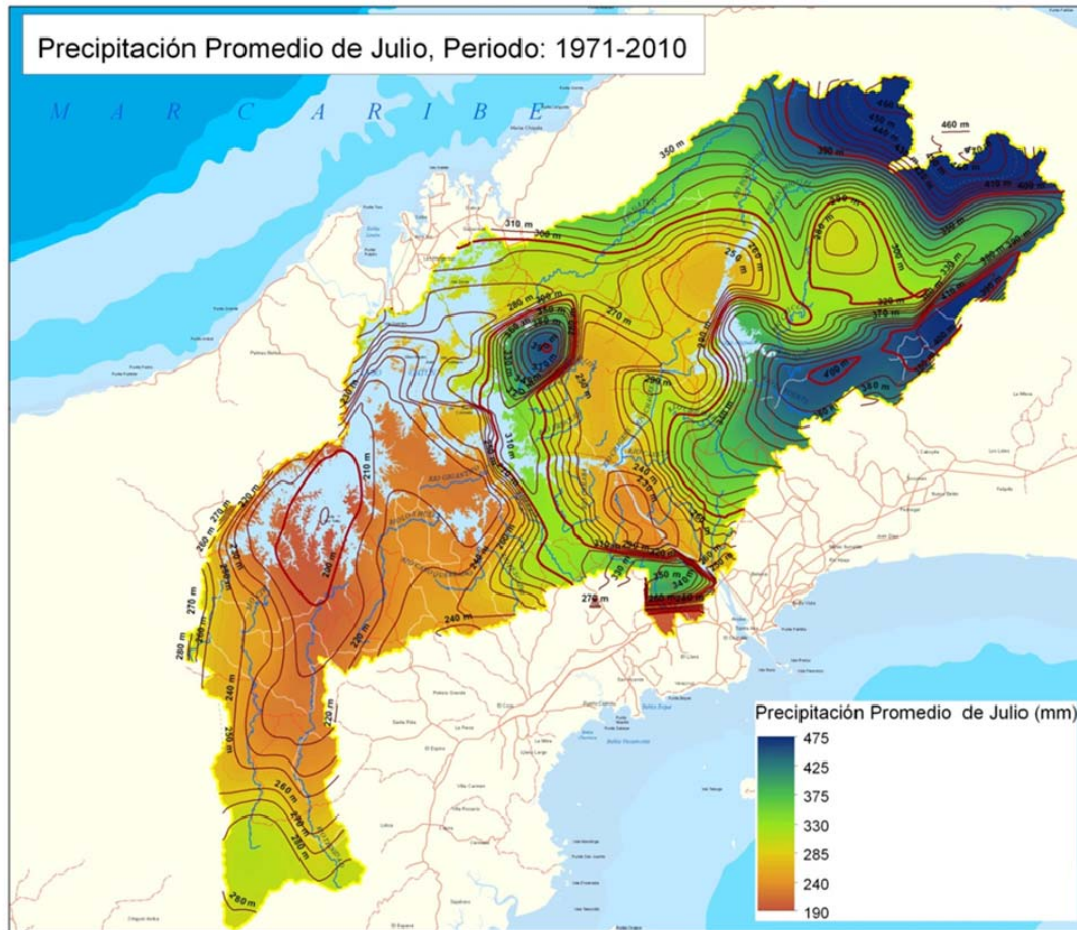
La zona más húmeda de la cuenca es el sector Este que abarca los tramos altos de las subcuencas Boquerón, Pequení, Chagres y Piedras, con lluvias mensuales entre 400 y 530 mm.

En el **Mapa 1.8**, se presenta la distribución de la precipitación promedio del *mes de julio*. Este mes corresponde al centro de la estación lluviosa y caracteriza por mostrar una reducción moderada de los promedios mensuales de lluvia, a excepción de la zona Caribe correspondiente a la Cuenca. Esta reducción podría estar relacionada al fortalecimiento del Anticiclón del Atlántico que alcanza su máximo en este mes y al debilitamiento de la ZCIT.

Gran parte del oeste de la Cuenca muestra valores de lluvia bastante similares entre 200 y 280 mm, con núcleo mínimo de 200 mm en el tramo bajo del río Trinidad y parte oeste del Lago Gatún. Mientras el tramo alto de las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad la precipitación mensual se incrementa hasta 260-280 mm.

También se observa una zona bien definida, con valores de lluvia en un rango de 250 y 300 mm, desde el sur en la estación de Pedro Miguel hacia el norte en dirección del corredor Transístmico del Atlántico, abarcando la mayor parte del Lago Alhajuela.

Adicionalmente se observa un corredor húmedo entre las dos regiones anteriormente descritas, que se extiende desde las subcuencas orientales del Lago Gatún con un núcleo de 390 mm, el cual se proyecta hacia el sur hasta las subcuencas de los ríos Baila Monos y Paja, y el tramo sur en la subcuenca del Lago Miraflores, con valores entre 300 y 350 mm.

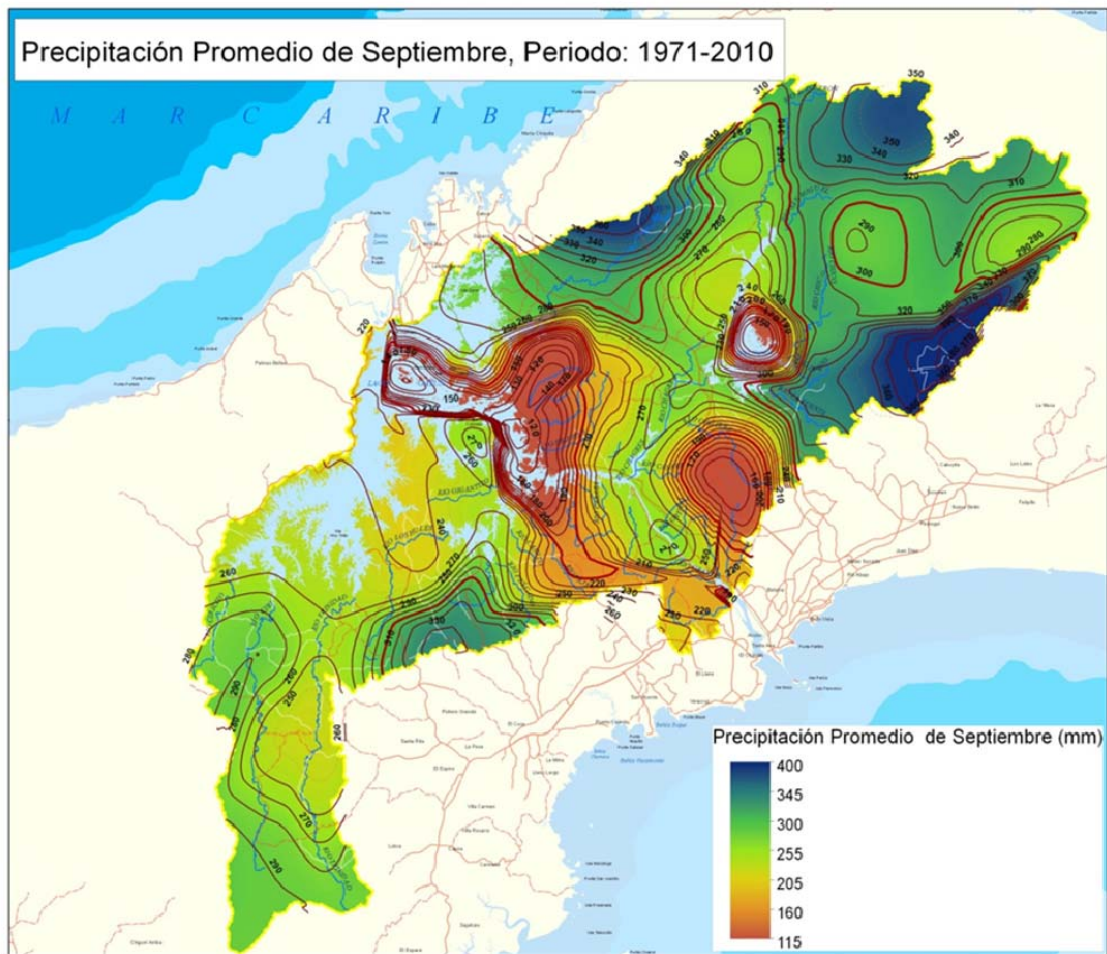


Mapa 1.8. Distribución de la precipitación promedio de julio, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

La región del Chagres presenta los promedios mensuales más altos entre 300 y 450 mm, sobresaliendo los tramos altos de las subcuencas de los ríos Pequení, Chagres, Las Piedras y Las Cascadas. Así mismo, se observa otra zona húmeda entre las subcuencas de los ríos La Puente, Las Cascadas y el tramo alto de Piedras, con promedios mensuales de lluvia entre 350 y 400 mm.

La distribución espacial de la precipitación media del *mes de septiembre* se ilustra en la **Mapa 1.9**, el cual se caracteriza por presentar los menores acumulados mensuales dentro de la estación lluviosa, siendo similares a los de mayo en la Cuenca, debido fundamentalmente a que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se localiza al norte el territorio de Panamá, reduciéndose así el aporte de humedad a los procesos formadores de lluvia. Otra característica es, que la precipitación mensual disminuye de

una forma más clara en las subcuencas de la parte Este de la Cuenca, por ejemplo en la estación Chico.



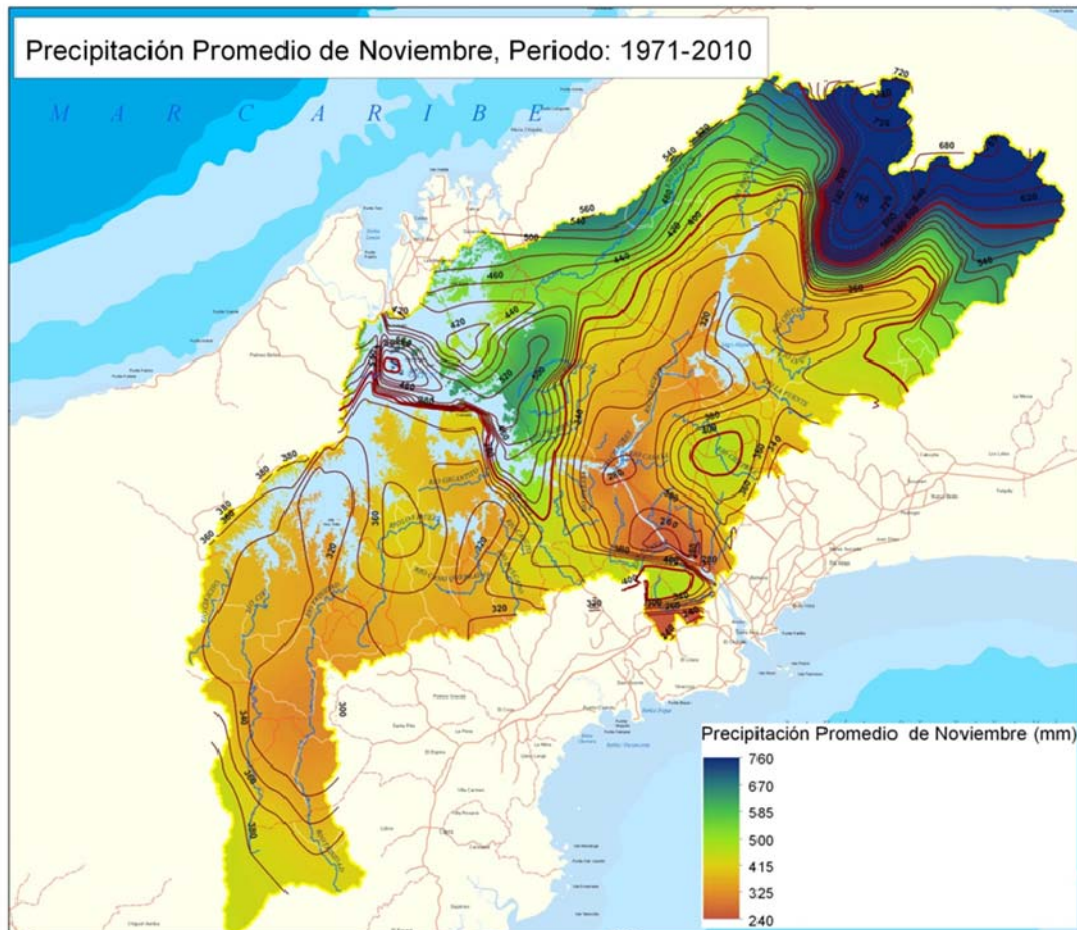
Mapa 1.9. Distribución de la precipitación promedio de septiembre, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

En cuanto a la distribución espacial, se asemeja un poco a la del mes de mayo por la formación de un corredor relativamente más seco que se extiende de norte a sur, desde la subcuenca de los ríos Quebrada del Medio y Agua Salud, hacia el sur extendiéndose a través de las subcuencas Pelón, Frijolita, Frijoles hasta Baila Monos y una parte de río Paja, con valores mensuales de precipitación entre 120 y 200 mm. Otro núcleo de baja precipitación se observa en las subcuencas del río Chilibre y Lago Miraflores (150-200), así como, en la ribera este del Lago Alhajuela que incluye los tramos bajos de las subcuencas de río Benítez y Quebrada La Tranquila, con promedios mensuales entre 150 y 220 mm. Llama la atención que del Lago Alhajuela hacia el Norte la precipitación

media mensual en septiembre, alcanza valores modestos de lluvia entre 250 y 290, en las subcuencas Quebrada Ancha, Gatuncillo, Salamanca y río Boquerón.

Otra particularidad de este mes de Septiembre, que es el único mes de la estación lluviosa en que los promedios mensuales de lluvia disminuyen considerablemente hasta 300-350 mm en el sector este de la Cuenca. Mientras en el sector oeste, en las subcuencas de Ciri Grande y Trinidad, los valores promedios varían entre 250 y 290 mm. También se observa un pequeño núcleo lluvioso sobre la subcuenca de Caño Quebrado, con un valor promedio entre 310 y 350 mm.

En el **Mapa 1.10**, se presenta la distribución de la precipitación promedio del *mes de noviembre*. Este mes se caracteriza por ser el más lluvioso de esta temporada, los máximos mensuales son más marcados en las estaciones de la vertiente del Caribe y las localizadas en la parte este de la Cuenca.



Mapa 1.10. Distribución de la precipitación promedio de noviembre, periodo 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

Este máximo mensual podría estar relacionado con la migración de la ZCIT hacia el sur y su localización sobre el territorio de Panamá, así mismo durante este mes los empujes frontales sobre Centroamérica dejan sentir su influencia más al sur de Panamá, aportando humedad e interactuando con la ZCIT, lo cual produce abundantes lluvias e inundaciones en la Cuenca.

En noviembre la mitad oeste de la Cuenca está representada por valores similares de lluvia que varían entre 340 y 380 mm. Las subcuencas localizadas en la región de Panamá Oeste presentan promedios mensuales bastante homogéneos entre 320 y 340 mm. Mientras Cirí Grande y Trinidad valores de lluvia entre 340 y 380 mm.

La precipitación aumenta en dirección este, observándose en las subcuencas orientales del Lago Gatún un núcleo relativamente húmedo entre 420 y 500 mm.

También, se nota otra zona homogénea de menor precipitación entre 320 y 380 mm que se extiende desde la estación Pedro Miguen (subcuenca Lago Miraflores) en dirección noreste hasta el Lago Alhajuela, y dentro de esta un núcleo de menor precipitación 280-320 mm entre la estación Gamboa y Miraflores, a través de las subcuencas Moja Pollo, Caraña, Casaya y Obispo.

Las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras están localizadas entre las isoyetas de 440 y 560 mm, mientras las subcuencas del río Pequení y Chagres reciben los máximos mensuales de lluvia de la Cuenca, con valores extremos entre 550 y 760 mm.

1.3.2. Variabilidad de la precipitación asociada al fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur).

Uno de los fenómenos climáticos que más está asociado a las variaciones de las lluvias en la Cuenca es el fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS), el cual tiene una “fase cálida” conocido como El Niño y otra “fría”, denominada La Niña. Al parecer, bajo años de El Niño o La Niña, la precipitación en la Cuenca tiende a mostrar cambios en su comportamiento tanto en los valores acumulados anuales, como en los registrados de forma mensual.

En el **Gráfico 1.1**, se presentan los eventos El Niño y La Niña que han ocurrido en la CHCP durante el periodo de 1971 – 2010. En color azul se indica la precipitación total del año de 1991, considerado normal según la Sección de Recursos Hídricos de la ACP, el cual se comparó con los totales anuales de precipitación acumulados durante los eventos La Niña (color rojo) y los años El Niño (color verde), con el propósito de ilustrar el incremento de la precipitación durante años La Niña y el déficit de lluvia en años El

Niño. En líneas discontinuas se representa la tendencia de los eventos El Niño y La Niña en los colores antes indicados, como se observa esta tendencia es creciente, indicando un incremento de dichos eventos durante el periodo analizado de 40 años.

Durante el periodo estudiado de 1971 a 2010, según la clasificación de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (NOOA por sus siglas en inglés), un total de 13 eventos El Niño han afectado la CHCP, así como 12 eventos La Niña; de tal forma que un total de 25 años han sido condicionados por la variabilidad climática del ENOS, que equivale al 62.5% de los 40 años de registro utilizados en los análisis del régimen de precipitación de la Cuenca. Ver Gráfico 1.1.

De los 13 eventos climáticos El Niño que han afectado la Cuenca, el que más fuertemente ha impactado el comportamiento de la precipitación anual y mensual, ha sido el del año 1997, le sigue el evento de 1976 y en tercer lugar el de 1982. Estos eventos generalmente se han asociado a sequías en la Cuenca. Ver Gráfico 1.1.

De los 12 eventos climáticos La Niña que han afectado la Cuenca, el que más fuertemente ha impactado el comportamiento de la precipitación anual y mensual, con inundaciones ha sido el del año 2010, le sigue el evento de 1999 y en tercer lugar el de 1975. Ver Gráfico 1.1.

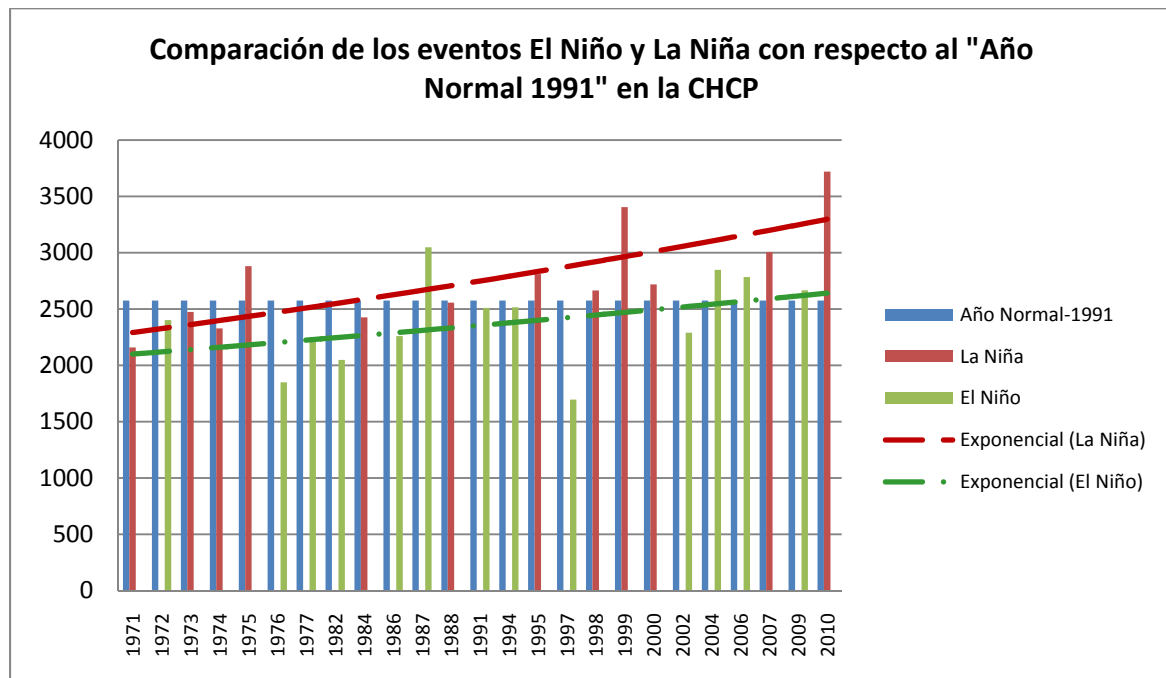
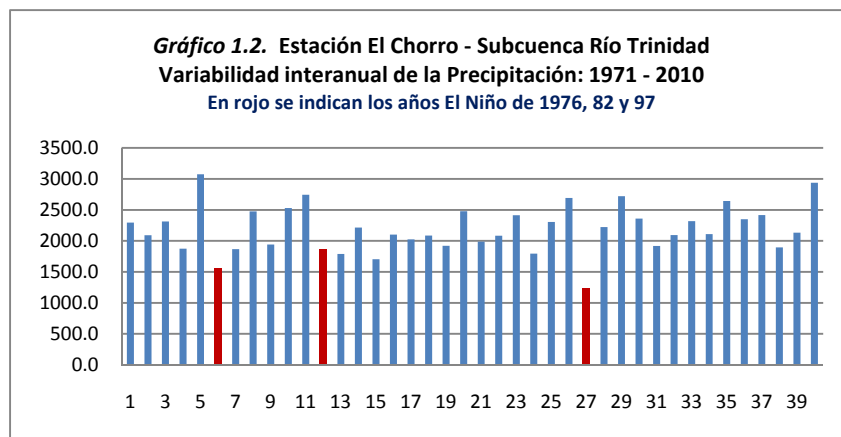


Gráfico 1.1. Comparación de los eventos El Niño y La Niña con respecto al “año normal de 1991” en la CHCP. Periodo 1971 – 2010.

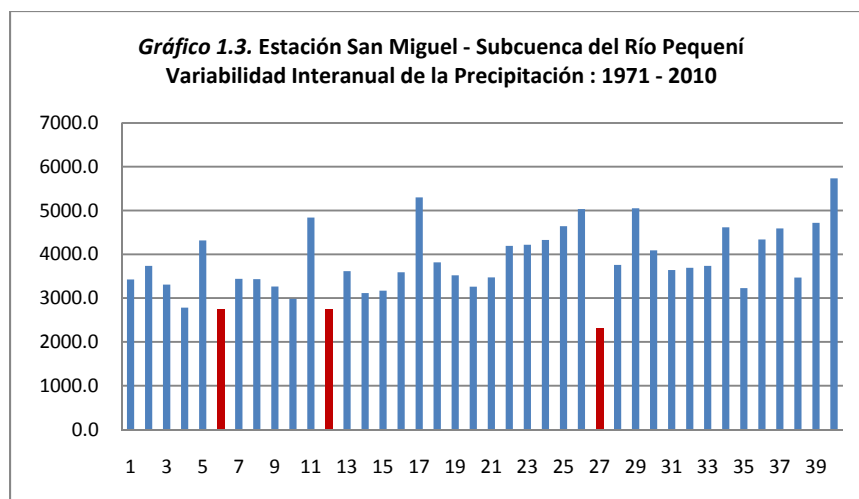
Estos eventos generalmente se han asociado a inundaciones en la Cuenca. Los máximos anuales de precipitación producidos por estos eventos varían en función de la localización geográfica de la Cuenca; por ejemplo, para la estación El Chorro en la subcuenca del río Trinidad (parte oeste de la cuenca), el máximo anual corresponde al evento La Niña de 1975, incluso mayor que el del año 2010. Ver **Gráfico 1.2**.

Para conocer la variabilidad del comportamiento de los promedios mensuales y acumulados anuales de precipitación, durante la ocurrencia de eventos “El Niño”, se realizó un análisis climatológico en subcuencas representativas de la Cuenca en cuanto a su localización geográfica, es decir las partes este y oeste, la norte y sur, y los dos lagos de la Cuenca, considerando diferentes escenarios de intensidad de El Niño débil y fuerte, según la clasificación de la NOAA.

Para este análisis se escogieron los años de eventos representativos, como 1976 considerado de intensidad débil; mientras 1982 y 1997 están clasificados como de intensidad fuerte según la NOAA. Como se podrá observar en las gráficas siguientes, el año 1976 a pesar de ser catalogado como un evento débil, causó impactos fuertes en el régimen mensual y anual de precipitación en las diferentes subcuencas de la Cuenca; en algunas estaciones originó déficit de lluvia mayor que el evento de 1982, ver Gráfico 1.2.



En los **Gráficos 1.2 y 1.3**, se comparan las estaciones El Chorro localizada en la subcuenca del río Trinidad, parte Oeste de la Cuenca, con la estación San Miguel ubicada en la subcuenca del río Pequeñí, parte Este, con el propósito de estudiar los niveles de impacto del fenómeno El Niño en la reducción de la precipitación anual. Al comparar dichos gráficos, se observa que el déficit en el porcentaje de *lluvia anual* en ambas estaciones durante los eventos El Niño de 1976 y 1997 fue bastante parecido, mientras en el evento de 1982, el déficit fue mayor en la estación San Miguel (28%) con respecto a la de El Chorro (15%).

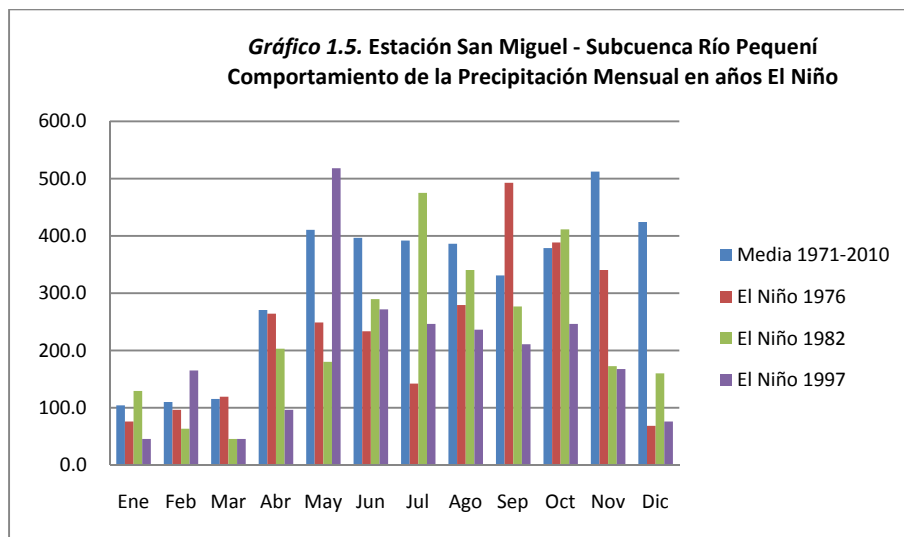
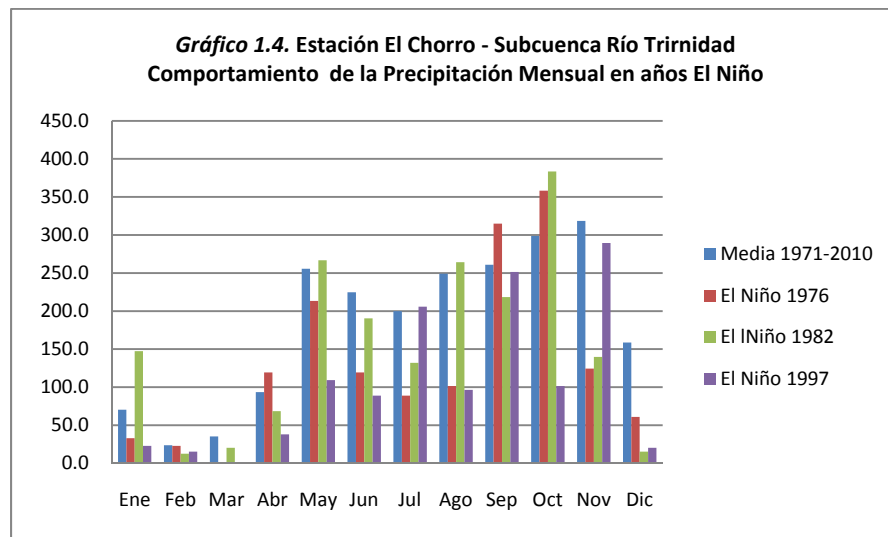


En los **Gráficos 1.4 y 1.5**, se comparan los valores medios mensuales de precipitación del periodo 1971-2010, con respecto a los valores mensuales de lluvia registrados durante los eventos El Niño de los años 1976, 1982 y 1997, con el objetivo de ilustrar el impacto producido en el comportamiento de la marcha mensual de la precipitación, observándose las características siguientes:

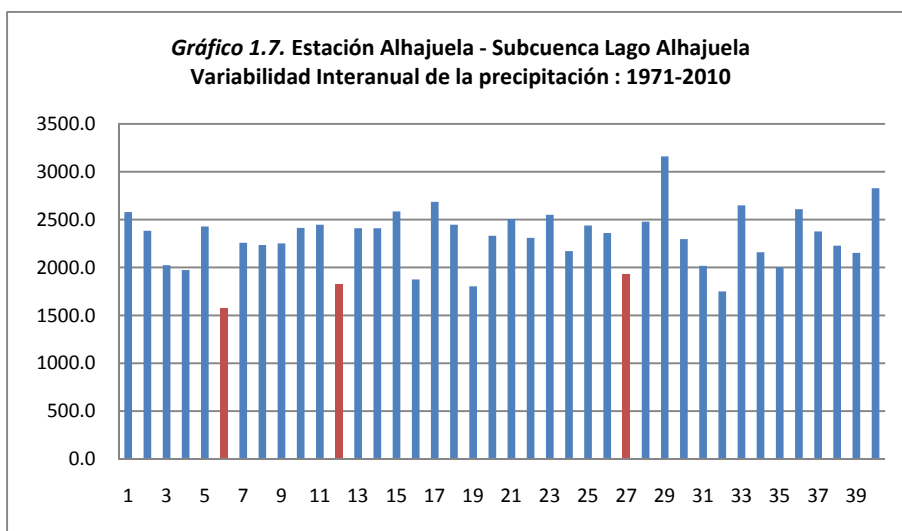
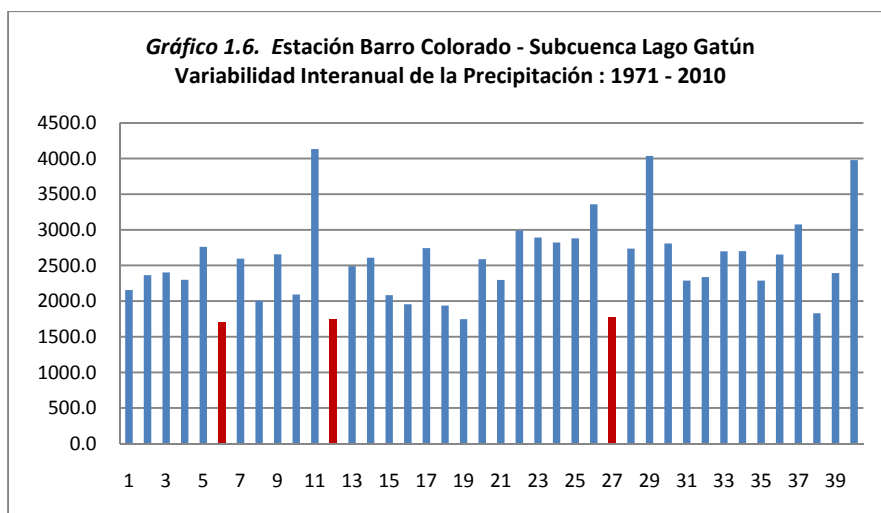
- El evento El Niño 1982 fue relativamente más húmedo con respecto a los eventos de 1976, 1997 y el promedio histórico 1971-2010, en particular en el sector Oeste de la Cuenca y sobre todo en los meses de enero, agosto y octubre (**Gráfico 1.4**); mientras en el sector Este en la estación de San Miguel, dicho evento (1982) mostro un comportamiento más moderado, excediendo los valores históricos solo en los meses de enero y julio (ver **Gráfico 1.5**).
- Tanto para el sector Este como para el Oeste de la Cuenca, el Niño de 1997 es el que ha ocasionado los déficit de precipitación más fuertes; en ambos sectores los meses afectados son ocho, sin embargo la distribución temporal es diferente. En la estación San Miguel del sector Este (**Gráfico 1.5**) los meses afectados de forma continua abarcan desde agosto a diciembre (5 meses); mientras en la estación El Chorro (**Gráfico 1.4**) la mayor afectación ocurre al final de la estación seca e inicio de la lluviosa, de marzo a mayo (4 meses).

Esta distribución temporal condiciona diferentes niveles de impactos, en el primer caso la reducción constante de los acumulados mensuales de lluvia durante cinco meses, incide en la captación de agua del Lago Alhajuela ya que los déficit son mayores al 30% en tres meses y en diciembre alcanza un 82%, tales niveles de reducción de la precipitación pueden comprometer los aspectos operativos del uso del agua para sus diferentes fines. En el caso de la subcuenca Trinidad, reducciones de la lluvia de casi del

60% respecto a los valores históricos afectará los rendimientos de los cultivos de subsistencia ya que incidirá en las fechas de siembra y floración de los mismos.

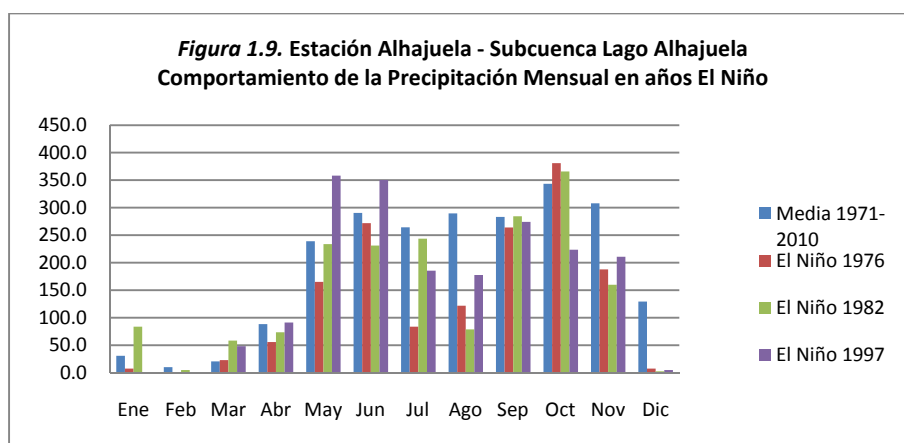
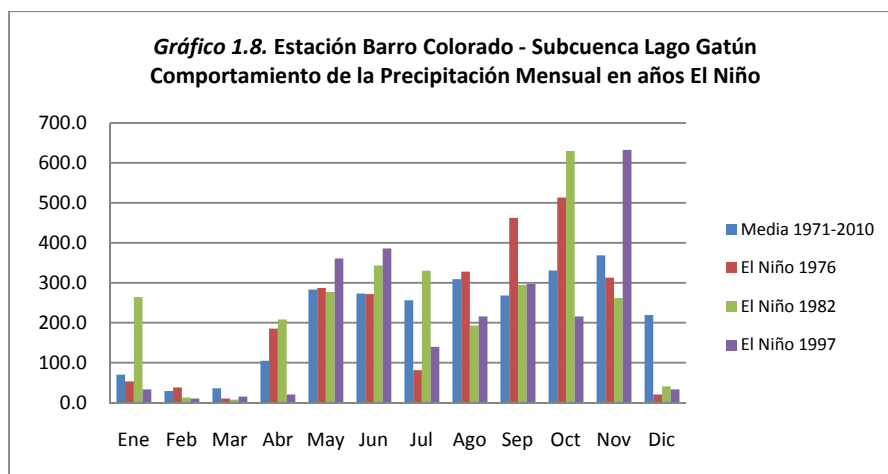


También se realizaron análisis comparativos similares para estaciones meteorológicas situadas en las subcuencas del Lago Gatún (estación Barro Colorado) y Lago Alhajuela (estación Alhajuela). En los **Gráficos 1.6 y 1.7**, se muestra la variabilidad interanual de la precipitación para el periodo 1971-2010, también en color rojo se indican los años El Niño de 1976, 1982 y 1997, de los cuales se puede deducir que el mayor porcentaje de reducción en los totales anuales de lluvia se dio en la estación de Barro Colorado, con un déficit promedio de -30% respecto a la norma histórica anual. En la estación del Lago Alhajuela el déficit promedio para los tres eventos EL Niño fue de -23%; donde la afectación menor se dio en el evento de 1997, con un déficit anual de -16%.



En cuanto al comportamiento de la marcha mensual de la precipitación durante los tres eventos El Niño analizados, se deducen las características siguientes:

- Para ambas estaciones de los Lagos Gatún (Barro Colorado) y Alhajuela, El Niño de 1997 es el que ha ocasionado los déficits de precipitaciones más fuertes; en ambos sectores los meses afectados son siete, la distribución temporal es similar, afectando los meses de la estación seca, luego julio y agosto y al final del año en diciembre principalmente. Ver **Gráficos 1.8 y 1.9**.
- Los eventos El Niño de 1976 y 1982 tuvieron un nivel de afectación menor, entre 3 y 4 meses del año mostraron déficit de lluvias. Ver **Gráficos 1.8 y 1.9**.
- Otra característica a tomar en consideración, es el hecho que durante los eventos El Niño, también se pueden encontrar meses en que la norma histórica mensual, es superada por exceso de lluvias, sobre todo en abril y octubre. Ver **Gráficos 1.8 y 1.9**.



Por último se compararon las estaciones de Gatún Rain en la parte más Norte de la Cuenca y la estación de Pedro Miguel en la subcuenca del Lago Miraflores, sector Sur de la Cuenca. En cuanto a la variabilidad interanual de la precipitación, los eventos El Niño de 1976 y 1982 fueron más intensos en la parte Sur de la cuenca (20%); mientras el evento de 1997 fue más intenso en la parte Norte, con una reducción de -42% en los totales anuales de lluvia. Ver **Gráficos 1.10 a y c**. Esto nos confirma el hecho de que no hay dos eventos El Niño iguales.

La variabilidad originada por los eventos El Niño en la marcha mensual de la precipitación indica, que los eventos de 1976 y 1982, tuvieron un nivel menor de afectación con respecto al evento de 1997. En lo general los meses con mayor frecuencia de que ocurran déficits de precipitación son marzo, mayo, julio, noviembre y diciembre. Ver **Gráficos 1.10 b y d**.

Otra señal del evento El Niño 1997, es que pareciera ser que la reducción de las lluvias ocurre primero en la parte del Caribe de la Cuenca, iniciando en enero y extendiéndose

hasta abril (**Gráfico 1.10 b**). Mientras que en la estación de Pedro Miguel (Pacífico), la señal se observa a partir del mes de marzo hasta junio (**Gráfico 1.10 d**).

Nuevamente, en estas dos estaciones se observa la ocurrencia de exceso de lluvias que superan las normas históricas mensuales, sobre todo en los meses de abril y octubre. Esta información es particularmente importante a considerar en la administración de los embalses, cuando se tiene la seguridad de que la Cuenca estará bajo la influencia de un evento El Niño.

Gráfico 1.10.a. Estación Gatún Rain - Subcuenca Lago Gatún
Variabilidad Interanual de la Precipitación: 1971 - 2010

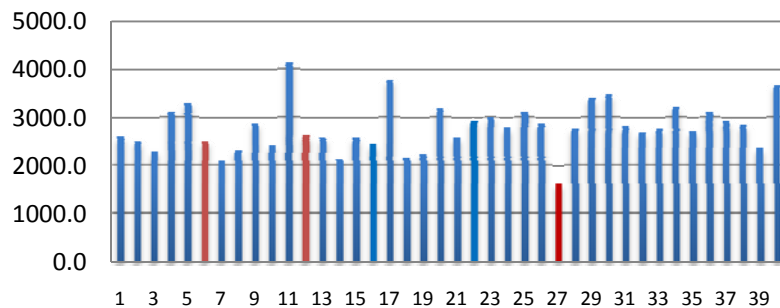


Gráfico 1.10.b. Estación Gatún Rain - Subcuenca Lago Gatún
Comportamiento de la Precipitación Mensual en años El Niño

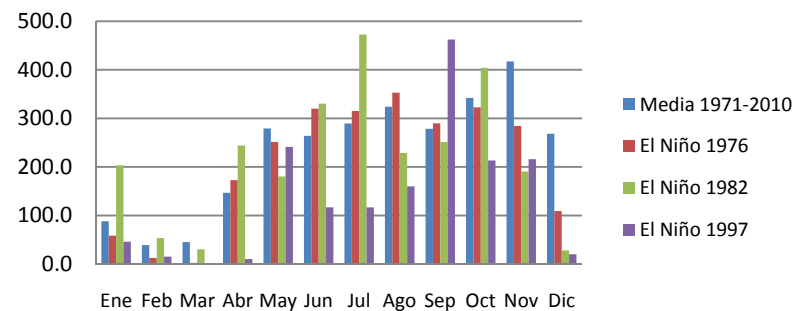


Gráfico 1.10.c. Estación Pedro Miguel - Subcuenca Miraflores
Variabilidad Interanual de la Precipitación: 1971 - 2010

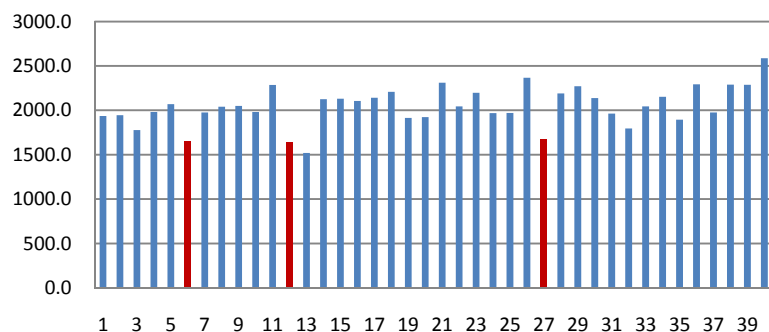


Figura 1.10.d. Estación Pedro Miguel - Subcuenca Miraflores
Comportamiento de la Precipitación Mensual en años El Niño

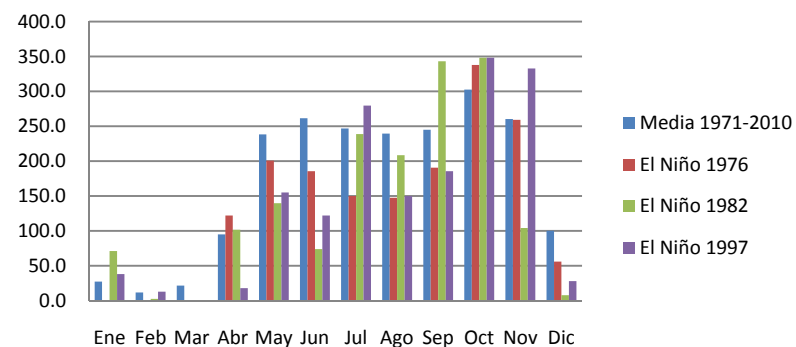


Gráfico 1.10. Variabilidad interanual y mensual de la precipitación por el fenómeno El Niño para los eventos de 1976, 1982 y 1997 en las estaciones Gatún Rain (subcuenca Lago Gatún) y Pedro Miguel (subcuenca Lago Miraflores) en la Cuenca.

1.4. Identificar y caracterizar las principales amenazas naturales causadas por eventos climatológicos extremos en la Cuenca

1.4.1. Identificación de la Amenaza Climática

Con el propósito de identificar y caracterizar las principales *amenazas climáticas* que afectan la Cuenca, se preparó un Índice de Amenaza Climática para lo cual se analizaron diferentes metodologías, incluyendo el método de los Deciles de Gibbs y Maher; a fin de evaluar cual de los métodos proporcionaba información de mayor interés para describir las amenazas por sequía e inundación sobre la Cuenca.

En el primer caso, se usó un análisis de multicriterio, por medio de indicadores integrados en un Índice de Amenaza Climática (IAC). Los indicadores fueron desarrollados a partir del registro climatológico de 33 estaciones meteorológicas de la red de la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá seleccionadas siguiendo los siguientes criterios:

- a. Próximas o inmersas en el área de estudio.
- b. Con registros de precipitación mensual de 40 años o con datos faltantes no mayor al 10%.
- c. Con registros de precipitación mensual actualizados al 2010.
- d. Nuevas estaciones instaladas en los últimos 15-20 años en calidad de referencia.

a) Marco conceptual de la amenaza climática

Para desarrollar los indicadores de clima, se adoptó un marco conceptual en el que se visualizara al clima como una amenaza, para esto se trabajaron los extremos climáticos de temperatura y precipitación, tanto los secos como los lluviosos, partiendo del hecho que muchos de estos extremos han impactado negativamente sobre alguna actividad socio-productiva de la Cuenca.

b) Desarrollo y selección de indicadores de amenaza climática

Se desarrollaron indicadores a partir de los registros anuales de la precipitación. En las estaciones que no poseen la información completa para todo el periodo, se estimó en base a la información disponible. Se consideraron extremos climáticos a todos aquellos registros que se encontraban por debajo del primer quintil (eventos extremadamente secos) y todos aquellos registros que se encontraban por encima del quinto quintil (eventos extremadamente lluviosos).

Para facilitar la caracterización de los indicadores en conjunto debían responder a tres preguntas básicas: ¿cada cuánto tiempo se presenta un evento extremo?, ¿cuál es la magnitud de ese evento extremo en relación a condiciones normales? y, ¿dónde se presenta con mayor frecuencia?

Los indicadores seleccionados para representar la amenaza del clima y el algoritmo que compone el IAC son:

$$IAC = Ras + Rdl + Rsx + All + Adl + Rlx$$

Donde,

Ras = Reducción de la lluvia anual durante un año seco extremo (%)

Rdl = Reducción del número de días con lluvia durante años secos extremos (%)

Rsx = Recurrencia de un año seco extremo (años)

All = Aumento de la lluvia anual durante un año lluvioso extremo (%)

Adl = Aumento del número de días con lluvia durante años lluviosos extremos (%)

Rlx = Recurrencia de un año lluvioso extremo (años).

Peso de indicadores climáticos y agregación en índices

El peso de los indicadores se estableció por medio de un perfil mecánico de vulnerabilidad cuyos resultados se validaron por juicio de experto. Según lo propuesto por SEI (2004) se representa el estado actual (promedio) de los indicadores con relación a su mínimo y máximo y se lleva a una expresión gráfica para ser validada. Teniendo en cuenta que el movimiento del indicador es positivo (a mayor valor del indicador mayor amenaza) la fórmula a aplicar fue:

$$Vi = (Xi - Xi,min) / (Xi,max - Xi,min) * 100$$

Donde,

Vi = indicador desarrollado

Xi = valor actual del indicador

Xi, máx = valor máximo del indicador en el área

Xi, mín = valor mínimo del indicador en el área

Esta fórmula se aplicó a todos los indicadores excepto al período de recurrencia de eventos extremos secos y eventos extremos lluviosos, que tiene un movimiento negativo (a menor valor del indicador mayor amenaza). En este caso, la fórmula a aplicar fue:

$$Vi = (Xi,max - Xi) / (Xi,max - Xi,min) * 100$$

El Índice de Amenaza Climática (IAC) se desarrolló por agregación simple (sumatoria) de indicadores. Para hacer comparables los indicadores y el IAC entre regiones, se usaron rangos similares o absolutos tal y como lo proponen SEI (2004), CADETI (2004). Las unidades particulares de cada indicador fueron llevadas a una base porcentual (0 a 100) con el fin de que puedan ser comparables con otras regiones.

c) Expresión en unidades espaciales y análisis de mapas

Los índices se construyeron a nivel de estación meteorológica y los resultados finales se llevaron a un formato SIG, trazando polígonos de rangos de valores. La expresión final es un mapa que muestra las subcuencas de la CHCP sobre las áreas (polígonos) de diferente valor del índice.

d) Método de los Deciles de Gibbs y Maher:

Este método de identificación de sequía es desarrollado por Gibbs y Maher (Gibbs, W. J. 1987). Se basa en el análisis estadístico de las series de los acumulados de lluvias mediante la distribución percentilica donde emplean una clasificación adoptada internacionalmente para caracterizar el comportamiento de los acumulados mensuales de las lluvias en rangos percentílicos y de deciles:

Gibbs recomienda el empleo de la mediana (50 percentil) y otros percentiles específicos, debido a que el uso de las medias aritméticas y la desviación estándar son completamente inapropiados en el caso de algunos elementos meteorológicos, particularmente la lluvia en su distribución de frecuencia gaussiana que está lejos de lo normal en muchas regiones geográficas.

El uso del decil/percentil como índice, posee la utilidad práctica de que ellos expresan el grado de la lluvia sobre un período dado dentro de la distribución de frecuencia sin especificar la cantidad de lluvia. Gibbs y Maher sugieren la siguiente interpretación que se presenta en la **Tabla 1**.

Este método también permite identificar la sequía, ya que existen diferentes criterios y condiciones para establecer el umbral que se requiera. En este caso se utiliza la escala creada por el Sistema Nacional de la Vigilancia de la Sequía en Cuba donde definen cinco estados sobre la base de la escala de Gibbs y Maher y el comportamiento de las lluvias (Lapinel et al., 1998), Ausencia de sequía (AS), Condición de sequía (CS), Principio de sequía (PS), Sequía (SQ) y Fin de sequía (FS).

Tabla 1. Clasificación de rangos del decil según el método de Gibbs y Maher.

Clasificación en tiempo	Porcentaje	Rango del Decil
Muy por encima de la norma	superior al 90	10
Bastante por encima de la norma	80 - 90	9
Por encima de la norma	70 - 80	8
En la norma	30 - 70	4 - 7
Por debajo de la norma	20 - 30	3
Bastante por debajo de la norma	10 - 20	2
Muy por debajo de la norma	inferior al 10	1

A cada uno de estos estados se le atribuye determinado comportamiento de los acumulados de las lluvias con relación a la norma histórica, a los efectos de poder determinar el inicio, la intensidad, duración temporal y cese del proceso de sequía, el que deberá ser evaluado simultáneamente en la mayor cantidad de estaciones pluviométricas posibles con vistas a su adecuada caracterización espacial. (Lapinel et al., 1998).

Se entiende por Condición de Sequía (CS) cuando la cantidad acumulada de las lluvias en un mes dado es igual o menor que el umbral seleccionado de su distribución percentílica histórica (en este caso, el percentil 30 ó tope superior del tercer decil). Se considera Principio de Sequía (PS) cuando durante dos meses consecutivos existe la CS.

Una vez iniciado un PS se considera Fin de Sequía (FS), cuando los acumulados de las lluvias rebasan al cierre del trimestre en curso, un umbral prefijado de la distribución percentílica histórica para este mismo período (percentil 40 ó tope superior del cuarto decil). En cada caso, de no rebasarse este umbral, se considerará la permanencia de Sequía (SQ).

El proceso consiste en establecer el umbral, el cual permite distinguir la situación de sequía, donde se define como condición de sequía aquellos puntos con lluvia menor o igual al tercer decil. Para el fin de la sequía la norma utilizada es cuando en el cierre del trimestre el acumulado de lluvia rebase para esos meses el cuarto decil, el cual se ha comprobado en la práctica que es el más cómodo y racional en cuanto a dejar un margen de sequía y para el restablecimiento de la condición de sequía.

e) Método de la curva integral de coeficientes modulares

Estas curvas (procedimiento empleado por Trúsov en 1983) son utilizadas para identificar periodos de sequías y húmedos que generan excesos de precipitación. Un periodo de sequía será aquel en que comienzan a acumularse diferencias negativas produciendo en la curva un tramo con pendiente descendente, el punto donde se inicia la acumulación de diferencias positivas corresponde al final del periodo seco y su marcha ascendente muestra los periodos de lluvia sobre la norma. Si el tramo de curva es paralelo a la horizontal, entonces, las precipitaciones coinciden con la norma.

Con este método se puede con seguridad determinar los ciclos de las precipitaciones y ayuda en el análisis cronológico de la duración y la frecuencia de la ocurrencia de la sequía por la cuenca.

El procedimiento empleado por Trúsov et al., (1983) es el siguiente:

- Ordenar los valores X_i en orden decreciente.
- Calcular el coeficiente modular $K = X_i / X_{media}$
- Obtención de una nueva serie $K-1$
- Calcular la sumatoria de los $K-1$ obtenidos $[(K-1)]$
- Cada término de la sumatoria se divide entre el C_v (coeficiente de variación), con el fin de hacer comparables los valores de las lluvias en localidades de distinta variabilidad.

Anomalía estandarizada:

El cálculo **del índice de anomalía estandarizada** describe la dinámica de la lluvia acumulada en la cuenca y clasifica la sequía en débil, moderada y severa.

Se calcula siguiendo el procedimiento utilizado por Ogallo (1984), (Lapinel, et al., 1998).

Donde:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - X_j) / S_j,$$

Siendo:

X_{ij} : total acumulado del período de análisis de la estación j en el año i

X_j : media del período

S_j : desviación estándar del período

Los rangos de las anomalías negativas (no significativas, moderadas o severas) se definen multiplicando el cociente X_j / S_j por los coeficientes $K_{máx}$ y $K_{mín}$, de tal modo que:

$Z_{ij} \geq -K_{\text{máx.}} (X_j / S_j)$ (Sequía débil o no significativa)

$-K_{\text{mín}} (X_j / S_j) \leq Z_{ij} < -K_{\text{máx.}} (X_j / S_j)$ (sequía moderada)

$Z_{ij} < -K_{\text{mín}} (X_j / S_j)$ (sequía severa)

Los coeficientes empleados para definir los umbrales en el presente trabajo son:

- 0.15 ($K_{\text{máx.}}$) y - 0.30 ($K_{\text{mín.}}$).

Luego de analizar los resultados producidos por las diferentes metodologías arriba descritas, se procedió a estimar el valor final de los indicadores de la Amenaza por inundación y sequía a nivel de cada una de las 50 microcuencas de la CHCP, los cuales se presentan en el **Cuadro 1.6**. Posteriormente, cada uno de estos valores fue utilizado para la elaboración de los mapas de amenazas para la Cuenca.

Cuadro 1.6. Indicadores de Amenaza por inundación y sequía a nivel de microcuencas en la CHCP.

Subcuencas	Amenaza a inundación	Amenaza a sequía
Lago Alajuela	26.00	48.45
Lago Gatún	28.25	54.95
Lago Miraflores	25.00	85.75
Quebrada Aguas Claras	25.00	70.00
Quebrada Ancha	36.50	28.75
Quebrada Bonita	30.00	25.00
Quebrada del Medio	25.40	30.00
Quebrada Grande	25.00	72.25
Quebrada Honda	25.00	50.75
Quebrada La Leona	25.00	51.25
Quebrada La Tranquila	25.00	55.50
Río Agua Salud	25.00	28.75
Río Agua Sucia	39.00	26.25
Río Aguas Claras	90.00	25.00
Río Baila Mono	25.00	66.50
Río Benítez	25.00	57.00
Río Boquerón	90.00	25.00
Río Cañito	25.00	69.75
Río Caño Quebrado	25.00	25.98
Río Caraña	25.00	76.25

Río Casaya	25.00	75.00
Río Chagres	79.25	25.13
Río Chico	86.50	25.00
Río Chilibre	25.00	40.00
Río Chilibrillo	27.50	30.00
Río Cirí Grande	26.50	50.25
Río Ciricito	25.00	51.25
Río Culo Seco	25.00	78.00
Río Frijoles	25.00	65.00
Río Frijolita	25.00	38.11
Río Gatún	89.25	25.00
Río Gatuncillo	28.75	33.00
Río Gigantito	25.00	89.25
Río La Puente	57.25	25.00
Río Las Cascadas	73.00	25.00
Río Limón	25.00	31.00
Río Los Hules	25.00	48.25
Río Mandinga	25.00	75.25
Río Moja Pollo	25.00	50.00
Río Obispo	25.00	92.50
Río Paja	25.00	57.45
Río Palenque	52.25	25.00
Río Palenque I	25.00	50.25
Río Pelón	25.00	30.50
Río Pequení	93.25	25.00
Río Pescado	25.00	37.00
Río Piedras	84.00	25.00
Río Salamanca	38.50	25.00
Río Tinajones	25.00	34.50
Río Trinidad	28.00	52.50

Fuente: CATHALAC, 2011.

1.5. Mapas de amenazas naturales causadas por la variabilidad climática en la CHCP

1.5.1. Amenaza por inundaciones en la Cuenca (1971 – 2010)

Aparte de las condiciones propias de la climatología local, las inundaciones son fenómenos que también se desarrollan y magnifican por la conjugación de factores geomorfológicos (relieve) e hidrogeológicos de las cuencas. Pero aquí también, la influencia de la actividad humana es cada vez más importante (deforestación, erosión inducida, etc.). Todo ello participa de los aspectos ligados a la capacidad de regulación y amortiguamiento que posean las cuencas, aspectos que se aplican a todas subcuencas de la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá.

Los tiempos de respuesta y concentración, son así función primaria de la intensidad de la lluvia y de la pendiente del terreno, pero también del amortiguamiento proporcionado por la cobertura vegetal y por la infiltración hipodérmica de los bancos aluviales y hacia los acuíferos subterráneos. La deforestación hace desaparecer la capa vegetal, de tal forma que la compactación y erosión disminuyen la capacidad de infiltración de los suelos. En consecuencia se tiene de inmediato un aumento de la escorrentía superficial y la disminución de los tiempos de concentración. Las crecidas serán pues más rápidas, más violentas y de mayor energía y los estiajes de caudales menores y más prolongados.

Los aspectos mencionados, concuerdan en mucho con las observaciones recopiladas en los talleres de inducción desarrollados por CATHALAC en coordinación con la ACP y la empresa PRISMA, por parte de los miembros de las comunidades organizadas en los Comités Locales de las subcuencas: de las 4S, Los Hules y Tinajones; Cirí Grande y Trinidad; así como en Chilibre y Chilibrillo. Parar mayor información, ver sección 3.3 de este informe.

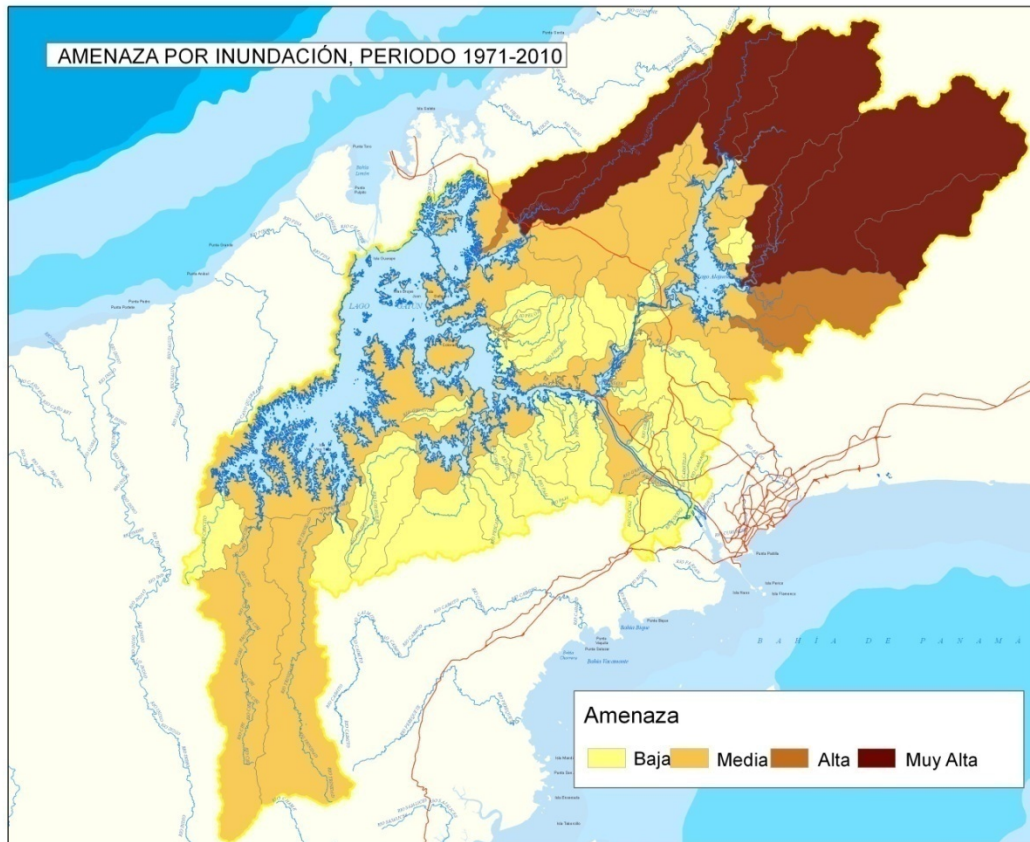
Así pues, las áreas bajo la influencia de las crecidas aumenta la vulnerabilidad de las obras de infraestructura ligadas a los cauces fluviales: vados, puentes, carreteras, etc. Para asegurar que los problemas de inundación de algunas poblaciones no obedecen necesariamente al comportamiento anómalo del río, sino a la invasión del lecho mayor por parte de los pobladores.

A continuación se describen los resultados de la caracterización de la Amenaza por Inundaciones en la Cuenca, con respecto al periodo histórico de 1971-2010.

Amenaza por Inundación para la Cuenca referida al periodo 1971-2010

Los niveles de ***Amenaza Muy Alta por Inundación*** son característicos de la parte Este y Noreste de la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá, abarcando la mayor parte de la Región del Alto Chagres y en particular en las subcuencas de los ríos Piedras, Chagres, Chico, Pequení, y Boquerón; así mismo niveles de ***Amenaza Alta***, se observan sobre las subcuencas de los ríos Las Cascadas y La Puente.

En la parte norte del Corredor Transistmico del Atlántico que incluye las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras. Lo anterior es coincidente con el mayor porcentaje de captación de agua de la Cuenca. Otra característica de estas subcuencas, es que poseen la densidad de población más baja de la Cuenca, la cual está en un rango de 0 a 40 habitantes por kilometro cuadrado (hab/km²), de tal forma que la cantidad de personas expuestas a esta amenaza es baja. Ver **Mapa 1.11**.



Mapa 1.11. Amenaza por inundación en la Cuenca referida al periodo de registro 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

En la parte central de la región del Corredor Tansístmico del Atlántico predomina el nivel de ***Amenaza media***, sobre las subcuencas de los ríos Aguas Sucias, Gatuncillo,

Salamanca y Lago Alajuela. Mientras en la región del Corredor Transistmico del Pacífico la subcuenca del río Chilibrillo tiene un nivel de *amenaza media* y la del río *Chilibre amenaza baja*. Así mismo, la región representada por las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad que poseen un *nivel de amenaza medio*.

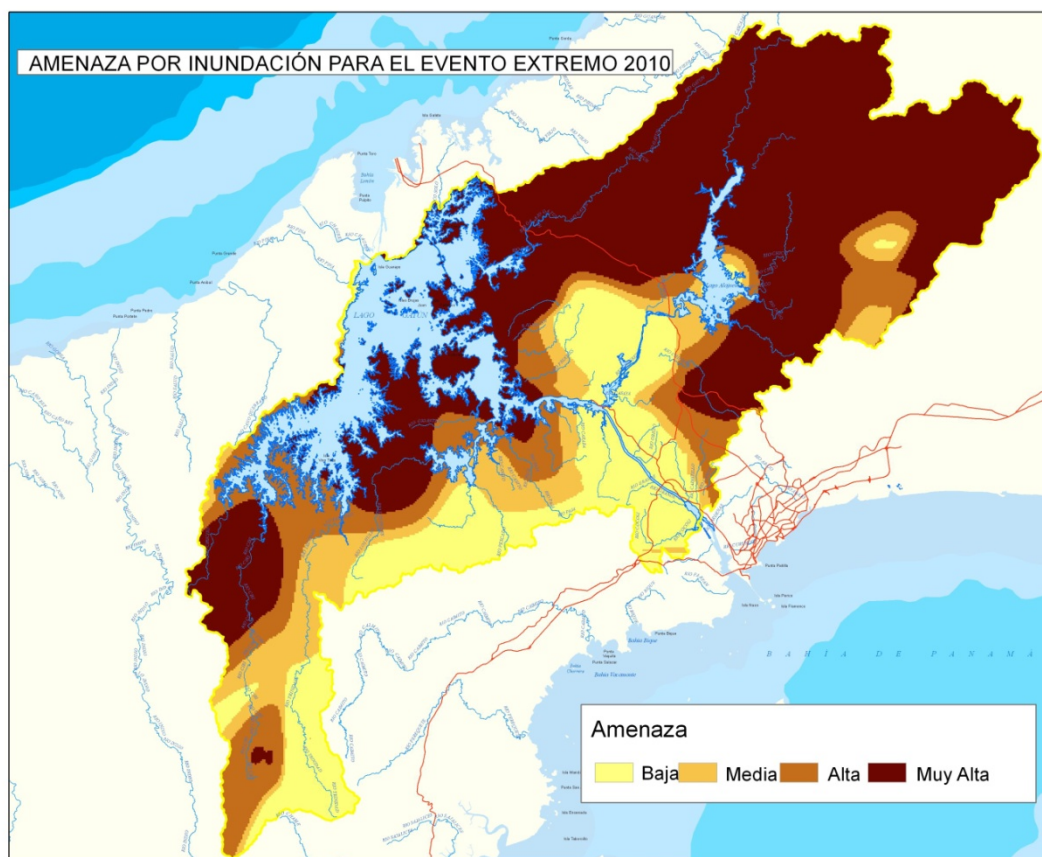
La región del Lago Gatún que comprende casi dos tercios de la Cuenca, presenta dos niveles de amenazas, en la mayor parte de la cuenta predomina el *nivel de amenaza media*; a diferencia de la parte este del Lago Gatún en donde las subcuencas de los ríos Agua Salud, Pelón, Frijolita, Frijoles y Quebrada Aguas Claras muestran un nivel de *amenaza bajo*.

En la región de Panamá Oeste, en todas las subcuencas es preponderante el ***nivel de amenaza baja*** a inundaciones. El hecho de que esta región esté representada por el nivel de Amenaza Bajo, no significa que en estos territorios no puedan ocurrir inundaciones, simplemente indica que la probabilidad de recurrencia de estas amenazas es relativamente baja, al menos para el periodo de referencia estudiado.

Considerando que la amenaza es dinámica y que su intensidad varía en función de la variabilidad climática y de los eventos extremos, en calidad de ejemplo, se elaboró el mapa de amenaza referido al evento extremo de mayor magnitud que ha impactado la Cuenca en diciembre de 2010, conocido como “La Purísima” (ACP, 2010). En el **Mapa 1.12**, se presenta la distribución espacial de dicho evento. Como era de esperar, el área geográfica de afectación varió con respecto al mapa de Amenaza por Inundación del periodo 1971-2010.

Es importante destacar, que la tendencia de afectación de la amenaza se mantuvo, de tal forma que el nivel de intensidad de ***Amenaza Muy Alta*** correspondió a la parte este y noreste de la Cuenca, sin embargo, el área de afectación se extendió hacia otras subcuencas, en particular a la del Lago Gatún (la de mayor extensión territorial), incluyendo microcuencas de la vertiente del Pacífico como la de los ríos Chilibre y Obispo, parte baja de Los Hules, Quebrada La Leona, Cirícito y Cirí de los Sotos, así como, el tramo bajo de las Sub cuenca del río Cirí Grande. Ver **Mapa 1.12**.

También se muestra afectación en la porción este de la subcuenca del Lago Miraflores, la porción sur de la subcuenca del Lago Gatún incluyendo a Barro Colorado, al igual que las micro cuencas de los ríos: Frijolita, Pelón, Agua Salud, Quebrada Media, Aguas Sucias y Gatuncillo. **Mapa 1.12**.



Mapa 1.12. Amenaza por inundación en la CHCP referida al evento extremo de 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

La **Amenaza Media por Inundación** abarca una franja que se extiende desde el Lago Alhajuela hacia el oeste hasta las subcuencas de Ciri Grande y Trinidad; en donde abarca el tramo medio del río Ciri y el tramo medio-bajo de Trinidad; luego se proyecta hacia la Quebrada La Leona, a través del tramo medio de los ríos Tinajones y Caño Quebrado, afectando también los tramos bajos de los ríos Pescado, Paja y Baila Mono (las 4 S), y Mandinga; así como una parte del río Frijoles. También se observa un pequeño núcleo sobre el río Las Cascadas. Ver **Mapa 1.11**.

Niveles de **Amenaza Baja por inundación**, predominan en las microcuencas del Lago Miraflores hacia el norte, incluyendo los ríos Obispo, Casaya, Palenque II y Quebrada Honda. Hacia el oeste desde la parte alta del río Mandinga, se observa una franja que cubre los tramos altos de los ríos Paja, Pescado, Caño Quebrado y Tinajones; así como el tramo alto y medio de la subcuenca Trinidad.

1.5.2. Amenaza por Sequía en la Cuenca (1971 – 2010)

Las sequías, no necesariamente representan un fenómeno que de forma sistemática genera graves problemas a la población local que vive en las subcuencas de la Cuenca, pues en realidad, es muy raro que se presenten en forma real durante varios años consecutivos. Generalmente, la amenaza por sequía es más intensa durante los años en que se ha presentado el fenómeno “El Niño”.

La sequía es una amenaza que está ligada a la variabilidad del clima y en particular a la variable precipitación, tanto en su distribución espacial como temporal. No obstante, se presenta más frecuentemente en las regiones semiáridas y subhúmedas; por lo tanto su identificación en las diferentes subcuencas de la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá que presenta en la mayor parte norte y este de la Cuenca un clima tropical húmedo con lluvias durante todo el año, resulta un poco difícil su caracterización; pudiéndose observar de forma más definida durante los años Niños, como por ejemplo en los eventos de 1976 y 1997, cuando se registraron déficit anuales de -29% y -43% respectivamente, en la Estación Chorro localizada en la subcuenca del río Trinidad en la parte oeste de la CHCP.

El Niño produce reducción de los acumulados mensuales de lluvia en casi todos los meses del año, a excepción del mes de septiembre, lo cual podría estar relacionado con una mayor influencia de la ZCIT, como proceso formador del clima más importante del territorio de Panamá, la cual durante algunos eventos ocupa una posición anómala para este mes sobre el Istmo. Los meses más afectados con una reducción de más de la mitad de la precipitación son generalmente mayo, junio, agosto y diciembre; en algunos eventos también se observan reducciones importantes durante los meses de julio y noviembre. Ver **Gráfico 1.11**.

En la parte Este de la CHCP el fenómeno de El Niño se manifiesta de manera diferente, por ejemplo, en la Estación San Miguel localizada en la subcuenca del río Pequení, se observa una reducción en los acumulados mensuales de precipitación principalmente a mediados del año entre junio y agosto (3 meses) y al final del año en los meses de noviembre y diciembre, proyectándose hasta enero del año siguiente. En el **Gráfico 1.12**, se observa claramente que los meses más afectados con reducciones superiores al 30% con respecto a la norma histórica son junio, julio y noviembre; sobresaliendo diciembre con déficit de lluvias hasta del 84%. Este comportamiento anómalo de los acumulados mensuales de precipitación, indica de que los mayores impactos del fenómeno El Niño se harán sentir en los aspectos operativos y productivos de la Cuenca en la estación seca (febrero – abril) del segundo año del evento, cuando la disponibilidad de agua en los lagos Alhajuela y Gatún sean menores después de nueve

meses (junio – enero) consecutivos, con un déficit de precipitación importante, ver **Cuadro 1.7.**

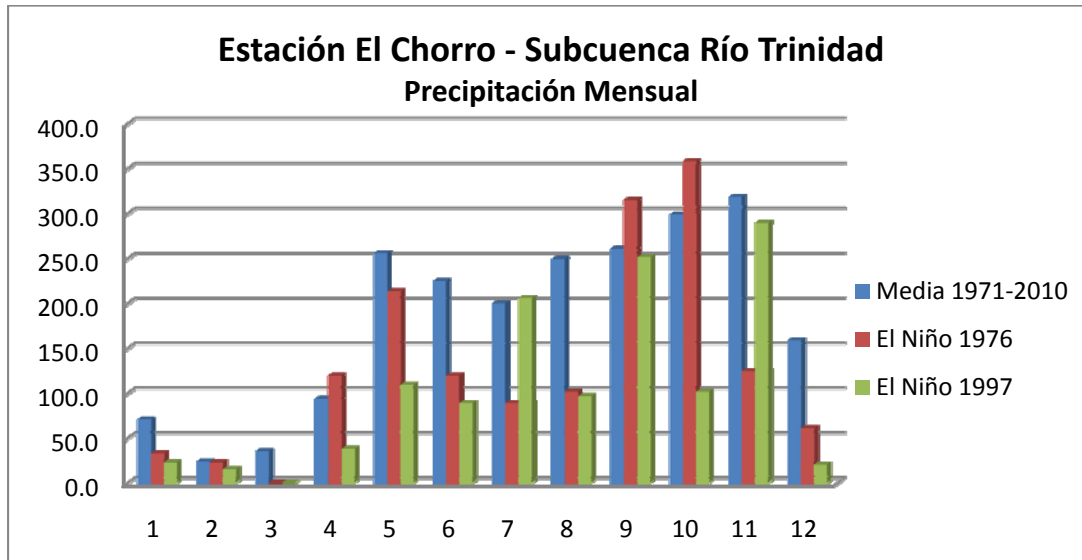


Gráfico 1.11. Estación El Chorro, subcuenca río Trinidad. Comparación de la marcha media mensual de la precipitación del periodo 1971-2010, con respecto a los acumulados mensuales de los eventos El Niño de 1976 y 1997.

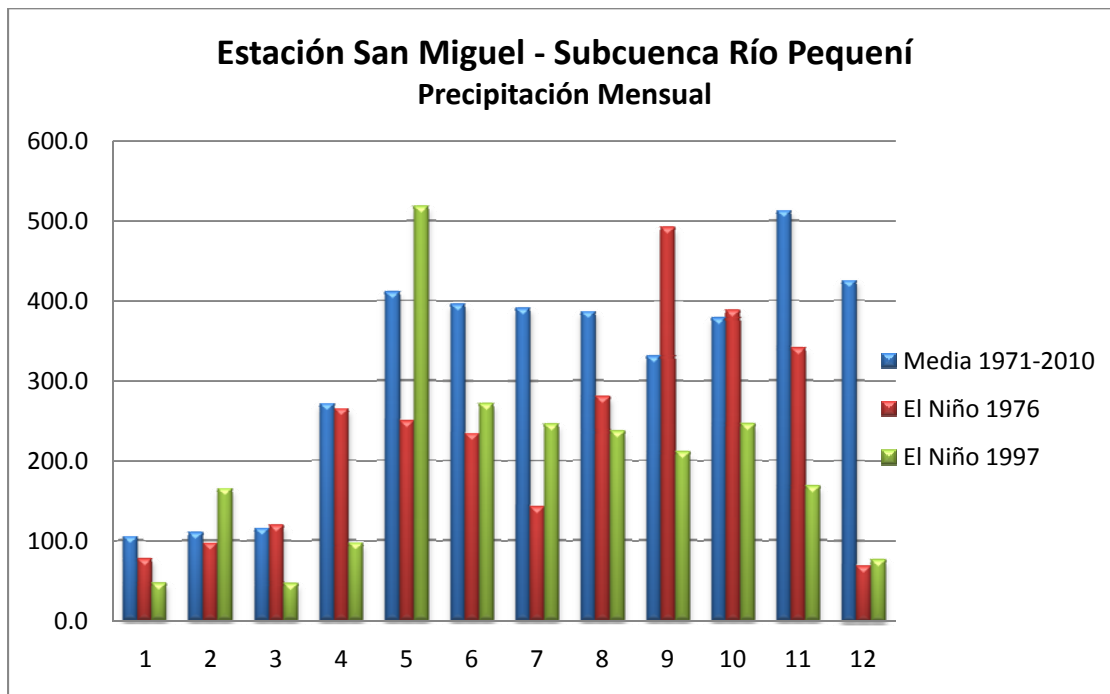


Gráfico 1.12. Estación San Miguel, subcuenca río Pequeñí. Comparación de la marcha media mensual de la precipitación del periodo 1971-2010, con respecto a los acumulados mensuales de los eventos El Niño de 1976 y 1997.

En este caso, de los dos eventos El Niño analizados el más intenso para la Cuenca fue el del año 1997, en donde se registraron 10 meses (de 12) con sequía, en los cuales los déficit de lluvia fueron mayores a un -30%; de éstos los meses marzo, abril y noviembre sufrieron déficit de precipitación entre -60 y -67%, y noviembre con un récord de -82%. Ver **Cuadro 1.7**.

Cuadro 1.7. Anomalías mensuales de precipitación de los eventos El Niño 1976 y 1997, respecto al promedio de la serie 1971 – 2010. Estación San Miguel, subcuenca río Pequení.

Periodo	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Promedio mensual 1971-2100	104.3	110.2	115.5	270.6	410.7	396.5	391.8	386.4	331.1	378.7	512.2	424.3
El Niño 1976	76.2	96.5	119.4	264.2	248.9	233.7	142.2	279.4	492.8	388.6	340.4	68.6
El Niño 1997	45.7	165.1	45.7	96.5	518.2	271.8	246.4	236.2	210.8	246.4	167.6	76.2
Anomalía 1976	0.73	0.88	1.03	0.98	0.61	0.59	0.36	0.72	1.49	1.03	0.66	0.16
Anomalía 1997	0.44	1.50	0.40	0.36	1.26	0.69	0.63	0.61	0.64	0.65	0.33	0.18
Anom. (%) 76	0.37	0.12	3.0	2.0	39.0	41.0	64.0	28.0	49.0	3.0	34.0	84.0
Anom. % 97	0.56	50.0	0.60	64.0	26.0	31.0	37.0	39.0	36.0	35.0	67.0	82.0

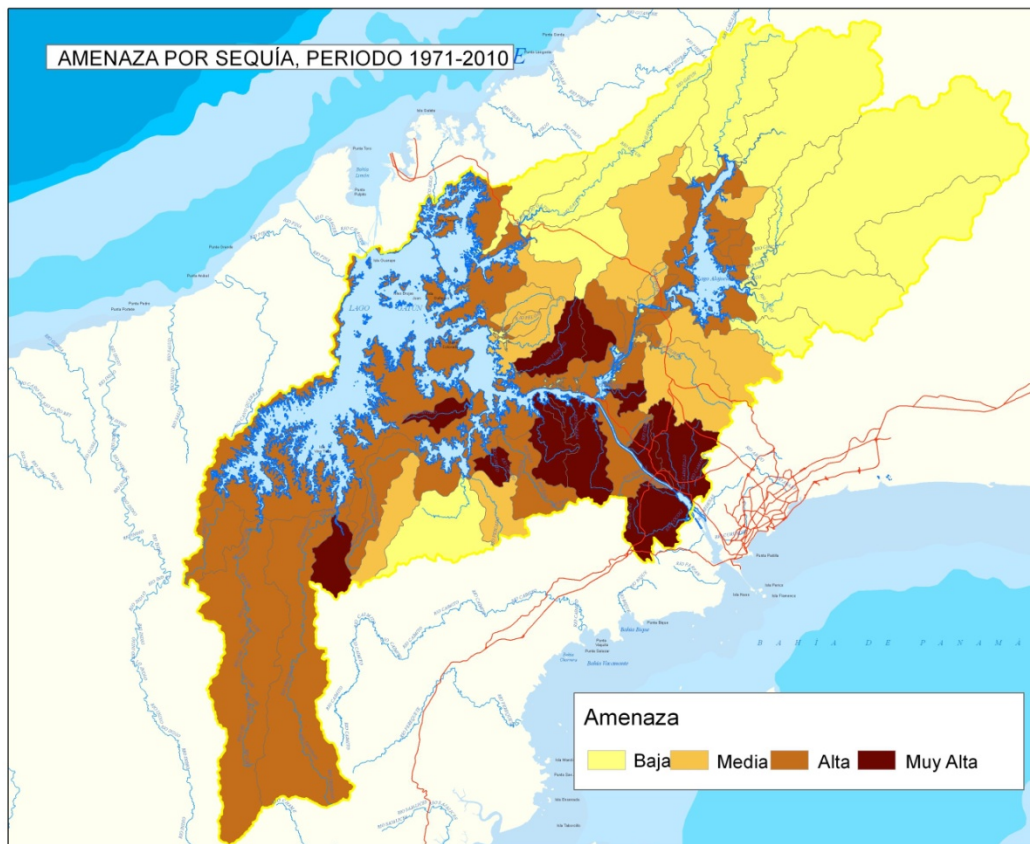
NOTA: El color amarillo indica reducción de la lluvia por déficit y el celeste, incremento por exceso. Fuente: CATHALAC, 2011.

Amenaza por Sequía para la CHCP referida al periodo 1971-2010

Con base al enfoque metodológico utilizado de la curva integral de coeficiente modulares (Trúsov, 1983 y Lapinel, et al., 1998), se obtuvieron los niveles de intensidad del déficit de precipitación con respecto a los valores normales para un periodo de 40 años (1971-2010), éstos generalmente oscilan entre -10% y -20% para una *Amenaza Baja* por Sequía; entre -21% y -30% para un nivel de *Amenaza Media* y mayor a -30% para una *Amenaza Alta*.

Los niveles de *Amenaza Muy Alta por Sequía* presenta una distribución inversa con respecto al mapa de Amenaza por Inundación, es decir, en la parte Este y Noreste de la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá predominan niveles de *Amenaza Baja* en las subcuencas de los ríos Las Cascadas, Piedras, Chagres, Chico, Pequení, y Boquerón; así como la parte norte del Corredor Transístmico del Atlántico que incluye las subcuencas de los ríos Gatún, Aguas Claras y Aguas Sucias. Igualmente, en la región de Panamá Oeste la subcuenca del río Caño Quebrado tiene un *nivel bajo de Amenaza* a sequía. Ver **Mapa 1.13**. La afectación en los cultivos podría variar en función de las subcuencas, sobre todo por el tipo de suelo y el nivel de degradación del mismo

Niveles de *Amenaza Media a Sequía*, se pueden observar en la región del Corredor Transistmico del Pacífico en las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo y en el Corredor Transistmico del Atlántico en las subcuencas Quebrada del Medio y río Gatuncillo; así como en la subcuenca Quebrada Ancha al noreste del Lago Alajuela. Así como la subcuenca de la parte este del Lago Gatún, como la de los ríos Frijolita, Pelón, Agua Salud y Quebrada del Medio. También, en la región de Panamá Oeste la subcuencas de los ríos Tinajones y Pescado. Ver **Mapa 1.13**. Las afectaciones en los medios de vida relacionados con el clima pueden sufrir daños moderados y de intensidad media.



Mapa 1.13. Amenaza por sequía en la Cuenca referida al periodo de registro 1971-2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

Valores de *Amenaza Alta a Sequía* son característicos de las microcuencas que bordean el Lago de Alajuela que incluye la del río Benítez, Quebrada La Tranquila y río Moja Pollo. Abarca gran parte de la subcuencas de la región del Lago Gatún, así como las subcuencas de los ríos Paja, Los Hules y Quebrada La Leona en la región de Panamá Oeste; además de los ríos Cirí Grande y Trinidad. En estas subcuencas los cultivos y la ganadería están en peligro de sufrir afectación por déficit de agua y estrés térmico

durante algunos meses de la estación lluviosa, en particular en mayo, junio, agosto y diciembre; así mismo los meses de enero a abril de la estación “relativamente seca” se tornan más secos. Ver **Mapa 1.13**.

Amenaza Muy Alta por sequía, se presenta con mayor frecuencia en la región del Lago Miraflores y la subcuenca del río Obispo, así como en las subcuencas sur del Lago Gatún que incluye la de los ríos Casaya, Mandinga, Fríjoles, Quebrada Aguas Claras y río Gigantito. En la región de Panamá Oeste, sobresalen las subcuencas de los ríos Baila Monos, Cañito y Quebrada Grande. Ver **Mapa 1.13**.

En el **Anexo II**, se han incluido los mapas de amenazas antes citados a una escala mayor para facilitar su interpretación y la lectura de su contenido.

1.5.3. Metodología utilizada para el cálculo de susceptibilidad los parámetros físico ambientales de la Cuenca

El área en estudio de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, no presenta registros específicos e históricos sobre eventos naturales de desastres. En ese aspecto, se recurrió a la única base de datos regional (América Latina) que presenta registros de eventos naturales. Esta base de datos regional es conocida como “DesINVENTAR”, cuyos reportes por parte de Panamá, fueron elaborados por el Sistema Nacional de Protección Civil.

La herramienta DesINVENTAR (Sistema de Inventario de Desastres) fue construida por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Es una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres. La institución responsable de actualizar la base de datos DesINVENTAR en Panamá, es el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y puede ser descargada o consultada a través de <http://www.desinventar.org/es/>.

Al examinar la base de datos de “DesINVENTAR”, se identificó que existía información sólo para el período comprendido entre 1986 y 2001, durante el cual se registraron deslizamientos en los Corregimientos de Ancón, Buena Vista, Chilibre, Las Cumbres, Limón, Sabanitas y San Juan. La mayoría de estos deslizamientos, ocurrieron a lo largo de la vía Panamá – Colón (Carretera Boyd Roosevelt), exceptuando al Corregimiento de Las Cumbres, cuyos deslizamientos se presentaron en las proximidades del poblado de Alcalde Díaz. En cuanto a eventos de inundación, dicha base de datos posee reportes para el período 1997 y 2000 para los corregimientos de Chilibre, Santa Rosa y Limón, en las sub Cuencas del Lago Gatún y Río Gatún.

Metodología utilizada para cálculos de parámetros de susceptibilidades de carácter físico - ambiental

La vulnerabilidad es la relación entre la exposición a amenazas físicas para el bienestar humano y las capacidades de las personas y comunidades para controlar tales amenazas. Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) de la Organización de las Naciones Unidas, la vulnerabilidad son condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que emiten la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenaza. (<http://www.eird.org/esp/terminologia-esp.htm>).

En el contexto del cambio climático, el cuarto reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (PICC), describe la vulnerabilidad como el grado en el cual un sistema es susceptible e incapaz a hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo variabilidad climática y los extremos.

La vulnerabilidad, al combinarse con la susceptibilidad define el riesgo. La susceptibilidad, es la predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre un determinado espacio geográfico. Mediante conceptos de susceptibilidad del terreno y vulnerabilidad de la sociedad, a través del riesgo, se busca la mitigación de desastre. Ante una probabilidad de ocurrencia, los conceptos de peligrosidad y amenaza son sinónimos. Entre los fenómenos naturales que representan amenazas se encuentran: Inundaciones, sequía, temblores, tormentas, deslizamientos, etc.

Para el presente estudio, se calcularon los siguientes parámetros físicos ambientales:

- Susceptibilidad a deslizamiento por pendiente del terreno;
- Susceptibilidad a inundación;
- Humedad del Terreno;
- Susceptibilidad litológica,
- Susceptibilidad a deslizamiento integrando las características de pendiente, humedad del terreno y susceptibilidad litológica.

1.5.3.1 Identificación de Áreas Susceptible a Inundación

Para la identificación de áreas susceptibles a Inundación se utilizó el Modelo de Elevación Digital del “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) de la NASA de 90 metros de resolución de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América y la delimitación cartográfica vectorial de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, suministrada por la ACP.

Mediante la utilización del software “Arc Gis” y la extensión “3D Análisis”, se calcularon los grados de pendientes de acuerdo los intervalos que se presentan en la **Tabla 2**. Sobre la base de los rangos de pendientes, se definieron las susceptibilidades a inundación.

Tabla 2. Susceptibilidad a inundación de acuerdo a intervalos de pendiente en grados.

Susceptibilidad a Inundación	
Clase de Pendiente	Potencialidad Parcial de Inundación
Grados	
0 - 4	Muy Susceptible
4 - 9	Susceptible
9 - 14	Moderadamente Susceptible
14 - 22	Poco Susceptible
22 - 59	Muy poco Susceptible

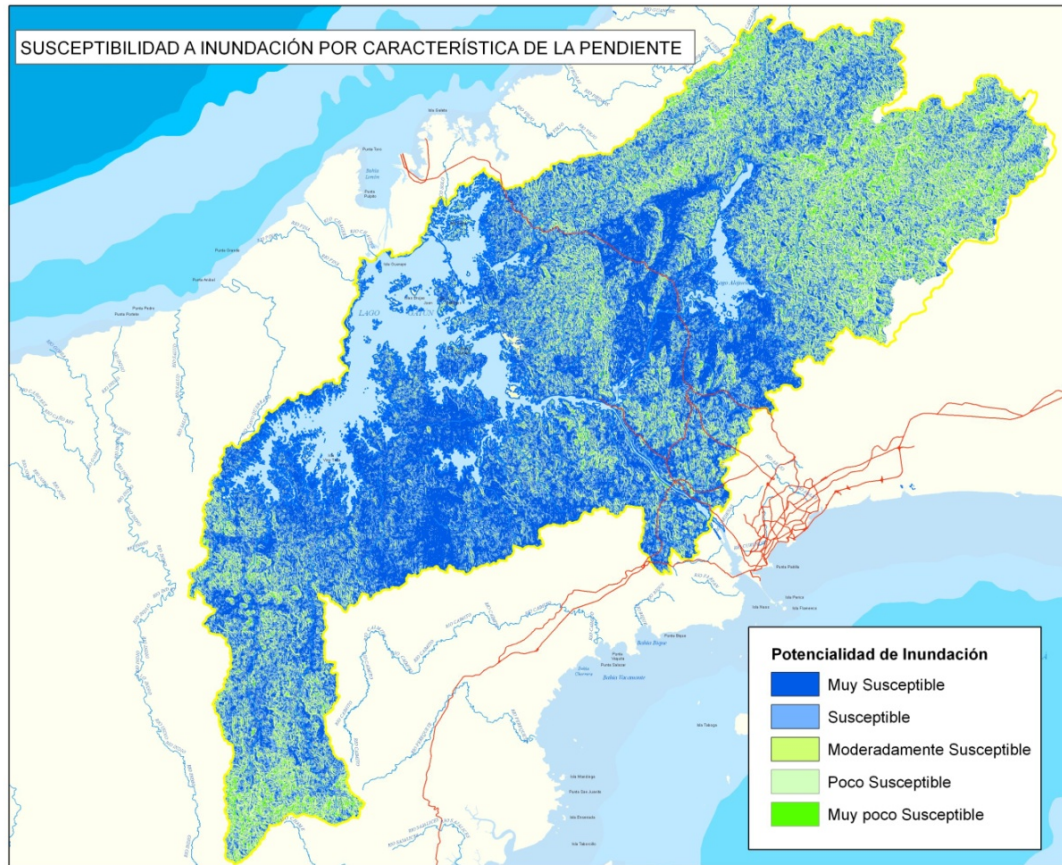
Fuente: CATHALAC, 2011.

En el **Mapa 1.14**, se presenta las áreas susceptibles a inundación por características de la pendiente en la Cuenca. La región central de la cuenca, presenta las mayores características de susceptibilidades a inundaciones. A esta región le corresponde la parte Sur del Lago Gatún, donde se encuentran los corregimientos de Escobal, Arosemena, Iturralde, Mendoza, Herrera y La Represa. Estas características, de igual manera se presentan hacia el Este de la Subcuenca del Lago Gatún, donde se localiza la parte central del Corregimiento de Buena Vista, la mayor parte del territorio de los corregimientos de Santa Rosa y San Juan y el Noreste del Corregimiento de Ancón en las proximidades del Río Chagres hacia el Suroeste del Lago Alhajuela.

La Subcuenca de Chagres, es la que menor susceptibilidad a inundación presenta y está cubierta en su mayor parte por el Corregimiento de Chilibre. La subcuenca de Alhajuela, presenta hacia el Este mayor susceptibilidad a inundaciones representado en los terrenos del Sur de Lago Alhajuela que pertenecen al Corregimiento de Chilibre.

La Subcuenca de Río Gatún presenta en términos generales características de moderada en su parte alta a susceptible en su parte baja, sobre todo hacia el Suroeste, donde se encuentra la vía Panamá – Colón. Características similares se observan en las subcuencas de Boquerón y Pequení. En términos generales, las susceptibilidades a inundaciones se concentran en la región central de la cuenca, sobre todo hacia el Sur del Lago Gatún y Sur de Lago Alhajuela. Estas susceptibilidades disminuyen

considerablemente hacia el Este de la Cuenca y en una porción territorial localizada hacia el Suroeste de la misma. Ver **Mapa 1.14**.



Mapa 1.14. Susceptibilidad a inundación por características de la pendiente en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.

1.5.3.2 Identificación de Áreas de Deslizamientos

Después de haber estimado las áreas susceptibles a inundación en la Cuenca y con base a la información disponible, se utilizó la metodología Mora – Vahrson – Mora para la identificación de áreas de deslizamiento. También se revisaron las experiencias aplicadas en diferentes países, principalmente en la “Evaluación de la Susceptibilidad al Deslizamiento del Cantón de San José en Costa Rica por Rolando Mora en el 2004” y en la “Elaboración del Mapa de Susceptibilidad a Deslizamiento de Nicaragua” realizado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en el 2004.

Esta metodología, divide el área estudiada en sectores de comportamientos similares. Se agrupa en un conjunto de parámetros internos y en factores externos o de disparos. Los parámetros internos que considera la metodología son los siguientes:

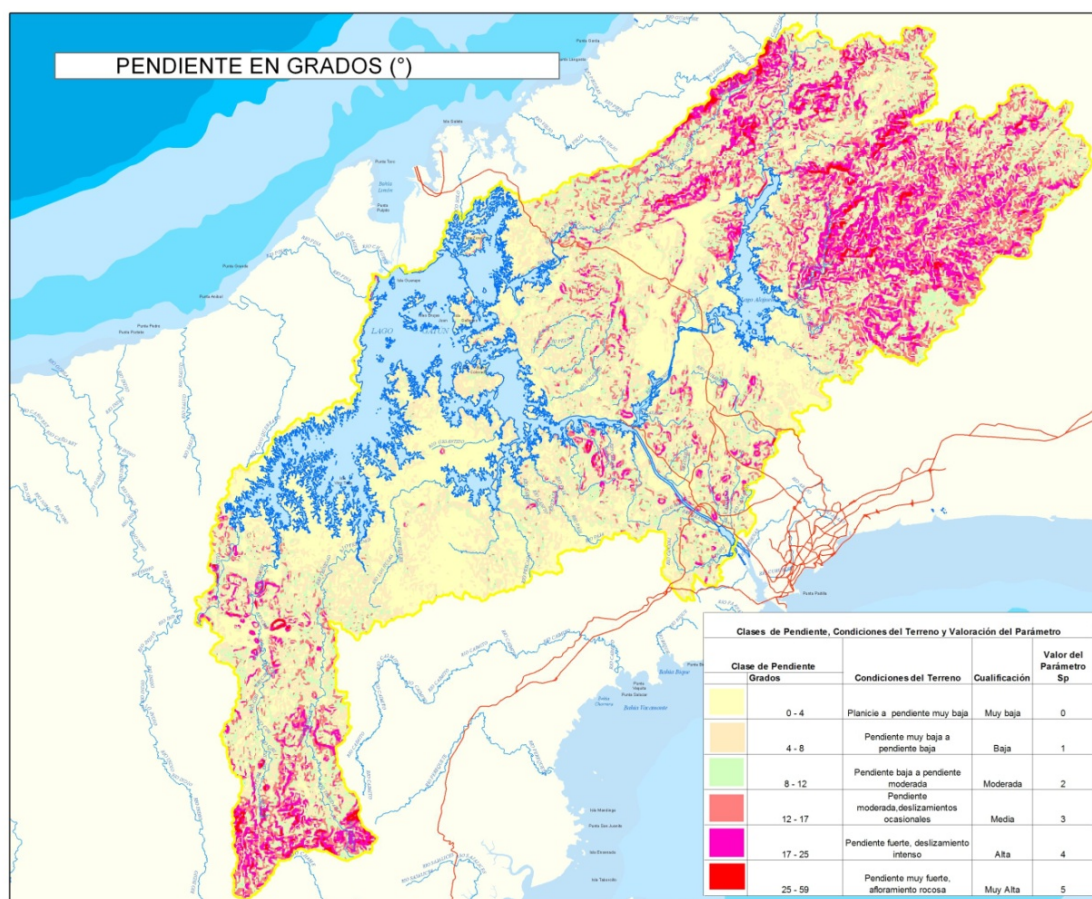
- Valor del parámetro de Pendiente (Sp)
- Valor del parámetro de Humedad del Terreno (Sh)
- Valor del parámetro de Susceptibilidad litológica (Sl)

Mientras que como factores externos o de disparo, se considera lo siguiente:

- Valor de parámetro por sismicidad (Ds)
- Valor de parámetro por disparo por lluvia (DII)

1.5.3.3 Cálculo del Valor de parámetro de Pendiente (Sp)

Para calcular este parámetro dentro de la Cuenca del Canal de Panamá, se determinaron los grados de pendiente de la cuenca y a cada rango de pendiente se realizó una valoración del parámetro de 0 a 5 (ver **Mapa 1.15** sobre Pendientes).



Mapa 1.15. Mapa de pendientes de la Cuenca en grados. Fuente: CATHALAC. 2011.

1.5.3.4 Resultado del Cálculo del Valor de parámetro de Pendiente (Sp)

A nivel global, los valores de susceptibilidad a deslizamientos mediante el parámetro de Pendiente Sp, son mayores en las subcuencas orientales de los ríos: Gatún, Pequení, Boquerón, Chagres y Lago Alhajuela. Estas cuencas interceptan a los corregimientos de Buena Vista, Salamanca, Portobelo, Chilibre, San Juan y Las Cumbres. Esta susceptibilidad, también se observa hacia la parte Central de la Cuenca, específicamente hacia el Este de la Sub cuenca del Lago Gatún, interceptando a los corregimientos de Limón, Cristóbal y Ancón. Ver **Tabla 3**.

En el **Mapa 1.16** se ilustran los espacios territoriales de susceptibilidad alta a deslizamientos, sobresaliendo a los corregimientos que se ubican entre el Este del Lago Gatún y el Parque Nacional Camino de Cruces, interceptando los corregimientos del Sureste de Limón, Norte de Ancón, Sur de Buena Vista y Oeste de Santa Rosa.

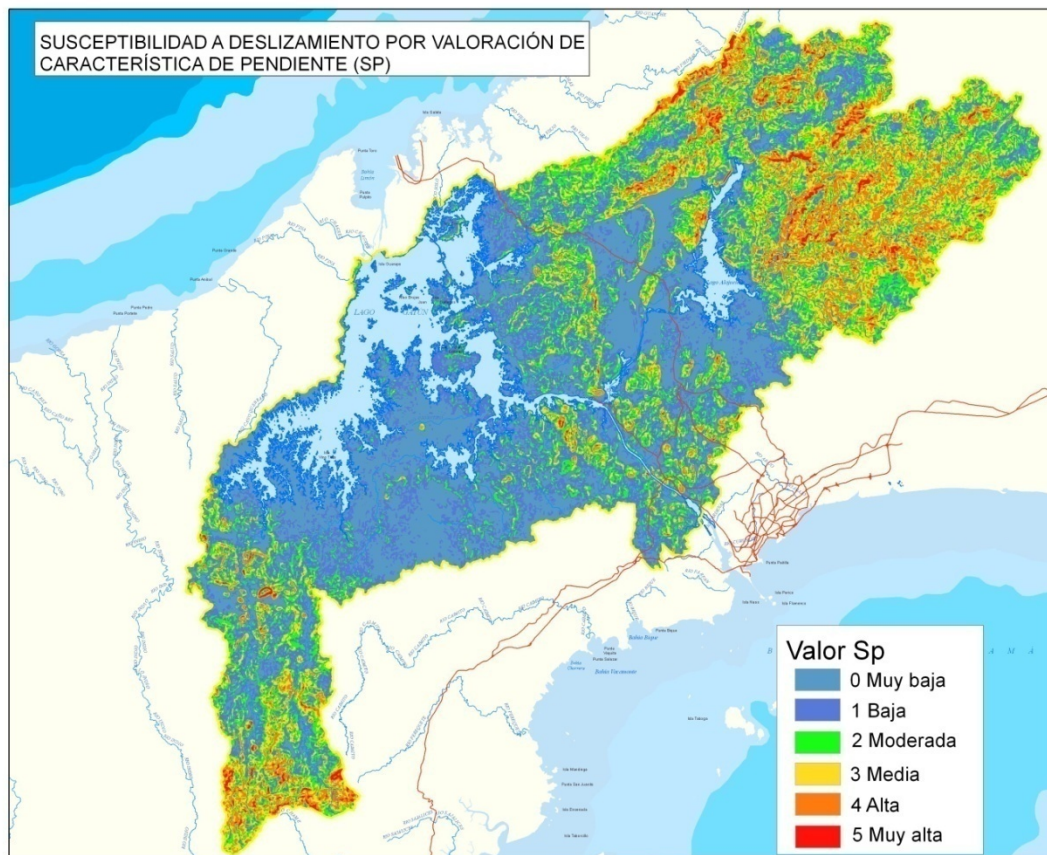
Hacia el Suroeste de la Cuenca en las partes altas de las subcuencas de Cirí Grande y Trinidad, sus partes altas presentan alta susceptibilidad. Los corregimientos que son interceptados son Cacao, Cirí Grande y porción Sur del río La Trinidad.

Tabla 3. Clases de Pendientes, Condiciones del Terreno y Valoración del Parámetro Sp.				
Clase de Pendiente		Condiciones del Terreno	Cualificación	Valor del Parámetro Sp
Grados				
	0 - 4	Planicie a pendiente muy baja	Muy baja	0
	4 - 8	Pendiente muy baja a pendiente baja	Baja	1
	8 - 12	Pendiente baja a pendiente moderada	Moderada	2
	12 - 17	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales	Media	3
	17 - 25	Pendiente fuerte, deslizamiento intenso	Alta	4
	25 - 59	Pendiente muy fuerte, afloramiento rocosa	Muy Alta	5

Fuente: CATHALAC, 2011.

Los Parques Nacionales de Chagres, Soberanía, Camino de Cruces y Norte del Parque Nacional Altos de Campana, cubren terrenos con valores altos de parámetros de susceptibilidades a deslizamiento por pendiente. Mientras que el Monumento Barro Colorado se localiza en terrenos con un nivel de susceptibilidad baja. **Mapa 1.16.**

Los Parques Nacionales de Chagres, Soberanía, Camino de Cruces y Norte del Parque Nacional Altos de Campana, cubren terrenos con valores altos de parámetros de susceptibilidades a deslizamiento por pendiente. Mientras que el Monumento Barro Colorado cubre terrenos con un nivel de susceptibilidad baja.



Mapa 1.16. Susceptibilidad a Deslizamiento por valoración de características de la pendiente (SP) en la Cuenca. Fuente: CATHALAC. 2011.

La región central de la Cuenca, presenta *valores bajos de parámetros de susceptibilidad* de pendientes en la sub cuenca de Lago Gatún, interceptada por los corregimientos de Iturralde, Mendoza, Amador, Santa Rosa y hacia el Este por los corregimientos de Buena Vista, San Juan y Santa Rosa. **Mapa 1.16.**

Sobre la base de los cálculos de este parámetro que se muestran en el **Mapa 1.16**, se determina que las Subcuencas Orientales de Chagres, Pequení y Boquerón, presentan mayor susceptibilidad a los deslizamientos. Estas características, también las presentan los extremos Suroeste de las subcuencas de los ríos Trinidad y Ciri Grande. La parte Central de la Cuenca, muestra susceptibilidades baja y moderada de deslizamiento.

1.5.3.5 Cálculo del Valor de parámetro humedad del terreno (Sh)

Este parámetro se calculó de la siguiente manera:

- Se procesaron los promedios mensuales de precipitación referidos al periodo definido de 40 años (1971-2010). A estos promedios de precipitación, se le asignaron valores según la referencia de los rangos de precipitación establecidos por la metodología Mora – Vahrson. En la **Tabla 4**, se describen los rangos de precipitación utilizados y el valor asignado.

Tabla 4. Rangos de precipitación utilizados para el cálculo del parámetro de humedad del terreno (Sh).

Promedio de precipitación mensual (mm)	Valor Asignado
<125	0
125 - 250	1
>250	2

Fuente: CATHALAC. 2011.

- En la **Tabla 5**, se presentan los valores finales obtenidos para el parámetro de pendiente (Sh), con base a la suma de valores asignados a cada mes, así como el nivel de cualificación asignado.

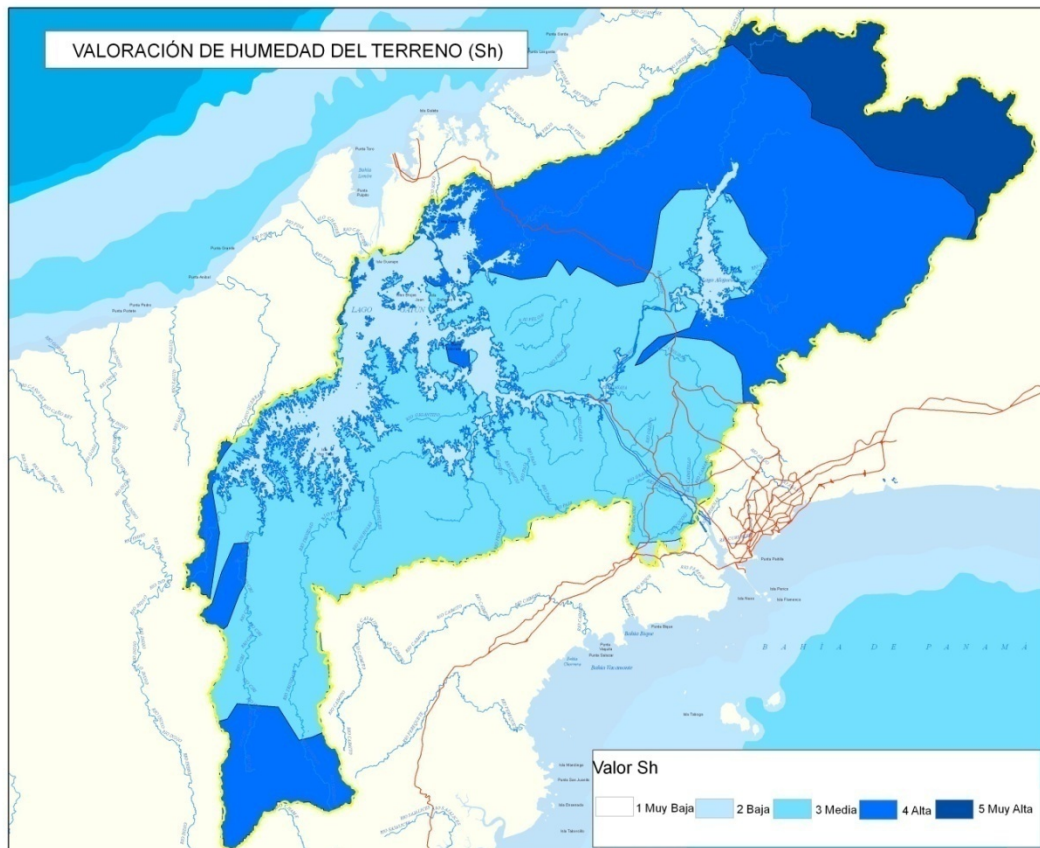
Tabla 5. Valoración de las características del parámetro de pendiente (Sh).

Suma de valores asignados a cada mes	Descripción	Valoración del Parámetro Sh
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy Alto	5

Fuente: CATHALAC. 2011.

1.5.3.6 Resultado del Cálculo del Valor de parámetro humedad del terreno (Sh)

En el **Mapa 1.17** se ilustra la distribución espacial del parámetro humedad del terreno (Sh) en la Cuenca. El área territorial de las subcuencas de los embalses de Gatún y Alhajuela, presentan un nivel de humedad del territorio Medio. Mientras que la subcuenca del Río Gatún y los territorios del Sur de las subcuencas de Chagres, Boquerón y Pequení y las partes altas de Trinidad y Cirí Grande tienen un nivel de humedad Alto. Es decir, las áreas más orientales de la cuenca (partes altas de Pequení, Boquerón y Chagres) presentan niveles de humedad Muy Alto.



Mapa1.17. Valoración del parámetro de la humedad del terreno (Sh) en la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.

En lo referente a áreas protegidas, el Parque Nacional Chagres corresponde a un nivel Alto y Muy Alto de humedad del terreno, mientras que los Parques Soberanía y Camino de Cruces cubren territorios con un nivel de humedad Bajo. El Paisaje Monumento Natural Barro Colorado, tiene una pequeña porción de territorio Muy Alto en humedad. A nivel de población, donde existe mayor densidad (vía Panamá – Colón), la humedad

del terreno es Alto. Donde existe mayor susceptibilidad de deslizamiento por Pendiente, la humedad del terreno es Alta y Muy Alta.

1.5.3.7 Cálculo del Valor de parámetro Susceptibilidad Litológica(SI)

Para calcular este parámetro, se realizó una valoración de 1 a 5, tomando en consideración el tiempo de formación de los grupos geológicos comprendidos dentro de la Cuenca del Canal de Panamá, según el Atlas Geológico de Panamá de la Dirección General de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industria. Las referencias se explican en la **Tabla 6**.

1.5.3.8 Resultado del Cálculo del Valor de parámetro Susceptibilidad Litológica(SI)

En el **Mapa 1.18** se presenta la distribución del parámetro de Susceptibilidad Litológica, el cual indica que existe una mayor susceptibilidad hacia el Norte de las Cuencas de Trinidad y Cirí Grande. Mientras que la mayor parte de la Cuenca presenta susceptibilidades media, hacia el Oriente de la cuenca, donde se encuentran las subcuencas de Pequení, Boquerón, Chagres y Río Gatún, los niveles de susceptibilidad son bajos.

Las áreas con mayor susceptibilidad litológica, están localizadas en una pequeña porción de territorio de la subcuenca de Cirí Grande, donde se encuentra el poblado de Cirí Grande (hacia el Sur) y hacia el Norte de la Sub cuenca, donde se localizan los poblados de La Hamaca y Los Chorros en Cirí Grande.

1.5.3.9 Factores Externos y susceptibilidad a deslizamiento por factores internos (humedad del terreno, pendiente y susceptibilidad litológica).

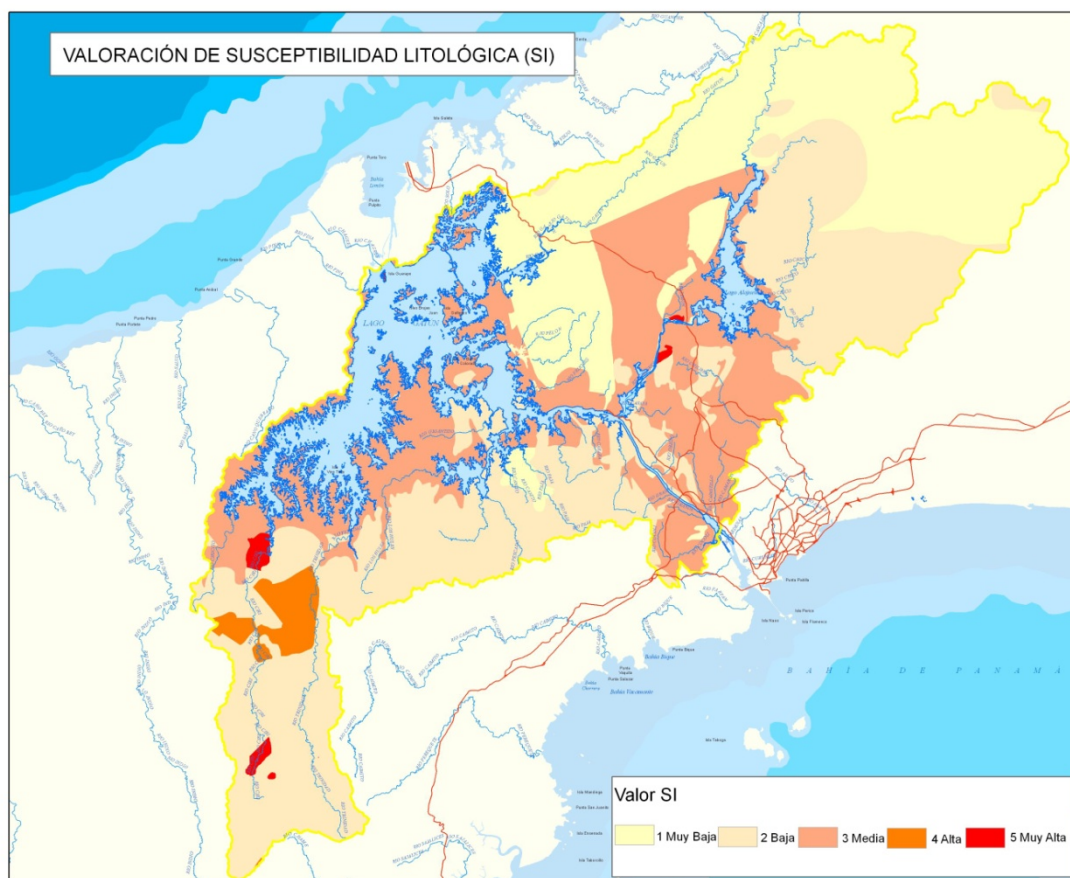
Los factores externos como se mencionó al inicio, son: Sismicidad (Ds) y disparo por lluvia (DI). Para el factor de sismicidad (Ds) se estuvo revisando los registros de sismicidad disponibles públicamente por el Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá. En ese aspecto, los registros más cercanos a la Cuenca del Canal, corresponden a la Costa Abajo de Colón y al área del Distrito de Chepo. Estos registros públicos, se encuentran desde el año 2004.

Para el cálculo de valor de parámetro por disparo de lluvia (DI), se revisaron las lluvias máximas, sin embargo no se encontraron datos disponibles sobre períodos de retorno de 100 años.

Tabla 6. Cálculo del valor del parámetro de Susceptibilidad Litológica. Fuente: CATHALAC, 2011.

SIMBOLO	GRUPO	FORMACION	ORIGEN	LEYENDA	SI
K-CHAO	Changuinola	Ocú	Sedimentarias	Calizas y tobas.	1
K-COcg	Colón	Cuango	Plutónicas	Dioritas, gabros, monzonitas y ultra básicos.	2
K-COma	Colón	Mamoní	Plutónicas	Cuarzo dioritas, granodioritas, dioritas y sienitas (Chagres).	2
K-VE	Playa Venado	Playa Venado	Volcánicas	Basaltos, pillow lavas.	1
PI/PS-Cv		Cerro Viejo	Volcánicas	Basaltos/andesita, amigdaloides vidriosos. Basaltos Post-ignimbriticos.	4
QPS-P		C. Picacho	Volcánicas	Basaltos/andesita, conglomerados, aluviones, coluviones, lodolitas.	4
QR-Aha	Aguadulce	Río Hato	Sedimentarias	Conglomerado, areniscas, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas, pómez.	5
QR-Ala	Aguadulce	Las Lajas	Sedimentarias	Aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, mangle, conglomerados., lutitas carb., dep. tipo delta.	5
TE-G		Gatuncillo	Sedimentarias	Esquistos arcillosos, lutitas, arenisca de cuarzo, caliza algácea y foraminífera.	3
TM-C		Cucaracha	Volcánicas	Andesitas, tobas, arcillas bentónicas, areniscas toberas.	3
TM-CAS	Panamá	Las Cascadas	Volcánicas	Aglomerados, tobas de grano fino y andesitas.	2
TM-CAS	Panamá	Las Cascadas	Volcánicas	Aglomerados, tobas de grano fino y andesitas.	2
TM-CATu	Cañazas	Tucutí	Volcánicas	Andesitas/basaltos, lavas, brechas, tobas y plugs.	2
TM-GA	Gatún	Gatún	Sedimentarias	Areniscas, lutitas, tobas, conglomerados, arcillita arenosa.	3
TM-LB	La Boca	La Boca	Sedimentarias	Esquistos arcillosos, lutitas, arenisca, toba y caliza.	3
TM-LBa	La Boca	Alajuela	Sedimentarias	Arenisca tobácea, arenisca calcárea y lutita calcárea.	3
TM-Yen	La Yeguada	C. El Encanto	Volcánicas	Dacitas, riocitas, ignimbritas, sub-intrusivos, tobas y lavas.	2
TO-CAI	Caimito	Caimito	Sedimentarias	Arenisca tobácea, lutita tobácea, toba, caliza foraminífera	3
TO-CAIca	Caimito	Caraba	Sedimentarias	Aglomerado dacítico, conglomerado, arenisca calcárea y caliza fosilífera.	3
TO-MA	Majé	Complejo Majé	Volcánicas	Andesitas/basaltos, piroclásticos y aglomerados.	2
TO-PA	Panamá	Panamá (Fase Marina)	Sedimentarias	Arenisca tobácea, lutita, tobácea, caliza algácea y foraminífera.	3
TO-PAb	Panamá	Bohío	Sedimentarias	Conglomerados, areniscas y tobas, diques basálticos.	3
TO-PAbo	Panamá	Bas Obispo	Volcánicas	Basaltos/Andesitas, piroclásticos y bloques.	2

Finalmente, tomando en consideración los parámetros SI, Sh y Sp se calculó el Grado de Susceptibilidad a deslizamiento por factores internos. El mismo, se realizó de la manera siguiente: (Ver **Tabla 1.7.**)



Mapa 1.18. Valoración del parámetro de susceptibilidad litológica (SI) en la Cuenca.
Fuente: CATHALAC, 2011.

- Se agruparon los valores de los parámetros Sp, Sh y SI para obtener valores de clasificaciones de baja, media y alta.

Tabla 1.7. Grado de susceptibilidad a deslizamiento de los parámetros Sp, Sh y SI.

Valor Sp			Valor Sh			Valor SI		
0 - 1	Baja	1	1 - 2	Baja	1	1 - 2	Baja	1
2 - 3	Media	2	3	Media	2	3	Media	2
4 - 5	Alta	3	4 - 5	Alta	3	4 - 5	Alta	3

Fuente: CATHALAC, 2011.

- Posteriormente se integraron los nuevos valores de cada parámetro y se unificaron a través de la multiplicación de cada valor por parámetro, obteniendo la clasificación final.

1 – 4 = baja;

6 y 8 = media y

9; 12; 18; 27 = alta.

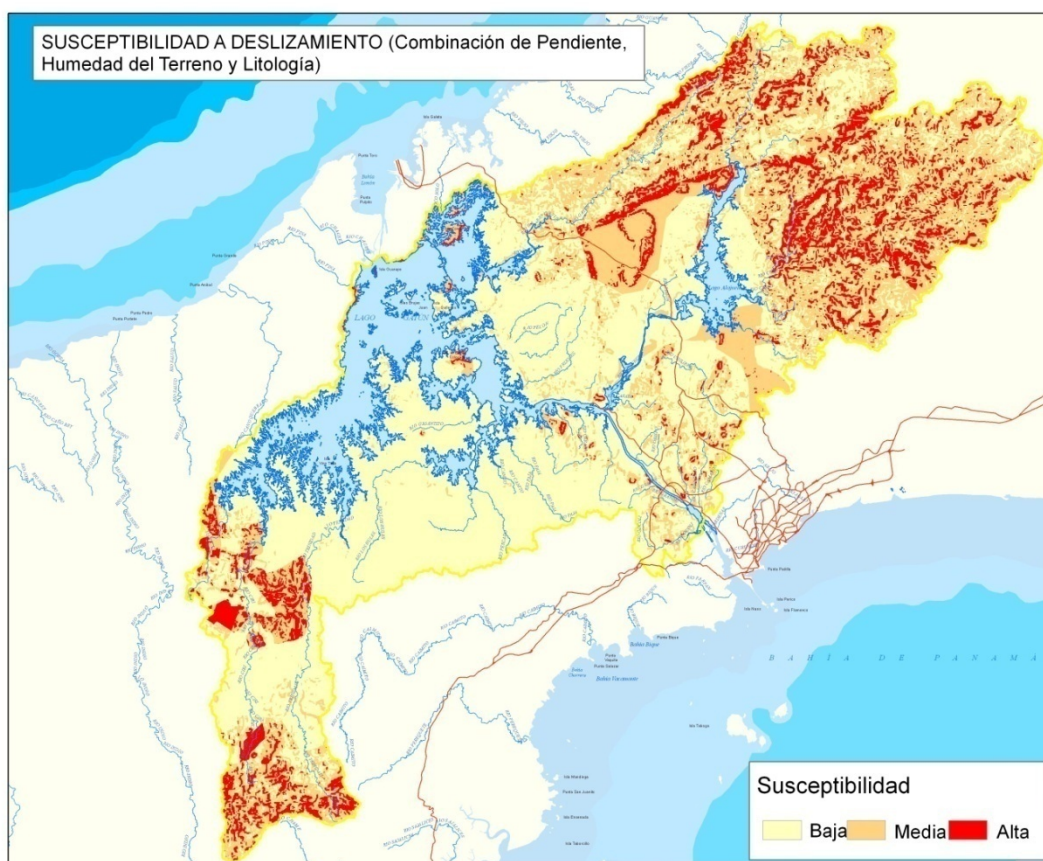
1.5.3.10 Resultados del cálculo de la susceptibilidad a deslizamiento por factores internos de pendiente, humedad del terreno y susceptibilidad litológica

En el **Mapa 1.19**, se ilustran los resultados sobre la distribución espacial de la Susceptibilidad a Deslizamientos tomando en consideración los factores internos de pendiente, humedad del terreno y susceptibilidad litológica de la Cuenca.

El área central de la Cuenca, sobre todo en los espacios territoriales localizados hacia el Sur del Lago Gatún, presenta baja susceptibilidad a deslizamientos. En estos espacios territoriales se encuentran las siguientes subcuencas: Paja, Cañito, Pescado, Los Hules, Qda La Leona y Qda Grande. Adicionalmente se encuentran las subcuencas de los ríos Mandinga y Baila Monos que a pesar de predominar el nivel de deslizamiento bajo, en una pequeña porción de sus tramos medio y bajo poseen un nivel de susceptibilidad medio y alto.

El extremo Oeste de la Cuenca presenta la particularidad de alta susceptibilidad de deslizamiento en los tramos altos y bajos de las subcuencas de los ríos Trinidad y Cirí Grande. Mientras que la parte media de dichas subcuencas presentan un nivel de susceptibilidad baja. En el caso de la subcuenca de Ciricito, su territorio occidental presenta una susceptibilidad de media a alta y su territorio central y oriental presenta susceptibilidades bajas. Del conjunto de subcuencas localizadas en la parte Central de la Cuenca del Canal de Panamá, la de Casaya y la del Lago de Miraflores son casi las únicas que presentan susceptibilidad media de deslizamiento.

El sector Este de la Cuenca del Canal de Panamá, se caracteriza por presentar el mayor nivel de susceptibilidad a deslizamientos, sobresaliendo una gran parte de este territorio con un nivel alto de susceptibilidad.



Mapa 1.19. Susceptibilidad a deslizamientos tomando en consideración los factores internos de pendientes, humedad del terreno y susceptibilidad litológica de Cuenca. Fuente: CATHALAC. 2011.

Entre las áreas que presentan mayor susceptibilidad a deslizamiento se encuentran el Norte de la subcuenca del Río Gatún, Sur de Río Salamanca, Oeste de Río Boquerón, Noroeste y Sureste de Río Pequení, la mayor parte del territorio de la subcuenca del Río Chico, la parte Central de la subcuenca del Río Chagres, Oeste de Río Piedras y la parte Central del Río Piedras. La concentración de características de susceptibilidades medias, se presenta hacia el Oeste de la Cuenca del Río Gatuncillo y Este de la subcuenca del Río Aguas Sucias.

En el **Anexo II**, se han incluido los mapas de los **parámetros de susceptibilidad de carácter físico - ambiental** citados en esta sección del informe a una escala mayor para facilitar su interpretación u otros fines.

2. Condiciones y/o procesos económicos, sociales y ambientales que aumentan la susceptibilidad de los sistemas naturales y sociales frente a las amenazas naturales causadas por eventos

2.1. Variables económicas, sociales y ambientales que aumentan la susceptibilidad de los sistemas naturales y humanos de la CHCP a las amenazas de la variabilidad climática

En este estudio se ha empleado un enfoque de análisis combinado basado en amenazas y en la vulnerabilidad, además, la vulnerabilidad será abordada considerando ambos aspectos, tanto la vulnerabilidad socioeconómica, como la vulnerabilidad biofísica, lo cual facilita enfatizar en los aspectos biofísicos del riesgo relacionados con el clima, así como, en los aspectos socioeconómicos del riesgo relacionados con el clima.

Al desarrollar una línea de base de vulnerabilidad, el punto inicial es una visión general de los elementos socioeconómicos que hacen que el área sea importante. Es probable que estos elementos incluyan la importancia del área para: sostener a su población; producir alimentos y otros bienes para el consumo; los recursos naturales tales como bosques, pesquerías y turismo; y facilitar (o inhibir) el comercio y los mercados.

La caracterización de grupos, regiones o sectores al riesgo climático se describe típicamente mediante indicadores. Los indicadores pueden reflejar distintas características socioeconómicas de los grupos meta de la evaluación, incluyendo características demográficas, composición de la actividad económica, infraestructura y otros. Los indicadores pueden describir reservas, como por ejemplo, reservas de capital humano, natural y de manufactura; o flujos, como por ejemplo, flujos de bienes y servicios económicos, ingresos y comercio.

Los indicadores identificados para cada atributo de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación) se integraron para conformar un índice de vulnerabilidad (Stockholm Environment Institute, 2004). La vulnerabilidad actual integra la información de los diagnósticos socioeconómicos y biofísicos del área de estudio. Los indicadores se trabajaron a nivel de subcuenca, que es la unidad territorial de interés para la Cuenca.

En la **Figura 2.1**, se presenta el enfoque metodológico utilizado para la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica, así como de los atributos que caracterizan la vulnerabilidad, tales como exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Los conceptos utilizados en dicho enfoque son los siguientes:

Vulnerabilidad: la vulnerabilidad se refiere a la inseguridad del bienestar de individuos, casas o comunidades frente a un peligro. La vulnerabilidad es siempre específica a la amenaza, el sitio, y la escala y es dinámica.

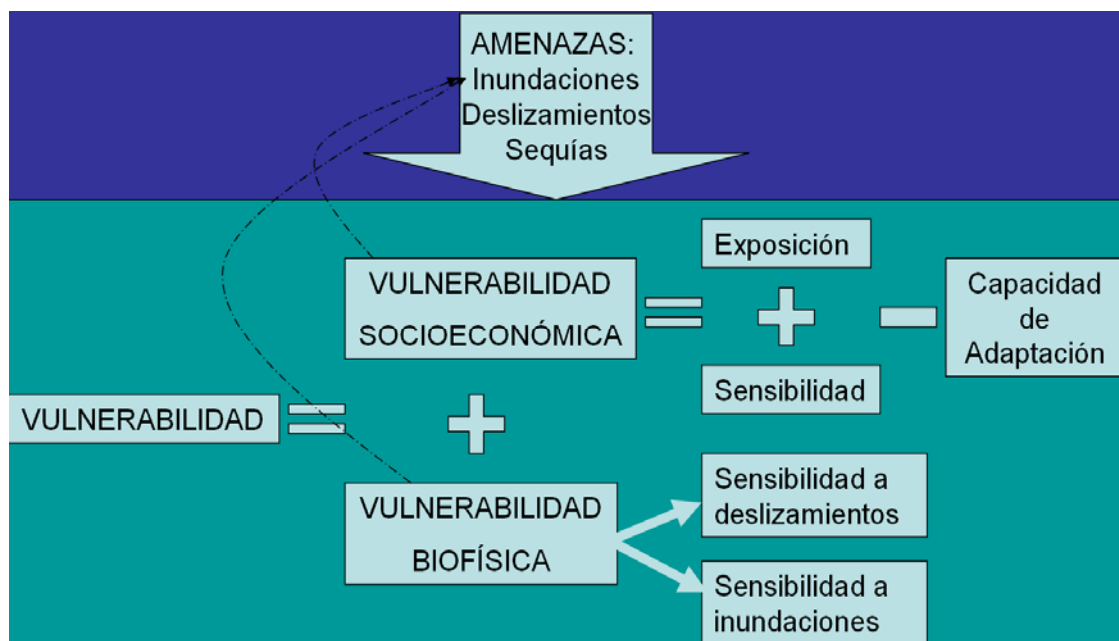


Figura 2.1. Enfoque metodológico para evaluar la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica de la Cuenca. Fuente: CATHALAC, 2011.

La vulnerabilidad se compone de tres elementos fundamentales: la exposición, la sensibilidad y la capacidad de adaptación. A continuación se describen estos elementos y los indicadores usados para caracterizarlos.

Exposición: Elementos en riesgo: Gente, propiedades, sistemas, o funciones en riesgo de pérdidas expuestas a una amenaza. (Consejo de la mitigación de Multihazard, 2002)

Indicadores de exposición

Indicadores de exposición seleccionados para la Cuenca:

- Cantidad de Población
- Número de viviendas
- Población ocupada en actividades agropecuarias
- Medios de vida afectados por el clima
- Presencia de infraestructura mayor (aeropuertos, embalses, puentes, puertos)

En función de las características particulares de la Cuenca, se consideró que son cuatro los elementos fundamentales de vigilar y proteger dentro de las subcuencas en caso de presentarse una amenaza climática: la población, las viviendas, los medios de vida,

enfatisando en lo agropecuario y la infraestructura como aeropuertos, embalses, puentes, puertos.

Sensibilidad: La sensibilidad es la característica intrínseca y dinámica de un elemento en riesgo (comunidad, región, estado, infraestructura, ambiente) que determina el daño (esperado /el daño resultante) de un evento peligroso dado y es a menudo también afectado por el mismo evento dañino. La sensibilidad cambia continuamente en un cierto plazo, debido a factores físicos, sociales, económicos y ambientales; ella explica cómo un elemento puede ser impactado por un evento relacionando la magnitud de un evento con el daño de un elemento en riesgo (**Figura 2.2**).



Figura 2.2. Relación entre sensibilidad y la magnitud de una amenaza. Fuente: CATHALAC-UNU/INWEH, 2007.

Indicadores de sensibilidad en la Cuenca:

Los indicadores de Sensibilidad a estímulos climáticos fueron básicamente *factores de sensibilidad de la población*:

- Porcentaje de mujeres y niños
- Porcentaje de casa con piso de tierra
- Porcentaje de casa sin agua potable
- Porcentaje de casas sin servicio sanitario
- Contaminación del agua como amenaza no climática.

Como lo señalan algunos informes(American Academy of Pediatrics, 2007 en Samaniego 2009), los niños y las mujeres son más vulnerables a los efectos del cambio climático, dado que tienen un acceso limitado a los recursos y menos capacidades y oportunidades de participar en los procesos de toma de decisiones y de formulación de políticas. Por otro lado, la situación de pobreza de la población, reflejada en su acceso a los servicios básicos acentúa el grado de afectación que puede llegar a tener un evento climático fuerte.

Se contó el número de casas con piso de tierra para indicar el grado de sensibilidad de la infraestructura de la casa; finalmente se contabilizó el nivel de contaminación de las aguas superficiales ya que pueden contribuir a determinar el grado de afectación de la población local por una amenaza climática. La fuente de información para todos los indicadores mencionados fue el Censo del 2000 de la Contraloría de la República, así como el Informe del Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CICH, 2007).

Capacidad de adaptación: Es la propiedad de un sistema de ajustar sus características o su comportamiento para poder expandir su rango de tolerancia bajo la variabilidad climática existente o condiciones climáticas futuras.

La capacidad de respuesta son los medios por los cuales la gente o las organizaciones utilizan recursos y capacidades disponibles de enfrentar las consecuencias adversas que podrían conducir a un desastre. Esto implica generalmente el manejo de recursos, tanto en épocas normales, como durante crisis o condiciones adversas. El fortalecimiento de la capacidad de respuesta generalmente construye resiliencia para soportar los efectos de las amenazas naturales o los inducidos por los humanos. (UN/ISDR, 2004). Ver **Figura 2.3**.



Figura 2.3. El fortalecimiento de la capacidad de respuesta construye resiliencia. Fuente: CATHALAC-UNU/INWEH, 2007.

La capacidad de respuesta es una función de:

- Percepción - del riesgo y rutas potenciales de acción, la capacidad de respuesta depende de la información
- Las posibilidades - pueden incluir un rango de opciones que van desde la evitación del riesgo a los seguros, la prevención, la mitigación, y hacerle frente

- Acción privada - el grado al cual es posible echar mano de capital especial
- Acción pública (PICC, 2001)

La resiliencia implica calidades de la gente, comunidades, las agencias, infraestructura que reducen vulnerabilidad. No es solo la ausencia de vulnerabilidad, sino de capacidad a prevenir y atenuar las pérdidas y mantener condiciones de vida normales.

Variables de capacidad de adaptación en la CHCP:

- Porcentaje de la población no analfabeta
- Porcentaje de casas con electricidad
- Porcentaje de casa con televisión
- Porcentaje de casas con radio
- Porcentaje de casas con teléfono
- Presencia de instituciones de salud
- Existencia de Planes de emergencia
- Promedio de la mediana del ingreso mensual por hogar.

En *la capacidad de adaptación*, es fundamental el grado de escolaridad de la población y el acceso a la tecnología, que pueden hacer la diferencia en la toma de decisiones dentro de una emergencia climática. Otros factores importantes son los planes de emergencia y la existencia de instituciones de salud que pueden hacer frente a una emergencia. El ingreso puede ser un factor que ayude a la familia a afrontar una emergencia.

2.2 Línea base de la vulnerabilidad socioeconómica de la Cuenca que aumentan la susceptibilidad a las amenazas adversas de la variabilidad climática

A continuación se presentan los resultados sobre Exposición, Sensibilidad, Capacidad de Adaptación y el resultado del Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica de las 50 subcuencas analizadas. En el **Cuadro 2.1**, se presentan los datos de los indicadores de Exposición en la Cuenca.

2.2.1 Exposición

Estos valores se estandarizaron a escalas de 1 a 5 y se llevaron a un porcentaje de desempeño, como se explica en el Anexo III. Así se obtuvieron las subcuencas con mayor exposición, es decir, aquellas con resultados mayores al 50% ya sea debido a su población, viviendas, población dedicada a actividades agropecuarias o por infraestructura. La lista de subcuencas en orden de importancia y los factores de mayor exposición aparecen en el **Cuadro 2.2**.

Cuadro 2.1. Línea Base de los indicadores de Exposición en la Cuenca.

Subcuenca	Total de población	Total viviendas	Relación: afectación alta/total medios de vida	Infraestructura	Porcentaje de población ocupada en actividades agropecuarias
Lago Alajuela	4,427	1,040	66.7	Alta	18
Lago Gatún	12,074	2,774	47.4	Media	18
Lago Miraflores	543	175	25.0	Alta	0
Quebrada Aguas Claras				Baja	
Quebrada Ancha				Baja	
Quebrada Bonita	452	107	100.0	Baja	21
Quebrada del Medio	8	3	100.0	Baja	100
Quebrada Grande	547	134	100.0	Baja	60
Quebrada Honda	179	51	66.7	Baja	20
Quebrada La Leona				Baja	
Quebrada La Tranquila	150	33	10.0	Baja	40
Río Agua Salud	11	6		Baja	100
Río Agua Sucia	10,127	2,373	100.0	Media	5
Río Aguas Claras	326	76		Media	13
Río Baila Mono	1,744	388	66.7	Baja	22
Río Benítez				Baja	
Río Boquerón	281	74	100.0	Baja	53
Río Cañito	58	18	10.0	Baja	82
Río Caño Quebrado	1,377	361	83.3	Baja	62
Río Caraña				Baja	
Río Casaya				Baja	
Río Chagres	145	39	66.7	Media	19
Río Chico				Baja	
Río Chilibre	30,630	7,460	50.0	Media	3
Río Chilibrillo	38,221	9,285	16.7	Media	1
Río Cirí Grande	4,567	891	87.5	Baja	87
Río Ciricito	829	176	66.7	Baja	83
Río Culo Seco				Baja	
Río Frijoles	41	13	10.0	Baja	50
Río Frijolita				Baja	
Río Gatún	1,837	404	100.0	Media	17
Río Gatuncillo	7,665	1,831	75.0	Media	9
Río Gigantito	37	13	50.0	Baja	73

Río La Puente	120	29	10.0	Baja	32
Río Las Cascadas	1,438	417	100.0	Baja	41
Río Limón	5,409	1,246	66.7	Media	5
Río Los Hules	1,756	374	60.0	Baja	43
Río Mandinga			10.0	Baja	
Río Moja Pollo			30.0	Media	
Río Obispo	1,087	283	0.0	Media	1
Río Paja	2,303	571	80.0	Baja	16
Río Palenque	556	150		Media	28
Río Palenque I	837	188	30.0	Baja	13
Río Pelón				Baja	
Río Pequení	398	79	30.0	Baja	71
Río Pescado	1,342	330	30.0	Baja	32
Río Piedras	256	80	30.0	Baja	66
Río Salamanca				Baja	
Río Tinajones	784	171	100.0	Baja	50
Río Trinidad	4,612	977	83.3	Baja	70

Fuente: CATHALAC, 2011.

Cuadro 2.2. Subcuencas con mayor nivel de exposición a la variabilidad climática.

Subcuencas	Factores que propician la exposición en las subcuencas
1. Lago Gatún	Población (12,074 personas), número de viviendas (1,040), alta dependencia de actividades ligadas al clima, presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
2. Río Chilibre	Población (30,630), número de viviendas (7,460), presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
3. Río Chilibrillo	Población (38,221), número de viviendas (9,285), presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
4. Río Agua Sucia	Población (10,127), número de viviendas (2,373), alta dependencia de actividades ligadas al clima, presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
5. Lago Alajuela	Población (4,427), número de viviendas (1,040), alta dependencia de actividades ligadas al clima, presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
6. Río Cirí Grande	Población (4,567), número de viviendas (891), alta dependencia de actividades ligadas al clima.
7. Río Gatuncillo	Población (7,665), número de viviendas (1,831), alta dependencia de actividades ligadas al clima, presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
8. Río Limón	Población (5,409), número de viviendas (1,246), alta dependencia de actividades ligadas al clima, presencia de

	infraestructura importante dentro de la subcuenca.
9. Río Trinidad	Población (4,612), número de viviendas (977), alta dependencia de actividades ligadas al clima.
10. Río Ciricito	Población (829), número de viviendas (176), alta dependencia de actividades ligadas al clima.
11. Lago Miraflores	Presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
12. Río Piedras	Presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
13. Río Pequení	Presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.
14. Río Caño Quebrado	Población (1,377), alta dependencia de actividades ligadas al clima.
15. Río Los Hules	Población (1,756), alta dependencia de actividades ligadas al clima.
16. Río Gatún	Población (1,837), alta dependencia de actividades ligadas al clima, presencia de infraestructura importante dentro de la subcuenca.

Fuente: CATHALAC, 2011.

2.2.2 Sensibilidad

La sensibilidad se refiere al grado en que los elementos expuestos pueden ser afectados por un evento climático, por esta razón, aunque las subcuencas con mayores grados de sensibilidad tienen poblaciones muy bajas (excepto la subcuenca del Río Trinidad), sus poblaciones son muy sensibles.

En el **Cuadro 2.3**, se muestran los resultados en porcentaje de los indicadores de sensibilidad de la Cuenca, de acuerdo a los datos del Censo 2000 de la Contraloría de la República. La información sobre contaminación del agua se tomó del Informe del Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CICH, 2007).

Como se puede ver en dicho Cuadro, las poblaciones más vulnerables dentro de la Cuenca del Canal viven en las subcuencas del Río Agua Salud, Río Cañito, Río Trinidad, Río Frijoles, Río Chagres, Río Aguas Claras y Río Piedras.

2.2.3 Capacidad de Adaptación

El otro factor que se consideró en la evaluación de la *vulnerabilidad socioeconómica* frente a la variabilidad climática, es la capacidad que tiene la población de ajustar sus características o su comportamiento para poder expandir su rango de tolerancia bajo la variabilidad climática.

Cuadro 2.3. Línea base de los indicadores de Sensibilidad en la Cuenca.

Subcuenca	% de mujeres y niños	% de casas con piso de tierra	% de casas sin agua potable	%casas sin servicio sanitario	Contaminación del agua
Lago Alajuela	78	19	9	3	10
Lago Gatún	81	20	18	3	10
Lago Miraflores	75	0	0	0	40
Quebrada Aguas Claras					10
Quebrada Ancha					10
Quebrada Bonita	85	14	2	7	10
Quebrada del Medio	30	67	100	0	10
Quebrada Grande	76	43	23	4	10
Quebrada Honda	80	12	0	22	10
Quebrada La Leona					10
Quebrada La Tranquila	64	27	45	3	10
Río Agua Salud	51	100	100	0	10
Río Agua Sucia	82	9	14	3	40
Río Aguas Claras	85	16	79	0	40
Río Baila Mono	79	17	16	4	40
Río Benítez					10
Río Boquerón	61	28	22	1	10
Río Cañito	67	72	94	0	10
Río Caño Quebrado	76	42	40	4	40
Río Caraña					10
Río Casaya					10
Río Chagres	85	31	56	8	40
Río Chico					10
Río Chilibre	80	6	3	3	50
Río Chilibrillo	79	3	1	2	50
Río Cirí Grande	86	58	25	7	10
Río Ciricito	84	45	16	3	10
Río Culo Seco					10
Río Frijoles	67	62	62	23	10
Río Frijolita					10
Río Gatún	80	21	23	4	40
Río Gatuncillo	78	8	4	3	40
Río Gigantito	80	46	15	0	10
Río La Puente	80	14	24	0	10
Río Las Cascadas	62	6	18	2	10
Río Limón	74	8	2	4	40
Río Los Hules	84	41	17	3	40
Río Mandinga					10
Río Moja Pollo					10

Río Obispo	76	0	0	0	40
Río Paja	81	11	13	3	10
Río Palenque	82	14	7	9	40
Río Palenque I	85	5	15	1	40
Río Pelón					10
Río Pequení	74	38	24	13	10
Río Pescado	76	26	25	2	10
Río Piedras	59	45	70	34	10
Río Salamanca					40
Río Tinajones	86	43	16	2	40
Río Trinidad	84	58	6	85	10

Fuente: CATHALAC, 2011.

En el **Cuadro 2.4**, se muestran los resultados de los indicadores de Capacidad de Adaptación para todas las subcuencas. Encontrándose que entre las poblaciones con mayor capacidad de adaptación están las subcuencas del Lago Miraflores, Río Chilibrillo, Río Obispo, Río Chilibre, Río Palenque I, Río Agua Sucia, Río Aguas Claras, Río Limón, Lago Gatún, Río Baila Monos, Lago Alajuela, Río Gatún, Quebrada Bonita, Río Paja, Río Las Cascadas, Río Los Hules, Río Gatuncillo y Río Caño Quebrado.

Estos resultados se deben principalmente a que en estas subcuencas el porcentaje de alfabetas, de casas con electricidad, con sistemas de comunicación (ya sea televisión, radio o teléfono) y el promedio de la mediana del ingreso mensual del hogar son relativamente altos, además, de la existencia de instituciones de salud y planes de emergencia; condiciones que refuerzan a la capacidad de adaptación dichas subcuencas.

Cuadro 2.4. Línea base de los indicadores de Capacidad de Adaptación en la Cuenca.

Subcuenca	No analfabetas en (%)	Casas con electricidad en (%)	Casas con TV en (%)	Casas con radio en (%)	Casas con teléfono en (%)	Instituciones de salud	Planes de emergencia	Promedio de la mediana del ingreso mensual del hogar
Lago Alajuela	94	76	89	96	87	100		2222
Lago Gatún	96	75	78	96	88	100		2624
Lago Miraflores	100	100	100	100	47	100		1699
Quebrada Aguas Claras								
Quebrada Ancha								
Quebrada Bonita	96	84	98	92	88	100		1194

Quebrada del Medio	50	-122	-234	100	67			1590
Quebrada Grande	90	43	70	95	87			1463
Quebrada Honda	94	85	100	73	88			863
Quebrada La Leona								
Quebrada La Tranquila	93	58	29	95	84			904
Río Agua Salud	36	-95	-95	100	81			1729
Río Agua Sucia	96	89	83	96	51	100		2345
Río Aguas Claras	96	82	8	100	53	100		1624
Río Baila Mono	95	78	79	95	49	100		1462
Río Benítez								
Río Boquerón	88	54	65	98	84			1378
Río Cañito	91	-7	-40	100	85			1685
Río Caño Quebrado	90	45	48	95	47	100		1774
Río Caraña								
Río Casaya								
Río Chagres	83	64	34	91	53		100	1218
Río Chico								
Río Chilibre	98	93	97	96	38	100	100	2496
Río Chilibrillo	98	96	99	97	37	100	100	2468
Río Cirí Grande	91	33	70	92	88	100		2306
Río Ciricito	91	47	81	97	88	100		1833
Río Culo Seco								
Río Frijoles	85	9	9	66	85			1225
Río Frijolita								
Río Gatún	92	74	71	95	50	100		1678
Río Gatuncillo	96	90	95	96	49	0		2105
Río Gigantito	86	43	81	100	88	0		1270
Río La Puente	98	83	70	100	88	0		870
Río Las Cascadas	97	90	71	97	84			1316
Río Limón	96	89	97	94	46	100		2090
Río Los Hules	93	52	80	97	52	100		1725
Río Mandinga						0		
Río Moja Pollo								
Río Obispo	99	100	100	100	47	100		1360
Río Paja	96	86	84	97	88	0		1366
Río Palenque	96	83	91	89	51			1634
Río Palenque I	95	94	82	99	53	100		1079
Río Pelón						0		
Río Pequení	90	49	67	83	86	0		1652

Río Pescado	94	66	66	97	87	0		1243
Río Piedras	84	24	-18	43	83			1822
Río Salamanca						100		
Río Tinajones	95	50	82	98	54			1539
Río Trinidad	100	31	93	-1	88	100		

Fuente: CATHALAC, 2011.

2.2.1 Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica de la Cuenca

Se usan índices de integrados para resumir el estado de cierto sistema complejo, por ejemplo la sostenibilidad de una unidad de manejo ambiental o la pobreza o el desarrollo humano. Siempre es necesario partir de un concepto que defina y delimite el significado de lo que se está evaluando con dicho índice integrado. Los Índices integrados de indicadores también sirven para hacer comparaciones de desempeño entre los sistemas evaluados, en este caso lo que se evalúa es la vulnerabilidad socioeconómica de una subcuenca frente a la variabilidad del clima. Otra utilidad de éste tipo de índices es que el resultado se puede correlacionar con otros factores independientes y determinar relaciones causa-efecto (Morán *et al*, 2006).

En el caso de este estudio, el Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica se obtuvo sumando los resultados de exposición y sensibilidad de cada subcuenca y restándose al correspondiente valor de capacidad de adaptación para así obtener un Índice resumido de todas las variables que están describiendo a la vulnerabilidad socioeconómica de la Cuenca. En el **Cuadro 2.5**, se resume la información de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación utilizada para la estimación del Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica de la Cuenca.

Cuadro 2.5. Índice de Vulnerabilidad Socioeconómica para todas las subcuencas de la Cuenca del Canal de Panamá.

Subcuenca	Índice de exposición	Índice de sensibilidad	Índice de Capacidad de Adaptación	Exp + Sens	Índice de vulnerabilidad socioeconómica
Lago Alajuela	87	28	60	111	66
Lago Gatún	100	31	62	131	81
Lago Miraflores	67	27	87	85	74
Quebrada Aguas Claras	27	2	0	27	0
Quebrada Ancha	27	2	0	27	0
Quebrada Bonita	47	28	59	60	35
Quebrada del Medio	53	49	16	80	13

Quebrada Grande	53	37	36	73	26
Quebrada Honda	33	29	46	43	20
Quebrada La Leona	27	2	0	27	0
Quebrada La Tranquila	33	36	36	45	16
Río Agua Salud	53	62	16	86	14
Río Agua Sucia	87	35	65	117	77
Río Aguas Claras	53	52	64	81	52
Río Baila Mono	53	37	60	73	44
Río Benítez	27	2	0	27	0
Río Boquerón	53	29	29	69	20
Río Cañito	53	58	29	84	24
Río Caño Quebrado	60	48	50	89	45
Río Caraña	27	2	0	27	0
Río Casaya	27	2	0	27	0
Río Chagres	40	52	43	61	26
Río Chico	27	2	0	27	0
Río Chilibre	93	34	83	125	103
Río Chilibrillo	93	32	86	123	106
Río Cirí Grande	80	44	42	115	48
Río Ciricito	67	37	43	92	39
Río Culo Seco	27	2	0	27	0
Río Frijoles	40	53	25	61	15
Río Frijolita	27	2	0	27	0
Río Gatún	60	40	59	84	50
Río Gatuncillo	80	32	52	105	55
Río Gigantito	47	36	31	64	20
Río La Puente	33	30	49	43	21
Río Las Cascadas	53	23	53	66	35
Río Limón	80	31	64	105	67
Río Los Hules	60	44	52	86	45
Río Mandinga	27	2	0	27	0
Río Moja Pollo	40	2	0	41	0
Río Obispo	53	28	85	68	58
Río Paja	53	28	53	68	36
Río Palenque	60	36	44	82	36
Río Palenque I	40	35	66	54	36
Río Pelón	27	2	0	27	0
Río Pequení	60	38	23	83	19
Río Pescado	47	33	44	62	27
Río Piedras	60	52	34	91	31
Río Salamanca	27	10	13	29	4
Río Tinajones	53	44	40	77	31
Río Trinidad	73	58	49	116	56

Fuente: CATHALAC, 2011.

Las subcuencas más vulnerables obtenidas bajo este enfoque se muestran en el **Cuadro 2.6**:

Cuadro 2.6. Subcuencas con mayor vulnerabilidad socioeconómica en la Cuenca.

Subcuencas más vulnerables desde el punto de vista socioeconómico	Factores de vulnerabilidad relevantes
1. Río Chilibrillo	Población muy grande (38,221) y muchas viviendas (9,285), importante infraestructura (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (79%) y presencia de contaminación
2. Río Chilibre	Población muy grande (30,630) y muchas viviendas (7,460), afectación de los medios de vida, importante infraestructura (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (80%), presencia de contaminación del agua
3. Lago Gatún	Población muy grande (12,074) y alto número de viviendas (2,774), importante infraestructura (embalses, puentes y puertos), alto porcentaje de mujeres y niños (81%)
4. Río Agua Sucia	Población muy grande (10,127) y alto número de viviendas (2,373), afectación de los medios de vida, importante infraestructura (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (82%), presencia de contaminación en el agua
5. Lago Miraflores	Infraestructura importante (aeropuertos, embalses, puentes, puertos), alto porcentaje de mujeres y niños (75%), presencia de contaminación en el agua
6. Río Limón	Población grande (5,409) y alto número viviendas (1,246), afectación de los medios de vida, infraestructura importante (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (74%), presencia de contaminación en el agua.
7. Lago Alajuela	Población grande (4,427) y alto número de viviendas (1,040), afectación de los medios de vida infraestructura importante (embalses y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (78%).
8. Río Obispo	Población grande (1,087), infraestructura importante (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (76%), presencia de contaminación
9. Río Trinidad	Población grande (4,612) y regular número de viviendas (977), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de población ocupada en actividades agropecuarias (70%), alto porcentaje de mujeres y niños (84%), de casas vulnerables (58%) y de casas sin servicio sanitario (85%).
10. Río Gatuncillo	Población grande (7,665) y alto número de viviendas (1,831), afectación de los medios de vida, infraestructura importante (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (78%) y presencia de contaminación en el agua.
11. Río Aguas Claras	Infraestructura importante (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (85%), alto porcentaje de casas sin agua potable

	(79%) y presencia de contaminación.
12. Río Gatún	Población grande (1,837) y alto número de viviendas (1,831), afectación de los medios de vida, infraestructura importante (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (80%), presencia de contaminación en el agua.
13. Río Cirí Grande	Población grande (4,567), regular número de viviendas (891), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de población ocupada en actividades agropecuarias (87%), alto porcentaje de mujeres y niños (86%) y alto porcentaje de casas vulnerables (58%).
14. Río Los Hules	Población grande (1,756), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de mujeres y niños (84%) y presencia de contaminación en el agua.
15. Río Caño Quebrado	Población de regular tamaño (1,377), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de población ocupada en actividades agropecuarias (62%), alto porcentaje de mujeres y niños (76%) y presencia de contaminación en el agua.
16. Río Baila Mono	Población grande (1,744), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de mujeres y niños (79%) y presencia de contaminación en el agua.
17. Río Ciricito	Población de regular tamaño (829), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de población ocupada en actividades agropecuarias (83) y alto porcentaje de mujeres y niños (84%).
18. Río Paja	Población grande (2,303) y regular número de viviendas (571), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de mujeres y niños (81%).
19. Río Palenque	Población de regular tamaño (556), infraestructura importante (carreteras y puentes), alto porcentaje de mujeres y niños (82%) y presencia de contaminación en el agua.
20. Río Palenque I	Población de regular tamaño (837), alto porcentaje de mujeres y niños (85%) y presencia de contaminación.
21. Quebrada Bonita	Población de regular tamaño (452), afectación de los medios de vida, alto porcentaje de mujeres y niños (85%).
22. Río Las Cascadas	Población grande (1,438), afectación de los medios de vida y alto porcentaje de mujeres y niños (62%).

Fuente: CATHALAC, 2011.

2.3. Zonas críticas y grupos vulnerables dentro de la CHCP a la variabilidad climática, tomando en consideración las amenazas climáticas

Una vez caracterizadas las amenazas climáticas por sequía e inundación que afectan a la Cuenca Hidrológica del Canal de Panamá y cartografiada su distribución espacial por nivel de intensidad en mapas, se definieron y se usaron los indicadores socioeconómicos y se estimó la vulnerabilidad socioeconómica actual. La información anterior fue clave para obtener la vulnerabilidad actual por sequía e inundación para las 50 microcuencas de la CHCP. Para documentar estos procesos (amenaza, vulnerabilidad socioeconómica y biofísica actual) y para ilustrar su distribución espacial se prepararon mapas, los cuales a través de niveles de intensidad y colores indican cuales son las subcuencas y poblaciones con mayor vulnerabilidad ante la variabilidad climática y los eventos extremos.

Además de lo antes mencionado, se han considerado las diferencias principales entre los medios rurales y urbanos dentro de la Cuenca. Existen diferencias importantes entre estos medios en cuanto a niveles de exposición y sensibilidad que fueron considerados para definir los grupos más vulnerables. Como es sabido, los medios urbanos y rurales están caracterizados por, entre otras cosas, diferentes dinámicas poblacionales, patrones de asentamiento, actividades económicas, condiciones ambientales y niveles de inversión pública. Por ejemplo:

- Los medios de vida en las áreas rurales normalmente se basan en los recursos naturales, mientras que en los medios urbanos, se basan en los mercados laborales no agrícolas y en la provisión de bienes y servicios.
- Los individuos y las familias en los medios rurales tienden a depender más del auto-suministro de bienes y servicios (alimentos, agua, sanidad), mientras que en los medios urbanos, dependen más del dinero para conseguir acceso a estos bienes y servicios.
- Por lo general, el acceso a tierras para la construcción de viviendas no es un problema en los medios rurales, mientras que puede ser un problema serio en los medios urbanos, particularmente para los pobres (OCDE/CAD, 2000, *Shaping the Urban Environment in the 21st Century*, Paris).

Estas particularidades generan diferentes perfiles de vulnerabilidad para las áreas rurales, urbanas y peri-urbanas en la Cuenca. Específicamente, las características propias que definen los medios rurales y urbanos inciden en:

- La manera como el impacto de las amenazas por inundación y sequía se manifiesta localmente (una precipitación más intensa puede llevar a inundaciones repentinas en un lugar o en una micro cuenca, pero en otra no);

- La sensibilidad de un sistema al cambio (los medios de vida que dependen directamente de los recursos naturales tienden a ser más sensibles a la variabilidad climática que los que dependen de empresas avícolas, porquerizas o la manufactura, por ejemplo); y
- La capacidad para adaptarse (algunos medios pueden tener mayor acceso a servicios públicos, mientras que otros dependen de redes sociales o de la misma familia).

Las subcuencas con mayor densidad de población concentran a las personas y algunas actividades de producción, además de los insumos y bienes que usan y los desechos que generan. Al mismo tiempo, también concentran una gran variedad de peligros. Además, los centros urbanos de bajos y medianos ingresos *concentran un gran número de personas más vulnerables* a los efectos de la variabilidad climática y eventos extremos como el de diciembre de 2010.

En contraste, los medios de vida rurales, como la agricultura, el manejo forestal, la ganadería y la pesca, son extensivos y dependen de los recursos naturales; de tal forma la variabilidad climática afectará la productividad y el funcionamiento general de los ecosistemas de los cuales estas actividades dependen, como la pesca artesanal en el Lago Gatún por ejemplo.

Los impulsores de la vulnerabilidad exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación son diferentes en algunas subcuencas de la Cuenca, sin embargo éstos interactúan en función de las actividades que desarrolla la población en los medios rurales y urbanos. Por ejemplo, los niveles de migración rural – urbana han incidido en la expansión de asentamientos no regulados, no necesariamente en áreas de peligro, pero sí de forma no planificada como en las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo.

Así mismo, las diferencias de condiciones entre las subcuencas y sus medios rurales y urbanos, condicionan diferentes niveles de capacidad adaptativa. Por ejemplo, los residentes urbanos pueden tener mayor acceso a infraestructuras económicas (caminos, puertos, alcantarillados) o servicios públicos (telecomunicaciones, atención médica y energía eléctrica) que los residentes rurales, quienes pueden depender más de las redes sociales existentes o de conocimientos tradicionales para manejar los riesgos.

Para identificar las zonas críticas y grupos vulnerables en la Cuenca, se utilizaron los resultados de los indicadores de vulnerabilidad y la identificación de medios de subsistencia (u otros grupos blancos de la evaluación) vulnerables que, en conjunto,

forman una línea de base de la vulnerabilidad de las condiciones actuales; la cual se presenta en el acápite 2.2.

En el **Cuadro 2.7** se resumen las subcuencas más vulnerables de la Cuenca en base a los resultados obtenidos de la estimación de los indicadores de la vulnerabilidad socioeconómica actual, vulnerabilidad actual a inundaciones y sequías.

Según el análisis realizado las subcuencas críticas son las de los ríos Chilibre, Chilibrillo, lagos Miraflores, Gatún y Alhajuela, así como, la de los ríos Agua Sucia y Limón; donde los niveles de vulnerabilidad socioeconómica y biofísica por sequía e inundaciones son muy altos y altos.

Cuadro 2.7. Subcuencas vulnerables de la Cuenca del Canal de Panamá.

Nro.	Subcuenca	Vulnerabilidad socioeconómica actual	Vulnerabilidad actual a inundaciones	Vulnerabilidad actual a Sequía
15	Río Chilibre	MA (103)	Alta (25)	MA (41)
14	Río Chilibrillo	MA (106)	Alta (29)	Alta (32)
28	Lago Miraflores	Alta (74)	Alta	MA (63)
50	Lago Gatún	Alta (81)	Alta (23)	MA (48)
49	Lago Alajuela	Alta (66)	Alta (17)	Alta (32)
20	Río Agua Sucia	Alta (77)	Alta (30)	Alta (20)
12	Río Limón	Alta (67)	Alta (17)	Alta (21)
17	Río Gatún	Media (50)	MA (44)	MA (48)
16	Río Obispo	Alta (58)	Media (15)	MA (54)
43	Río Trinidad	Alta (56)	Media (16)	Alta (30)
11	Río Gatuncillo	Alta (55)	Media (16)	Alta (18)
18	Río Aguas Claras	Media (52)	MA (47)	Media
06	Río Las Cascadas	Media 35	Alta (25)	Media (9)
19	Río Palenque I	Media (36)	Media (9)	Alta (18)
21	Río Palenque	Media (36)	Alta (19)	Media (9)
34	Río Baila Mono	Media (44)	Media (11)	Alta (29)
44	Río Cirí Grande	Media 48	Media (13)	Alta (24)
40	Río Los Hules	Media (45)	Media (11)	Alta (22)
35	Río Paja	Media (36)	Media (9)	Alta (21)
45	Río Ciricito	Media (39)	Media (10)	Alta (20)
05	Río Piedras	Baja (31)	Alta (26)	Media (8)

04	Río Chagres	Baja (26)	Alta (21)	Media (7)
42	Quebrada Grande	Baja (26)	Media (7)	Alta (19)
36	Río Cañito	Baja (24)	Media (6)	Alta (17)
02	Río Pequení	Baja (19)	Alta (17)	Baja (5)
01	Río Boquerón	Baja (20)	Alta (18)	Baja (5)
48	Río Gigantito	Baja (20)	Baja (5)	Alta (18)

Fuente: CATHALAC, 2011.

De este cuadro, se deduce un segundo grupo de 13 subcuencas críticas, con las características siguientes: (a) en el 77% de ellas (10 subcuencas) predomina un nivel de vulnerabilidad socioeconómica media; (b) el 69% de ellas (9 subcuencas) presentan una vulnerabilidad actual media a inundaciones y (c) el 62% de éstas (8 subcuencas) tienen una vulnerabilidad actual alta a sequías. Entre estas subcuencas las más vulnerables son las de los ríos Gatún, Obispo, Trinidad, Gatuncillo y Aguas Claras.

Un subgrupo de ocho subcuencas, se caracterizan por tener un nivel de vulnerabilidad medio, tanto socioeconómica como a inundaciones. Con un nivel de vulnerabilidad actual alto a sequías se encuentran las subcuencas La Cascada, Palenque I, Palenque, Baila Mono, Cirí Grande, Los Hules, Paja y Ciricito.

Se distingue un tercer grupo de 7 subcuencas, caracterizado por un nivel de vulnerabilidad socioeconómica actual bajo, vulnerabilidad actual alta a inundaciones (4 subcuencas, 57%) y vulnerabilidad actual a sequía entre media (29%, 2 subcuencas) y alta (43%, 3 subcuencas). En este grupo, las subcuencas con un nivel de vulnerabilidad mayor son las de los ríos Piedras, Chagres, Cañito y Quebrada Grande; mientras las subcuencas de los ríos Pequení, Boquerón y Gigantito presentan un nivel de vulnerabilidad menor, principalmente a inundaciones.

2.4. Elaborar mapas de vulnerabilidad actual de la CHCP en el que se indiquen los grupos vulnerables a las distintas amenazas climáticas (sequías, inundaciones, deslizamientos)

Enfoque Metodológico

Se utiliza un enfoque combinado basado en amenazas y en la vulnerabilidad, lo cual facilita enfatizar en los aspectos biofísicos del riesgo relacionado con el clima, es decir la amenaza climática; así como en los aspectos socioeconómicos del riesgo relacionado con el clima (PNUD/GEF, 2006. Marco de Políticas de Adaptación al cambio climático).

Para estimar los indicadores, se usó un análisis multicriterio, por medio de indicadores integrados en un índice de vulnerabilidad (IV). La vulnerabilidad actual integra la información de los diagnósticos socioeconómico y biofísico del área de estudio. Estos diagnósticos ofrecen el estado de la Cuenca por medio de una serie de variables de tipo social, económico, cultural, ecológico. Los indicadores se trabajaron a nivel de subcuenca, que es la unidad territorial de interés para la Cuenca.

Del estudio sobre la Caracterización Socio Demográfica y Económica de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá para el periodo 1980-200 (ACP, Enero 2010), se seleccionó información para la preparación de algunos indicadores de vulnerabilidad que fueron utilizados en este estudio. En este caso, los indicadores estarán referidos a los atributos de la Vulnerabilidad, es decir a la Exposición, la Sensibilidad y la Capacidad de Adaptación, de acuerdo al enfoque metodológico elegido.

Los índices se elaboraron *a nivel de Subcuencas* (y la capa de Distritos Hídricos), luego se cartografió la información en formato SIG.

2.4.1. Vulnerabilidad biofísica

Como se ha mencionado en otras partes del presente estudio, la vulnerabilidad corresponde a las condiciones actuales, tanto climáticas como socioeconómicas. Así mismo, se ha utilizado la definición del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (PICC, 2007: Resumen para Responsables de Políticas):

Es la medida en la que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación (p. 19).

La distinción importante que tiene el punto de vista del PICC, es que integra la amenaza, la exposición, las consecuencias (impactos) y la capacidad de adaptación. Esta definición *corresponde más estrechamente a la noción de riesgo en la literatura sobre amenazas naturales.*

Para llevar a cabo el presente análisis, la primera actividad técnica fue definir el marco conceptual a utilizar que se describe en el acápite 2.1. Dicho marco conceptual se incluyó en el primer informe de trabajo del proyecto y fue presentado en la primera reunión de trabajo con las autoridades de la Sección de Manejo de Cuenca de la División de Ambiente el 29/julio/11 y posteriormente con más detalles al equipo de Relaciones con la Comunidad de la ACP, con quienes se coordinaron las actividades de capacitación y

devolución de resultados en diferentes subcuencas de la Cuenca. El resultado de esta actividad fue la obtención de un marco central para la evaluación de la vulnerabilidad.

Este enfoque metodológico permitió la identificación y priorización de indicadores para describir los atributos que caracterizan a la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica.

2.4.1.1. Expresión en unidades espaciales y análisis de mapas

Los índices se construyeron a nivel de cada estación y los resultados finales se llevaron a un formato SIG. La expresión final es un mapa que integra el aspecto social con el biofísico, a nivel de subcuencas donde claramente se identificaron las áreas vulnerables de acuerdo con la definición adoptada, el marco conceptual, la expresión de vulnerabilidad construida y la disponibilidad de información para el periodo 1971 - 2010.

2.4.2. Vulnerabilidad del clima actual a sequías

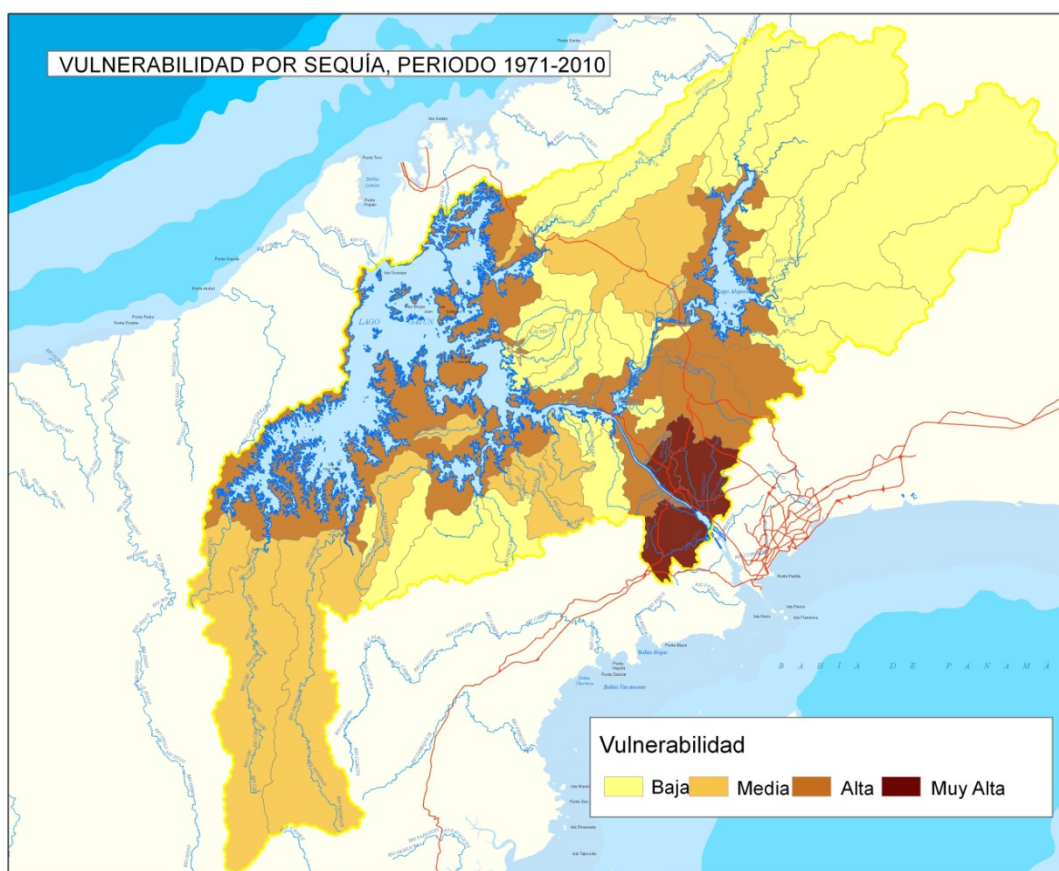
La vulnerabilidad puede considerarse como una propiedad o una característica de grupos, sociedades y sistemas claves, pero también como el resultado de procesos climáticos o amenazas. Mediante este análisis, se ha obtenido para la Cuenca una comprensión biofísica y socioeconómica mediante el cual, las amenazas se traducen en resultados negativos o en un desastre. Esta fase desarrollada a través del presente estudio, será clave para crear intervenciones efectivas de adaptación, en una fase futura.

La *vulnerabilidad por sequía* se estimó tomando en consideración indicadores socioeconómicos y el resultado del indicador integrado obtenido para la amenaza por sequía. Se debe tomar en consideración, que un sitio con mayor población tendrá mayor exposición a una amenaza, no obstante, las características sociales de las poblaciones serán también determinantes para saber cuál será el grado de afectación de dicha población, independientemente de su tamaño, a esto se le llama *sensibilidad* y en este estudio se mide a través del Índice de Pobreza Humana o IPH. También en calidad de factor que afecta *la sensibilidad de la población* a una amenaza como sequía, inundación o deslizamiento, se consideró al grado de contaminación del agua en la subcuenca por actividades de la población.

Sobre esta base se obtuvo que las subcuencas de la parte Oeste de la Cuenca presentan un nivel de *vulnerabilidad media*; mientras la parte Este muestra una *vulnerabilidad baja*, debido principalmente a que dicha porción es la más lluviosa de la Cuenca, la densidad poblacional es baja y la cobertura del suelo predominante y el uso del suelo es para bosques, así mismo hay muy pocos medios de vida que dependen del clima.

En la parte Sur de la Cuenca en particular en las subcuencas Miraflores y Aguas Claras el *nivel de vulnerabilidad es muy alto*. Hacia el norte en dirección hacia el Lago Alhajuela, las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo muestran una *vulnerabilidad alta a sequía*, debido principalmente a la densidad poblacional, y por estar bajo un sistema llamado “periurbano” según la Caracterización Socio Demográfica y Económica de la Cuenca (ACP, 2010), de tal forma que bajo una amenaza de sequía podría verse disminuido el servicio de agua potable por razonamiento, así como, por enfermedades hídricas relacionadas con el desabastecimiento de agua, insalubridad, diarrea.

Adicionalmente, estas subcuencas han sufrido cambios importantes en cuanto al uso de la tierra, destinándose áreas importantes para expansión de zonas urbanas (barriadas de alta densidad), sacrificando recursos naturales e intensificando la presión sobre el recurso agua y bosque; lo que a la vez aumenta su exposición y sensibilidad como atributos de la vulnerabilidad biofísica. El **Mapa 2.1**, presenta la distribución espacial de la Vulnerabilidad Actual por Sequía para la Cuenca.



Mapa 2.1. Vulnerabilidad actual por sequía en la Cuenca del Canal de Panamá, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

Las subcuencas del Lago Alhajuela y del Lago Gatún también presentan una *vulnerabilidad alta a sequía*, en donde se observan elementos socioeconómicos que se ubican en un punto intermedio entre lo rural y lo urbano (ACP, 2010: Caracterización Socio Demográfica y Económica de la Cuenca). De tal forma, que una parte de la población se dedica a la agricultura y la ganadería, mientras la población se distribuye espacialmente en el territorio de forma discontinua y dispersa. Así mismo, la economía de autoconsumo se encuentra dispersa en algunas subcuencas, entre las cuales se incluye el Lago de Alhajuela. Mapa 2.1.

Las subcuencas de los ríos Cirí Grande, Trinidad, Ciricito, Quebrada Grande, Los Hules, y Gigantito, tienen un *nivel de vulnerabilidad media*; así como en la parte Sur de la Cuenca las subcuencas de los ríos Cañito, Paja y Baila Mono, particularmente por los medios de vida relacionados con el clima, como los cultivos de subsistencia y la ampliación de áreas destinadas a la ganadería extensiva a costa de las tierras de cultivo temporal y de los bosques y montes. **Mapa 2.1.**

La vulnerabilidad de estas subcuencas se ve incrementada por factores no climáticos, como la extracción de recursos minerales, el aumento de sedimentos en las aguas de los ríos por procesos de deforestación. Adicionalmente, estas malas prácticas afectan el tratamiento de las aguas para la producción de agua potable. Esto se presenta con mayor regularidad en las regiones del Corredor Transístmico, Cirí Grande y Trinidad y Los Hules-Tinajones y Caño Quebrado.

Las subcuencas entre el Lago Gatún y el Lago Alhajuela de los ríos Aguas Sucias, Gatuncillo y Limón, observan un *nivel de vulnerabilidad media*. La característica principal de este grupo de subcuencas es, que proporcionalmente tienen menos población respecto a las subcuencas con vulnerabilidad muy alta, como las de Chilibre y Chilibrillo. El corredor transístmico es la principal vía terrestre de bienes y servicios de una costa a otra, por lo que se convierte en un polo importante de desarrollo de actividades comerciales e industriales, así como de mayor concentración de la población. Es muy probable, que en un horizonte de tiempo relativamente cercano de 10 a 20 años, sea un factor clave a tener en cuenta en el incremento de la vulnerabilidad de estas subcuencas. Ver **Mapa 2.1.**

A pesar que las subcuencas de los ríos Quebrada de La Leona, Tinajones, Caño Quebrado, Pescado y Mandinga presentan un *nivel vulnerabilidad bajo*, desde el punto de vista climático y socioeconómico de los indicadores evaluados, éstas en un horizonte de tiempo de mediano plazo (10 años), si no se toman medidas de adaptación correctivas, podrían incrementar sensiblemente su vulnerabilidad, debido principalmente a los efectos por cambios intensos en el uso del suelo para fines urbanos, cultivos anuales como el de la

piña, el incremento de granjas avícolas y porquerizas, que inciden en la contaminación de las fuentes de agua y la consecuente contaminación de los suelos y manto freático.

2.4.3. Vulnerabilidad del clima actual a inundaciones

Es importante señalar que los resultados obtenidos para la distribución espacial de la *Vulnerabilidad a Inundaciones* en la CHCP presenta una señal biofísica más clara, que la distribución espacial de la *Amenaza* a este tipo de fenómeno. Tal distribución podría estar relacionada con la consideración de los indicadores socioeconómicos estimados para los atributos de la vulnerabilidad, como por ejemplo, la capacidad de adaptación de las poblaciones que viven en la Cuenca.

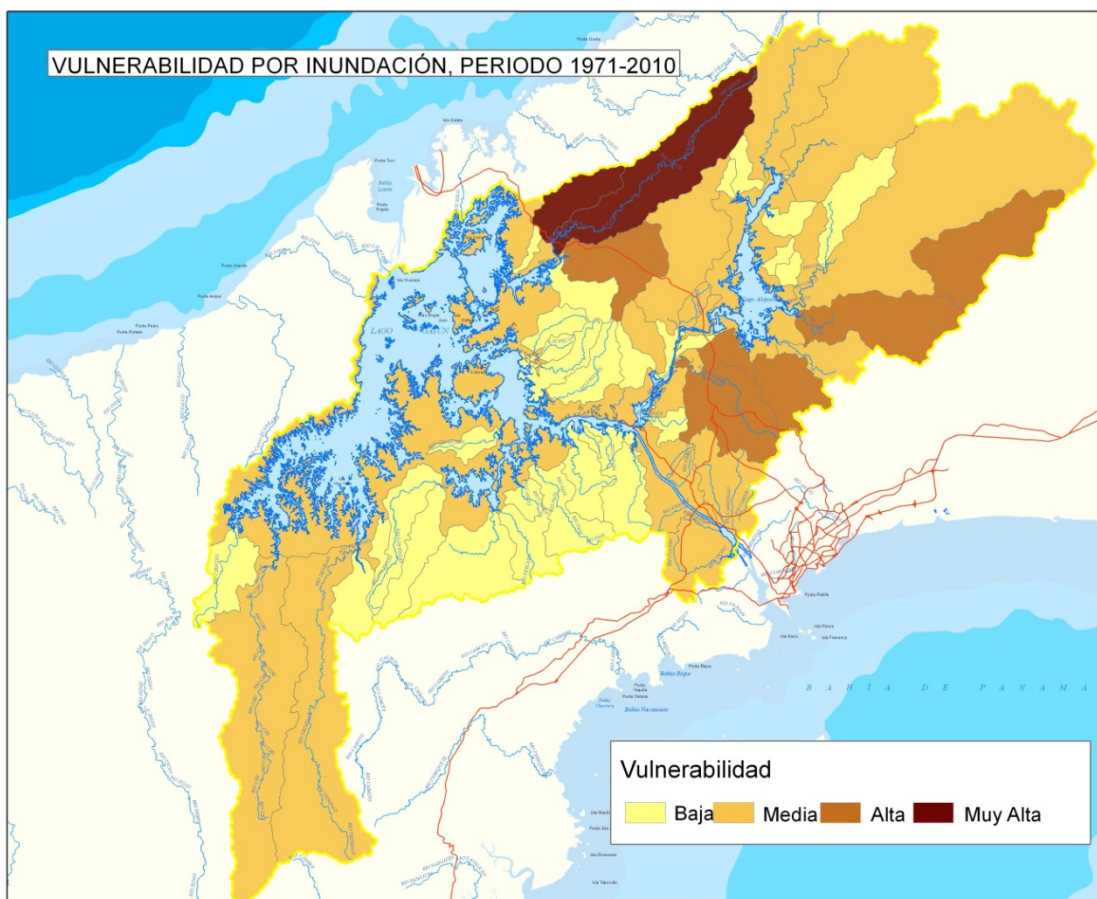
En el **Mapa 2.2**, se ilustra la distribución espacial de la Vulnerabilidad Actual a Inundaciones para la CHCP. Dicha distribución de los niveles de vulnerabilidad por inundación indican, que la *vulnerabilidad más alta* se localiza en las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras.

El sector Este de la Cuenca se caracteriza por ser la más lluviosa, con totales anuales de precipitación entre 4,000 y 6,000 milímetros, ya indica niveles de *vulnerabilidad media*; a excepción de la subcuenca de los ríos Piedras y la Cascada con vulnerabilidad alta. Niveles anuales de lluvia mayores a 4,000 mm y la baja densidad de población en esta zona, la caracterizan por tener un nivel de exposición relativamente bajo y además posee aún un buen nivel de resiliencia, debido a que la cobertura y el uso del suelo son predominantemente para bosques. Ver **Mapa 2.2**.

El sector *Oeste de la CHCP* presenta *niveles de vulnerabilidad media* en las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad; así como, en la mayor parte de la subcuenca del Lago Gatún. Esto no significa, que durante la presencia de eventos extremos estas subcuencas no se inundan, como ha sucedido en los eventos de inundación de los años 2006 y 2010. La sensibilidad a inundaciones se ve incrementada en estas subcuencas debido a los procesos de deforestación y la eliminación de la capa vegetal para diferentes fines. Así mismo, en la región hídrica del Lago Gatún, se han dado las mayores pérdidas en tierras de cultivos temporales y bosques, para dar paso a la ganadería extensiva, lo cual es válido para Cirí Grande y Trinidad.

En este sector Oeste de la Cuenca, *niveles de vulnerabilidad baja por inundación* se observan en una zona amplia que abarca las subcuencas de los ríos Ciricito, Quebrada Grande, Quebrada la Leona, los Hules, Tinajones, Caño Quebrado, Pescado, Cañito, Paja, Baila Mono, Mandinga y Caraña. Estos niveles de vulnerabilidad podrían cambiar drásticamente, por factores no climáticos de mantenerse la tendencia actual de uso del

suelo para fines urbanos, sin tomar medidas paliativas, en particular en las subcuencas del Lago Miraflores y ríos Baila Mono, Paja, Cañita, Pescado y Mandinga. **Mapa 2.2.**



Mapa 2.2. Vulnerabilidad actual por inundación en la Cuenca del Canal de Panamá, periodo 1971 – 2010. Fuente: CATHALAC, 2011.

Las subcuencas que se localizan a lo largo del Corredor Transístimico del Atlántico, donde se concentra la mayor parte de la población de la Cuenca, se observan los cuatro niveles de vulnerabilidad. En la porción Sur en la subcuenca río Moja Pollo, el nivel de *vulnerabilidad es bajo*, sin embargo hacia el Norte las subcuencas de los ríos Palenque II, Limón, Lago Alhajuela y Gatuncillo presentan *un nivel de vulnerabilidad media*, debido a que poseen un nivel de exposición alto por la densidad de población y viviendas, alto porcentaje de mujeres y niños y presencia de contaminación, así como una capacidad de adaptación media. La subcuenca del río Aguas Sucias tiene *un nivel de vulnerabilidad alto*, como consecuencia de un alto nivel de exposición a estímulos climáticos que producen inundaciones, afectando los medios de vida; y contaminación asociada a descargas de residuos sólidos y líquidos no tratados de diferentes orígenes.

En la porción Norte del Corredor Transístimico las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras muestran *el nivel de vulnerabilidad más alto* de toda la Cuenca, como resultado de un índice de exposición y sensibilidad medio (53 -60%), los suelos de estas subcuencas cambiaron su uso original de bosque para ganadería extensiva. En la subcuenca de Aguas Claras, a pesar de que existe infraestructura importante, también hay un alto porcentaje de casas sin agua potable y presencia de contaminación, lo cual se agrava durante eventos de inundación. **Mapa 2.2.**

Las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo que se localizan a lo largo del Corredor Transístimico del Pacífico presentan un nivel de vulnerabilidad alta, con un potencial de afectación muy alto sobre las principales fuentes de agua potable para la población metropolitana. Estas subcuencas a pesar de tener un nivel de capacidad de adaptación alto, poseen un *nivel de vulnerabilidad alto* porque el índice de exposición y de sensibilidad es muy alto, como resultado del crecimiento desordenado de barriadas, que fomenta la falta de acceso a los servicios básicos (agua potable, electricidad), ejerciendo a la vez presión sobre los cuerpos de agua al afectar su calidad. Estos factores no climáticos, incrementarían el nivel de vulnerabilidad en eventos futuros de inundación en la Cuenca.

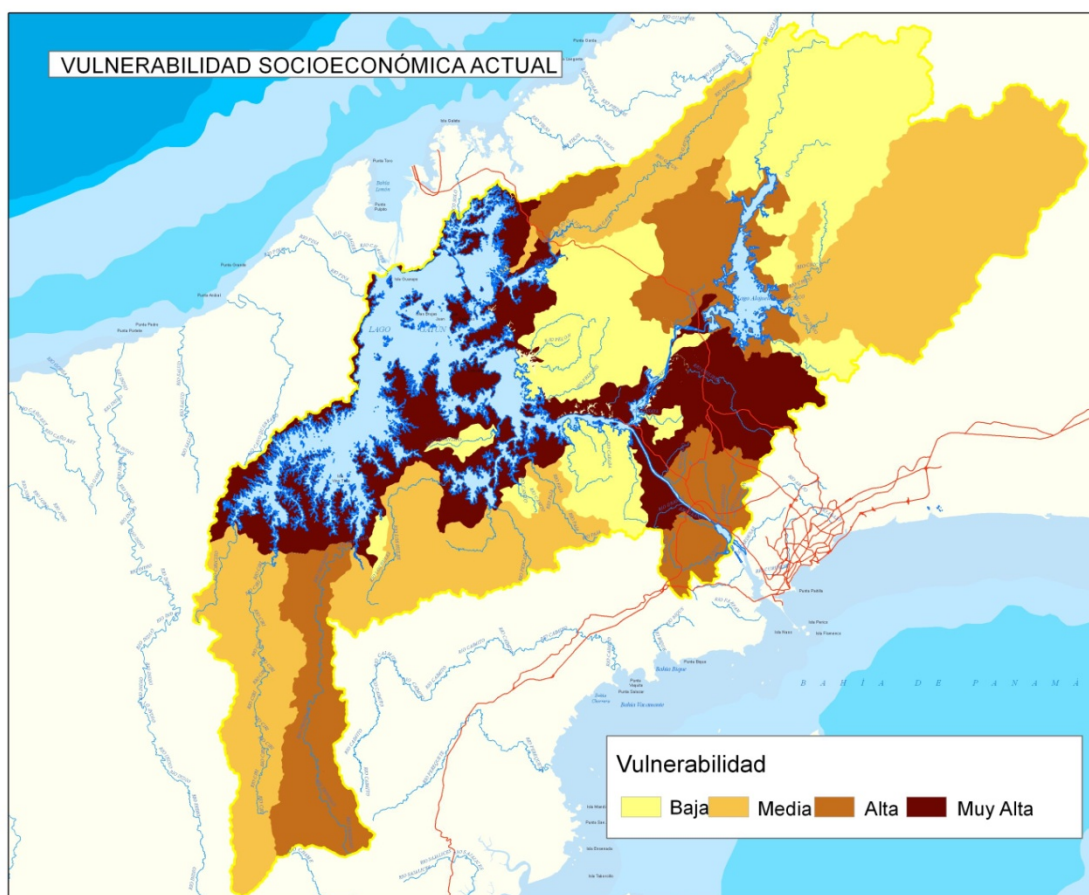
La subcuenca del Lago Gatún muestra un *nivel de vulnerabilidad media*, en particular por tener un índice de exposición muy alto, ya que los poblados localizados en este amplio territorio son relativamente pobres tanto los que dependen de las aguas del lago, como los que se dedican a la agricultura de subsistencia. En caso de eventos de inundación, se incrementa la vulnerabilidad de contaminación de las aguas del Lago Gatún y a la vez se pone en riesgo las poblaciones de las ciudades de Colón y Panamá, incluyendo a La Chorrera y Arraiján. Ver **Mapa 2.2.**

En el **Anexo III**, se incluyen los mapas de vulnerabilidad actual por sequía e inundaciones.

2.4.4. Vulnerabilidad Socioeconómica actual

En el **Mapa 2.3**, se presentan los resultados de la Vulnerabilidad Socioeconómica Actual para la Cuenca. De conformidad a los indicadores seleccionados, la distribución espacial de los niveles de vulnerabilidad socioeconómica indica, que la *vulnerabilidad más baja* se localizan en el sector Este de la Cuenca en las subcuencas de los ríos Boquerón, Pequení, Chico, Chagres, Benítez, Quebrada Ancha y Quebrada La Tranquila, lo cual está relacionado con una baja densidad de población dispersa en pequeños poblados y un nivel de exposición relativamente bajo, además, posee aún un buen nivel de resiliencia, debido a que la cobertura y el uso del suelo son predominantemente para bosques.

Las subcuencas localizadas en el sector Oeste de la Cuenca, presentan un nivel de vulnerabilidad socioeconómica baja y media. Las subcuencas de Quebrada Honda, Quebrada La Leona, Tinajones, Pescado y Cañito tienen una vulnerabilidad socioeconómica baja; mientras las subcuencas de Baila Mono, Pescado, Caño Quebrado y Los Hules, vulnerabilidad media. Así mismo, las subcuencas de los ríos Ciricito y Cirí Grande muestran un nivel de vulnerabilidad socioeconómica media, mientras la subcuenca del río Trinidad posee un nivel de vulnerabilidad alto, lo cual está relacionado con los niveles de pobreza y la práctica de actividades agrícolas de subsistencia dependientes del clima.



Mapa 2.3. Vulnerabilidad socioeconómica actual de Cuenca del Canal de Panamá, referida al año 2000 (Censo). Fuente: CATHALAC, 2011.

Las subcuencas localizadas en la región del Lago Gatún, presentan un nivel de vulnerabilidad socioeconómica alta, a excepción de las subcuencas Quebrada del Medio, Agua Salud, Pelón, Frijolita, Frijoles, y en la parte más sur Gigantito, Caraña y Mandinga, con un nivel de vulnerabilidad socioeconómica bajo. **Mapa 2.3.**

La subcuencas del Lago Miraflores y del río Obispo tienen *un nivel de vulnerabilidad socioeconómica alto*; mientras las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo presentan el mayor nivel de vulnerabilidad para toda la Cuenca, porque el índice de exposición y de sensibilidad es muy alto, como resultado del crecimiento desordenado de barriadas, que fomenta la falta de acceso a los servicios básicos (agua potable, electricidad), ejerciendo a la vez presión sobre los cuerpos de agua afectando su calidad. Ver **Mapa 2.3**.

En cuanto a las subcuencas localizadas a lo largo del Corredor Transístmico del Atlántico, éstas presentan un nivel de *vulnerabilidad socioeconómica alto* en Limón, Lago Alhajuela, Gatuncillo y Aguas Sucias, mientras en la subcuenca Aguas Claras el nivel de *vulnerabilidad es medio*. Ver **Anexo III**.

Para mayor información sobre vulnerabilidad socioeconómica actual de las 50 subcuencas de la Cuenca, ver acápite 2.2 sobre la línea de base de la vulnerabilidad actual.

3. Estimación de la magnitud y probabilidad de los daños causados por las amenazas naturales actuales, dadas las condiciones de variabilidad climática

3.1 Identificar y describir las relaciones establecidas entre el clima y las dinámicas sociales y naturales dentro de la CHCP

Históricamente, la Cuenca del Canal de Panamá (antiguas cuencas de los ríos Grande en el Pacífico y Chagres en el Caribe) ha sido un espacio geográfico donde las dinámicas sociales han sido influenciadas de manera muy profunda por la variabilidad climática. Antes de la construcción del Canal, las crónicas y relatos de numerosos viajeros dejaban testimonios de los impactos que tenían las crecidas del Río Chagres sobre el sistema de comunicación interoceánica que se había establecido entre el Pacífico y el Caribe (camino coloniales y ferrocarril transístmico). A pesar de los efectos catastróficos de dichas inundaciones debido muy probablemente a la variabilidad climática, se llegó a desarrollar una cadena de poblados y asentamientos que se habían adaptado a las crecientes recurrentes del río Chagres y que participaban de manera activa en el comercio transoceánico.

Con la construcción del Canal de Panamá (1880-1914), se operó la mayor transformación de las dinámicas sociales y climáticas de los últimos siglos. *La construcción de los embalses, en especial el Lago Gatún*, cambió los patrones de inundabilidad del Río Chagres y obligó al reasentamiento de la población de la Línea. Este evento marcó el inicio de un proceso de despoblación de la Cuenca que en cierto

modo disminuyó la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ribereños, aunque también se pudiera interpretar que incrementó la vulnerabilidad en la periferia al reasentar a los pobladores en zonas marginales. De cualquier modo, la instalación de la Zona del Canal bajo control de los Estados Unidos también contribuyó a la migración de los pobladores de la Cuenca hacia centros urbanos en busca de trabajos asalariados y el abandono de las faenas agrícolas.

La segunda gran transformación en las dinámicas sociales de la Cuenca respondió a la migración masiva de campesinos del interior del país, en especial de la Península de Azuero, en busca de nuevas tierras para la agricultura de subsistencia y la ganadería (Mckay & Heckadon-Moreno, 1982). A partir de los años 1950s, el doble proceso - emigración hacia afuera por parte de la población histórica e inmigración hacia dentro de los campesinos azuerenses – no solo marcó un aumento poblacional, sino la transformación del espacio geográfico para la instalación de la llamada “Cultural del Potreo”. Se podría argumentar que en este periodo aumentó la vulnerabilidad de la CHCP por la alteración de los patrones históricos de uso de la tierra lo que significó una disminución en los cultivos de subsistencia, y por tanto de la seguridad alimentaria, así como un mayor riesgo de deslizamientos e inundaciones, debido a la disminución de la cobertura boscosa. En este periodo de colonización ganadera, se podría situar la prohibición de utilizar las tierras localizadas dentro de los límites de la Zona del Canal por parte de las autoridades panameñas y norteamericanas en los años setentas (según los testimonios recogidos en el taller realizado con el Concejo Consultivo de los ríos Pescado, Cañito, Baila Monos y Paja).

El agotamiento del modelo ganadero y la expansión de la urbanización dentro de la Cuenca marcan el actual periodo que inicia en los años ochentas. En el mismo se podría decir que la vulnerabilidad ha disminuido en ciertas partes y ha aumentado en otras partes de la Cuenca, según la redistribución demográfica de sus habitantes. Según el enfoque metodológico utilizado en este estudio para estimar la vulnerabilidad socioeconómica actual, las variables demográficas son uno de los principales impulsores del grado de vulnerabilidad de la población que vive en la Cuenca. Con base a las mismas se pueden definir tres patrones principales en cuanto a la vulnerabilidad de la Cuenca.

En el *primero modelo*, el vaciamiento de extensas partes de la Cuenca, especialmente las áreas ganaderas de Hules-Tinajones, Caño Quebrado y Río Pescado, se traduce en términos numéricos en una disminución inmediata en la vulnerabilidad de estas poblaciones al mantenerse constantes las demás variables relacionadas con la susceptibilidad y capacidad de adaptación. Por otro lado, en el segundo patrón, el

aumento demográfico rápido y descontrolado en el Corredor Transistmico ha acrecentado la vulnerabilidad de estas poblaciones, especialmente en las cuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo. La situación existente en las subcuencas de Cirí Grande y Trinidad representa un patrón intermedio en el que la población ha aumentado de manera moderada, pero también se han operado transformaciones en los patrones históricos de uso de la tierra. A continuación, se analizarán con mayor detalle los tres patrones que se han identificado.

El primer modelo que implica una disminución de la vulnerabilidad debido a un decrecimiento significativo de la población total y su densidad poblacional representa la continuación de la tendencia descrita por McKay y Heckadon-Moreno (1982). Al reemplazarse a la población originaria de la Cuenca por inmigrantes de las provincias centrales, también se operó una modificación severa del paisaje geográfico, con el reemplazo de una economía de subsistencia que tenía una tendencia hacia la agroforestería, por una economía ganadera orientada hacia la venta de carne.

Si bien la primera fase de la colonización interiorana involucró a cientos de familias de escasos recursos que encontraron en los bosques de la Cuenca la posibilidad de hacer nuevos potreros y rehacer su forma de vida proveniente del occidente del país, en los setentas una gran parte de esta población empezó a abandonar las áreas ganaderas con la apertura de nuevas fronteras agrícolas en la Costa Arriba de Colón, en Panamá Este y en Darién.

No solo se ofrecían nuevas oportunidades de colonización en otras partes del país, sino que también se les hacía cada vez más difícil a estas familias vivir en la Cuenca con la desaparición de los bosques ante el paso arrollador de la ganadería. De esta manera, resultó que la misma dinámica social y ecológica de la economía ganadera llevó hacia la concentración de la tierra en latifundios que estaban orientados hacia la comercialización de productos animales. Según Tetrattech (2010 p. 19):

“En 1980, en la Cuenca, había unos 500 productores en su mayoría pequeños y medianos que se dedicaban a la producción y comercialización de granos básicos. En 1980, ellos comercializaban 22,000 quintales. Veinte años después su número se redujo a 90 con una comercialización que apenas sobrepasaba los 1,000 quintales de arroz”

Semejante cambio en la matriz de producción de la Cuenca hubiese llevado hacia un aumento significativo de la vulnerabilidad socioeconómica por la disminución de la seguridad alimentaria, si no hubiera sido porque muchos de los antiguos pequeños y medianos productores emigraron hacia los centros urbanos, o así lo hicieron sus descendientes. De esta manera, *la emigración hacia las ciudades previno un mayor*

colapso de la economía familiar ante la concentración de la propiedad y el cambio en el uso de la tierra. Como se indica en el mapa sobre la tasa anual de crecimiento por corregimiento, 1980-1990 (Heckadon, Ibañez y Condit p. 89), los corregimientos de Hurtado, Mendoza y La Represa, correspondientes a las sub-cuencas de Hules-Tinajones, Caño Quebrado y Río Pescado, experimentaron un crecimiento negativo de su población en este periodo.

Si bien, muchas de las áreas ganaderas de los años ochenta han sido convertidas en fincas de cultivo de piña para la agro-exportación en las últimas dos décadas, los impactos sociales de esta actividad han sido mínimos, pues ya existía una marcada tendencia hacia el abandono de estas áreas por los procesos antes descritos. Lo mismo pudiera argumentarse con relación al cultivo de árboles para la explotación maderera en las subcuencas de Cañito y Baila Monos, aunque la mayor parte de estas tierras nunca estuvieron dedicadas a la ganadería extensiva, sino que habían sido cubiertas de paja canalera después de la prohibición de utilizar las tierras de cultivo localizadas en la antigua Zona del Canal (según los testimonios recogidos en el taller realizado con el Concejo Consultivo de los ríos Pescado, Cañito, Baila Monos y Paja).

El *segundo modelo* involucra un aumento marcado en la vulnerabilidad que se asocia al aumento poblacional, acelerado en ciertas partes de la Cuenca. Esta tendencia fue identificada con claridad en el Programa de Monitoreo de los Recursos Naturales de la Cuenca del Canal (STRI-USAID-ANAM). Según un informe de este programa:

“El 79% de la población vive al este del Canal. En una franja de 2.6 kilómetros del corredor de la Transistmica (1.3 km a cada lado de la vía), se concentra el 62% de la población de la Cuenca. Actualmente, el crecimiento demográfico a lo largo de esta vía obedece a la expansión de las ciudades de Panamá y Colón” (Heckadon-Moreno et al., 1999 p. 90).

En atención a esta realidad que era ya palpable en estos momentos, el informe de Heckadon-Moreno et al. (1999 p. 94-100) presentó un estudio de caso especial sobre el área de Chilibre y Chilibrillo. Este estudio iluminaba los nuevos desafíos que se presentaban en la Cuenca del Canal como resultado de la expansión urbana, en especial la contaminación y la falta de servicios públicos básicos:

“El estudio de las aguas demostró que el Chilibre es el río más afectado en la Cuenca del Canal por los desechos de la población, industrias, agroindustrias, canteras y basureros. Ello se refleja en los bajos valores de oxígeno disuelto y los elevados niveles de coliformes. Aunque el Chilibrillo no alcanza el grado de contaminación del Chilibre, en quebrada La Cabima hay niveles muy elevados de contaminación por coliformes

fecales (por encima de 17,000 NMP/100 ml), sobrepasando los límites de medición utilizados en el laboratorio” (p. 100).

Las mismas tendencias se observaron de manera acentuada en el estudio realizado por Tetrattech (2010 p. 84):

“La Cuenca del Canal de Panamá ha sufrido desde 1980 un proceso de urbanización que impactó directamente en la calidad y cantidad del agua, tanto superficiales como sub-superficiales que drenan hacia los diferentes lagos que conforman la misma y que es aprovechada tanto para el tráfico marítimo, consumo humano, agrícola e industrial”.

El aumento poblacional no solo ha aumentado por sí mismo la vulnerabilidad de las sub-cuencas localizadas en el Corredor Transístmico, sino que ha creado mecanismos de retroalimentación que agravan esta situación. En particular, la contaminación tanto por heces fecales como por residuos peligrosos provenientes de la actividad industrial, aumenta la susceptibilidad de las poblaciones humanas en estas subcuencas si llegaran a darse eventos climáticos extremos como lo ocurrido en diciembre de 2010 (“La Purísima”).

Aún más preocupantes, la urbanización y el consiguiente aumento poblacional se están extendiendo a otras partes de la Cuenca, en especial *a la subcuenca del Río Chagres a través de los corregimientos de Tocumen y Pacora*, y al sector Oeste de la Cuenca incluyendo *las subcuencas de los ríos Paja y Baila Monos*. Esta tendencia podría llevar a un aumento paulatino de la vulnerabilidad en estas regiones, si no se toman medidas correctivas en un corto plazo.

Finalmente, las subcuencas de Trinidad y Cirí Grande ilustran *un tercer modelo* que se caracteriza por el *aumento poblacional moderado en un escenario en el que se mantienen los cambios en el uso de la tierra y el aumento en la vulnerabilidad*. En efecto, los patrones históricos de deforestación han continuado en las partes más alejadas de la Cuenca a pesar de la tendencia contraria hacia la regeneración natural en las áreas más cercanas, como las cuencas de Chilibre y Chilibrillo (ver artículo “New Jungles Prompt a Debate on Rain Forests”, The New York, 29 de enero de 2009). En las partes más alejadas y quebradas de la Cuenca, el aumento poblacional y la deforestación *han aumentado la vulnerabilidad al incrementar la susceptibilidad a deslizamientos e inundaciones durante eventos climáticos extremos* (taller con los Comités Locales de los tres tramos del Río Trinidad, 26 de agosto de 2011).

Si bien el mejoramiento progresivo de las vías de comunicación ha ayudado a mejorar la capacidad de adaptación, áreas como las subcuencas de Cirí Grande y Trinidad aún

carecen de servicios básicos como telecomunicaciones modernas y agua potable que les permitan enfrentar las amenazas climáticas durante eventos extremos. A su vez, el deterioro ambiental también atenta contra la seguridad alimentaria y favorece la ocupación de terrenos con mayores pendientes y con menor cobertura de servicios básicos. Durante el taller realizado para los tramos: alto, medio y bajo de la sub-cuenca del río Trinidad, los participantes también manifestaron su inquietud sobre el inicio de actividades mineras en este sector.

3.2 Determinar los efectos de las principales amenazas climatológicas actuales en los sectores prioritarios.

En esta sección se lleva a cabo una primera aproximación a la estimación de algunos posibles impactos de las principales amenazas climatológicas en la Cuenca, con base a la información secundaria disponible.

En los años 1997 y 1998, la presencia del fenómeno El Niño generó en Panamá períodos secos prolongados en el litoral del Pacífico, e inundaciones en el litoral Caribe principalmente, afectando así actividades socioeconómicas importantes como: la producción agropecuaria, el turismo, la pesca, la generación hidroeléctrica, el agua potable y la salud, entre otros. La sequía en el litoral del Pacífico, considerada la más intensa de los últimos 50 años, mermó el nivel de aguas de los principales lagos que sirven de reserva para la generación de energía eléctrica y agua potable. (Mitigando los efectos de El Niño. Estudio de caso sector agrícola, Centroamérica, 2002).

La Cuenca del Canal de Panamá también se vio afectada por la escasez de precipitación. En el año 1997 el lago Gatún recibió un aporte hídrico 43% menor a la del promedio histórico, llegando a mediados de marzo de 1998 a una cota de 78.5 pies, siendo su nivel crítico de 81.5 pies. El lago Alhajuela, que abastece de agua a la ciudad de Panamá, tuvo en 1997 un aporte de solo el 36% de agua con respecto a 60 años de registro, bajando su cota a 1793.8mm.

Como parte de las medidas de ahorro de agua en todo el año de 1997 no se generó electricidad en el lago Gatún, y se dio un racionamiento de este elemento en algunos sectores urbanos. La Antigua Comisión del Canal desarrolló una serie de medidas adicionales, entre ellas la restricción del calado de los busques a partir del 12 de marzo de 1998, restricción que se mantuvo por 109 días. Según Molieri J. (1998 p.10), se estima que en forma directa la Comisión gastó **B/. 12 millones** para contrarrestar los efectos de la sequía en concepto de dragados, adaptaciones en los muelles, interrupción de la producción hidroeléctrica, estudios.

De otro lado, a fines del año de 2010, que generalmente es seco y se denomina período de verano en Panamá, el efecto acumulado de varias lluvias extraordinarias inducidas por el Fenómeno de la Niña, que tiene efectos opuestos al Fenómeno de El Niño, generó las mayores precipitaciones en los últimos 10 años, llegando a producir por primera vez un cierre temporal del Canal de Panamá. Así, tras un mes de intensas lluvias, los lagos artificiales de la provincia de Panamá alcanzaron sus más altos registros históricos. Conforme a datos del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), las provincias más afectadas por el conjunto de eventos fueron Darién, Colón, Panamá y Chiriquí.

En la zona metropolitana de Panamá, se suspendió el servicio de agua por problemas en la Planta de Chilibre que disminuyeron su capacidad de operación en algo más de 30%. Los gastos incurridos por IDAAN para afrontar la situación (productos químicos para la planta, distribución de agua en camiones, gastos extras de personal y otros) ascendieron a aproximadamente **B/. 10 millones**, a los cuales hay que agregar las reparaciones a la planta de tratamiento que no se han cuantificado todavía. (Programa de emergencia para respuesta inmediata por las inundaciones en Panamá, 2010).

El cierre del Canal de Panamá significó una pérdida de ingresos diarios de **US\$ 5,403,021** aproximadamente (ACP, 2010. Estados Financieros del Informe de Auditores, p.5)). Este valor probablemente no considera los costos incurridos para superar las causas del cierre, ni los costos asociados a los atrasos de las navieras por motivo del cierre de la vía.

Adicionalmente, el no llevar a cabo acciones que reduzcan la vulnerabilidad ante las amenazas en la Cuenca afectaría directamente a los pobladores cuyos medios de vida dependen directamente del medio ambiente, como la agricultura, la ganadería y la pesca principalmente, así se pondría en riesgo los ingresos percibidos por esta actividad, ya sea en términos monetarios o por el autoconsumo de los productos derivados de estas actividades. Según el Informe Final de Caracterización Socio Demográfica y Económica de la Cuenca para el periodo 1980-2000 (Tetrattech 2010, p.241), los ingresos estimados para estas actividades a lo largo de la Cuenca ascienden a **B/. 28,959,668** por año, es decir B/. 79,341 por día.

Otra aproximación al valor económico de los impactos a la cuenca provenientes de eventos extremos, puede obtenerse aplicando el método de transferencia de beneficios. La transferibilidad de valores se basa en el hecho de que el valor económico de un activo ambiental puede ser extrapolado a partir de los resultados de estudios ya realizados. En este sentido, la Comunidad Europea (2008 p.68) preparó la iniciativa “La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad” (TEEB por sus siglas en inglés), donde se recopila y

sintetizan los resultados de estudios de valoración de ecosistemas para algunos tipos de bioma en todo el mundo.

En el caso de la Cuenca, la valoración de los servicios ofrecidos por el bioma a comparar corresponde a la categoría de humedales continentales y bosques tropicales. El Centro Regional Ramsar para la Capacitación e Investigación sobre humedales para el Hemisferio Occidental (CREHO), considera parte la Cuenca (área de los lagos) como un humedal continental artificial.

En la **Tabla 3.1**, se muestran las estimaciones realizadas sobre la base de 86 datos de valoración recopilados al momento de realización del estudio para humedales. Según el estudio, el valor monetario total estimado de la posible utilización sostenible de todos los servicios combinados del humedal oscila entre 981 y 44,597 \$/ha/año, a precios corrientes.

Tabla 3.1. Valor económico total estimado por TEEB para los servicios ofrecidos por humedales continentales. En \$/ha/ año, a precios corrientes.

Servicios ecosistémicos	No. de uso estimado	Valor mínimo (\$/ha/año)	Valor máximo (\$/ha/año)
TOTAL	86	981	44,597
Aprovisionamiento de servicios	34	2	9,709
Alimentación	16	0	2,090
Agua dulce	6	1	5,189
Materia prima	12	1	2,430
Regulaciones de servicios	30	305	4,978
Regulación del clima	5	4	351
Moderación de eventos extremos	7	237	4,430
Regulación del flujo de agua	4	14	9,369
Instalaciones de tratamiento / purificación de agua	9	40	4,280
Ciclo de nutrientes y mantenimiento de la fertilidad del suelo	5	26	4,588
Servicios del hábitat	9	10	3,471
Mantenimiento del ciclo de vida	2	10	917
Protección de la diversidad de genes (conservación)	7	0	2,554
Servicios culturales	13	684	8,399
Información estética	2	83	3,906
Oportunidades para recreación y turismo	9	1	3,700
Inspiración para la cultura, arte y diseño	2	564	793

Fuente: Tomado de TEEB-D0-Capítulo 5, Apéndice C.

En el de la Cuenca del Canal de Panamá se busca determinar el valor del humedal asociado a su capacidad de moderar eventos extremos, se obtuvo un rango de entre 237 y 4,430 \$/ha/ año, a precios corrientes. La superficie de humedales con que cuenta la Cuenca, totalizan 43,006 hectáreas, equivalente al 12.7% de la superficie total de la cuenca (CICH, 2008). Si multiplicamos estos valores máximos y mínimos por la superficie

de humedales que tiene la Cuenca, se obtiene que un rango de valor entre B/.10,192,422 y B/.190,516,580, por año.

En la **Tabla 3.2**, se muestran las estimaciones realizadas sobre la base de 140 datos de valoración de bosques tropicales humedales. Según el estudio, el valor monetario total estimado de la posible utilización sostenible de todos los servicios combinados del humedal oscila entre 91 y 23,222 \$/ha/año, a precios corrientes.

Tabla 3.2. Valor económico total estimado por TEEB para los servicios ofrecidos por bosques tropicales continentales. En \$/ha/ año, a precios corrientes.

Bosque tropical	No. de uso estimado	Valor mínimo (\$/ha/año)	Valor máximo (\$/ha/año)
TOTAL	140	91	23,222
Aprovisionamiento de servicios	63	26	9,384
Alimentación	24	0	1,204
Agua dulce	3	8	875
Materia prima	27	2	3,725
Recursos genéticos	4	14	1,799
Recursos medicinales	5	1	1,782
Regulaciones de servicios	43	57	7,135
Influencia sobre la calidad del aire	2	13	957
Regulación del clima	10	13	761
Moderación de eventos extremos	4	8	340
Regulación del flujo de agua	4	2	36
Instalaciones de tratamiento / purificación de agua	6	0	665
Prevención de la erosión	11	11	3,211
Ciclo de nutrientes y mantenimiento de la fertilidad del suelo	3	2	1,067
Polinización	3	7	99
Servicios del hábitat	13	6	5,277
Protección de la diversidad de genes (conservación)	13	6	5,277
Servicios culturales	21	2	1,426
Oportunidades para recreación y turismo	21	2	1,426

Fuente: Tomado deTEEB-D0-Capítulo 5, Apéndice C.

Al determinar la capacidad del bosque tropical de contener eventos extremos, según TEEB se obtiene que un valor mínimo de 8 \$/ha/año y 340 \$/ha/año. Multiplicando dichos valores por la superficie de bosques maduro y secundario existente en la cuenca, que totalizó las 159,217 hectáreas (CICH, 2008), se obtiene como resultado un valor mínimo de 1,273,736 \$/ha/año y 54,133,780 \$/ha/año, a precios corrientes.

3.3 Capacitación de Comités Locales en conceptos básicos sobre el clima, variabilidad climática, amenazas, exposición, sensibilidad, vulnerabilidad y cambio climático

La organización de los talleres se hizo de forma coordinada con el equipo de Relaciones con la Comunidad de la División de Ambiente de ACP. Con el equipo de ACP se discutió la metodología a utilizar y se revisó el contenido de las tres presentaciones elaboradas por CATHALAC para el proceso de inducción de los conceptos básicos sobre clima, variabilidad climática, amenaza, vulnerabilidad y cambio climático. Para cada taller se imprimió un ejemplar de cada presentación y se entregó en los lugares visitados. En el **Anexo IV**, se incluye dicho material que fue utilizado en el último taller realizado en El Cacao el 25/08/11. Es importante señalar, que se recibió acompañamiento por parte del equipo de ACP en todos los talleres realizados.

Entre el 11 de agosto y el 09 de septiembre de 2011, se llevaron a cabo seis talleres de trabajo, los cuales se celebraron en las comunidades siguientes del sector Oeste de la Cuenca: (a) Taller en las 4S, El Lirio 11/08/11; (b) Hules Tinajones y Caño Quebrado, en La Chorrera el 16/08/11; (c) Tramo alto Cirí Grande, el 17/08/11; (d) Tramo Medio Bajo Cirí Grande, Los Faldares 25/08/11 y (e) Tramo Media Bajo de Trinidad, El Cacao 26/08/11; y el último en la región del Corredor Transistmico del Pacífico (f) todos los tramos de las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo.

En los seis talleres realizados se logró capacitar en conceptos básicos sobre tiempo, clima, amenazas, vulnerabilidad y cambio climático a 155 miembros de los Comités Locales, de los cuales 85 son del sexo masculino y 70 del femenino. Los términos de referencia establecían la meta de 5 talleres y la capacitación de 150 miembros de los Comités.

A continuación se describen las actividades desarrolladas en este contexto:

- I. **Actividad Realizada:** Taller de intercambio con Comité Locales de la Región Oeste de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.
- II. **Consultoría:** Servicios de evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas humanos naturales de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Licitación número 111882.
- III. **Objetivo del taller:**
 - Ofrecer a los miembros de los comités locales de la Región Oeste de la CHCP la oportunidad de conocer aspectos conceptuales básicos sobre el tiempo, clima y los sistemas climáticos así como de la sesión de inducción a la gestión de riesgo y cambio climático.

- Elaborar un mapa de acuerdo a los riesgos que se presentan en la región Oeste de la Cuenca. Recolectar historias de eventos ocurrido dentro de la Cuenca y ubicarlas en el mapa.

IV. **Coordinación Técnica:** ACP/CATHALAC/PRYSMA

V. **Programa General desarrollado para cada taller de capacitación**

- Bienvenida y Presentación de Equipo de trabajo
- Presentación de Participantes
- Introducción a los conceptos tiempo y clima y a los sistemas climático- CATHALAC
- Sesión de preguntas
- Inducción a la gestión de riesgos y cambio climático
- Realización de taller por subcuenca
- Presentación de resultados de talleres por parte de los participantes
- Presentación de resultados del estudio que se está realizando sobre los Servicios de evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas humanos naturales de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. CATHALAC
- Conclusión
- Agradecimiento y clausura.

VI. **Metodología:**

- Explicación de Conceptos Básicos
- Presentación en Power Point
- Trabajo grupales
- Elaboración de mapas
- Presentación de resultados
- Monitoreo y Evaluación

VII. **Material entregado:**

Se entregó material en formato impreso sobre las tres presentaciones referidas a los conceptos básicos sobre el tiempo, clima, el sistema climático, variabilidad climática, eventos extremos, y el enfoque utilizado para estimar la vulnerabilidad (amenaza, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación).

VIII. **Resumen General:**

En el **Cuadro 3.1**, se detallan los seis talleres de capacitación que se impartieron a los Comités Locales de la región Oeste de la Cuenca en calidad de grupo meta priorizado, en el tema de inducción en riesgo y cambio climático.

Cuadro 3.1. Resumen de los talleres de capacitación y devolución de resultados dirigidos a los Comités Locales de las subcuencas del oeste de la Cuenca.

Fecha	Lugar	Tramo/Comité local	N° de Participantes Total	Sexo	
				H	M
11 de agosto	Iglesia del Lirio Jesucristo Sana y Salva	Comité Local Generaciones Unidas Para un mejor futuro-subcuenca del Río Paja.	6	1	5
		Comité Local La Unión-subcuenca del Río Baila Monos.	5	2	3
		Comité Local Nuevo Horizonte-subcuenca del Río Cañito y Pescado.	22	11	11
16 de agosto	Casa de Los Jubilados y la Tercera Edad de La Chorrera	Comité Local Los Hules Tinajones	9	4	5
		Comité Local Caño Quebrado	10	2	8
17 de agosto	Iglesia Católica de Cirí Grande	Comité Local Nueva Amanecer Santa Teresita del Tramo Alto de Cirí Grande	22	17	5
25 de agosto	Iglesia Católica de los Faldares	Comité Local del Tramo Medio Bajo de Cirí Grande.	41	22	19
26 de agosto	Centro de Desarrollo Sostenible Ambiental (CEDESAM) - ANAM El Cacao	Comité Local Campesinos de Nueva Esperanza del Tramo Medio Bajo de Trinidad.	7	3	4
		Comité Local Nacimiento de Agua Vivas del Comité Local del Tramo Medio Bajo de Trinidad.	16	14	2
9 de septiembre	Junta Comunal de Alcalde Díaz	Comité Local -subcuenca del Río Chilibre y Subcuenca del río Chilibrillo	17	9	8
TOTAL			155	85	70

Fuente: ACP, División de Ambiente, 2011.

3.3.1 Información recopilada en los talleres de inducción y consulta sobre riesgos identificados en las subcuencas en la Región Oeste de la Cuenca

- Inundación
- Derrumbes
- Vientos Fuertes
- Contaminación
- Erosión – Sedimentación

- Deforestación
- Sequías
- Incendios

En el **Cuadro 3.2**, se describe la información preparada por los propios participantes en los seis talleres realizados. Esta información representa la memoria de los habitantes de las subcuencas que participaron en dichos talleres. En algunos casos se observó que no había un total acuerdo (entre los participantes) en cuanto a la fecha en que ocurrieron los eventos climáticos que causaron daños en las comunidades visitadas, tanto por mucha lluvia que provocaron inundaciones y deslizamientos, como por sequía relacionadas con la pérdida de cosechas.

Durante los talleres se organizaron grupos de trabajo en función de los diferentes tramos de la Cuenca (alto, medio y bajo), en los cuales se integraron los pobladores de cada tramo. A los grupos se les dieron instrucciones sobre el ejercicio a realizar y se les entregaron mapas de las subcuencas a escala 1:10,000 facilitados por la ACP, así como, marcadores para representar a través de símbolos los riesgos existentes. En cada grupo se nombró un relator, el cual debía describir los diferentes tipos de riesgos, la fecha en que ocurrieron y los impactos producidos. Con base a esta información se preparó el **Cuadro 3.2**.

Cuadro 3.2. Riesgos identificados por los participantes en los talleres en la Región Oeste de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

Riesgos	Lugar	Año	Observación
1. Sub cuenca río Baila Mono			
Incendio:			Evento que ocurre anualmente
1. Subcuenca Cañito			
Contaminación por Basura latas, vidrio, plástico, sacos			En nuestra comunidad hemos tenido un problema que los visitantes han tomado la cabecera del río Cañito para botar basura.
Deslizamiento	-El Muelle, en el área del Cerro Cañito	-Desde hace 50 a 60 años.	En el área del Muelle de Cañito durante la estación lluviosa.
El cerro Cañito también han sacado tosca, y ocurren incendios		-Todos los años	
1. Subcuenca Pescado			

Contaminación por basura			La mayoría de las basura que tiran a la orilla de la carretera y a los lados de los puentes son personas que no viven aquí y entran en carros, muchas veces en las noches.
2. Subcuenca Los Hules Tinajones			
Inundaciones	-El calvario camino el cruce a las Pavas - Cinco años atrás una vivienda cerca del vado se afecto por inundaciones.	-Año 1976 -AÑO 2006	- Dos familias fueron afectadas: Antonio Mendoza y Dámaso Yangüés - En el vado de Tinajones Arriba, con las crecidas del río la comunidad queda totalmente aislada, Incomunicada.
Contaminación del río Tinajones	-Divisa Las Mendoza		Por actividad porcina, avícola y cultivo de piña y ganadería
Erosión	-Comunidad de Tinajones Arriba.		Afectada el camino y llega sedimentos al región en la comunidad de Tinajones Arriba
Deslizamiento	-La Loma de Cerro Cama	2010	
Caídas de Puentes		2010	El puente se desbordo y la Comunidad quedo incomunicada y una casa quedo a nivel del piso. Casa en riesgo: Israel Morán.
2. Sub cuenca Caño Quebrado			
Contaminación	- Río Caño - Quebrada de Zanguenga, Río Conguito, La Represa		-Por basura. - Porquerizas Contaminación de agroquímicos. lado de la represa se puede observar que va todo el químico
Caída de puentes			-El puente el Cutarro se cayó. - Construcción del puente en el Jobo.
Deslizamientos Sedimentos	-Río Caño Quebrado Altos de Empavé Las Mendozas	-2009	-Río Caño Quebrado: derrumbe, deslizamiento ocurrido en el 2009 el 3 de noviembre a las 9.00 pm - Debido al cultivo de piña
Deforestación	-Las Mendozas Río Coquito, Peligro, Mendoza, Espavé, Zanguengas, Las Yayas, Corozales. -La Represa		-Área reforestada donde el Señor Aquilino Ayarza. -Represa: deforestación por una maquinaria y luego fue reforestado por el club rotario el 7 de agosto con el objetivo de construir un centro de recreación pero como violaba la ley se detuvo.
Fuertes vientos	-Las Mendoza - Esparvé y Las Yayas		- Dos familias afectadas por el tornado. -Por los lados de Esparvé y Las Yayas se registró un tornadito.
Inundaciones	-Puente Quebrada Chico todo el tiempo Quebrada las Camareñas Quebrada Arriba.		-Caño Quebrado, Peligro y afectarían a todas la comunidad 60 familias. - Incomunicados: Caño Quebrado, Peligro y Pueblo Nuevo.
3. Subcuenca Cirí Grande			

Deslizamientos	-La Negrita	-2006 y 2010	-Cinco familias afectadas, se trasladaron, 4 familias que quedaron en el lugar. Anteriormente en 1970 hubo un derrumbe de casi 30 metro. (Familia Virgilio Gil)
Inundaciones	-La Negrita	-2006	Afectada una familia. Que fue trasladada, hubo daños en los acueductos rurales, incomunicación de los caminos.
		-2010	-Incomunicación: Cuando hay crecidas del río Ciri quedan todos incomunicados (2006 y 2010). Agustín González – Inundación
	-Circito Abajo	-1970 y 2006	Familia Sánchez y Cesar- fueron reubicadas. El río Ciri Grande se salió de su cauce. 1970 y 2006 5 familias 4 reubicadas
Sequías	-La Negrita	-1996	Fenómeno del niño, mermo la producción al 50 % 6 meses apoyo del despacho de la primera Dama.
Contaminación por Agroquímicos	-La Negrita, río en la Gloria, Bajo Bonito Centro.		Todas las comunidades están en riesgo por contaminación de herbicidas. Basuras en el río
4. Tramo Medio y Bajo de Ciri Grande			
Sequía		-1976	En el 1976 .Hubo una sequía general de 5 meses.
		-1997	En 1997 Fue el año de la sequia del fenómeno del niño afectando las áreas de producción ganadera de agua potable y de la naturaleza
Deslizamientos	-Los Cañones	-2010	Derrumbe de tierra hacia la carrera que conduce Cañones – Humildad
	-Los Faldares	-2010	-En el 2010 la loma antes de llegar a los Faldares se derrumbó y quedaron incomunicados y un poco más abajo se la calle se registraron caídas árboles y no se sabe si por debajo se esté derrumbando.
Inundaciones	-Comunidad de Faldares	-1973	- El Señor Constantino de “Caminge” relata la inundación de ese año que la crecida del río destruyó cercas de alambres y causó daños agropecuarios.
		-1978	- Lluvias continuas con daño en áreas de cultivo en varias comunidades. Blancas, pérdidas de la construcción del puente vehicular de Arena Blanca, la casa del Sr. Balbino Domínguez. Pérdida en el hogar y el Señor Edwin Martínez pérdida de hogar con la producción completa y el Julio Martínez, pérdida en el hogar en los Chorros, el Señor Ernesto, Gregorio “, así como en la escuela, la iglesia y afectó el puente dejando la comunidad incomunicada.

Inundaciones	-Cirí Grande	- 2003	-Todos los puentes colgantes se fueron con esta inundación. Esa vez llovió por casi 24 horas.
	- Las comunidades de Arena Blancas.	-2003	-En Cirí de los Sotos el río Cirí con la crecida del río inundó la casa de la Señora Marcelina Rivas, Orlando Castillo, Amelio Rivas, Florentino Torres, Segundo Hernández, Francisca Rodríguez, Teófilo Rodríguez, Eugenio Rodríguez "Padre" Dionisio Martínez, Reynaldo Sotos, Edwin Soto, pérdida material y de los hogares y producción agrícola.
	- Cirí Grande, Teria Río Indio	-2010	Inundación en la escuela de la Bonga se inundó había cría de pollos.
	-Cirí de los Sotos el río Cirí	-2005	1995. Creciente Grande _ Arena Blanca y desapareció el Señor Rodolfo Martínez.
	- Escuela de la Bonga	-2005	-Chorros. 23 de Noviembre. 2005 inundación e incomunicación (El río se llevó el puente, casas) escuelas iglesias etc.
	-Los Chorros -Los Cañones; Quebrada la Onda	-2010	Mes de octubre, noviembre 2010, varias horas tanto por chas veces la quebrada la onda se inundaba y se mantenía incomunicada por varias horas tanto al transporte, personas, e hacia etc.
	-Los Cañones; Quebrada que se dirige hacia la Tagua	-2010	El 31 de junio 2010 inundación y incomunicación en la quebrada que se dirige hacia la tagua, caídas de árboles y llevadas de gallinas,
4. CL T MB T Comité Local Tramo Medio Bajo			
Deforestación	-La Florida	-2000 al 2003	Aproximadamente 40 hectáreas Contaminación: Agroquímicos (Palmitos Panamá) y en los potreros de otros propietarios y quema de los mismos y amenazas de un derrumbe a la orilla del río
Quema	-Nueva Arenosa	-Cada año	Quema de potreros
	-La Florida	2010	Dañó un puente peatonal y inundó 2 viviendas con una pérdida de 10 gallinas, 4 chivos, 3 cerdos la caída del puente incomunicó a 25 personas. - Casas y fincas inundadas. Lorena Esquisio, Roberto Alonso Contreras
	-Nueva Arenosa	1989 y,2000y 2010	- Inundación y destrucción de un puente peatonal el año 1989 y 2000 aproximado. Inundaciones de viviendas año 2010. Casa del Señor Antonio Velásquez, Lázaron Chirú, Evangelisto B.
	-El Caño. La Jaliza	1983	Año 1983 casas inundadas. Sebastián R. Victoria Mariscal y familia. La Conga incomunicación Se necesita un puente sobre el río, camino a la Conga

		2010	Inundación de iglesia y derrumbes de puentes en el año 2010. La Humildad y Bejuco, incomunicación y contaminación con agroquímicos, quemas y deforestación
5. Tramos o Alto de Trinidad			
Deslizamiento	-El Chileno. -Trinidad Arriba -Altamira	Junio 2011 2010	Derrumbe en los caminos en 1989 en mal estado, río cacaíto no hay puente en el río Chileno para los niños en la escuela. Se dan derrumbes en varias partes de la comunidad en épocas de lluvias. Derrumbes, incomunicación, contaminación año diciembre 2010. El Jagua.
Contaminación por Agroquímicos	- El Cacao		Agroquímicos en el aire. Insecticidas en los potreros. Pedro Muñoz, Armadio Estribí. Contaminación por los desechos de basura.
Inundación	-Comunidad Trinidad Arriba -El Cacao -Comunidad de Vista Alegre Capiarra:	1989 1989 1989 y 2010	-Afectando la vivienda del Señor Esteban Herrera. -Comunidad Trinidad Arriba. Falta de puente sobre el río Trinidad hacia el Chileno, falta de vías de comunicación, se dan derrumbes en varias partes de la comunidad en épocas de lluvia. Ocurrieron inundaciones el 30 de septiembre de 1989 afectando la vivienda del Señor Albertino Bellido. -Incomunicación por la crecida de los ríos y Trinidad y Cacao y ultimadamente cuando la luz se va. - Incomunicación por puentes en el río y carreteras 2010 se llevó 3 casas. Incomunicación en 1989, se llevo puentes colgantes. En 2010 se llevo plantaciones de maderas
Deforestación	-El Cacaíto	1974 y 2010	Tumbar árboles para pasturas.
Contaminación	-Yerba Buena -Cauchal		- Contaminación por la fumigación en los pastos: Pedro Muñoz. - Contaminación por Agroquímicos -Contaminación: Por basura y ganaderos le dan un mal uso a los químicos.
Deslizamiento	-El Cauce, Cerro Trinidad -Cruce - Los Raudales	 -1989 y 2010.	-En el alto del Cerro Trinidad Hubo un derrumbe de la carretera 30 metros después del teléfono 150 metros después se derrumbó la carretera de la finca la Esmeralda. -En la Comunidad del Cruce hubo derrumbes de la tierra en la casa del Señor Reinaldo Meneses. - Deslizamiento de tierra 1989 y 2010.

	-Cauchal -Limonos Raudal	-2010	- Derrumbes de Tierras a hacia Trinidad Las Minas, y el Camino que va hacia Aguacate arriba. - Limones Raudal. Año 2010, el 8 de diciembre se registraron derrumbes.
Incendios Forestales	-Cauchal		Incendios forestales y monte por quema de pastos
5. 1. Aguacate Arriba			
Inundación	Aguacate Arriba	- 2011 -2008 -20101	-2011. Se inundó la casa de Porfirio Gómez producto de las constantes lluvias. - Año 2008: La quebrada de Aguacate se pasó por el Centro de la escuela Aguacate Arriba. -Fincas deterioradas por inundaciones propiedad de la Señora Veridiona Herrera, Gandioso Martínez y Reynaldo Meneses. - Con la crecida de la quebrada de Aguacate, al final en la desembocadura, hacia el río Trinidad por falta de un puente. Con la crecida de la quebrada de Aguacate, al final en la desembocadura, hacia el río Trinidad por falta de un puente, murieron 2 señores ahogados arrastrados por la corrientes.
Deforestación	Aguacate Arriba	-2009	-2009 Se deforestó varios cerca de la quebrada de Aguacate Arriba (Parte de arriba) afectando el vado de la quebrada.
Contaminación	Aguacate Arriba	-2011	-Se fumigo con agroquímicos cerca de la quebrada de Trinidad de El Cerro y Aguacate Arriba, Terrenos Propiedad de los Señores; Luis DE Gracia y Sabá Olmedo respectivamente. - Se fumigo con químico cerca de un nacimiento de agua, que vierte hacia la quebrada de Aguacate terrenos propiedad del Señor Tomás Sánchez.
6. Subcuenca Tramo Alto del río Chilibrillo			
Deslizamiento	Cabima Sector 5,	1997 y en el 2008	
Inundación	Santa Teresa, Ciudad Bolívar, La Cabima,		
Contaminación por aguas residuales (aguas negras)	Santa Teresa, Ciudad Bolívar		Esto ocurre normalmente cuando llueve mucho
6. Subcuenca Tramo Medio del río Chilibrillo.			
Inundación	Áreas Inundables La Albinas		Se observa muchas basuras.
Deslizamiento	San Antonio, Nuevo México, Guarumal, Caimitillo Centro		Área donde está la empresa Cemex
6. Subcuenca Tramo Baja del río Chilibrillo			
Inundación	Moja Pollo	diciembre 2010	

Deslizamientos	En la Transístmica		Los cortes han debilitado la pendientes
Contaminación por aguas residuales (aguas negras)	Villa Cáceres, San Pablo, San José		
6. Subcuenca Tramo Alto del río Chilibre			
Deslizamiento	Villa Cáceres Sector 4 y 5		
Contaminación aguas residuales	La Esperanza, Villa Cáceres, San Pablo, San José		
Inundación	Villa Nueva		Las personas construyen cerca de los ríos
6. Subcuenca Tramo Medio del río Chilibre			
Contaminación por Industrias	Don Bosco, Ñajú		En este tramo existen las industrias como asfalteras, canteras, cementera, Tropigas, Panagas
6. Subcuenca Tramo Bajo del río Chilibre.			
Inundaciones	Chilibre, Las Vegas, Llano verde	2010	

Fuente: CATHALAC, 2011.

3.3.2 Descripción de los talleres de inducción y devolución de resultados

i. Taller de intercambio con el Comité Local Generaciones Unidas para un mejor futuro-subcuenca del Río Paja, Comité Local La Unión-subcuenca del Río Baila Monos y Comité Local Nuevo Horizonte-subcuenca del Río Cañito y Pescado

Este taller se celebró el 11 de agosto de 2011 en la Iglesia del Lirio “Jesucristo Sana y Salva, con la asistencia de 33 participantes de las cuatro subcuencas indicadas. En el **Cuadro 3.3**, se lista el nombre de los participantes y su lugar de procedencia. Se incluyen algunas fotografías que captan diferentes momentos durante la realización del taller en El Lirio con la participación de miembros de los Comités Locales de las subcuencas 4S.

Cuadro 3.3. Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados celebrado en El Lirio y dirigido a los miembros de los Comités Locales de las 4 S.

NOMBRE	PROCEDENCIA	
Dominga Veces	El Lirio	
Eusebio Toribio	El Chichical	
Liliana Mendoza	El Chichical	
Isidra de Aizpurúa	El Lirio	
Marta Morán	La Unión	
Carolina Rodríguez	Comité La Unión	
Lidia Gómez	C. B. Mono	
Norbeto Andrade	C. B. Mono	

Quelbio Rodríguez	El Chichical
Angel Berbal	Baila Mono
Isaías Rangel	Nuevo Horizonte
María Sánchez	Río Paja
Alejandro Hernández	Río Paja
Hercilia Rodríguez	El Lirio
Yariela Pérez	Nuevo Horizonte
Leyris Ureña	Nuevo Horizonte
Selzo Ureña	El Lirio Nuevo Horizonte
Celco Villarreal	El Cañito
Rosa Reyes	El Lirio
Angel Rodríguez	El Lirio
Mitzia Rodríguez	El Lirio
Isabel de Caño	El Lirio
Alixenia Ruete	El Lirio
Edilma Castillo	El Cañito
Susana Rangel	El Cañito
Mónica Sánchez	El Cañito
Bernardo Flores	El Lirio
Azael Salazar	El Lirio
Rosmary Hernández	El Lirio
Rosa Rivera	El Lirio
Eric Sánchez	El Lirio
Cesar Araúz	El Arado



Fuente: CATHALAC, 2011.

Para cada uno de los talleres realizados se preparó y se entregó material en formato impreso sobre las tres presentaciones referidas a los conceptos básicos sobre el tiempo, clima, el sistema climático, variabilidad climática, eventos extremos, y el enfoque utilizado para estimar la vulnerabilidad.

En la **Figura 3.1**, se presenta parte del material técnico preparado para el taller de devolución de los resultados para la subcuencas de las 4S. En la parte superior se presenta la distribución de la precipitación para la estación seca y lluviosa referida al periodo de estudio 1971-2010, y en la parte inferior se muestra la susceptibilidad a inundaciones y a deslizamientos para dichas subcuencas.

Esta información fue clave para que los pobladores de estas subcuencas conocieran mejor la distribución espacial y temporal de las lluvias durante la estación relativamente seca y la

lluviosa. También se les brindó información sobre las amenazas por sequías, inundaciones y deslizamientos.

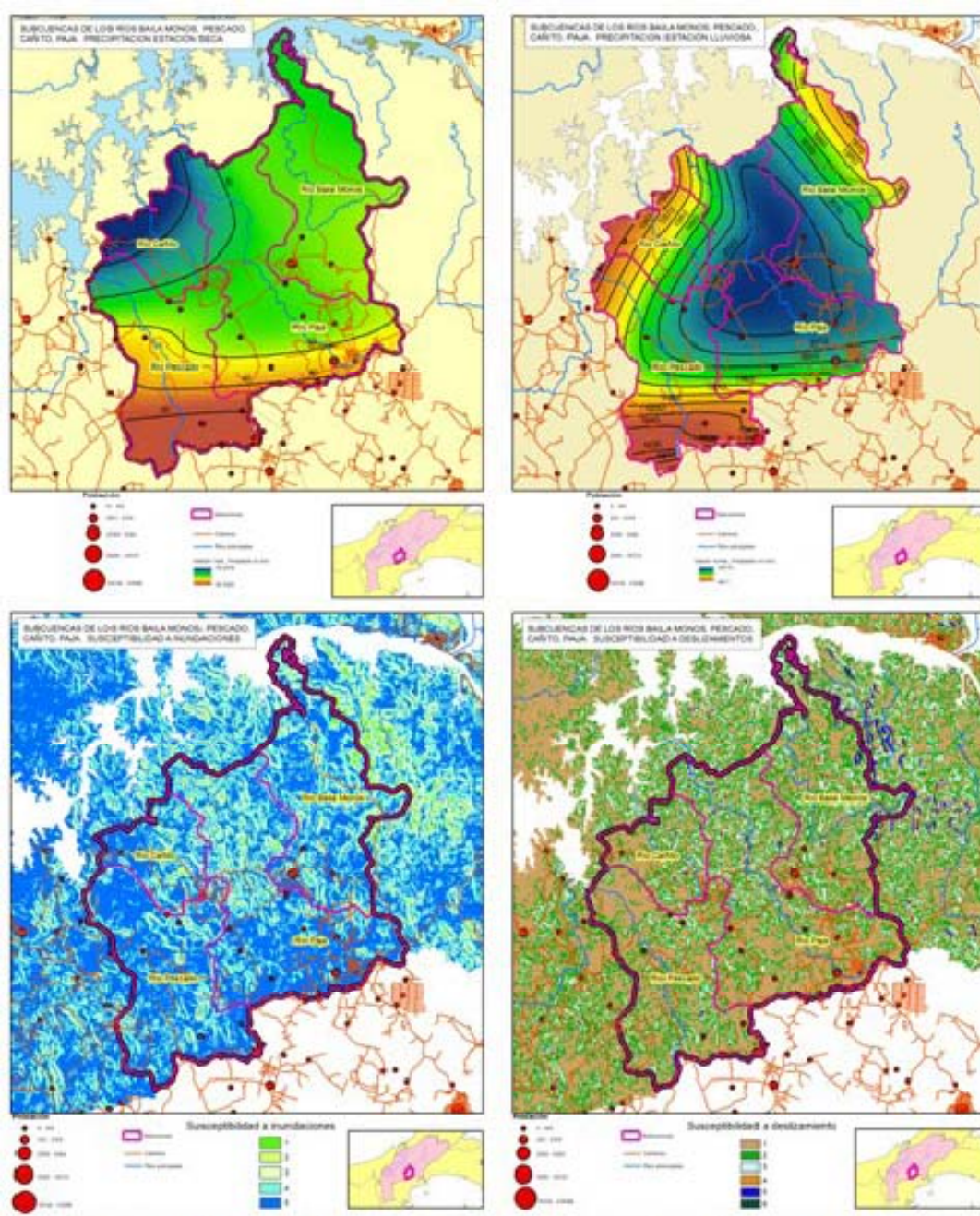


Figura 3.1. Material preparado para la devolución de resultados en el Taller de las subcuencas 4s. El panel superior muestra la distribución de la precipitación para la estación seca (izquierda) y la lluviosa (derecha), en el panel inferior se presenta la susceptibilidad a inundaciones (izquierda) y a deslizamientos (derecha). Fuente: CATHALAC, 2011.

ii. Taller de intercambio con los Comités Locales de Hules Tinajones y Caño Quebrado

El segundo taller se celebró el 16 de agosto de 2011 en la Casa de Los Jubilados y la Tercera Edad de La Chorrera, con la asistencia de 19 participantes de las subcuencas indicadas.

En el **Cuadro 3.4**, se lista el nombre de los participantes y su lugar de procedencia. También se incluyen algunas fotografías que ilustran la participación de los miembros de los Comités Locales de las subcuencas Hules Tinajones y Caño Quebrado.

Cuadro 3.4. Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados celebrado en La Chorrera para los miembros de los Comités Locales indicados.

NOMBRE	PROCEDENCIA	
Claudia Perez	Los Hules	
Alonso Del Cid	Cerro Cama	
Margarita Batista	El Peligro	
Castalia Negradi	La Represa	
Ruth Ayala de Pinto	La Mendoza	
Aquilino Ayarza	La Mendoza	
Eligio Alveo	La Mendoza	
María Padilla	Los Hules	
Elizabeth Alveo	Las Mendoza	
Cristobalina Cerrión	Local	
Daniel Valdez	Los Huele	
Dalila Rodríguez	Los Hules	
Milka de Torres	Caño Quebrado	
Felicita Bolívar	Caño Quebrad	

Fuente: CATHALAC, 2011.

iii. Taller de intercambio con el Comité Local Nueva Amanecer Santa Teresita del Tramo Alto de Cirí Grande

El tercer taller se celebró el 17 de agosto de 2011 en la Iglesia Católica de Cirí Grande, con la asistencia de 22 participantes de las subcuencas indicadas. En el **Cuadro 3.5**, se lista el nombre de los participantes y su lugar de procedencia. También se presentan algunas fotografías que captan diferentes momentos durante la realización del taller en Cirí Grande, con la participación de miembros de los Comités Locales de las subcuencas 4S.

Cuadro 3.5. Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados celebrado en el Tramo Alto de Cirí Grande para los miembros de los Comités Locales indicados.

NOMBRE	PROCEDENCIA	
Ambrosio Rodríguez	Cirí Grande	
Enrique Martínez	Peñas Blancas	
Pedro Martínez	Peña Blanca	
Santuario Reyes	Peña Blanca	
Juanita Sánchez	Peña Blanca	
Jerónimo Rodríguez	Cirí Grande	
Simón Martínez	Peña Blanca	
Pedro Rodríguez	Cirí Grande	
Paulino Mariscal	Marganao	
Julia Soto	Marganao	
Alcibíades Rodríguez	Cirí Grande	
Florentino Gil	Cirí Grande	
Emigdio Gonzalez	Cirí Grande	
José Velázquez	Cirí Grande	
Confeso Neorci	Cirí Grande	
Adelia Chirú	Cirí Grande	
Maribel Martínez	Cirí Grande	
Atanasio Sánchez	Bajo Bonito	
Simón Martínez	La Negrita	
Isidro Morán	Cirí Grande	
María Elis de Juárez	Cirí Grande	
Amparo Vega	Marganao	

Fuente: CATHALAC, 2011.

iv. Taller de intercambio con el Comité Local del Tramo Medio Bajo de Cirí Grande

El cuarto taller se realizó el 25 de agosto de 2011 en la Iglesia Católica de Cirí Grande, con la asistencia de 41 participantes de las subcuencas indicadas. En el **Cuadro 3.6**, se lista el nombre de los participantes y su lugar de procedencia, así como algunas fotografías con el propósito de ilustrar la participación de los miembros de las comunidades participantes.

Cuadro 3.6. Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados, celebrado en el Tramo Medio Bajo de Cirí Grande para los miembros de este Comité Local.

NOMBRE	PROCEDENCIA	
Carmen Chiri	Las Petras	
Gesilu de Acevedo	Las Petras	
Roberto Reyes	Los Faldares	
José Morán	Arenas Blancas	
Sarita Martínez	Bonga Centro	
Astemía Cárdenas	Bonga Centro	
Ramón Alonso	Bonga Centro	
Melquiades Jaén	Arenas Blancas	
Teófilo Medina	Faldares	
Clemente Martínez	Bonga Centro	
Moisés Flores	Los Faldares	
Cristóbal Gutiérrez	Los Faldares	
Marcos Vargas	La Onda Arriba	
Freide González	Los Cañones	
Gertrudis Sánchez	Los Faldares	
Idalaurio Cruz	Los Faldares	
Marcelino Marciaga	Los Cañones	
Aníbal Rivera	Los Cañones	
Ricardo Martínez	Bonga Centro	
Abdiel Domínguez	Los Faldares	
Paulina Medina	Los Faldares	
Francisco Benítez	Los Chorros	
Edgardo Hernández	Cirí de los Soto	
Pastor Perez	Cirí de los Soto	
Asunción Albarca	Nuevo Progreso	
Estendencia Alveo	Cirí de los Soto	
Marcelina Ríos	Cirí de los Soto	
María Soto	Cirí de los Soto	
Noriel Soto	Cirí de los Soto	
Gladis e Rodríguez	Cirí de los Soto	
Lyseth Hernández	Cirí de lo Soto	
Enoch Rodríguez	Cirí de los Soto	

Humberto Soto	Cirí de los Soto	
Alejandra Margallón	Dos Aguas	
Teofilo Rodríguez	Cirí de los Soto	
Petra Navarro	La Onda Arriba	
Pedro Frías	Los Faldares	
Luzmina Domínguez	Los Faldares	
Mara de Saavedra	La Onda Arriba	
Melin Sánchez	Los Faldares	
Pascual Sánchez	Las Layas	

Fuente: CATHALAC, 2011.

En la **Figura 3.2**, se presentan algunos resultados que estaban disponibles para en agosto/11, fecha en que se realizó el taller en los tramos alto y medio-bajo de Cirí Grande. En la columna de la izquierda, se ilustran los mapas de amenazas por inundación para el periodo 1971-2010, para el evento extremo del año 2010 y el de amenaza por sequía para todo el periodo de estudio.

Estos resultados se compararon con los mapas de amenazas, pero a nivel de las subcuencas de Cirí Grande y Trinidad, con el objetivo de que los participantes observarán las diferencias y particularidades de la distribución espacial de las amenazas a nivel de la Cuencas y de las subcuencas indicadas. Esta información fue clave para explicar el concepto de la amenaza climática y la dinámica de su distribución en la Cuenca.

v. Taller de intercambio con el Comités Locales de Campesinos de Nueva Esperanza y del Tramo Medio Bajo de Trinidad

El quinto taller se realizó el 26 de agosto de 2011 en El Cacao, en el edificio del Centro de Desarrollo Sostenible Ambiental de la ANAM, con la asistencia de 23 participantes de las subcuencas indicadas.

En el **Cuadro 3.7**, se lista el nombre de los participantes y su lugar de procedencia. También se han incluido algunas fotografías que documentan el desarrollo del taller, con la participación de los miembros de los Comités Locales invitados.

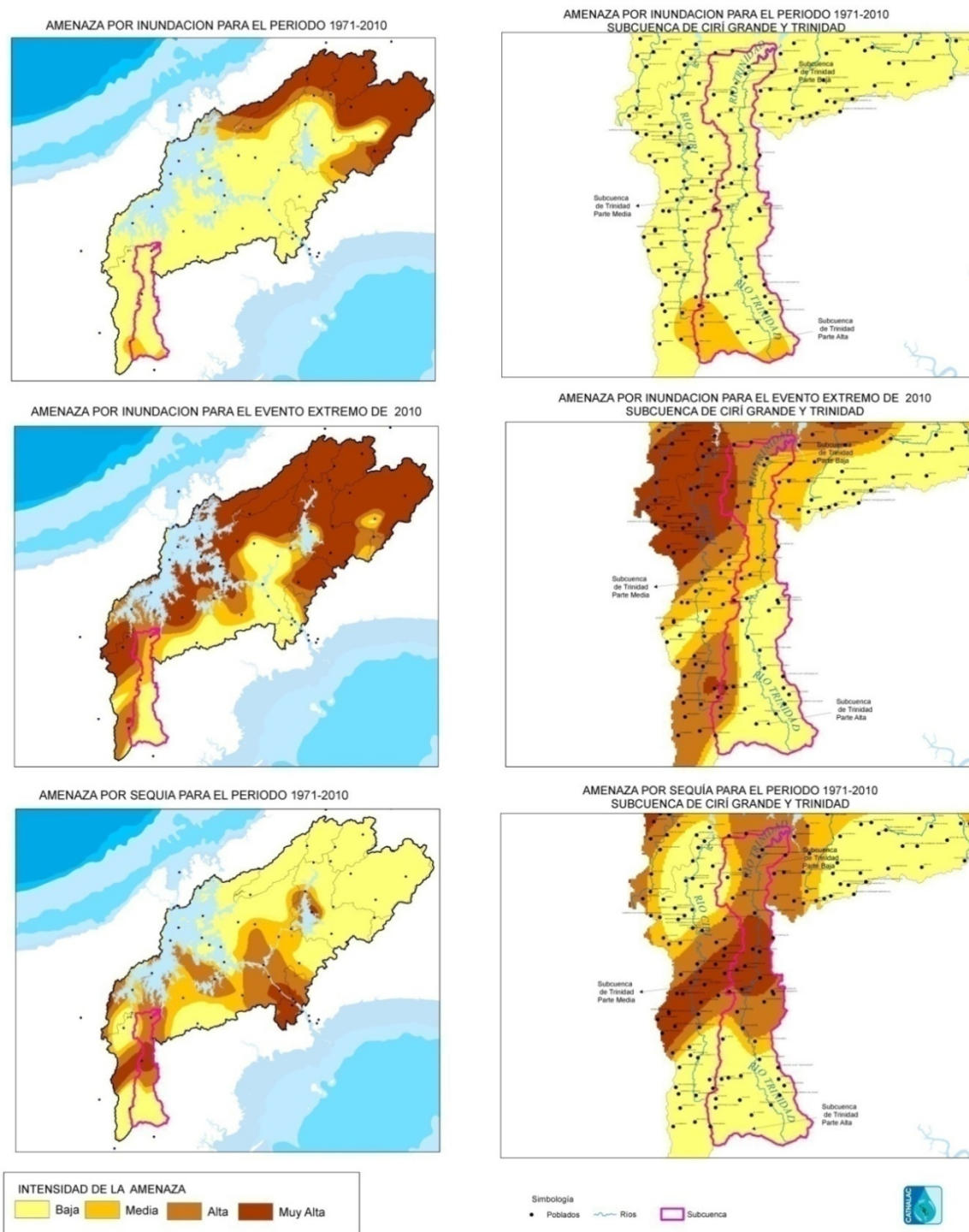
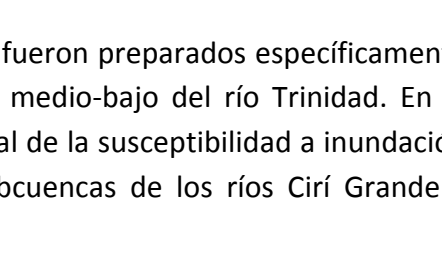


Figura 3.2. Material preparado para la devolución de resultados en el Taller de las subcuencas Cirí Grande y Trinidad. En la columna izquierda se muestra a nivel de la Cuenca la amenaza climática por inundación y sequía, en la columna izquierda la amenaza a nivel de las subcuencas indicadas. Fuente: CATHALAC, 2011.

Cuadro 3.7. Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados, celebrado en el Tramo Medio Bajo de Trinidad.

NOMBRE	PROCEDENCIA	
Porfirio Gómez	C. L. Aguacate Arriba	
Enidia Alveo	T de las Minas	
María Rodríguez	Vista Alegre	
Miguel Benítez	T de las Minas	
José Emilio Rodríguez	T de las Minas	
Euribiadez Pimentel	La Negrita	
Joaquín Reyes	T alto Trinidad	
Rito Mendoza	El Cruce	
Reinaldo Meneses	El Cruce	
Confucio Rodríguez	Limón	
Donato Gil	El Cacao	
Rodrigo Acosta	Aguacate	
Juan Martínez	El Jagua	
Luisa Medina	Altamiragas	
Rosa Ovalle	Altamira	
Anel Mariscal	Trinidad de las Minas	
Miguel Rua	Vista Alegre	
Emiliano Vargas	Los Raudales	
Domingo Herrera	El Chileno	
Vianal Herrera Ovalle	El Chileno	
Francisco Martínez	El Jagua	
José Ángel Benítez	Trinidad L.	
Ezequiel Reyes	Trinidad L.	
Pedro Moreno	La Layita	
Victorino Morán	La Florida	
Emigdia Alveo	La Florida	
Faustino Rivera	El Limón	
Tomasa Morán	La Florida	
Jacinta Velásquez	La Florida	
Saturnina Rodríguez	Nueva Arenosa	

Fuente: CATHALAC, 2011.

En la **Figura 3.3**, se presentan algunos resultados que fueron preparados específicamente como material de trabajo para el taller en el tramo medio-bajo del río Trinidad. En la ilustración siguiente se presenta la distribución espacial de la susceptibilidad a inundación (izquierda) y a deslizamientos (derecha) para las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad.

Esta información fue útil para que los participantes conocieran mejor los niveles de susceptibilidad de las subcuencas que habitan; así como para comprobar, sí los sitios identificados a través de la metodología utilizada para el cálculo de dicha susceptibilidad, coincidían con los lugares donde frecuentemente han ocurrido inundaciones y deslizamientos; esta actividad se constató satisfactoriamente.

SUBCUENCAS DE LOS RIOS CIRÍ GRANDE Y TRINIDAD

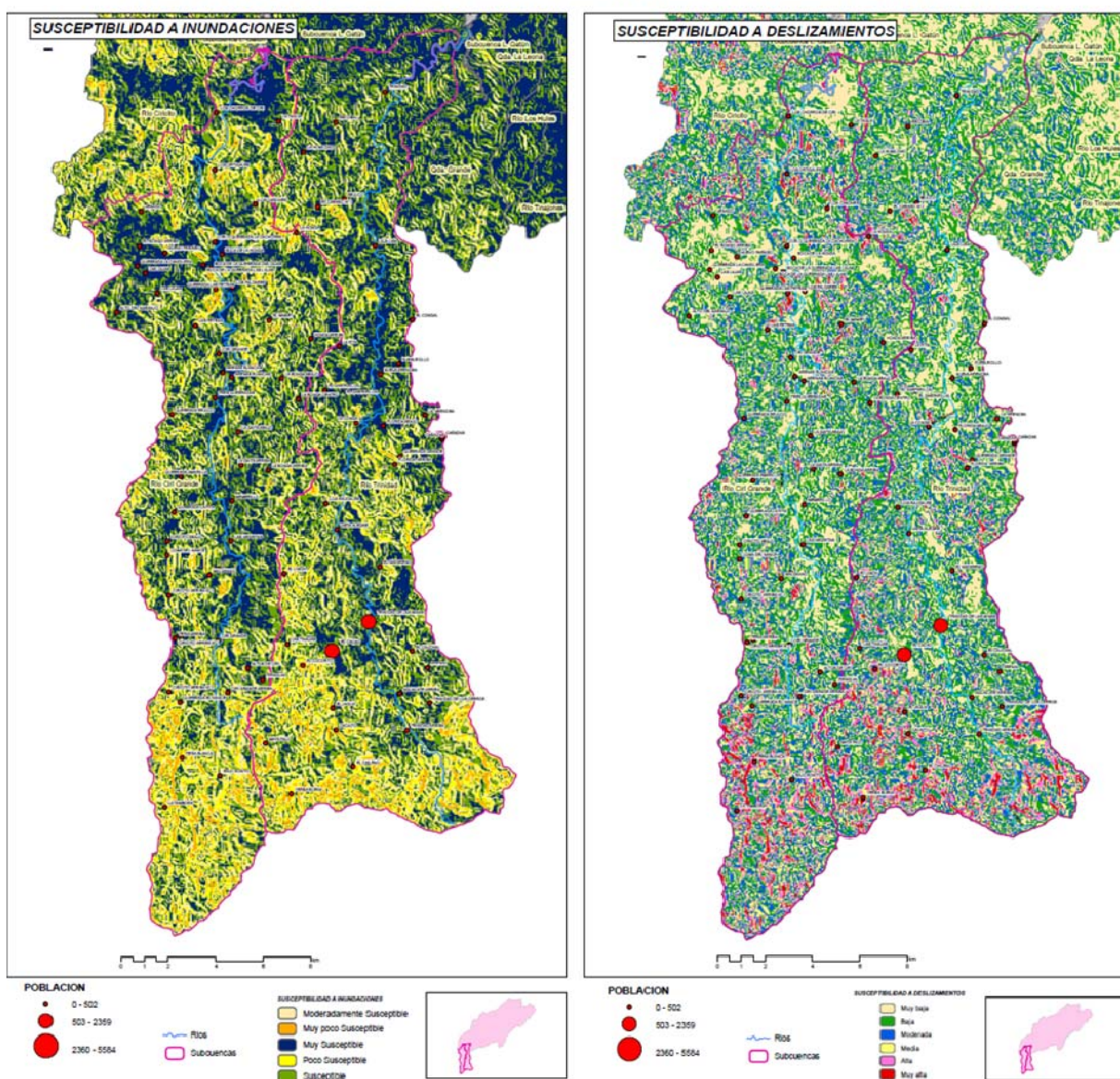
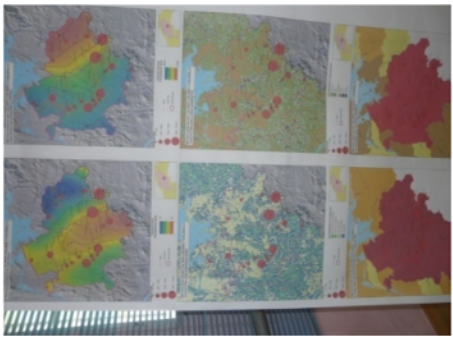


Figura 3.3. Material de trabajo para el taller de devolución de resultados en el tramo Medio-Bajo del río Trinidad. A la derecha se muestra la distribución espacial de la susceptibilidad a inundaciones y a la izquierda, la susceptibilidad a deslizamientos. Fuente: CATHALAC, 2011.

vi. Taller de intercambio con el Comités Locales de Campesinos de las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo

El sexto taller se realizó el 09 de septiembre de 2011 en la Junta Comunal de Alcalde Díaz, con la asistencia de 17 participantes de las subcuencas indicadas. En el **Cuadro 3.8**, se lista el nombre de los participantes y su lugar de procedencia. También se han incluido algunas fotografías que documentan el desarrollo del taller, con la participación de los miembros de los Comités Locales invitados.

Cuadro 3.8. Lista de participantes al Taller de inducción y devolución de resultados, celebrado con los Comités Locales de Chilibre y Chilibrillo.

NOMBRE	PROCEDENCIA	
Abel A. Vega S.	CL.Tramo Alto Chilibrillo	
Miguel Gómez	CL Tramo Alto Chilibrillo	
Julio Ochoa	CL.Tramo Bajo	
Reyniev Gómez	CI Tramo Alto. Chilibrillo	
Carolina Mendoza	CI Tramo Alto. Chilibrillo	
Ignacio Ochoa	CL Tramo Chilibrillo	
Vara Fong Chú	Comunidad y Pastor Social	
Gregoria Duarte C.	Organización	
Querube E. Savegre V	C.L. Alto Chilibrillo	
Benita A. Quirós de M.	VIVECH	
Guadalupe Ruíz	VIVECH	
Susana Madrid de Montero	C.L. Tramo Alto Chilibre	
Bartolo Herrera G.	C.L. Tramo Alto Chilibre	
Marisenia Sánchez	C. L. Tramo Alto Chilibrillo	
Abrahán Flores	C.L Río Comunidad Chilibre	
Anavelkis Mendoza	C.L. Tramo Alto río Chilibre	
Teresa Guevara de Gracia	C.L. Tramo Medio Chilibre	

Fuente: CATHALAC, 2011.

En el **Cuadro 3.9**, se resumen los principales riesgos por inundación, deslizamientos, contaminación por aguas residuales e industriales, los cuales fueron identificados por los participantes a este sexto taller para los subcuencas indicadas.

Cuadro 3.9. Resumen de riesgos identificados para las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo.

Riesgos	Lugar	Año	Observación
Subcuenca Tramo Alto del río Chilibrillo			
Deslizamiento	Cabima Sector 5,	1997 y en el 2008	
Inundación	Santa Teresa, Ciudad Bolívar, La Cabima,		
Contaminación por aguas residuales (aguas negras)	Santa Teresa, Ciudad Bolívar		Esto ocurre normalmente cuando llueve mucho.
Subcuenca Tramo Medio del río Chilibrillo.			
Inundación	Áreas Inundables La Albinas		Se observa muchas basuras.
Deslizamiento	San Antonio, Nuevo México, Guarumal, Caimitillo Centro		Área donde está la empresa Cemex.
Subcuenca Tramo Baja del río Chilibrillo			
Inundación	Moja Pollo	diciembre 2010	
Deslizamientos	En la Transistmica		Los cortes han debilitado la pendientes
Contaminación por aguas residuales (aguas negras)	Villa Cáceres, San Pablo, San José		
Subcuenca Tramo Alto del río Chilibre			
Deslizamiento	Villa Cáceres Sector 4 y 5		
Contaminación aguas residuales	La Esperanza, Villa Cáceres, San Pablo, San José		
Inundación	Villa Nueva		Las personas construyen cerca de los ríos
Subcuenca Tramo Medio del río Chilibre			
Contaminación por Industrias	Don Bosco, Ñajú		En este tramo existen las industrias como alfarteras, canteras, cementos, Tropigas, Panagas, NABASA
Subcuenca Tramo Bajo del río Chilibre.			
Inundaciones	Chilibre, Las Vegas, Llano verde	2010	

Fuente: CATHALAC, 2011.

En la **Figura 3.4**, se presentan algunos resultados que fueron preparados específicamente como material de trabajo para el taller con los miembros de los Comités Locales de las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo. En la parte superior de la figura se presenta la distribución espacial de la lluvia para la estación seca (izquierda) y la estación lluviosa (derecha) y para el periodo 1971-2010, mientras en la parte inferior, se muestra la distribución espacial de la susceptibilidad a inundación (izquierda) y la capacidad de adaptación (derecha) para estas subcuencas.

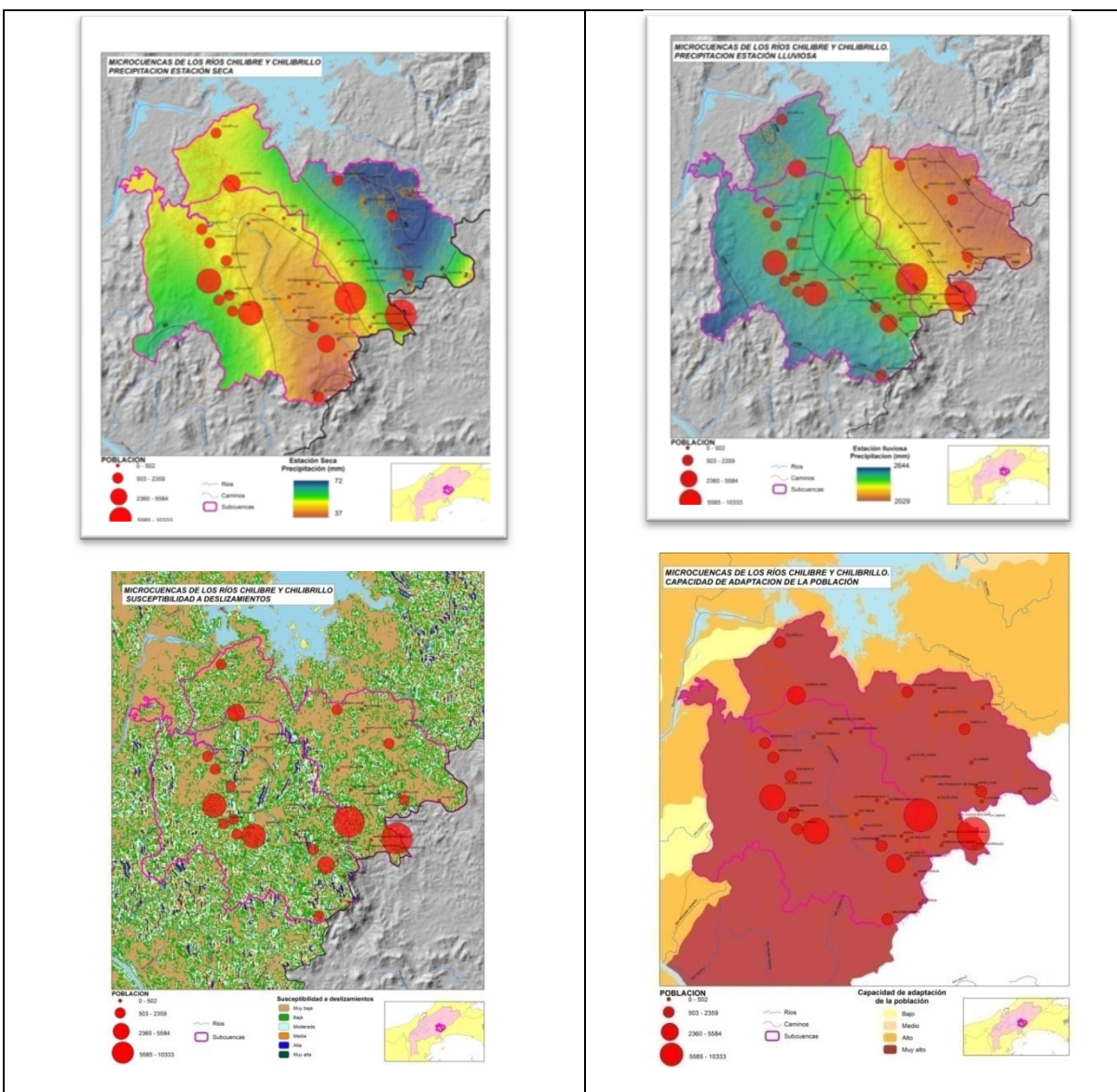


Figura 3.4. Material de trabajo utilizado para el taller de devolución de resultados en las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo. En el panel superior se muestra la distribución espacial de la precipitación para las estaciones seca y lluviosa, en el panel inferior se ilustra la susceptibilidad a deslizamientos y la capacidad de adaptación de dichas subcuencas. Fuente: CATHALAC, 2011.

4. Medidas para reducir la vulnerabilidad climática en la Cuenca

En esta sección para la identificación de acciones o proyectos que faciliten la reducción de la vulnerabilidad ante las amenazas climáticas por inundación y sequía en la Cuenca, primero se realizó un resumen sobre los resultados más relevantes de la evaluación de las amenazas de la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica descrita en los capítulos anteriores.

Posteriormente se priorizaron las subcuencas con base a la información de la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica y vulnerabilidad ante la amenaza de inundaciones y de sequías, después se identificaron las acciones y se desarrollaron las propuestas orientadas a reducir la vulnerabilidad en dichas subcuencas de la Cuenca.

También, se describen los criterios para evaluar las propuestas y se evalúan económica, social y ambientalmente, y a la vez se ordenan de acuerdo con los resultados de la evaluación.

4.1 Acciones programas y proyectos e investigaciones que coadyuven a reducir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática en Cuenca

4.1.1. Vulnerabilidad en la Cuenca

De acuerdo con la evaluación de la Vulnerabilidad descrito en la sección 2.4 de este estudio, la vulnerabilidad actual integra la información de los diagnósticos socioeconómicos y biofísicos del área de estudio. Los indicadores se trabajaron a nivel de subcuenca, que es la unidad territorial de interés para la Cuenca.

Como se indicó anteriormente la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica está conformada por los siguientes atributos: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

El índice de vulnerabilidad socioeconómico para las subcuencas, con niveles altos de vulnerabilidad se describe en el **Cuadro 4.1**.

La vulnerabilidad biofísica por otro lado se encuentra relacionada con las características de susceptibilidad inherentes a un recurso, en cuanto a fragilidad o exposición natural, para lo cual los atributos tomados en cuenta fueron la susceptibilidad a las inundaciones y la susceptibilidad a los deslizamientos.

Cuadro 4.1. Subcuencas con índice de vulnerabilidad socioeconómica alta y muy alta.

Nro.	Subcuenca	Índice de exposición	Índice de sensibilidad	Índice de capacidad de adaptación	Índice de vulnerabilidad socioeconómica
1	Río Chilibrillo	93	32	86	106
2	Río Chilibre	93	34	83	103
3	Lago Gatún	100	31	62	81
4	Río Agua Sucia	87	35	65	77
5	Lago Miraflores	67	27	87	74
6	Río Limón	80	31	64	67
7	Lago Alajuela	87	28	60	66
8	Río Obispo	53	28	85	58
9	Río Trinidad	73	58	49	56
10	Río Gatuncillo	80	32	52	55

Fuente: CATHALAC, 2011.

De acuerdo con el estudio de vulnerabilidad biofísica estimada a través de la susceptibilidad a los deslizamientos, se determinó que las subcuencas de la zona Este de la Cuenca, conformada por los ríos Chagres, Pequení y Boquerón, presentan una mayor susceptibilidad a deslizamientos. Estas características, también se observa en el extremo Suroeste de las subcuencas de Trinidad y Cirí Grande. La parte Central de la Cuenca, presenta un nivel de susceptibilidad de baja a moderada por deslizamientos.

De acuerdo con la caracterización de las amenazas climáticas, los niveles de Amenaza *Muy Alta* por inundación son característicos de la parte Este y Noreste de la Cuenca y en particular predominan en las subcuencas de los ríos Chagres, Pequení, Boquerón y Río Gatún, así como, sobre las subcuencas de los ríos Las Cascadas y La Puente. En la parte norte del Corredor Transistmico del Atlántico que incluye las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras.

Para el año 2010, con el evento extremo conocido como “La Purísima” la tendencia de afectación de la amenaza se extendió hacia otras subcuencas, en particular a la del Lago Gatún (la de mayor extensión territorial), incluyendo micro cuencas de la vertiente del Pacífico como la de los ríos: Chilibre y Obispo, parte baja de Los Hules, Quebrada La Leona, Cirícito y Cirí de los Sotos, el tramo bajo de las Sub cuenca del río Cirí Grande, la porción este de la subcuenca Miraflores; la porción sur de la subcuenca del Lago Gatún incluyendo a Barro Colorado, al igual que las micro cuencas de los ríos: Frijolita, Pelón, Agua Salud, Quebrada Media, Aguas Sucias y Gatuncillo.

La amenaza a sequía se relaciona con la ocurrencia del Fenómeno de El Niño, bajo el cual esta amenaza se intensifica. De este modo los niveles de amenaza *Muy Alta* por sequía, se presentan con mayor frecuencia en los tramos medios de las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad, así como en las microcuencas del Lago Miraflores y la porción sur del río Casaya y río Obispo, mientras que los valores de *amenaza Alta*, son característicos de las microcuencas de los ríos Baila Mono, Río Paja, Culo Seco, Caraña, Frijoles, Frijolita, porción norte del Casaya y del Lago Miraflores; también en río Gigantito y Lago Gatún; así como en el tramo bajo del río Trinidad y Quebrada Grande.

Sobre la base de la información arriba descrita, se analiza de manera agregada la vulnerabilidad socio-económica y biofísica ante las amenazas de inundaciones y sequías, obteniendo los resultados siguientes:

4.1.1.1 Vulnerabilidad actual ante inundaciones

Los resultados obtenidos para la distribución espacial de la Vulnerabilidad a Inundaciones en la Cuenca presentan una señal biofísica más clara, que la distribución espacial de la Amenaza a este tipo de fenómenos.

La distribución de los niveles de vulnerabilidad por inundación indican, que la vulnerabilidad más alta se localizan en las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras: La parte Este de la Cuenca se caracteriza por ser la más lluviosa, con totales anuales de precipitación entre 4,000 y 6,000 milímetros (mm), indica niveles de vulnerabilidad media; a excepción de la subcuenca de los ríos Piedras y la Cascada con vulnerabilidad alta.

4.1.1.2 Vulnerabilidad actual ante sequías

La vulnerabilidad por sequía se estimó tomando en consideración indicadores socioeconómicos y el resultado del indicador integrado obtenido para la amenaza por sequía.

Finalmente, se obtuvo que las subcuencas de la parte Oeste de la Cuenca presentan un nivel de vulnerabilidad media; mientras la parte Este muestra una vulnerabilidad baja, debido principalmente a que dicha porción es la más lluviosa de la Cuenca, la densidad poblacional es baja y la cobertura del suelo predominante y el uso del suelo es para bosques, así mismo hay muy pocos medios de vida que dependen del clima.

En la parte Sur de la Cuenca, particularmente en las subcuencas Miraflores y Aguas Claras el nivel de vulnerabilidad es muy alto. Hacia el norte en dirección hacia el Lago Alajuela, las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo muestran una vulnerabilidad alta a sequía, siendo sus impactos más drásticos debido a la densidad poblacional y por estar

bajo un sistema llamado “periurbano”, de tal forma que bajo una amenaza de sequía podría verse disminuido el servicio de agua potable por razonamiento, así como por enfermedades hídricas relacionadas con el desabastecimiento de agua, insalubridad, diarrea. Las subcuencas del Lago Alajuela y del Lago Gatún también presentan una vulnerabilidad alta a sequía.

4.1.2. Subcuencas más vulnerables en la Cuenca

Sobre la base de la información de evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica ante las amenazas de sequía e inundaciones, se definen la sub-cuencas que han sido priorizadas. Ver **Cuadro 4.2**.

Los rangos de valor y el nivel de intensidad de la vulnerabilidad se representaron en colores para caracterizar a las subcuencas, los cuales se ilustran a continuación:

Rangos	
Muy alto	
Alto	
Medio	
Bajo	

Cuadro 4.2. Sub cuencas priorizadas en función del nivel de vulnerabilidad socioeconómica y al clima actual.

	AMENAZAS		VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA ACTUAL				VULNERABILIDAD AL CLIMA ACTUAL	
	Amenaza a sequía	Amenaza a inundación	Índice de exposición	Índice de sensibilidad	Índice de Capacidad de Adaptación	Índice de vulnerabilidad socioeconómica	Vulnerabilidad a inundación	Vulnerabilidad a sequía
Subcuenca								
1 Río Chilibre	40	25	93	34	83	103	26	41
2 Río Chilibrillo	30	28	93	32	86	106	29	32
3 Lago Miraflores	86	25	67	27	87	74	18	63
4 Lago Gatún	55	28	100	31	62	81	23	45
5 Lago Alajuela	49	26	87	28	60	66	17	32
6 Río Agua Sucia	26	39	87	35	65	77	30	20
7 Río Limón	31	25	80	31	64	67	17	21
8 Río Gatún	25	90	60	40	59	50	44	12
9 Río Obispo	93	25	53	28	85	58	15	54
10 Río Trinidad	53	28	73	58	49	56	16	30
11 Río Gatuncillo	33	29	80	32	52	55	16	18
12 Río Aguas Claras	25	90	53	52	64	52	47	13

Fuente: CATHALAC, 2011.

De acuerdo con el informe de evaluación de la Vulnerabilidad Actual de la Cuenca, las sub cuencas se dividen en grupos de acuerdo con los niveles de vulnerabilidad, así las siete primeras sub cuencas del Cuadro 4.2 corresponden a las más vulnerables de la cuenca, cuya vulnerabilidad socioeconómica está de acuerdo con los rangos, muy alta y alta y además tienen una vulnerabilidad al clima actual alta y muy alta ante las amenazas de inundación y sequía. El segundo grupo priorizado corresponde a 5 sub cuencas que enfrentan niveles de vulnerabilidad socioeconómica alta y media y vulnerabilidad ante amenazas de inundaciones y sequías de muy alta, alta y media.

Para efectos del presente resultado, se priorizaron las 7 sub cuencas del grupo más vulnerable y una sub cuenca del siguiente grupo. En este sentido, se considera la sub cuenca del río Trinidad cuyos niveles de exposición y sensibilidad son muy altos.

4.1.3. Acciones, programas y proyectos

Con el fin de proponer medidas orientadas a reducir la vulnerabilidad socio-económica y biofísica frente a la variabilidad climática y eventos extremos, expresada como amenazas de sequías, inundaciones y deslizamientos, se identificaron primero los programas y proyectos existentes en la Cuenca, para luego desarrollar propuestas sobre la base de estos:

- a. Con base en el Plan de Desarrollo Sostenible y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, se identificaron 5 líneas de acción y 31 proyectos que están de alguna manera relacionados con reducir la vulnerabilidad ante variaciones climáticas. Ver **Cuadro 4.3.**
- b. Adicionalmente se revisó la información relevante para el manejo de las Sub-cuencas priorizadas como más vulnerables:
 - Plan de manejo de las Sub cuencas Cirí Grande y Trinidad
 - Proyecto de Desarrollo Comunitario Participativo y Manejo Integrado de la Subcuenca del Lago Alhajuela.

A pesar que estos documentos no fueron diseñados para reducir la vulnerabilidad ante eventos climáticos, son útiles en este proceso, ya que contribuyen a aumentar la capacidad de adaptación de las comunidades que viven en la Cuenca. De tal forma que los programas y subprogramas que se listan en el Cuadro 4.3, se pueden considerar como medidas potenciales de adaptación útiles para hacer frente a los impactos del cambio climático; las cuales deberían ser reevaluadas y ajustadas en una fase siguiente en el marco de una estrategia integral de adaptación al cambio climático de la Cuenca.

Cuadro 4.3. Líneas de acción, programas y proyectos identificados por el Plan de Desarrollo Sostenible y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la CHCP.

	Líneas de acción	Programas	Sub programas	Proyectos (según el número del Plan de Desarrollo Sostenible y GIRH)
1	Conservación, protección, recuperación y vigilancia de sistemas naturales y de los recursos hídricos	Manejo integrado de sub cuencas	Conservación, protección y recuperación de los recursos naturales.	1. Reforestación comunitaria de fuentes de agua con especies nativas
				5. Restauración participativa de áreas degradadas.
		Monitoreo de parámetros hidrometeorológicos	Construcción, ACP mantenimiento, reparación y rehabilitación de estaciones, meteorológicas, pluviográficas, hidrometeorológicas e hidrométricas.	14. Instalación de estaciones hidrometeorológicas en cursos de agua de interés estratégico.
		Investigación, monitoreo y conservación de ecosistemas flora y fauna	Estudio sobre el cambio climático y su impacto en los ecosistemas de la Cuenca	26. Estudio sobre las afectaciones del cambio climático en la región y la estrategia de adaptabilidad.
		Vigilancia de la cobertura vegetal y el uso del suelo	Seguimiento de la cobertura boscosa y uso del suelo	30. Vigilancia del uso del suelo en la Cuenca.
2	Consolidación e implementación de planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano	Ordenamiento Territorial	Gestión del ordenamiento territorial municipal	34. Fomento de las reservas privadas para la conservación.
				43. Creación de corredores verdes en las áreas de expansión urbana, con el apoyo de las autoridades locales.
3	Transformación y fortalecimiento de sistemas de producción sostenibles	Fomento de producción más limpia	Capacitación en producción limpia a los productores	44. Gestión de zonas de riesgo ambiental (inundaciones, derrumbes, incendios forestales y otros).
			Certificación ecológica	46. Capacitación en utilización de excretas de cerdos y pollos en la preparación de abono orgánico.
			Creación de créditos para pequeños productores	50. Fomento de la producción limpia mediante la certificación ambiental (etiqueta ecológica, cisne blanco, ángel azul y sello verde).
			Establecimiento de granjas de producción sostenible	60. Creación de créditos bancarios para la transformación agropecuaria en fincas de pequeños productores.
			Desarrollo del agroecoturismo	67. Establecimiento de granjas de producción sostenible.
				68. Diagnóstico de fincas con potencial para el agroecoturismo.
				69. Promoción del agroecoturismo y la capacitación comunitaria en este sector.

		Incentivos económicos para la conservación de los recursos naturales	Pagos por servicios ambientales	70. Promoción de la conservación en fincas privadas mediante bonos y créditos bancarios (PSA).
				71. Diagnóstico de servicios ambientales potenciales por subcuenca.
			Incentivos económicos para la conservación	72. Regulación de la siembra de especies forestales exóticas y promoción de la siembra de especies nativas.
4	Modernización del Estado, gobernabilidad, transparencia, rendición de cuentas y fortalecimiento comunitario	Coordinación interinstitucional y participación de la sociedad en la gestión de la cuenca	Consolidación de la capacidad participativa de las comunidades	80. Creación de una comisión comunitaria de la Cuenca y grupos técnicos regionales.
			Consolidación de la capacidad participativa de las comunidades	83. Preparación de bancos de proyectos con la participación comunitaria e institucional
		Formación de recurso humano y educación ambiental	Sensibilización y concienciación ambiental	95. Proyecto Guardianes de la Cuenca del Canal.
5	Desarrollo de infraestructura y servicios públicos	Ampliación y rehabilitación de los sistemas de saneamiento básico, infraestructura y prestación de servicios públicos	Dotación de agua potable, alcantarillados y letrínación.	97. Integración de comunidades a líneas de agua potable
				99 y 100. Construcción y rehabilitación de acueductos rurales.
			Manejo de Residuos Sólidos	107. Implementación y mejora de sistemas de recolección y disposición final de residuos sólidos.
			Construcción, rehabilitación y mantenimiento de caminos	111. Rehabilitación de carreteras y vías de acceso.
			Construcción y mejoras a los servicios de educación	115. Rehabilitación y equipamiento de infraestructura para la educación.
			Construcción y mejora de los servicios de atención a la salud	129. Capacitación comunitaria en aspectos básicos de salud humana.
			Reducción del déficit habitacional	130. Estudio de déficit habitacional para la construcción de viviendas con materiales locales de bajo costo y mediante ayuda mutua
			Dotación de servicios de electricidad, energías alternativas y telecomunicaciones	132. Dotación de servicios de energía eléctrica
				135. Energías alternativas
		Capacitación y formación de recurso humano para la sostenibilidad de proyectos de infraestructura y servicios públicos	Fortalecimiento de grupos comunitarios y organizaciones no gubernamentales	137. Capacitación a grupos comunitarios en gestión de proyectos de desarrollo
		Gestión de seguridad y prevención de desastres	Gestión de seguridad y prevención de desastres	140. Capacitación comunitaria en prevención y manejo de desastres naturales

4.2 Análisis de la viabilidad técnica, económica, social y ambiental para la implementación de las acciones, programas y proyectos identificados para reducir la vulnerabilidad frente a la variabilidad climática en la Cuenca

Con base a lo establecido en la Propuesta Técnica para la Licitación 111882, se proponen medidas en base a la información existente orientadas a la reducción de la vulnerabilidad en las subcuencas prioritarias que muestren mayor vulnerabilidad. Se considera la viabilidad técnica de las medidas propuestas en las subcuencas más vulnerables, lo cual también es un indicativo de la priorización entre las medidas propuestas.

Se desarrollaron propuestas de proyectos y medidas para reducir la vulnerabilidad a la variabilidad climática en las subcuencas más vulnerables (prioritarias): Ríos Chilibre y Chilibrillo, Lago Miraflores, Lago Gatún, Lago Alajuela, Río Agua Sucia, Río Limón y Río Trinidad.

En función del alcance del presente trabajo las propuestas desarrolladas que se presentan a continuación, son de carácter general, al igual que la estimación de los costos de implementación.

4.2.1 Propuestas de medidas para reducir la vulnerabilidad ante la variabilidad climática en las subcuencas priorizadas de la CHCP

4.2.1.1 Sub-cuencas: RÍO CHILIBRE y RÍO CHILIBRILLO

1. Descripción de la vulnerabilidad ante la amenaza

El Corredor Transístmico, Sector Pacífico: Región que comprende las subcuencas de los ríos Chilibre, Chilibrillo y Moja Pollo, cuyas aguas drenan al curso medio del río Chagres. Las dos primeras subcuencas son las más pobladas de toda la Cuenca, con una población estimada de 30.630 y 38.221 habitantes respectivamente.

Esta región presenta problemas sociales y ambientales significativos, el patrón de desarrollo urbano se caracteriza por la construcción de barriadas en serie y procesos espontáneos (no planificados) de construcción de viviendas. Como resultado de estos procesos están la falta de accesibilidad al agua potable, a los servicios de electricidad, de recolección de la basura y otros. Es el sector de la Cuenca que mayor presión ejerce sobre sus cuerpos de agua, afectando su calidad. Los problemas principales están asociados a las descargas de desechos sólidos y líquidos no tratados de origen urbano e industrial (The Louis Berger Group, PMCC, 2001).

Las principales actividades económicas incluyen pequeñas y medianas empresas relacionadas con el comercio, servicio e industrias, cuya demanda se ubica en las ciudades de Panamá y Colón. En esta sub-cuenca pocas personas dependen del producto directo de la tierra, en general son

asalariadas y dependen de trabajos diferentes a las labores agropecuarias y de manejo de recursos naturales. (Catie, Des ex, Natura 2007).

Se ha identificado que la sub-cuenca de los ríos Chilibre y Chilibrillo, tienen un nivel de vulnerabilidad “Alta” ante sequías pero principalmente ante inundaciones, la sobre carga hídrica generada por las fuertes precipitaciones y crecidas de los ríos al no tener áreas boscosas aledañas, pueden originar grandes inundaciones en amplias extensiones, expresada en daños tanto a la infraestructura económica y social como a la producción agropecuaria, industrial y comercial y al medio ambiente.

Este riesgo se incrementa al existir suelos inestables y de baja capacidad de retención hidráulica, lo que puede ocasionar erosión, deslizamientos de tierras y avalanchas de lodo, asociados a las altas precipitaciones producirían daños en las viviendas de zonas urbanas marginales, en la infraestructura urbana y de caminos. Pero adicionalmente la sobre carga de residuos y desechos sólidos originarían estancamiento de aguas servidas convirtiéndose en focos de enfermedades infecciosas y de la piel.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Disminuir los potenciales riesgos de inundaciones a través del diseño de un programa de reforestación que evite la erosión, el deslizamiento de tierra y sirva como filtro de residuos para mejorar la calidad del agua y facilitar los procesos de planificación y ordenamiento de la expansión urbana.

2.2. Objetivos Específicos

- a. Reforestación de enriquecimiento y de tipo comercial a pequeña y mediana escala en las zonas altas, riberas de los ríos y quebradas para prevenir deslizamientos e inundaciones y contribuir al saneamiento y recuperación de la calidad del agua.
- b. Generar espacios de concertación entre el gobierno central, la ACP, las poblaciones de Chillibre y Chilibrillo y otros actores locales para tomar decisiones legislativas o políticas que promuevan la reforestación el manejo forestal sostenible y la expansión urbana sostenible dentro de la CHCP.
- c. Implementar un programa de Educación Ambiental que estimule la conservación de la biodiversidad y organice a la población para revertir el proceso de contaminación de las fuentes de aguas.

3. Descripción de las medidas a tomar

- a.1. Ordenamiento e Identificación de áreas aptas para el desarrollo de proyectos de reforestación en la parte alta y en el margen de los ríos de las sub-cuenclas de los ríos Chilibre y Chilibrillo,

con participación del gobierno, ONG's, Institutos de investigación y la población; esta actividad puede ser combinada con actividades agroforestales, en los espacios restantes.

Existen diferentes razones para reforestar, ya sean para plantaciones comerciales, para conservación (tanto de suelos como de agua), para restauración ecológica, como enriquecimientos forestales y para la utilización directa por parte de las personas en sus necesidades básicas. Asimismo, como hay diferentes objetivos de plantación, también hay diferentes sistemas, especies, sitios y diferentes actores, todos muy específicos sobre su situación en particular.

- a.2. Implementación de proyectos de reforestación en la parte alta de las sub-cuencas y en las riberas de los ríos y quebradas para evitar que las fuertes precipitaciones y crecidas de los ríos generen inundaciones, erosión y deslizamientos de tierras con sus consecuencias devastadoras en estructura económica (industrias), material (en carreteras, casas, etc.) y en la salud de la población, esta medida debe contribuir también al saneamiento de las aguas.

Se sugiere la utilización de especies forestales nativas de tipo comercial a pequeña y mediana escala, que aporten una actividad económica rentable a la población. La actividad de reforestación debe seguir la línea de selección de áreas, creación de viveros, producción y plantado de plántones, actividades silvícolas e identificación de mercados para su posterior comercio.

- a.3. Monitorear los sub-proyectos de reforestación y programas de recuperación de agua.
- b.1. Crear las mesas de concertación sobre políticas de reforestación en la Cuenca, con la participación del gobierno central a través de la ACP, los gobiernos locales, sociedad civil y la población, con el fin de discutir y elaborar normas que favorezcan la reforestación de conservación, comercial y de enriquecimiento.
- b.2. Diseñar las estrategias para dirigir el crecimiento y expansión de la población prestando especial atención al corredor transistmico, particularmente las zonas de exclusión, desarrollo urbano y de protección ambiental.
- c.1. Implementar un proceso de capacitación y educación ambiental dinámica y participativa que busque despertar en la población local conciencia que les permita identificarse y apropiarse de la problemática ambiental nacional y de su propia subcuenca; y además busque identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan en su entorno.
- C.2. Implementar dos programas de acción de recolección de basura y de reciclaje de la misma que contribuyan a la descontaminación y manejo de residuos sólidos.

Definir dos líneas de capacitación o programa de acción, sobre las cuales se basa la educación ambiental la primera que haga referencia a como interactúa entre sí la naturaleza (medio ambiente) donde se definen los ecosistemas, la importancia de la atmósfera (clima, composición e interacción), el agua (la hidrosfera, ciclo del agua), el suelo (litosfera, composición e interacción), el flujo de materia y energía dentro de los diferentes entornos naturales (ciclos biológicos, ciclos bioquímicos), así mismo el comportamiento de las comunidades y poblaciones (mutualismo, comensalismo, entre otros).

La segunda línea va dirigida a la interacción que hay entre el ambiente y el hombre, como las actividades antropogénicas influyen en los ecosistemas, como el ser humano ha aprovechado los recursos, así mismo, brinda la descripción y consecuencias de la contaminación generados en las diferentes actividades, como se puede prevenir (reciclaje, recolección y manejo adecuado de residuos y energía), que soluciones existen (procesos de tratamiento a residuos peligrosos, implementación de políticas ambientales, entre otras), promoviendo de una u otra forma el desarrollo sostenible y la conservación del entorno.

4. Ubicación y Dimensión

Sub-cuenca del río Chilibre:

La sub-cuenca del río Chilibre se encuentra ubicada en la parte central de la CHCP, al este del Canal de Panamá. La misma tiene un área total de drenaje de 80.8 Km², lo que representa un 2.37% de la superficie de la CHCP. Durante su recorrido pasa por tres corregimientos: Las Cumbres, Ancón y Chilibre, todos ellos del distrito de Panamá, provincia Panamá. De la superficie total, 15.3 Km² están en Las Cumbres, 23.5 Km² en Ancón y 42.0 Km² en Chilibre.

Esta sub-cuenca limita al norte con el curso medio del río Chagres y la subcuenca del río Chilibrillo, al este con la micro cuenca de la quebrada La Cabima y el nacimiento del río Las Lajas (que drena hacia el océano Pacífico), al sur con la divisoria de aguas de la CHCP y las subcuencas de los ríos Caimitillo y Calabazo, y al oeste con las subcuencas del río Casaya y la quebrada Julupa (ambos dentro del PN Soberanía).

Sub-cuenca del río Chilibrillo:

El río Chilibrillo es el principal afluente del río Chilibre. Esta sub-cuenca se encuentra ubicada en la parte central de la CHCP, al este del Canal de Panamá. De los 60.4 Km² que son drenados por el río Chilibrillo, 12.7 Km² se encuentran dentro del corregimiento de Las Cumbres, 5.4 Km² en el corregimiento de Ancón y 42.3 Km² en el corregimiento de Chilibre. Estos tres corregimientos son parte del distrito de Panamá, provincia Panamá

Esta sub-cuenca limita al norte con las sub-cuenca de la quebrada Moja Pollo, el río La Puente y el curso medio del río Chagres, al este con la sub-cuenca del río María Prieta¹ y el Parque Nacional Chagres, al sur con las sub-cuenca de los ríos Chilibre y María Henríquez¹, y al oeste con la sub-cuenca del río Chilibre. (Plan de Acción del río Chilibre y Chilibrillo – CICH).

5. Período de ejecución

- Seis años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto
- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledañas
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general
- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación
- ACP y gobiernos locales
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP
- Fuentes de cooperación internacional
- Sistema financiero

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Programa de Reforestación.	600.000	100.000	100.000	1.000.000	100.000	1.900.000
2.- Programa de Ordenamiento Territorial.	200.000	80.000	200.000		100.000	580.000
4.- Programa de Educación Ambiental.	200.000	50.000	80.000		300.000	630.000
TOTAL	1.000.000	230.000	380.000	1.000.000	500.000	3.110.000

Posibilidades de financiación

- ACP
- Fuentes de cooperación internacional.

4.2.1.2 Sub-cuenca: LAGO MIRAFLORES

1. Descripción de la vulnerabilidad ante la amenaza

La región hídrica de Miraflores tiene una extensión de 9,841 ha. Los ríos Pedro Miguel, Cocolí, Velásquez, entre otros, drenan hacia el cauce del Canal y hacia el Lago Miraflores. Los Parques Nacionales Camino de Cruces y Soberanía ocupan aproximadamente 41% de esta sub-cuenca.

El lago Miraflores tiene un vertedero que regula el agua que sale de las esclusas de Pedro Miguel. Las esclusas de Miraflores sirven de escalón para la subida desde el Pacífico al Lago Gatún. Las esclusas, además, regulan el efecto de las mareas del Océano Pacífico.

Se ha identificado que el lago Miraflores y los ríos tributarios, tienen un nivel de vulnerabilidad “Muy Alta” ante las sequías, la misma que se acrecienta como consecuencia del fenómeno de El Niño que reduce las precipitaciones en la zona, y que puede derivar en un desabastecimiento o insuficiente capacidad hídrica para garantizar el correcto funcionamiento de las esclusas de Pedro

Miguel en la zona del Pacífico, lo que tendría un impacto económico y social negativo en la economía del país.

Esta sub-cuenca ha sufrido cambios importantes en cuanto al uso de la tierra, destinándose áreas importantes para expansión de zonas urbanas (barriadas de alta densidad) con un alto porcentaje de población susceptible a los altos niveles de contaminación del agua, y se han sacrificado recursos naturales e intensificando la presión sobre el recurso agua y bosque; lo que a la vez aumenta su exposición y sensibilidad como atributos de la vulnerabilidad biofísica.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Reducir la vulnerabilidad ante las amenazas de sequía, especialmente durante la presencia del fenómeno El Niño, a través de garantizar el adecuado y permanente suministro de agua para la población y para el funcionamiento del canal, desarrollando la infraestructura necesaria que permita su almacenamiento y distribución

2.2. Objetivos Específicos

- a. Desarrollo de estudio de pre factibilidad para infraestructura complementaria para el almacenamiento y tratamiento de las aguas en épocas de abundancia para su posterior uso y distribución a la creciente población urbana.
- b. Proteger y monitorear los recursos naturales del Lago Miraflores, investigar el estado de los mismos para determinar su tendencia y recuperar los ecosistemas degradados.
- c. Planificar de manera consensuada y ordenada la expansión urbana de manera que ésta no se convierta en el principal causante del deterioro y contaminación del lago y sus ríos tributarios.
- d. Crear espacios de coordinación que fomenten la participación de los diferentes actores en la gestión y uso sostenible de los recursos naturales del lago, el ordenamiento de la expansión urbana y conocimiento de los sistemas de alerta temprana

3. Descripción de la medida a tomar

- a.1. Estudio de pre-factibilidad para la construcción de potabilizadora para aumentar la capacidad de almacenamiento y tratamiento de agua para prevenir un potencial desabastecimiento, ya que la fuerte presión a los recursos naturales generada por la creciente expansión de la zona urbana ha generado una vulnerabilidad muy alta ante las potenciales sequías lo cual dejaría sin abastecimiento de este recurso a las principales zonas urbanas.
- a.2. Mejorar la calidad y disponibilidad del agua producida en la sub-cuenca del Lago Miraflores enfocando las acciones hacia el manejo de desechos sólidos, la recuperación de la calidad de agua y conservación de recursos naturales.
- a.3. Implementar una red adecuada de alcantarillados para la recolección de aguas residuales en conjunto con la construcción de las primeras plantas de tratamiento de estas aguas.

- b.1. Mejorar el manejo de las áreas protegidas como una forma de conservar la biodiversidad, los servicios ambientales que los ecosistemas proveen y al mismo tiempo mejorar la disponibilidad del recurso hídrico en cantidad y calidad para asegurar la operación del Canal de Panamá es de suma importancia.
- b.2. Promover la protección de los bosques y restauración de áreas degradadas a través del desarrollo de proyectos de reforestación con especies nativas con la participación comunitaria.
- c.1. Diseñar y socializar los planes de ordenamiento del territorio y los planes de manejo a nivel de sub-cuencas con las autoridades y poblaciones locales para su posterior implementación.
- c.2. Diseñar las estrategias para dirigir el crecimiento y expansión de la población prestando especial atención al corredor transistmico, particularmente las zonas de exclusión, desarrollo urbano y de protección ambiental.
- d.1. Poner en marcha un sistema tecnológico de alerta temprana (SAT) ante amenazas de sequía con participación de las instituciones con competencia en el monitoreo ambiental quienes capacitarán/formarán a su personal técnico/recurso humano, en tareas de vigilancia en conjunto con la población.
- d.2. Revisión de las políticas, normas y regulaciones en lo referente al uso del suelo, calidad de aguas, aire y suelos, y producción limpia identificado la formulación de otras para salvar vacíos.

4. Ubicación y Dimensión

En esta región se localizan parte de los nuevos poblados como la Siete de Septiembre y Barriada Dos Mil que se ubican en el corregimiento de Burunga y Arraiján Cabecera.

La región hídrica del Lago Miraflores tiene una extensión de 9.660,5 hectáreas, de las cuales 2.286,14 son tierras de uso agrícola, pecuario y con una fuerte expansión urbana, así mismo cuenta con 7.374,36 hectáreas consideradas áreas protegidas.

5. Período de ejecución

Seis años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto;
- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledañas;
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general;
- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos.

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación;
- Gobierno general y gobiernos locales;
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP;
- Fuentes de cooperación internacional;
- Sistema financiero;

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Infraestructura para el tratamiento de aguas.	1.500.000	600.000	200.000	5.000.000	400.000	7.700.000
2.- Programa de Monitoreo, restaura conservación de Recursos Naturales.	150.000	50.000	50.000	400.000	50.000	700.000
3.- Programa de Ordenamiento y expansión Urbana.	150.000	50.000	100.000		50.000	350.000
4.- Programa de coordinación intersectorial.	150.000	50.000	100.000		50.000	350.000
TOTAL	600.000	170.000	180.000	1.050.000	350.000	9.100.000

4.2.1.3 Sub-cuenca: LAGO GATUN

1. Descripción de la vulnerabilidad ante la amenaza

La Región Hídrica del Lago Gatún comprende dos tercios del territorio de la Cuenca del Canal y recoge el 51% del agua. Esta región hídrica está conformada por 36 sub-cuencas de los ríos Palenque, Aguas Claras, Gatún, Agua Sucia, Agua Salud, Pelón, Frijolitos, Frijoles, Limón, Palenque II, Gatúncillo, Moja Pollo, Chilibrillo, Chilibre, Casaya, Obispo, Mandinga, Caraña, Culo Seco, Baila Mono, Paja, Cañito, Pescado, Los Hules, Tinajones, Caño Quebrado, Gigantito, Ciricito, Trinidad, Cirí, Cacao, Quebrada La Leona, Quebrada Grande, Quebrada del Medio, Quebrada Aguas Claras, Quebrada Honda.

En las riberas del lago Gatún se localizan más de 35 poblados, cuya actividad económica está condicionada al acceso y cercanía al corredor transistmico. En su mayoría son poblados pobres, pequeños y altamente dependientes del lago Gatún, en términos del uso de sus aguas para actividades recreativas, domésticas y de alimentación.

El intercambio comercial, en pequeña escala, se desarrolla utilizando las aguas del lago como vía de comunicación. Las comunidades menos accesibles a los centros urbanos desarrollan una agricultura de subsistencia y dependen de la pesca artesanal, mientras que las más accesibles, tienen fincas dedicadas a actividades agropecuarias comerciales cuyos dueños, en su mayoría, viven fuera del área.

En esta región se localizan la toma de agua de las potabilizadoras de Escobal, Miraflores, La Laguna, Laguna Alta, Monte Esperanza y Sabanitas. Estas tomas potabilizadoras abastecen a las ciudades de Colón, Arraiján, Casco Viejo de la Ciudad de Panamá y La Chorrera. El Lago Gatún es el lago de navegación del Canal del Panamá. A un costado de las esclusas de Gatún, se localiza la represa de Gatún, que genera energía al Canal. (Caracterización Socio Demográfica y Económica de la CHCP para el periodo 1980-2000. ACP 2010.)

Se ha identificado que el lago Gatún y los ríos tributarios, tienen un nivel de vulnerabilidad “Muy Alta” ante las sequías, la misma que se acrecienta con la aparición del fenómeno de El Niño, el índice de vulnerabilidad socio-económico ha sido caracterizado como “alto” que puede derivar en un desabastecimiento o insuficiente capacidad hídrica que afectaría el adecuado suministro a su población altamente sensible y a la biodiversidad, éstos problemas se agudizan con la contaminación actual de las aguas por actividades humanas.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Reducir la vulnerabilidad ante la sequía, especialmente durante la presencia del fenómeno El Niño, enfocándose en la conservación, protección y monitoreo de sistemas naturales y de los recursos hídricos; transformación y fortalecimiento de sistemas de producción sostenible; y desarrollo de infraestructura y servicios públicos.

2.2 Objetivos Específicos:

- a. Identificar, proteger y monitorear los recursos naturales del Lago Gatún, investigar el estado de los mismos para determinar su tendencia y recuperar los ecosistemas degradados.
- b. Desarrollo estudios de pre-factibilidad para infraestructura complementaria para el almacenamiento y tratamiento de las aguas en épocas de abundancia para su posterior uso y distribución a la creciente población urbana.
- c. Crear un programa de asistencia técnica y capacitación a los pobladores en el desarrollo de sistemas de producción sostenible.
- d. Implementar un sistema de “Alerta Temprana ante desastres” para sensibilizar a la población sobre las amenazas y las acciones a tomar cuando estas sucedan.

3. Descripción de la medida a tomar

- a.1. Realizar un inventario de los recursos naturales tanto de flora como de fauna terrestre y acuática que se ven directamente afectados por la contaminación del lago, por actividades de consumo indiscriminado e insostenible y como consecuencia de la construcción y expansión del segundo juego de esclusas, esta inventario definirá las acciones necesarias para el control y manejo de los recursos naturales y su conservación.
- a.2. Desarrollo de proyectos de reforestación en los alrededores del lago que promueva la protección de los bosques naturales, el uso del suelo y la restauración de áreas degradadas como consecuencia de actividades antropófagas insostenibles, la participación comunitaria es decisiva.

- b.1. Estudio de pre-factibilidad para la construcción de potabilizadora para el almacenamiento y tratamiento de agua para prevenir un potencial desabastecimiento, ya que la fuerte presión a los recursos naturales generada por la creciente expansión de la zona urbana ha creado condiciones propicias para una vulnerabilidad muy alta ante las amenazas por sequías lo cual dejaría sin abastecimiento de este recurso a las principales zonas urbanas.
- b.2. Mejorar la calidad y disponibilidad del agua producida en la sub-cuenca del Lago Gatún enfocando las acciones hacia el manejo de desechos sólidos, la recuperación de la calidad del agua y conservación de recursos naturales.
- b.3. Implementar una red adecuada de alcantarillados para la recolección de aguas residuales en conjunto con la construcción de las nuevas plantas de tratamiento de estas aguas.
- c.1. Diseñar un programa de asistencia técnica y capacitación de la población asentada en las orillas del Lago de manera que estas puedan desarrollar actividades productivas sostenibles como la agroforestería, acuicultura, agricultura ecológica, restauración ecológica, enriquecimiento forestal, plantaciones forestales, turismo vivencial y ecológico, entre otras; que mejoren sus condiciones de vida sin afectar los recursos del lago. Siempre tomando en consideración la capacidad agrologica de los suelos.
- c.2. Revisión de las políticas, normas y regulaciones en lo referente al uso del suelo, calidad de aguas, aire y suelos, y producción limpia identificado la formulación de otras para salvar vacíos.
- d.1 Poner en marcha un sistema tecnológico de alerta temprana (SAT) ante amenazas de sequía e inundación con participación de las instituciones con competencia en el monitoreo ambiental quienes capacitarán/formarán a su personal técnico/RRHH, en tareas de prevención y vigilancia.
- d.2. Sensibilizar a la población a través de talleres en el que desarrollen estrategias para hacer frente a las sequías e inundaciones.

4. Ubicación y Dimensión

La mayor región hídrica es la del lago Gatún, que ocupa la parte central y oeste de la Cuenca. Hacia este lago drenan los ríos Gatún, Cirí Grande, Trinidad, el curso medio del Chagres, y otros ríos menores como Caño Quebrado, Los Hules, Pescado, Paja, Baila Monos, Frijoles, Agua Salud y Mandinga.

El Lago Gatún tiene un área de 163.38 millas cuadradas y fue formado por una represa de tierra a través del Río Chagres adyacente al Lago Gatún.

5. Período de ejecución

06 años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto
- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledañas
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general
- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación
- Gobierno general y gobiernos locales
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP
- Fuentes de cooperación internacional
- Sistema financiero

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Programa de Monitoreo de Recursos Naturales.	100.000	50.000	50.000	250.000	50.000	500.000
2.- Infraestructura para el tratamiento de aguas.	1.500.000	600.000	200.000	5.500.000	400.000	8.200.000
3.- Programa de producción Sostenible.	250.000	50.000	50.000	400.000	50.000	800.000
4.- Sistema de Alerta temprana (SAT).	100.000	50.000	50.000	200.000	50.000	450.000
TOTAL	1.950.000	750.000	350.000	5.850.000	550.000	9.950.000

4.2.1.4 Sub-cuenca: LAGO ALHAJUELA

1. Descripción de la Región Hídrica, Socio-económica e identificación de la vulnerabilidad ante la amenaza

Comprende un tercio de la Cuenca del Canal y recoge el 49% del agua. Está conformada por las sub-cuencas de los ríos Pequení, Boquerón, Chagres, Chico, Piedras, Indio, La Puente, Salamanca, Quebrada Bonita, Quebrada Ancha, Quebrada Benítez y Quebrada La Tranquila que drenan hacia el Lago Alhajuela. En esta región se localiza la toma de agua de la principal potabilizadora que abastece del vital líquido a la ciudad de Panamá y la represa Madden, que genera energía al Canal. Es además considerada una reserva natural de suma importancia desde la perspectiva mundial por su biodiversidad.

La población de esta cuenca representa el 5% del total de la Cuenca y su tasa de crecimiento poblacional alcanzó el 5.7% entre 1980 al 2000, en el año 2004 el 58% de los habitantes residían en lugares poblados de 500 habitantes y más. Los lugares de menos de 250 habitantes sólo albergaban al 29% de la población de esta área, siendo ellos, el 89% de todos los lugares poblados

de esta región hídrica. Esta región se puede considerar la más rural de las tres regiones hídricas, ya que sólo el 23% de la población reside en una localidad urbana. (Informe Socio-Económico, Tetra Tech 2010).

El área donde se identifican los poblados con mayor incidencia de pobreza son aquellos que se desplazan en las riberas del lago Alhajuela donde se incluye las áreas del Parque Nacional Chagres hacia Altos de Pacora, donde existen poblados por autoconstrucción, con altas tasas de analfabetismo. El entorno de esta región se caracteriza por la carencia de servicio de agua potable, sistema vial deficiente, topografía con pendientes pronunciadas con suelos muy susceptibles a la erosión, las actividades económicas preponderante son el sistema agrario de subsistencia y la superficie dedicada a pastos en los corregimientos de Colón, Salamanca y Buena Vista.

Se ha identificado que el lago Alhajuela y los ríos tributarios, tienen un nivel de vulnerabilidad “Alta” ante las sequías, la misma que se acrecienta como consecuencia del fenómeno de El Niño que reduce las precipitaciones en la zona, y que puede derivar en un desabastecimiento o insuficiente capacidad hídrica.

Esta situación traería como consecuencia una fuerte presión sobre los recursos naturales (flora y fauna), ya que ante la pérdida de cultivos y pasturas, la población local intensifica sus actividades de caza, pesca, deforestación y la degradación del suelo por ampliación del horizonte agropecuario, prácticas extensivas agropecuarias acompañadas de quemas, poniendo en riesgo las funciones inherentes como áreas de recarga de acuíferos.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Transferir técnicas productivas sostenibles y amigables con el medio ambiente que permitan conservar los servicios ecosistémicos y la biodiversidad de la zona y, al mismo tiempo, brinden oportunidades económicas y sociales a las poblaciones asentadas en el lago Alhajuela mejorando su calidad de vida y previniéndolos ante potenciales amenazas.

2.2. Objetivos Específicos

- a. Organización y capacitación de grupos poblacionales/comunales en técnicas de producción sostenible que permitan el eficiente uso de la tierra y eviten la pérdida de biodiversidad.
- b. Ordenamiento territorial de fincas y expansión urbana planificada.
- c. Desarrollo de proyectos de agricultura sostenible, reforestación comercial, acuicultura y turismo vivencial.
- d. Implementar un sistema de “Alerta Temprana ante desastres” para sensibilizar a la población sobre las amenazas y las acciones a tomar cuando estas sucedan.

3. Descripción de la medida a tomar

- a.1. Realización de talleres participativos incluyendo a representantes de instituciones del gobierno local y a la población/comunidades para organizar grupos de trabajo y definir las actividades productivas más adecuadas para cada población.

- b.1. Realización de talleres participativos incluyendo a representantes de instituciones del gobierno local y a la población/comunidades el diseño y socialización de los planes de ordenamiento del territorio y los planes de manejo a nivel de sub-cuencas.
- b.2. Diseñar las estrategias para dirigir el crecimiento y expansión de la población prestando especial atención en la concentración en zonas urbanas, particularmente aquellas cercanas al Parque Nacional Chagres y otras de protección ambiental y biológica.
- c.1. Realizar capacitación en servicio a los grupos organizados en técnicas eficientes de producción agrícola sostenible, producción por asociación de cultivos, sistemas de riego, utilización de abonos naturales/orgánicos, métodos de conservación de suelos, conjuntamente con técnicas de acuicultura con especies locales, granjas acuíferas de autoconsumo y venta.
- c.2. Reforestación de enriquecimiento y de tipo comercial a pequeña y mediana escala en las zonas altas y riberas de los ríos y quebradas que contribuya a la retención, saneamiento y recuperación de las aguas.

Se sugiere la utilización de especies forestales nativas de tipo comercial a pequeña y mediana escala, que aporten una actividad económica rentable a la población. La actividad de reforestación debe seguir la línea de selección de áreas, creación de viveros, producción y plantado de plántones, actividades silvícolas e identificación de mercados para su posterior comercio.
- d.1. Poner en marcha un sistema tecnológico de alerta temprana (SAT) ante amenazas por sequía e inundación con participación de las instituciones con competencia en el monitoreo ambiental quienes capacitarán/formarán a su personal técnico/recurso humano, en tareas de vigilancia en conjunto con la población.
- d.2. Revisión de las políticas, normas y regulaciones en lo referente al uso del suelo, calidad de aguas, aire y suelos, y producción limpia identificado la formulación de otras para salvar vacíos.

4. Ubicación y Dimensión

La cuenca hidrográfica del río Chagres que incluye el Lago Alajuela se ubica al este del Canal de Panamá. Es un embalse de 50 kilómetros cuadrados, ubicado específicamente en el corregimiento de Chilibre distrito de Panamá, provincia de Panamá y los corregimientos de San Juan y Salamanca en la provincia de Colón.

La cuenca hidrográfica del Alajuela de 952 km², es la que comprende mayor cobertura vegetal de los embalses del Canal de Panamá, así como también la más húmeda, dominando las rocas basálticas y andesíticas alteradas. Los ríos principales de la cuenca son el Chagres (34%), Pequení (17%) y Boquerón (11%), lo que en conjunto con la subcuenca del embalse (8%), constituye el 70% del área total de la cuenca del Canal de Panamá. (González, et al. 1975).

5. Período de ejecución

03 años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto

- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledaños
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general
- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación
- Gobierno general y gobiernos locales
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP
- Fuentes de cooperación internacional
- Sistema financiero

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Programa de Organización y capacitación.	150.000	50.000	100.000		50.000	350.000
2.- Programa de Ordenamiento territorial.	150.000	50.000	100.000		50.000	350.000
3.- Programa de producción Sostenible.	250.000	50.000	50.000	400.000	50.000	800.000
4.- Sistema de Alerta temprana (SAT).	100.000	50.000	50.000	200.000	50.000	450.000
TOTAL	650.000	200.000	300.000	600.000	350.000	1.950.000

4.2.1.5 Sub-cuenca: RÍO AGUAS SUCIAS

1. Descripción de la Región Hídrica, Socio-económica e identificación de la vulnerabilidad ante la amenaza

La sub-cuenca del río Agua Sucia tiene una superficie de 6,092.5 hectáreas, lo que representa 1.79% del total de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. El río Agua Sucia tiene una longitud de 18.14 kilómetros, siendo un tributario importante del río Gatún, al cual se une 300 metros aguas abajo en el corregimiento de Limón, un poco antes de que aquel desemboque en el lago Gatún. (Plan de Acción Inmediata Comisión Intersectorial de la Cuenca, 2005-2006).

La sub-cuenca del río Agua Sucia es atravesada por el corredor Transístmico, y al igual que en otras sub-cuencas del mismo sector, se ha dado un aumento considerable de la población en los últimos años, según los datos del Censo 2000 (CGR, 2001), la sub-cuenca de Agua Sucia tenía una

población de 12,390 habitantes en 22 lugares poblados, así, la presión poblacional producida por la expansión del área metropolitana se interna cada vez más hacia la Cuenca (PMCC, 1999).

En el 2000, alrededor del 34% de los trabajadores ocupados eran asalariados, siendo las principales actividades: la construcción que agrupaba al 16% de los ocupados, seguidos por los trabajadores artesanales (15%), empresas agropecuarias (14%), la empresa privada (13%) y por último el gobierno (7%). Solo un pequeño porcentaje (2.5 y 4%), se dedican a trabajar la tierra.

Se ha identificado que la sub-cuenca del río Agua Sucia, tienen un nivel de vulnerabilidad “Alta” ante sequías pero principalmente ante inundaciones, la sobre carga hídrica generada por las fuertes precipitaciones y crecidas de los ríos al no tener áreas boscosas aledañas, pueden originar grandes inundaciones en amplias extensiones, expresado en daños tanto a la infraestructura económica y social como a la producción agropecuaria, industrial y comercial y al medio ambiente.

En la actualidad los bosques maduros (mayores de 60 años) ocupan menos de 1% de todo el territorio y se encuentran cerca de la confluencia del río Agua Sucia con el río Gatún. Hay otros parches de bosque de crecimiento secundario los cuales están muy fraccionados y dispersos. Los bosques ribereños se encuentran totalmente alterados, en muchos de los casos han sido cortados hasta la orilla de los ríos y quebradas, generando problemas de erosión y sedimentación.

Para el año 2000, no se prestaba el servicio de recolección de basura (PMCC, 2000), pero a partir del año 2001, lo realiza la empresa privada AGUASEO, mediante contrato con el Municipio de Colón. Sin embargo, este servicio se considera deficiente, ya que sólo se realiza una vez a la semana, y solo cubre en forma regular a las viviendas ubicadas en las vías principales de las comunidades. En sectores apartados de estas vías la colecta es más espaciada, por lo que los moradores se ven obligados a quemarla, enterrarla y, en ocasiones, tirarla a los cauces de ríos y quebradas.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Disminuir los potenciales riesgos/impactos de inundaciones a través del diseño de un programa de reforestación que evite la erosión, el deslizamiento de tierra y sirva como filtro de residuos, apoyado por un sistema mejorado de recolección de basura y un programa de educación ambiental que incluya a las principales empresas que causan impactos negativos en le medio ambiente para que implementen prácticas ambientalmente amigables.

2.2. Objetivos Específicos

- a. Reforestación limpia de enriquecimiento y de tipo comercial con especies nativas a pequeña y mediana escala en las zonas altas y riberas de los ríos y quebradas para prevenir deslizamientos e inundaciones y contribuir al saneamiento y recuperación de las aguas.
- b. Implementar un sistema mejorado de recolección y manejo de desechos sólidos, basura y aguas residuales para mejorar la cantidad y calidad del agua para beneficio de la población e industrias.

- c. Implementar un programa de Educación Ambiental que estimule la conservación de la biodiversidad y organice a la población para revertir el proceso de contaminación de las fuentes de aguas, este programa debe incluir a las principales empresas industriales, mineras y plantaciones de la sub-cuenca.
- d. Incrementar la red meteorológica de monitoreo de la Cuenca.

3. Descripción de la medida a tomar

- a.1. Ordenamiento e Identificación de áreas aptas para el desarrollo de proyectos de reforestación en la parte alta y en el margen de los ríos de la sub-cuenca del río Agua Sucia con participación del gobierno, ONG's, Institutos de investigación y la población, esta actividad pueden ser combinada con actividades agroforestales, en los espacios restantes.

Existen diferentes razones para reforestar, ya sean para plantaciones comerciales, para conservación (suelos y agua), para restauración ecológica, como enriquecimientos forestales y para la utilización directa por parte de las personas en sus necesidades básicas. Los sistemas son diversos, así como las especies, sitios, actores, etc.

En la Sub-cuenca Agua Sucia la principal razón para la reforestación es la conservación de la Biodiversidad: La vegetación ha sido reducida a pequeños parches de bosque muy alterado hacia las nacientes del río Agua Sucia, además de bosques ribereños, también muy alterados. Los animales más grandes como zaínos, felinos, macho de monte, venados, han desaparecido en su totalidad. Todavía se pueden encontrar, aunque muy escasamente ñeques, iguanas y ardillas, además de aves menores como tierreros, arroceros, pecho amarillo, azulejos, y carpinteros. Se han perdido especies maderables y frutales que existían en años anteriores, como el roble, el guayacán, la maría.

- a.2. Implementación de proyectos de reforestación en la parte alta de las sub-cuencas y en las riberas de los ríos y quebradas para evitar que las fuertes precipitaciones y crecidas de los ríos generen inundaciones, erosión y deslizamientos de tierras con sus consecuencias devastadoras en estructura económica (industrias), material (en carreteras, casas, etc.) y en la salud de la población, esta medida debe contribuir también al saneamiento de las aguas.

Se sugiere la utilización de especies forestales nativas de tipo comercial a pequeña y mediana escala, que aporten una actividad económica rentable a la población. La actividad de reforestación debe seguir la línea de selección de áreas, creación de viveros, producción y plantado de plántones, actividades silvícolas e identificación de mercados para su posterior comercio.

- b.1. Incrementar el presupuesto y mejorar el sistema de recolección de basura y desechos industriales para garantizar el saneamiento del agua y la salud de la población.
- c.1. Implementar un proceso de capacitación y educación ambiental dinámica y participativa que busque despertar en la población local conciencia que le permita identificarse con la problemática ambiental nacional y de su propia sub-cuenca; y además busque identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan en su entorno.

C.2. Coordinar con las empresas industriales, de plantaciones y mineras: la construcción de sistemas de tratamiento de desechos sólidos y líquidos, un programa de aplicación de tecnología limpia para plantaciones comerciales, medidas de mitigación para la disminución de la contaminación atmosférica y acústica en el área.

d.1. Instalar una estación meteorológica en la subcuenca de Aguas Claras.

4. Ubicación y Dimensión

Esta sub-cuenca limita al norte con la sub-cuenca del río Gatún, al este con la sub-cuenca del río Gatuncillo, al sur con las sub-cuenca de los ríos Frijoles y Palenque, y la quebrada del Medio, y al oeste limita con la sub-cuenca de la quebrada del Medio y del río Gatún.

El brazo principal del río Agua Sucia nace al norte de la comunidad de Peña Blanca, en unos pequeños cerros de aproximadamente 180 msnm, los cuales forma parte del inicio de la Sierra Maestra que se extiende hacia el este. Sus principales afluentes son el río Duque y las quebradas Media Tapa, Puerquera y Grande. Parte del territorio de la sub-cuenca se encuentra en el corregimiento de Buena Vista y otra parte en el corregimiento de Limón, ambos de la provincia de Colón

5. Período de ejecución

- 05 años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto
- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledañas
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general
- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación
- Gobierno general (ACP) y gobiernos locales
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP
- Fuentes de cooperación internacional
- Sistema financiero

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Programa de Reforestación.	300.000	50.000	50.000	500.000	50.000	950.000
2.- Programa de recolección y manejo de desechos.	350.000	50.000	50.000	400.000	50.000	900.000
3.- Programa de Educación ambiental.	100.000	20.000	30.000	25,000	200.000	350.000
TOTAL	750.000	170.000	180.000	925.000	300.000	2.225.000

4.2.1.6 Sub-cuenca: RÍO LIMÓN

1. Descripción de la Región Hídrica, Socio-económica e identificación de la vulnerabilidad ante la amenaza

La sub-cuenca del Río Limón forma parte del sistema hidrológico de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá y se ubica sobre el corredor transístmico que la atraviesa. Este estrecho corredor concentra la mayor cantidad de población, con sus actividades económicas e impactos ambientales destructivos a los recursos hídricos y biodiversidad de la cuenca del canal.

El principal centro poblado es la comunidad de Juan Demóstenes Arosemena, conocida como el Veinte. Esta comunidad se asienta sobre el corredor transístmico, por lo que presenta características urbanas a las márgenes de la carretera transístmica, que se diluyen hacia sus contornos en donde toma formas semi-urbanas y rurales. Las comunidades de mayor población son: Juan Demóstenes Arosemena (ó El Veinte) con 5.392 habitantes que corresponden al 91,11% de los habitantes de la sub-cuenca, y la Barriada 23 de Agosto con una población de 526 habitantes que corresponden al (8,89%).

La cría de pollos, gallinas y cerdos, se realiza de manera informal y en pequeña escala por algunas familias. La cría de ganado vacuno es una importante actividad económica en el área.

También se desenvuelven actividades comerciales, como la venta formal de productos agrícolas en pequeños quioscos que constituyen sitios de acopio de los productos de la región, pequeños talleres de reparaciones y tiendas. (Fuente: Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Canal (USAID/CBC) Diagnostico Técnico de la Sub-cuenca del Río Limón – 2008).

Se ha identificado que la sub-cuenca del río Limón, tienen un “Alto” nivel de vulnerabilidad ante potenciales inundaciones, dado las abundantes lluvias durante el año y el alto régimen torrencial de sus cauces de agua, la sub-cuenca también tiene una alta tendencia para el arrastre de sedimentos que pueden generar obstrucción de los flujos de agua, esto intensifica por las áreas de cultivo y de ganadería extensiva dispersas en la a lo largo de la ribera y los caminos y cortes de caminos con ausencia de medidas de protección en sus márgenes y en el cruce de quebradas.

La actividad de extracción de materiales pétreos y areniscos del cauce de las quebradas y los ríos también contribuye al aporte de sedimentos y con ello al deterioro de la calidad en las fuentes de agua.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Disminuir los niveles de contaminación de las aguas cuyos efectos se verían incrementados ante potenciales inundaciones que generan erosión, deslizamiento de tierra y acumulación de residuos sólidos.

2.2. Objetivos Específicos

- a. Implementación de medidas de protección, conservación y manejo sustentable de las áreas de captación y recarga de los sistemas de agua de la sub-cuenca para mantener este recurso para el consumo de la población local.
- b. Reducción de la contaminación del agua a lo largo de la sub-cuenca por residuos, vertidos, sustancias tóxicas y la reposición de los bosques de galería o riparios a lo largo de los cauces naturales para uso ganadero y agrícola
- c. Recuperación de las áreas de cultivo con sobre uso de la tierra y sectores de mayor aporte de sedimentos en la sub-cuenca, la recuperación de los bosques de galería o riparios, con arreglo a un plan de manejo que integre la participación comunitaria en su concepción y ejecución.
- d. Implementar un programa de Educación ambiental que estimule la conservación de la biodiversidad y organice a la población y a las grandes empresas industriales para revertir el proceso de contaminación de las fuentes de aguas.

3. Descripción de la medida a tomar

- a.1. Fortalecimiento de la gestión local de manejo de cuencas que incluye la incorporación al proceso del manejo de la sub-cuenca de las comunidades, los organismos de trabajadores, empresarios, juventud, entidades públicas y de gobierno local, a través de representantes libremente escogidos. En su conjunto estos organismos integran la Red de Usuarios de la sub-cuenca.
- a.2. Formulación participativa del Plan de Manejo Integrado de la sub-cuenca. El Plan de Manejo debe formularse participativamente con enfoque en la conservación de la biodiversidad, la reducción de las cargas contaminantes y la protección y la conservación de los recursos hídricos, la sostenibilidad de los sistemas productivos, la gestión de riesgos relacionados con el agua y el mejoramiento de la calidad de vida de la población local.
- a.3. Implementación de sistemas de vigilancia y control. Para la aplicación eficiente y efectiva la legislación y las normativas ambientales que aportan a la protección y conservación de los recursos y ecosistemas de la sub-cuenca, además del fortalecimiento de las entidades, la comunidad y el gobierno local, se requerirá de medios para hacer efectiva la vigilancia, monitoreo y supervisión del cumplimiento de las mismas.

b.1 Protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad

- Control de las descargas directas e indirectas de aguas residuales a los cursos de agua naturales.
- Manejo y disposición adecuada de residuos sólidos y aguas residuales residenciales
- Sistemas de producción agrícola y pecuaria sostenibles

c.1 Protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad

- Recuperación de los bosques de galería
- Recuperación forestal de tierras degradadas
- Programa de incentivos a la conservación y uso sostenible de las tierras con algún tipo de cubierta vegetal arbórea, bosques secundarios, matorrales y rastrojos

d.1. Implementar un proceso de capacitación y educación ambiental dinámica y participativa que busque despertar en la población local conciencia que le permita identificarse con la problemática ambiental nacional y de su propia sub-cuenca; y además busque identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan en su entorno.

d.2. Coordinar con las empresas industriales, de plantaciones y mineras: la construcción de sistemas de tratamiento de desechos sólidos y líquidos, un programa de aplicación de tecnología limpia para plantaciones comerciales, medidas de mitigación para la disminución de la contaminación atmosférica y acústica en el área.

4. Ubicación y Dimensión

Administrativamente la sub-cuenca del río Limón se inserta en la provincia y distrito de Colón, en la jurisdicción del corregimiento de San Juan se ubica en la sub-cuenca Gatuncillo., con una superficie de 943,90 Ha. de relieve quebrado, las aguas de la sub-cuenca drenan hacia el lago Gatún (26 msnm) reservorio artificial del cual se extrae agua de uso municipal para la región metropolitana de Panamá.

El río Limón tiene una longitud de 7,89 kilómetros, nace hacia el límite noreste de la Subcuenca, a unos 120 msnm en elevaciones ubicadas al norte de la barriada 23 de agosto. Su red de drenaje es detrítica y desemboca en el curso medio del río Chagres aguas debajo de la presa Madden o Alhajuela y el puente de la carretera transístmico sobre el río Chagres, frente al sector de Moja Pollo en Chilibre. El río Limón recibe aportes de otros afluentes como la Quebrada La Alcantarilla, Limoncito y Madroñal, y otras corrientes sin nombres registrados.

5. Período de ejecución

- 03 años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto
- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledaños
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general

- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación
- ACP y gobiernos locales
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP
- Fuentes de cooperación internacional
- Sistema financiero.

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Protección, conservación y manejo sustentable de las áreas de captación y recarga de los sistemas de agua.	100.000	50.000	50.000	250.000	50.000	500.000
2.- Reducción de la contaminación del agua a lo largo de la sub-cuenca.	250.000	50.000	50.000	400.000	50.000	800.000
3.- Recuperación de bosques y áreas de cultivo con sobre uso de la tierra.	150.000	50.000	50.000	400.000	50.000	800.000
4.- Programa de Educación ambiental.	100.000	20.000	30.000		200.000	350.000
TOTAL	600.000	170.000	180.000	1.050.000	350.000	2.400.000

4.2.1.7 Sub-cuenca: RÍO TRINIDAD

1. Descripción de la Región Hídrica, Socio-económica e identificación de la vulnerabilidad ante la amenaza

La Sub-cuenca del río Trinidad forma parte de la zona Este de la cuenca del Canal de Panamá y desde luego tiene una gran importancia tanto desde el punto de vista económico y social para sus pobladores, así como el recurso hídrico en su calidad y cantidad.

La Sub-cuenca del río Trinidad tiene una población de 5.181 habitantes, es 100% rural y las viviendas en su mayoría se caracterizan por estar construidas con materiales básicos, la población tiene poca accesibilidad a recursos económicos. La mayoría se dedican a actividades agropecuarias y devengan sus ingresos a través de esta actividad. El ingreso mensual de los hogares ascendía a

\$80.71 para el caso del tramo alto de la cuenca y \$79.25 para la parte media y baja (Informe de Contraloría, año 2000), las actividades pecuarias en orden de importancia son: ganados, pollos y cerdos. La agricultura es de subsistencia y la ganadería una práctica extensiva de bajo nivel tecnológico con base a los conocimientos empíricos de los agricultores.

En la sub-cuenca se han identificado cinco diferentes usos que a continuación se señalan: bosque maduro, bosque secundario, matorrales/rastrojos, uso agropecuario y urbano. El tipo de uso no siempre coincide con la aptitud del terreno, lo que normalmente genera un desgaste o deterioro del recurso suelo.

Se ha identificado que la sub-cuenca del río Trinidad, tienen un nivel de vulnerabilidad “Alta” ante inundaciones pero principalmente ante sequías, ambas amenazas se acrecientan por la práctica tradicional de roce y quema de áreas boscosas aledañas, al contar con una cobertura boscosa fragmentada, se pierde la capacidad de absorción y retención de este importante recurso y por lo tanto se incrementa la amenaza de sequía.

Actualmente se viene reemplazando el sistema tradicional de rosa y quema por el uso de agroquímicos, lo que genera un alto riesgo para el recurso hídrico, el suelo y la salud de los pobladores, ya que muchas veces no se siguen las instrucciones de uso, ni se usa la protección adecuada.

Así mismo el poco control de otras actividades comerciales como el turismo, la extracción de canteras, yacimientos mineros y urbanización genera grandes concentraciones de residuos sólidos que contamina el agua circulante.

2. Objetivos /componentes de la medida

2.1. Objetivo General

Disminuir los potenciales riesgos de inundaciones y sequías a través del diseño de un programa de recuperación de áreas deforestadas, control uso de químicos y herbicidas que tienen un impacto negativo sobre la calidad del agua y la salud de la población más vulnerable.

2.2. Objetivos Específicos

- a. Reforestación de enriquecimiento y de tipo comercial a pequeña y mediana escala en las zonas altas y riberas de los ríos y quebradas para contribuir a la retención del agua y prevenir el riesgo de sequías.
- b. Desarrollo de una campaña sobre el control ambiental y adecuado uso de químicos y herbicidas para garantizar la calidad del agua en beneficio de sus pobladores.
- c. Desarrollo de proyectos de agricultura sostenible, reforestación comercial, acuicultura y turismo vivencial.

3. Descripción de la medida a tomar

- a.1. Implementación de proyectos de reforestación en la parte alta y ribera del río Trinidad para evitar garantizar la retención y calidad del agua circulante que pueda prevenir las amenazas ante sequías, esta medida debe contribuir también al saneamiento de las aguas.

Se sugiere la utilización de especies forestales nativas de tipo comercial a pequeña y mediana escala, que aporten una actividad económica rentable a la población. La actividad de reforestación debe seguir la línea de selección de áreas, creación de viveros, producción y plantado de plántones, actividades silvícolas e identificación de mercados para su posterior comercio.

- a.2. Monitorear los sub-proyectos de reforestación y programas de recuperación de agua.

- b.1. Implementar un proceso de capacitación y educación ambiental dinámica y participativa que busque despertar en la población local conciencia que le permita identificarse con la problemática ambiental nacional y de su propia sub-cuenca; y además busque identificar las relaciones de interacción e independencia que se dan en su entorno.

- b.2. Implementar programas de acción de capacitación de agricultores en la eliminación o correcto uso de químicos y herbicidas en sus prácticas agrícolas, así como implementar un sistema de recolección de basura, de reciclaje de la misma que contribuyan a la descontaminación y manejo de residuos sólidos.

- a.1. Realización de talleres participativos incluyendo la participación de instituciones del gobierno local y a la población/comunidades para organizar grupos de trabajo y definir las actividades productivas más adecuadas para la población.

- c.1. Realizar capacitación en servicio a los grupos organizados en técnicas eficientes de producción agrícola sostenible, producción por asociación de cultivos, sistemas de riego, utilización de abonos naturales/orgánicos, métodos de conservación de suelos, conjuntamente con técnicas de acuicultura con especies locales, granjas acuíferas de autoconsumo y venta.

4. Ubicación y Dimensión

Trinidad se ubica en los distritos de Capiro y Chorrera provincia de Panamá y Colón provincia de Colón, la sub-cuenca desemboca sus aguas al lago Gatún. Trinidad tiene una superficie de 20.134 hectáreas, el río Trinidad tiene una longitud de 54.1 Km² y se encuentra a una elevación media de 278.1 msnm, con su punto más alto en el Cerro Trinidad con una elevación de 1.125 msnm.

5. Período de ejecución

- 03 años de ejecución (mediano plazo)

6. Consideraciones mínimas para su implementación

- Voluntad gubernamental para el desarrollo y ejecución del proyecto
- Coordinación, conciliación y acuerdo con las poblaciones aledañas
- Comité de implementación con las capacidades, recursos y respaldo general
- Control y monitoreo de la ejecución y administración de recursos

7. Posibles responsables para la implementación

- Comité técnico de implementación
- Gobierno general (ACP) y gobiernos locales
- Población en general.

8. Posibilidades de financiación

- Gobierno central a través de la ACP
- Fuentes de cooperación internacional
- Sistema financiero

9. Presupuesto

COMPONENTE	Salarios	Viáticos	Reuniones	Infraestructura	Comunica.	TOTAL US\$
1.- Programa de Reforestación	300.000	50.000	50.000	500.000	50.000	950.000
2.- Programa de Educación ambiental	150.000	20.000	30.000		200.000	400.000
3.- Programa de producción Sostenible	250.000	50.000	50.000	500.000	50.000	900.000
TOTAL	700.000	120.000	130.000	1.000.000	300.000	2.250.000

4.3 Priorización de las acciones, programas y proyectos identificados, considerando las necesidades inmediatas y el análisis de la viabilidad técnica, económica, social y ambiental

4.3.1. Criterios para la evaluación de las propuestas

Para poder evaluar la pertinencia de las medidas propuestas en la sección anterior para reducir la vulnerabilidad ante variaciones climáticas en las sub cuencas más vulnerables de la CHCP, se describen a continuación los criterios de evaluación.

a. Económica:

Para la evaluación económica se consideran dos indicadores para medir el costo-efectividad, el cual relaciona el costo en US\$ de la acción propuesta con alguna variable que muestre la efectividad de la propuesta en cumplir con los objetivos:

- **Dólar invertido / Reducción de la vulnerabilidad en la sub cuenca**

Primero, para medir la reducción de la vulnerabilidad en la subcuenca se consideraron los siguientes puntos:

- 1.-La propuesta se encuentra enfocada en la vulnerabilidad socioeconómica
- 2.-La propuesta se encuentra enfocada en la vulnerabilidad ante la amenaza de inundaciones.
- 3.-La propuesta se encuentra enfocada en la vulnerabilidad ante la amenaza de sequías.

Luego se establecen rangos y valores asociados al rango para poder elaborar el ratio:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción
Alto	10	La propuesta cumple con los 3 puntos
Medio	5	La propuesta cumple con 2 puntos
Bajo	1	La propuesta cumple con 1 punto

También, el costo de la propuesta se pone también en rangos de valor:

Rango	Valor asociado al rango	Costo de la propuesta (US\$)
Alto	10	5,000,001 -10,000,000
Medio	5	1,000,001 – 5,000,000
Bajo	1	0 - 1,000,000

Una vez que la propuesta se haya colocado dentro de los rangos establecidos anteriormente, se pasa a elaborar la razón de dólar invertido / reducción de la vulnerabilidad en la sub cuenca, el cual tendrá los siguientes rangos y valores:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción	Interpretación
Alto	10	Se encuentran en este rango los ratios menores a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen alta efectividad en reducir la vulnerabilidad total en la sub cuenca
Medio	5	Se encuentran en este rango los ratios iguales a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen media efectividad en reducir la vulnerabilidad total en la sub cuenca
Bajo	1	Se encuentran en este rango los ratios mayores a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen baja efectividad en reducir la vulnerabilidad total en la sub cuenca

- **Dólar invertido / Tiempo de duración del proyecto**

Del mismo modo que el indicador anterior, primero se categoriza el tiempo de duración del proyecto:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción
Largo Plazo	10	De 6 a 7 años
Mediano Plazo	5	De 2 a 5 años
Corto Plazo	1	De 0 a 2 años

Luego se elabora el ratio de dólar invertido / tiempo de duración del proyecto en la sub cuenta, el cual tendría los siguientes resultados:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción	Interpretación
Alto	10	Se encuentran en este rango los ratios menores a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen alta efectividad por año de duración del proyecto
Medio	5	Se encuentran en este rango los ratios iguales a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen media efectividad por año de duración del proyecto
Bajo	1	Se encuentran en este rango los ratios mayores a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen baja efectividad por año de duración del proyecto

b. Social:

Para la evaluación social se considerará el indicador de:

- **Dólar invertido / Población expuesta**

Primero se categoriza la población expuesta:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción
Alta población	10	De 5,000 a más
Mediana población	5	De 1,001 a 5,000 personas
Poca población	1	De 0 a 1,000 personas expuestas

Luego se elabora el ratio de dólar invertido / población expuesta en la sub cuenta, el cual tendría los siguientes resultados:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción	Interpretación
Alto	10	Menor a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen alta efectividad por población expuesta
Medio	5	Igual a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen media efectividad por población expuesta
Bajo	1	Mayor a 1	Los dólares invertidos en la propuesta tienen baja efectividad por población expuesta

c. Ambiental:

Para la evaluación ambiental se considerarán los tipos de intervención en términos ambientales:

- Reforestación de bosques
- Enriquecimiento de bosques
- Manejo de residuos
- Agricultura sostenible
- Pesca sostenible
- Educación ambiental
- Mejora en la calidad del agua
- Inventario y monitoreo de recursos naturales
- Ordenamiento territorial

Luego se establecen los rangos de evaluación:

Rango	Valor asociado al rango	Descripción
Alto	10	La propuesta incluye de 6 a 9 de los tipos de intervención ambiental
Medio	5	La propuesta incluye de 3 a 5 de los tipos de intervención ambiental
Bajo	1	La propuesta incluye al menos 2 de los tipos de intervención ambiental

4.3.2. Evaluación y priorización de las propuestas

Las propuestas se evaluaron de acuerdo con los criterios descritos en el punto anterior, y en el **Cuadro 4.4** se describe el puntaje obtenido en la evaluación de las propuestas referidas a las 7 subcuencas priorizadas.

Cuadro 4.4. Evaluación de las propuestas de las 7 subcuencas priorizadas.

Propuestas	Criterios	Dólar invertido / Reducción de vulnerabilidad	Dólar invertido / tiempo de duración	Dólar invertido / Población expuesta	Impacto ambiental positivo	Evaluación Total (promedio)
Propuesta 1- Ríos Chilibre y Chilibrillo		10 (Alta)	5 (Media)	10 (Alta)	5 (Media)	7.5 (Alta)
Propuesta 2 – Lago Miraflores		1 (Baja)	5 (Media)	1 (Baja)	10 (Alta)	4.25 (Media)
Propuesta 3 – Lago Gatún		1 (Baja)	5 (Media)	5 (Media)	10 (Media)	5.25 (Media)
Propuesta 4 – Lago Alajuela		5 (Media)	5 (Media)	5 (Media)	5 (Media)	5 (Media)
Propuesta 5 – Río Agua Sucia		5 (Media)	5 (Media)	10 (Alta)	5 (Media)	6.25 (Media)
Propuesta 6 – Río Limón		10 (Alta)	5 (Media)	10 (Alta)	5 (Media)	7.5 (Alta)
Propuesta 7 - Río Trinidad		10 (Alta)	5 (Media)	5 (Media)	5 (Media)	6.25 (Media)

De acuerdo con la evaluación anterior, el orden de las propuestas, de acuerdo con el impacto positivo que generan, es el siguiente:

- 1.- Propuesta de los ríos Chilibre y Chilibrillo
- 2.- Propuesta Río Limón
- 3.- Propuesta Río Agua Sucia
- 4.- Propuesta Río Trinidad
- 5.- Propuesta Lago Gatún
- 6.- Propuesta Lago Alajuela
- 7.- Propuesta Lago Miraflores.

5. Conclusiones y recomendaciones

A continuación se resumen las principales conclusiones encontradas en el presente trabajo de “Evaluación de la vulnerabilidad actual de los sistemas humanos y naturales de la Cuenca del Canal de Panamá”:

- i. De la información meteorológica entregada por la Sección de Recursos Hídricos de la ACP proveniente de 103 estaciones, solamente 22 de ellas (21.4 %) poseen el registro completo de datos para el periodo de trabajo seleccionado 1971 – 2010 (40 años) en este estudio. Dichas estaciones, no tienen cobertura espacial de los extremos Este y Oeste de la Cuenca, por tal razón se utilizaron 32 estaciones adicionales en calidad de referencia con diferentes periodos de registro.
- ii. La distribución espacial de los totales anuales de precipitación en la Cuenca indica que las subcuencas de la parte Este son las de mayor pluviosidad, en particular las de los ríos Pequení, Chagres, Chico y la de Boquerón en su parte más norte, con valores de precipitación entre 4,000 y 5,000 milímetros (mm). Mientras la parte sur de la CHCP, se caracteriza por ser la de menor precipitación, en particular las subcuencas del Lago Miraflores y de los ríos Obispo, Mandinga y Caraña, donde los totales anuales oscilan entre 1,800 y 2,200 mm.
- iii. Durante la estación “relativamente seca” que se extiende de enero a abril, la distribución espacial de la precipitación mantiene un patrón espacial similar al de los totales anuales, en donde la porción Este de la Cuenca es la más lluviosa, con valores promedios entre 300 y 500 mm. En este caso, la parte Sur y Oeste de la cuenca presentan acumulados estacionales de lluvia similares, entre 50 y 100 mm. Toda la parte Sur de la cuenca está delimitada por las isolíneas de 100 a 50 mm, abarcando una amplia franja que se extiende desde las subcuencas de Chilibrillo, Chilibre, pasando por la del Lago Miraflores y toda la región de Panamá Oeste hasta la subcuenca de Quebrada Grande.
- iv. En la “estación lluviosa” que ocurre de mayo a diciembre, la precipitación estacional disminuye en dirección de Este hacia el Oeste; así como de Norte a Sur en la Cuenca. En la parte Este de la cuenca los acumulados de precipitación oscilan entre 3,000 mm y 3,900 mm; en la parte Noreste entre 2,600 y 3,200 mm. La región del corredor Transístmico del Pacífico delimitado por las subcuencas de Chilibrillo y Chilíbre., muestra valores de precipitación de 2,100 a 2,300 mm. La parte Sur de la Cuenca es la más seca, con valores acumulados entre 1,700 -1,900 mm en la subcuenca del Lago Miraflores. Toda la parte Sur del Lago Gatún y la

región de Panamá Oeste están delimitadas por las isolíneas de lluvia entre 1,900 y 2,000 mm.

- v. El conocimiento de la distribución espacial y temporal de la precipitación mensual es muy importante para las diferentes actividades sociales y productivas que se realizan en la Cuenca, por tal razón se analizó la distribución espacial de la lluvia referida al periodo de 1971 a 2010 para los meses siguientes: enero, mayo, julio, septiembre y noviembre.

Enero se caracteriza por ser el primero de la estación seca en la mayor parte de la Cuenca, por tal razón los acumulados de lluvia varían entre 2 y 275 mm. La mayor parte del Sur de la cuenca muestra valores mensuales de lluvia entre 10 y 40 mm. Las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad presentan valores de lluvia entre 50 y 120 mm. La subcuenca del Lago Gatún es más húmeda en su parte norte (80-100 mm) y en los extremos noreste (90 mm) y suroeste (80-120 mm); mientras las subcuencas más secas se localizan en el sector Este.

La distribución espacial de la precipitación media del mes de *mayo* se caracteriza por el establecimiento de la estación lluviosa en Cuenca debido fundamentalmente a que la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se localiza sobre el territorio de Panamá. Las precipitaciones aumentan significativamente con respecto al mes de enero y los valores mensuales varían entre 120 mm en la parte más seca de la cuenca, a 530 mm en la más húmeda. La zona más seca de la Cuenca se localiza en la parte central, la cual se extiende de norte a sur, desde las subcuencas orientales del Lago Gatún con un valor de 140 mm, hasta la mitad de la subcuenca del Lago Miraflores, y de aquí se proyecta hacia el oeste, abarcando las subcuencas de la región de Panamá Oeste.

El mes de *Julio* se caracteriza por mostrar una reducción moderada de los promedios mensuales de lluvia, a excepción de la zona Caribe correspondiente a la Cuenca. Esta reducción podría estar relacionada al fortalecimiento del Anticiclón del Atlántico que alcanza su máximo en este mes y al debilitamiento de la ZCIT. Toda la parte oeste de la cuenca muestra valores de lluvia bastante similares entre 200 y 280 mm, con núcleo mínimo de 200 mm en el tramo bajo del río Trinidad y parte oeste del Lago Gatún. La región del Chagres presenta los promedios mensuales más altos entre 300 y 450 mm, sobresaliendo los tramos altos de las subcuencas de los ríos Pequení, Chagres, Las Piedras y Las Cascadas.

Septiembre se caracteriza por presentar los promedios mensuales de lluvia más bajos dentro de la estación lluviosa, debido fundamentalmente a que la ZCIT se localiza al Norte el territorio de Panamá. La precipitación mensual disminuye de

una forma más clara en las subcuencas de la parte Este de la cuenca, por ejemplo en la estación Chico. Es el único mes de la estación lluviosa en que los promedios mensuales de lluvia disminuyen considerablemente hasta 300-350 mm en el sector Este de la Cuenca. Con fines de estudiar con un mayor nivel de detalle dicha reducción de la precipitación, se recomienda ampliar la red de estaciones meteorológicas en las subcuencas Gatuncillo, Salamanca, Gatún y Boquerón. En cuanto a la distribución espacial, se asemeja un poco a la del mes de mayo por la formación de un corredor relativamente más seco que se extiende de norte a sur, desde la subcuenca de los ríos Quebrada del Medio y Agua Salud, hacia el sur extendiéndose a través de las subcuencas Pelón, Frijolita, Frijoles hasta Baila Monos y una parte de río Paja, con valores mensuales de precipitación entre 120 y 200 mm.

El mes de noviembre, se caracteriza por ser el más lluvioso de esta temporada, los máximos mensuales son más marcados en las estaciones de la vertiente del Caribe y las localizadas en la parte Este de la Cuenca. Este máximo mensual podría estar relacionado con la migración de la ZCIT hacia el Sur y su localización sobre el territorio de Panamá; así mismo durante este mes los empujes frontales sobre Centroamérica dejan sentir su influencia más al sur de Panamá, aportando humedad e interactuando con la ZCIT, lo cual produce abundantes lluvias e inundaciones. La mitad oeste de la Cuenca está representada por valores similares de lluvia que varían entre 340 y 380 mm, lo cual obedece a un patrón de lluvias relativamente homogéneo. Las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras están localizadas entre las isoyetas de 440 y 560 mm, mientras las subcuencas del río Pequení y Chagres reciben los máximos mensuales de lluvia, con valores extremos entre 550 y 760 mm.

- vi. Durante el periodo estudiado de 1971 a 2010, según la clasificación de NOAA un total de 13 eventos El Niño han afectado la Cuenca, así como 13 eventos La Niña; de tal forma que un total de 25 años han sido condicionados por la variabilidad climática del ENOS, que equivale al 62.5% de los 40 años de registro utilizados en los análisis del régimen de precipitación.
- vii. De los 13 eventos El Niño que han afectado la Cuenca, el que más fuertemente ha impactado el comportamiento de la precipitación anual y mensual ha sido el del año 1997, le sigue el evento de 1976 y en tercer lugar el de 1982. Estos eventos generalmente se han asociado a sequías.

- viii. De los 12 eventos La Niña que han afectado la Cuenca, el que más fuertemente ha impactado el comportamiento de la precipitación anual y mensual con inundaciones ha sido el del año 2010, le sigue el evento de 1999 y en tercer lugar el de 1975. Estos eventos generalmente se han asociado a inundaciones en la Cuenca. Los máximos anuales de precipitación producidos por estos eventos varían en función de la localización geográfica de la cuenca; por ejemplo para la estación El Chorro en la subcuenca del río Trinidad (parte Oeste de la cuenca), el máximo anual corresponde al evento La Niña de 1975, incluso mayor que el año 2010.
- ix. Es importante señalar que incluso durante los eventos El Niño que se asocian a una importante reducción de la lluvia (mensual o anual), en el comportamiento de la marcha mensual de la precipitación se encontró que durante los meses de abril y octubre, pueden ocurrir lluvias que superan las normas históricas de esos meses; como sucedió en los eventos El Niño analizados de 1976, 1982 y 1997. Este conocimiento puede ser útil para la administración de los embalses durante futuros evento El Niño, sin perder de vista que no hay dos eventos iguales. Por lo tanto, se recomienda una investigación especial, con el fin de estudiar la geomorfología de las lluvias en la Cuenca con respecto a los eventos El Niño y La Niña.
- x. El análisis de eventos El Niño seleccionados como 1976, 1982 y 1997, indican que su clasificación del nivel intensidad (débil, moderado, fuerte) por centros internacionales de investigación como NOAA, no necesariamente indica que su nivel de afectación en el régimen de precipitación de la Cuenca será directamente proporcional. Por ejemplo, el evento El Niño 1976 (clasificado como evento débil por NOAA) causó déficit de precipitación a nivel mensual más fuertes que el evento 1982 (fuerte). Al comparar el comportamiento de la precipitación media mensual de la estación El Chorro en la subcuenca del río Trinidad (parte oeste de la cuenca) y la estación San Miguel (parte Este) se encontró que: El evento El Niño 1982 fue relativamente más húmedo con respecto a los eventos de 1976, 1997 y el promedio histórico 1971-2010, en particular en la parte Oeste de la Cuenca, sobre todo en los meses de enero, agosto y octubre (Gráfico 1.4); mientras la estación de San Miguel mostro un comportamiento más moderado, excediendo los valores históricos solo en enero y julio (ver Gráfico 1.5).
- xi. Tanto para el sector Este como para el Oeste de la Cuenca, el Niño de 1997 es el que ha ocasionado los déficit de precipitación más fuertes; en ambos sectores los meses afectados son ocho, sin embargo la distribución temporal es diferente, en

la estación San Miguel del sector Este los meses afectados de forma continua abarcan desde agosto a diciembre (5 meses); mientras en la estación El Chorro la mayor afectación ocurre al final de la estación seca e inicio de la lluviosa, de marzo a mayo (4 meses).

- xii. Esta distribución temporal condiciona diferentes niveles de impactos, en el primer caso la reducción constante de los acumulados mensuales de lluvia durante cinco meses, incidirá en la captación de agua del Lago Alhajuela ya que los déficit son mayores al 30% en tres meses y en diciembre alcanza un 82%; tales niveles de reducción de la precipitación pueden comprometer los aspectos operativos del uso del agua para sus diferentes fines. En el caso de la subcuenca Trinidad, reducciones de la lluvia de casi del 60% respecto a los valores históricos afectará los rendimientos de los cultivos de subsistencia ya que incidirá en la fechas de siembra y floración de los mismos.
- xiii. Los niveles de *Amenaza Muy Alta por Inundación* son característicos de la parte Este y Noreste de la Cuenca, abarcando la mayor parte de la Región del Alto Chagres y en particular en las subcuencas de los ríos Piedras, Chagres, Chico, Pequení, y Boquerón; así mismo niveles de *Amenaza Alta*, se observan sobre las subcuencas de los ríos Las Cascadas y La Puente. La parte central de la región del Corredor Tansístmico del Atlántico predomina el nivel de *Amenaza media*; la región del Corredor Transístmico del Pacífico la subcuenca del río Chilibrillo tiene un nivel de *amenaza media* y la del río *Chilibre amenaza baja*. En la región de Panamá Oeste, en todas las subcuencas es preponderante el *nivel de amenaza baja* a inundaciones.
- xiv. Considerando que la amenaza es dinámica y que su intensidad varía en función de la variabilidad climática y de los eventos extremos, en calidad de ejemplo se elaboró el mapa de amenaza referido al evento extremo de mayor magnitud que ha impactado la Cuenca en diciembre de 2010, conocido como “La Purísima”. La tendencia de afectación de la amenaza se mantuvo, de tal forma que el nivel de intensidad de *Amenaza Muy Alta* correspondió a la parte este y noreste de la Cuenca, sin embargo el área de afectación se extendió hacia otras subcuencas, en particular a la del Lago Gatún (la de mayor extensión territorial), incluyendo subcuencas de la vertiente del Pacífico como la de los ríos: Chilibre y Obispo, parte baja de Los Hules, Quebrada La Leona, Cirícito y Cirí de los Sotos; así como el tramo bajo de las Sub cuenca del río Cirí Grande.

- xv. Los niveles de *Amenaza Muy Alta por Sequía* presenta una distribución inversa con respecto al mapa de Amenaza por Inundación, es decir, en la parte Este y Noreste de la Cuenca predominan niveles de *Amenaza Baja*. *Amenaza Muy Alta por sequía, ocurre* con mayor frecuencia en la región del Lago Miraflores y la subcuenca del río Obispo, así como en las subcuencas sur del Lago Gatún que incluye la de los ríos Casaya, Mandinga, Fríjoles, Quebrada Aguas Claras y río Gigantito. En la región de Panamá Oeste, sobresalen las subcuencas de los ríos Baila Monos, Cañito y Quebrada Grande.
- xvi. A nivel global, los valores de susceptibilidad a deslizamientos mediante el parámetro de Pendiente (Sp), son mayores en las subcuencas orientales de los ríos: Gatún, Pequení, Boquerón, Chagres y Lago Alajuela. Estas cuencas interceptan a los corregimientos de Buena Vista, Salamanca, Portobelo, Chilibre, San Juan y Las Cumbres. Esta susceptibilidad, también se observa hacia la parte Central de la Cuenca, específicamente hacia el Este de la Sub cuenca del Lago Gatún, interceptando a los corregimientos de Limón, Cristóbal y Ancón. En las partes altas de las subcuencas de Cirí Grande y Trinidad, sus partes altas presentan alta susceptibilidad a deslizamiento. Los corregimientos afectados son: Cacao, Cirí Grande y porción Sur del río La Trinidad.
- xvii. Niveles de susceptibilidad litológica alta se observan hacia el Norte de las subcuencas de los ríos Trinidad y Cirí Grande.
- xviii. Los resultados obtenidos en el Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos tomando en consideración los factores internos de pendiente, humedad del terreno y susceptibilidad litológica de la Cuenca; muestran que el extremo Oeste de la Cuenca presenta la particularidad de susceptibilidades altas de deslizamiento en los tramos altos y bajos de las subcuencas de los ríos Trinidad y Cirí Grande. El sector Este de la Cuenca del Canal de Panamá, se caracteriza por presentar el mayor nivel de susceptibilidad a deslizamientos, sobresaliendo una gran parte de este territorio con un nivel alto de susceptibilidad. Entre las áreas que presentan mayores susceptibilidades a deslizamiento se encuentran: el Norte de la Subcuenca del Río Gatún, Sur de Río Salamanca, Oeste de Río Boquerón, Noroeste y Sureste de Río Pequení, la mayor parte del territorio de la Subcuenca del Río Chico, la parte Central de la Subcuenca del Río Chagres, Oeste de Río Piedras y la parte Central del Río Piedras.
- xix. Se diseñó un enfoque metodológico para evaluar la vulnerabilidad actual tanto socioeconómica como biofísica; tomando en consideración los impulsores de ésta,

como la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación; la cual puede ser replicada a otras cuencas hidrológicas del país. Se definieron indicadores para cada uno de los impulsores de la vulnerabilidad, así como para las amenazas climáticas.

xx. Las subcuencas más vulnerables de la Cuenca en base a los resultados obtenidos de la estimación de los indicadores de la vulnerabilidad socioeconómica actual y vulnerabilidad a inundaciones y sequías son las de los ríos Chilibre, Chilibrillo, lagos Miraflores, Gatún y Alajuela; así como la de los ríos Agua Sucia y Limón; donde los niveles de vulnerabilidad socioeconómica y biofísica por sequía e inundaciones son muy altos y altos. Se identificó un segundo grupo de 13 subcuencas críticas, con las características siguientes: (a) en el 77% de ellas predomina un nivel de vulnerabilidad socioeconómica media; (b) el 69% de ellas presentan una vulnerabilidad actual media a inundaciones y (c) el 62% de éstas tienen una vulnerabilidad actual alta a sequías. Entre estas subcuencas las más vulnerables son las de los ríos Gatún, Obispo, Trinidad, Gatuncillo y Aguas Claras.

xxi. La línea base de la vulnerabilidad socioeconómica de la Cuenca identificó que las subcuencas con mayores índices de exposición (mayores al 50%), ya sea por población, viviendas, población dedicada a actividades agropecuarias o por infraestructura, en orden de importancia son: Lago Gatún, ríos Chilibre, Chilibrillo, Agua Sucia, Lago Alhajuela, ríos Cirí Grande, Gatuncillo, Limón, Trinidad, Ciricito, Lago Miraflores, ríos Piedras, Pequení, Caño Quebrado, Palenque, Los Hules, Gatún.

Las subcuencas con grados de sensibilidad mayor a 50%, en orden de importancia, son las subcuencas de los ríos: Agua Salud. Cañito, Trinidad, Frijoles, Chagres, Aguas Claras y Piedras.

Las subcuencas con mejor capacidad de adaptación para ajustar sus características o su comportamiento para poder expandir su rango de tolerancia bajo la variabilidad climática son: Lago Miraflores, ríos Chilibrillo, Obispo, Chilibre, Palenque I, Agua Sucia, Aguas Claras, Limón, Lago Gatún, Baila Monos, Lago Alhajuela, Gatún, Quebrada Bonita, Paja, Las Cascadas, Los Hules y Caño Quebrado.

xxii. El valor estimado de la vulnerabilidad socioeconómica actual a la variabilidad climática y eventos extremos indica que las subcuencas más vulnerables son la de los ríos: Chilibrillo, Chilibre, Miraflores, Limón, Alajuela, Obispo, Lago Gatún, Agua Sucia, Trinidad, Gatuncillo, Aguas Claras y Gatún. Estas

subcuencas se caracterizan por tener mucha población, infraestructura importante y niveles de contaminación altos.

xxiii. La *vulnerabilidad por sequía* se estimó tomando en consideración los indicadores socioeconómicos y el resultado del indicador integrado obtenido para la amenaza por sequía, obteniéndose que las subcuencas de la parte Oeste de la Cuenca presentan un nivel de *vulnerabilidad media*; mientras la parte Este muestra una *vulnerabilidad baja a sequías*. En la parte Sur de la Cuenca en particular en las subcuencas Miraflores y Aguas Claras el *nivel de vulnerabilidad es muy alto*. Hacia el norte en dirección hacia el Lago Alhajuela, las subcuencas de Chilibre y Chilibrillo muestran una *vulnerabilidad alta a sequía*, debido principalmente a la densidad poblacional, y por estar bajo un sistema llamado “periurbano”, de tal forma que bajo una amenaza de sequía podría verse disminuido el servicio de agua potable por razonamiento, así como por enfermedades hídricas relacionadas con el desabastecimiento de agua, insalubridad, diarrea, etc. Las subcuencas del Lago Alhajuela y del Lago Gatún también presentan una *vulnerabilidad alta a sequía*, en donde se observan elementos socioeconómicos que se ubican en un punto intermedio entre lo rural y lo urbano. Las subcuencas entre el Lago Gatún y el Lago Alhajuela de los ríos Aguas Sucias, Gatuncillo y Limón, observan un *nivel de vulnerabilidad media* a la sequía.

xxiv. Los resultados obtenidos para la distribución espacial de la *Vulnerabilidad a Inundaciones* en la Cuenca presenta una señal biofísica más clara, que la distribución espacial de la *Amenaza* a este tipo de fenómeno. La distribución espacial de los niveles de vulnerabilidad por inundación indican, que la *vulnerabilidad más alta* se localizan en las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras: La parte Este de la Cuenca se caracteriza por ser la más lluviosa, con totales anuales de precipitación entre 4,000 y 6,000 milímetros (mm), indica niveles de *vulnerabilidad media*; a excepción de las subcuencas de los ríos Piedras y la Cascada con vulnerabilidad alta. La parte Oeste *presenta niveles de vulnerabilidad media* en las subcuencas de los ríos Cirí Grande y Trinidad; así como en la mayor parte de la subcuenca del Lago Gatún. La sensibilidad a inundaciones se ve incrementada en estas subcuencas debido a los procesos de deforestación y la eliminación de la capa vegetal para diferentes fines.

La subcuenca del río Aguas Sucias tiene un *nivel de vulnerabilidad alto*, como consecuencia de un alto nivel de exposición a estímulos climáticos que producen inundaciones, afectando los medios de vida; y contaminación asociada a

descargas de residuos sólidos y líquidos no tratados de diferentes orígenes. En la porción Norte del Corredor Transístimico las subcuencas de los ríos Gatún y Aguas Claras muestran *el nivel de vulnerabilidad más alto* de toda la Cuenca, como resultado de un índice de exposición y sensibilidad medio (53 -60%), los suelos de estas subcuencas cambiaron su uso original de bosque para ganadería extensiva.

xxv. Durante el último siglo, en la Cuenca del Canal se han dado múltiples transformaciones que han modificado el nivel de vulnerabilidad de sus pobladores a través de cambios demográficos y de medios de vida.

Posterior al reasentamiento de la población originaria para la creación de los embalses de Gatún y Miraflores, en los años cincuentas se inició una colonización masiva y descontrolada de la Cuenca por parte de campesinos del occidente del país quienes modificaron el uso de la tierra con la instalación de la llamada “cultural del potrero” (que fue descrita por Heckadon y McKay, 1982).

En el último cuarto del siglo XX, se empezó a identificar una nueva tendencia en la que la urbanización y la contaminación reemplazaban a la deforestación como principales amenazas a la Cuenca. Esta tendencia tiene un impacto directo sobre la vulnerabilidad socio-económica, ya que involucra un aumento rápido en la población y su densidad como ha ocurrido en las sub-cuencas de Chilibre y Chilibrillo.

En base al estudio realizado, se han encontrado tres patrones que en la actualidad afectan la vulnerabilidad en la Cuenca:

- *Primer patrón:* En algunas partes de la Cuenca, como las sub-cuencas de Hules-Tinajones, Caño Quebrado y Río Pescado, se ha experimentado una disminución pronunciada de la población, lo que contribuye a disminuir la vulnerabilidad en estas sub-cuencas.
- *Segundo patrón:* No obstante, otras partes de la Cuenca están experimentando un rápido proceso de urbanización y deterioro de la calidad ambiental, lo que cual aumenta la vulnerabilidad de su población. Aunque esta tendencia se ha dado en su mayor parte en el llamado Corredor Transístmico, incluyendo las sub-cuencas de Chilibre y Chilibrillo, la misma continúa en aumento y se está extendiendo hacia otras partes como las cuencas altas de los corregimientos de Tocumen y Pacora, y las sub-cuencas de Paja, Baila Monos y Cañito en Panamá Oeste.

- *Tercer patrón:* En un caso intermedio, en sub-cuencas como la de Trinidad y Cirí Grande, ha continuado la deforestación y el uso descontrolado de los recursos naturales sin que ello se traduzca de manera necesaria en una disminución drástica de la población. Si bien la vulnerabilidad ha aumentado por la degradación de las sub-cuencas, el crecimiento poblacional no ha alcanzado los niveles críticos que se están dando en las áreas que se están urbanizando.

xxvi. Se realizaron seis talleres de trabajo en coordinación con el Equipo de Relaciones con la Comunidad de la División de Ambiente de ACP, los cuales se celebraron en las comunidades siguientes del sector Oeste de la CHCP: (a) Taller en las 4S, El Lirio 11/08/11; (b) Hules Tinajones y Caño Quebrado, Chorrera el 16/08/11; (c) Tramo alto Cirí Grande, el 17/08/11; (d) Tramo Medio Bajo Cirí Grande, Los Faldares 25/08/11 y (e) Tramo Media Bajo de Trinidad, El Cacao 26/08/11); y el último en la región del Corredor Transistmico del Pacífico (f) todos los tramos de las subcuencas de los ríos Chilibre y Chilibrillo. Se lograron capacitar a 155 miembros de los Comités Locales, de los cuales 85 son del sexo masculino y 70 del femenino, en conceptos básicos sobre clima, amenazas, vulnerabilidad y cambio climático.

xxvii. La priorización de las subcuencas más vulnerables en términos socioeconómicos y ante las amenazas de inundaciones y sequías, es un ejercicio que permite concentrar los esfuerzos de reducción de vulnerabilidad ante la variabilidad climática en zonas en que el impacto de estos esfuerzos es alto; sin embargo es importante considerar las otras subcuencas que presentan niveles de vulnerabilidad “alta” en actividades relacionadas con sensibilización de la población y desarrollo de sistemas de alerta temprana que les permitan reaccionar de manera rápida ante variaciones climáticas que se traduzcan en eventos extremos.

xxviii. Las propuestas desarrolladas para las subcuencas priorizadas tienen un enfoque de reducción de vulnerabilidad, pero al mismo tiempo consideran algunas medidas de adaptación al cambio climático, como prácticas de agricultura sostenible, reforestación en zonas con amenaza de sequías e inundaciones, entre otras, permitiendo que pueden ser tomadas en cuenta para actividades relacionadas con el cambio climático en la Cuenca. En ese sentido, pueden ser replicadas en otras subcuencas que presentan niveles “altos” de vulnerabilidad.

xxix. La aproximación de los costos asociados con la presencia de eventos extremos de no llevarse a cabo medidas que reduzcan la vulnerabilidad en la Cuenca está basada en información secundaria que permite contar con rangos de

valor que sugieren la magnitud de los impactos; sin embargo se recomienda desarrollar una valoración sobre la base de información primaria de los costos de no hacer frente a las vulnerabilidades ante la variabilidad climática en las subcuencas priorizadas y así poder analizar las propuestas en términos de costos evitados vs costos de prevención.

6. Bibliografía

1. Adger, N. y Kelly, M. (1999). Social vulnerability to climate change and the architecture of entitlement. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 253-266.
2. Autoridad del Canal de Panamá (2010). Estados financieros por el año terminado el 30 de septiembre de 2010 e Informe de los Auditores Independientes del 26 de noviembre de 2010. Panamá. p.5.
3. Autoridad del Canal de Panamá (2010). Caracterización Socio Demográfica y Económica de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá para el Periodo 1980-2000, ACP, Panamá.
4. Agencia de Cooperación Internacional del Japón – JICA (2008). Proyecto de Desarrollo Comunitario Participativo y Manejo Integrado de la Sub-cuenca del Lago Alhajuela. Panamá.
5. BID (2010). Programa de emergencia para respuesta inmediata por las inundaciones en Panamá. Panamá.
6. Blaikie, P., Cannon, T., Davies, I. y Wisner, B. (1994). *At Risk – Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*, Londres: Routledge.
7. Bohle, H., Downing, T.E. y Watts, M. (1994). Climate change and social vulnerability: the sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change*, 4(1), 37-48.
8. CATIE – DES-EX – Fundación Natura (2007). Establecimiento de Lineamientos Técnicos, Sociales y Económicos para el Desarrollo de Actividades de Agricultura Ecológica, Agroforestería y la Reforestación en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, Panamá.
9. CATHALAC-UNU/INWEH. 2007. Lectura del Curso 9 del Diplomado en Gestión Integrada de Recursos Hídricos.
10. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá – CICH (2008). Plan de Desarrollo Sostenible y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, Panamá.

11. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá – CICH (2007). Informe del Estado Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. CICH-Autoridad del Canal de Panamá. 76 p.
12. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá – CICH (2008). Plan de Manejo de las Sub-Cuencas Cirí Grande y Trinidad, Panamá.
13. García, J. Eduardo y M. Isabel Cano. 2006. ¿Cómo nos puede ayudar la perspectiva constructivista a construir conocimiento en educación ambiental? Revista Iberoamericana de Educación. N.º 41 (2006), pp. 117-131.
14. Gibbs, W. J. (1987): A drought watch system. WMO/TD-No 193 Word Meteorological Organization. pág 23.
15. Gibbs, W. J. and J. V. Maher, 1967. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48, Commonwealth of Australia, Melbourne.
16. Handmer, J.W., Dovers, D. y Downing, T.E. (1999). Social vulnerability to climate change and variability. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4, 267-281.
17. Heckadon, Stanley y Alberto McKay. 1982. Colonización y Destrucción de Bosques en Panamá: Ensayos sobre un Grave Problema Ecológico. Asociación Panameña de Antropología.
18. Hewitt, K. y Burton, I. (1971). The Hazardousness of a Place: A Regional Ecology of Damaging Events, Toronto: University of Toronto.
19. INSMET-CR, 2005: Informe de Vulnerabilidad actual ante la variabilidad climática, Instituto Nacional de Meteorología de Costa Rica, Como parte del acervo técnico del proyecto. “Fomento de las Capacidades para la Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba”, marzo, 2005.
20. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) / Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales / Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) de El Salvador. Proyecto de Georriesgos en Centroamérica. “Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos de Nicaragua: El Método Mora – Vahrson”. Presentación. Managua, Nicaragua 2002.
21. IPCC, 2007: Resumen para Responsables de Políticas. En, Cambio Climático 2007: Impactos y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden y C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
22. Kaspersen, J.X., Kaspersen, R.E., Turner, II, B.L., Hsieh, W. y Schiller, A. (2002). Vulnerability to global environmental change. En *The Human Dimensions of Global Environmental Change*, ed. Andreas Diekmann, Thomas Dietz, Carlo C. Jaeger y Eugene A. Rosa. Cambridge, MA.
23. Leichenko, R. y Karen O’Brien. 2002. The dynamics of rural vulnerability to global change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), 1-18.

24. McKay, A. & S. Heckadon-Moreno. (Eds.). (1982). *Colonización y Destrucción de Bosques en Panamá: Ensayos sobre un Grave Problema Ecológico*. Asociación Panameña de Antropología.
25. Masera O; Astier M; S. López R. 1999. Sostenibilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Mundi Presa, GIRA, UNAM. México. 109.
26. Mendoza, G.A; Macoun, P; Prabhu, R; Sukadri, D; Purnomo, H; Hartanto, H. Mendoza, G.A. 1999. Guidelines for Applying Multi-criteria Analysis to the Assessment of Criteria and Indicators. Criteria and indicators Toolbox series 9. CIFOR. Indonesia. 85 p.
27. Molieri, Jorge (1998). Principales consecuencias del Fenómeno del Niño en Panamá. Panamá. Ponencia presentada en las Jornadas Nacionales “Promoción de la Salud a través de la Educación” de la Caja del Seguro Social, el 14 de julio de 1998. 10 p.
28. Mora, R. Vahrson, E. W. &., 1992. Mapa de Amenaza de Deslizamientos, Valle Central, Costa Rica. Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC); Mora R. 2004. Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del Cantón de San José, Provincia de San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
29. Mora Sergio /Bulletin of the Association of Engineering Geologist Vol. XXXI, No. 1, pp 49 – 58, “Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination”. San José, Costa Rica, 1994.
30. Morán M. Campos J. Louman B. Casanoves F. López G. 2006. “Uso de principios, criterios e indicadores para monitorear, evaluar y reportar el efecto de políticas y acciones en el manejo de los recursos naturales”. CATIE. Turrialba, Costa Rica. (Serie técnica. Informe técnico 347. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación no. 32.
31. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) / Instituto Aeroespacial de Levantamientos Aeroespaciales y Ciencias Terrestres (ITC) / Universidad Tecnológica de Delft / Universidad de Utrecht (The Netherlands) / Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres (CEPREDENAC) / Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales Dirección de Información Ambiental y de Recursos Naturales (República Dominicana), “Desarrollo de una Metodología para la Identificación de Amenazas y Riesgo a Deslizamientos en la Cuenca del Río San Juan”. Santo Domingo, República Dominicana, 2000. p.41.
32. OCDE/CAD (2000), *Shaping the Urban Environment in the 21st Century*, OCDE, Paris.

33. Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), 2010. Integración de la adaptación en la cooperación para el desarrollo. Guía sobre políticas. 210 p.
34. PNUD, GEF. 2006. Marco de Políticas de Adaptación al cambio climático. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas. Lim Bo y Erica Spanger-Siegfried ed. NY, EEUU. 258p.
35. Rivarosa, Alcira; Daniela García, Rosa María Romero Cuevas, Adriana Menegaz, Eloísa Trellez. 2009. Pedagogía Ambiental. Territorio- Identidad- Emancipación. Conferencia presentada en el 6 Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental. San Clemente del Tuyú, Argentina. Del 16 al 19 de septiembre de 2009.
36. Samaniego Jose Luis. 2009. Cambio climático y el desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. CEPAL, GTZ. Chile. 148p.
37. Schott, Joseph L. 1967. Rails Across Panama: The Story of the Building of the Panama Railroad, 1849-1855. The Bobbs-Merrill Company.
38. SEI (Stockholm Environment Institute). 2004. Desde los indicadores de vulnerabilidad hasta los perfiles y la adaptación. Programa de Riesgo y Vulnerabilidad. Módulo de Capacitación. ACC2 (Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. CATALAC-PNUD-GEF. México D.F. México. 6p.
39. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). 2010: Ecological and Economic Foundation. Edited by Pushpam Kumar, Earthscan, London and Washington. 64p.
40. The Louis Berger Group. INC (2008). Proyecto de Desarrollo Comunitario Participativo y Manejo Integrado de la Sub-cuenca del Lago Alhajuela. Panamá.
41. USAID-CBC (2008). Diagnóstico Técnico de la Sub-Cuenca del Río Limón, Panamá. 48p.
42. USAID / CBC PANAMA. 2009. Proyecto Conservación de la Biodiversidad en la Cuenca del Canal de Panamá. Informe Final. Contract No. EPP-I-00-04-00024-00, Task Order 81. 56p.