

Riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC

Inundaciones: Visión general de la gestión
de riesgo de inundaciones ante el cambio
climático

Autor:
José Luis López

Editores técnicos:
Mauro Nalesso
Alejandro Liñayo

División de Agua y Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02101

Riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC

Inundaciones: Visión general de la gestión de riesgo de inundaciones ante el cambio climático

Autor:

José Luis López

Editores técnicos:

Mauro Nalesso

Alejandro Liñayo

Diciembre 2020

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
López, José Luis.

Riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector
agua y saneamiento en ALC: Inundaciones: visión general de la gestión de riesgo de
inundaciones ante el cambio climático / José Luis López; editores, Mauro Nalesso,
Alejandro Liñayo.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2101)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Flood damage prevention-Latin America. 2. Flood damage prevention-Caribbean
Area. 3. Water-supply-Environmental aspects-Latin America. 4. Water-supply-
Environmental aspects-Caribbean Area. 5. Climatic changes-Risk management-Latin
America. 6. Climatic changes-Risk management-Caribbean Area. 7. Climate change
mitigation-Economic aspects-Latin America. 8. Climate change mitigation-Economic
aspects-Caribbean Area. I. Nalesso, Mauro, editor. II. Liñayo R., Alejandro, editor. III.
Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. IV. Título. V.
Serie.

IDB-TN-2101

Códigos JEL: Q25, Q51.

Palabras clave: Riesgo climático, estrategias financieras, inundaciones,
aludes torrenciales, cambio climático.

El autor y editores desean agradecerle al equipo que aportó a la elaboración de este
documento y a la discusión sobre la temática, y en particular a los especialistas Sergio
Marín y Jenny Moreno.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC

Inundaciones:
Visión general de la gestión de riesgo de inundaciones ante el cambio climático



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

TABLA DE CONTENIDO

I	Introducción	4
1	1. Resumen del ámbito por región	6
	1.1 Inundaciones	9
	1.2 Huracanes y tormentas	11
	1.3 Sequías	13
	1.4 Deslizamientos de tierra/avalanchas/ flujos	14
	2. Estado del arte en América Latina y el Caribe	15
	2.1 Recopilación y análisis de información básica	17
	2.2 Principales amenazas hidrometeorológicas y climáticas por región	19
	2.2.1 Centroamérica	24
	2.2.1.1 Amenazas hidrometeorológicas y climáticas	25
	2.2.1.2 Características de algunos eventos históricos extraordinarios con mayor impacto en la región	26
	2.2.2 El Caribe	29
	2.2.2.1 Características de los eventos históricos extraordinarios con mayor impacto en la región	32
	2.2.3 Suramérica	34
2	2.3 Identificación y caracterización de los problemas existentes	37
	2.3.1 Centroamérica	37
	2.3.1.1 Panamá	37
	2.3.1.2 Costa Rica	39
	2.3.2 El Caribe	41
	2.3.2.1 Haití	41
	2.3.2.2 República Dominicana	44
	2.3.3 Suramérica	48
	2.3.3.1 Ecuador	48
	2.3.3.2 Perú	50
	2.3.3.3 Bolivia	54
	2.3.3.4 Colombia	57
	2.3.3.5 Venezuela	60
	2.3.3.6 Chile	62
2.3.3.7 Brasil	64	
2.3.3.8 Argentina	65	

TABLA DE CONTENIDO

2

2.4	Análisis de algunas experiencias estructurales	67
2.4.1	El caso de Vargas- Venezuela	67
2.4.1.1	Antecedentes	67
2.4.1.2	El extraordinario evento hidrometeorológico de 1999	68
2.4.1.3	Origen de los aludes torrenciales	68
2.4.1.4	Efectos de los aludes torrenciales	69
2.4.1.5	Por qué ocurre el desastre	69
2.4.1.6	Medidas de mitigación adoptadas: el enfoque holístico	70
2.4.1.7	Presas de retención de sedimentos	71
2.4.1.8	Cómo se han comportado las presas	72
2.4.1.9	Conclusiones	74
2.5	Análisis de algunas experiencias no estructurales	75
2.5.1	Los Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones/aludes	75
2.5.1.1	Principios y fundamentos de un SAT	75
2.5.1.2	Errores comunes en los SAT	76
2.5.1.3	Experiencias regionales asociadas a la implantación de SAT	78
2.5.1.4	Situación de los sistemas de alerta temprana para inundaciones en ALC	81
2.5.1.5	Experiencias asociadas a la implantación de SAT en ALC	82
3.	Análisis sectorial de las comunicaciones nacionales de América Latina y el Caribe	85
	Conclusiones	89
	Recomendaciones	92
	Referencias	96

3

A

	Anexos	
	Anexo 1. Inventario regional de experiencias de sistemas de alerta temprana en América Latina y el Caribe	103
	Anexo 2. Resultados preliminares de sistematización de información recabada en los Compromisos Nacionales (NDCs) con relación al diagnóstico y actuación ante riesgos de aludes torrenciales e inundaciones en los países de ALC	122

INTRODUCCIÓN

Poco se puede decir que no se haya dicho ya acerca del crecimiento sostenido asociado a las pérdidas por desastres tanto en América Latina y El Caribe como en el resto del planeta, y todo lo que se ha planteado en este sentido sugiere que el impacto de los desastres en nuestros países crece invariablemente desde hace décadas e independientemente de los loables esfuerzos que hasta ahora hemos emprendido en función de reducir estas tendencias (Figura 1).



Figura 1. Número de desastres anuales de origen natural (1975-2010)

Fuente: International Disaster Database (www.emdat.be)

Diversos estudios que han sido desarrollados a fin de caracterizar la frecuencia y el impacto que en la actualidad dejan los desastres América Latina y El Caribe (ALC), sugieren que el porcentaje más grande de desastres que hoy se registra está asociado a la escases o al exceso de precipitaciones, y a los procesos geodinámicos que dichos excesos disparan. Un indicador interesante de este hecho se aprecia cuando se observa la variación en el número absoluto de eventos disparadores de desastres anuales registrado durante los últimos años y evidenciar lo poco que ha variado la frecuencia de eventos de origen geológico generadores de desastres (terremotos, volcanes, etc.) en contraposición con el incremento sostenido en el registro de eventos de origen hidro-climático que han generado desastres (Figura 2).

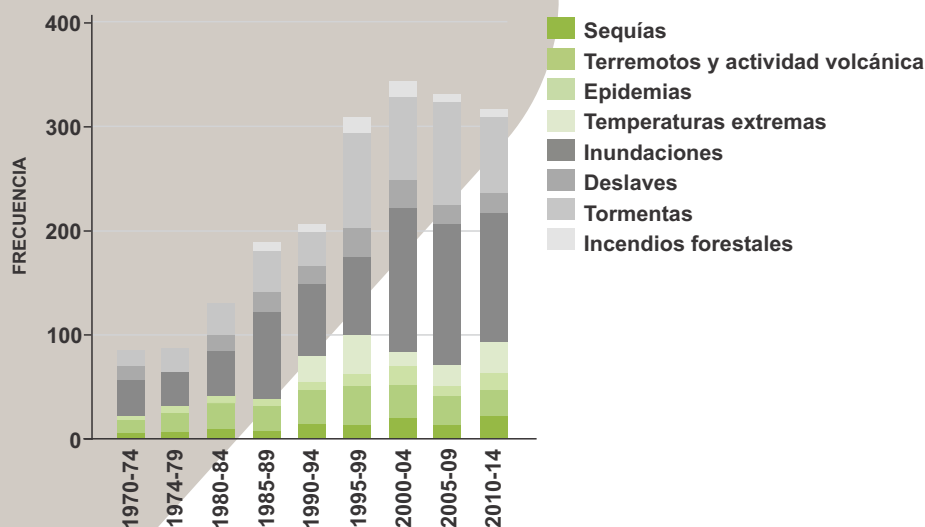


Figura 2. Frecuencia de desastres generados por fenómenos naturales en ALC, 1970-2014

Fuente: FAO, 2015 en FAO, 2017.

Informes recientes (IPCC, 2012) sugieren que las dos causas centrales que parecieran estar promoviendo el incremento en el número absoluto anual de desastres de origen hidrometeorológico son la existencia de anomalías en el comportamiento de los patrones de lluvia asociadas al calentamiento global¹ y la consolidación acelerada y descontrolada de escenarios de vulnerabilidad rural y/o urbana.

De cara al contexto regional, destaca el peso que tiene este segundo causal sobre este particular el Dr. Gustavo Wilches (Wilches, 2007) ha sugerido que en el esfuerzo regional que debemos desarrollar de cara a las lluvias extremas que enfrentaremos como consecuencia del Cambio Climático, lo fundamental que debemos hacer es esforzarnos por evitar tener tantas “goteras” en nuestros modelos de desarrollo. Dice Wilches:

“Lo que nos debe preocupar son las goteras en el techo y no las características de la lluvia que pudiera caer...Esto quiere decir que incluso si los aguaceros pudieran ser eventualmente más fuertes (debido al cambio climático), es aún más relevante el reto de concentrarnos en tapar las goteras que representan nuestras innumerables vulnerabilidades”.

Este trabajo recoge los resultados parciales de un estudio desarrollado durante los meses de agosto y septiembre del año 2017 a solicitud del Banco Interamericano de Desarrollo, con el fin de recopilar antecedentes regionales que pudieran apoyar el diseño de estrategias financieras para la mitigación del riesgo de desastres asociados a aludes torrenciales e inundaciones en los países de América Latina y El Caribe.

Por todo lo anteriormente descrito, se parte acá del hecho de que ALC constituye una de las regiones del mundo en donde la frecuencia y severidad de los desastres asociados al clima (inundaciones, sequías, heladas, etc.) han golpeado con más fuerza a los esfuerzos de

¹Un calentamiento sobre el que aún se debate si obedece a un proceso de cambio climático asociado a la emisión descontrolada de gases invernadero de origen antrópico, o a la variabilidad climática propia del planeta (IPCC 2012).

desarrollo de sus países. A la hora de referirnos estrictamente al impacto de inundaciones y aludes torrenciales es posible demostrar que esta región ha sido duramente afectada por importantes desastres de esta naturaleza en el pasado, y que todo sugiere que en la misma se seguirán presentando aún más y aún peores desastres por inundaciones y aludes torrenciales en el futuro.

Este pronóstico puede inferirse no solo por los escenarios regionales de eventos meteorológicos cada vez más extremos y que sugieren los modelos de cambio climático, sino además por hecho de que la mayoría de las lluvias extremas que han detonado importantes desastres hidro geodinámicos en el pasado, lejos de ser una suerte de “anomalías” climáticas aisladas, constituyen fenómenos intrínsecos de las dinámicas de esos territorios y con las cuales los habitantes de este continente están forzados a aprender a convivir. Adicional a lo anterior es forzoso destacar que probablemente el más importante agravante del escenario de riesgo de desastres asociados a aludes torrenciales e inundaciones de nuestro continente lo constituye el modo exponencial como ha crecido la vulnerabilidad de buena parte de nuestros países, producto de décadas de prácticas de ocupación territorial y desarrollo insostenibles.

Los esfuerzos orientados a reducir y/o responder adecuadamente ante el impacto de inundaciones, aludes torrenciales y/u otros desastres de origen climático en esta región del mundo, se pueden resumir en el esquema propuesto por López, 2005 (Figura 3), dichos esfuerzos en los que además de promoverse capacidades de responder eficaz y coordinadamente ante futuras emergencias, también se fomente un abordaje prospectivo y correctivo de los niveles de riesgo actuales en base a los principios y estrategias que caracterizan hoy al enfoque de gestión integral del riesgo de desastres.

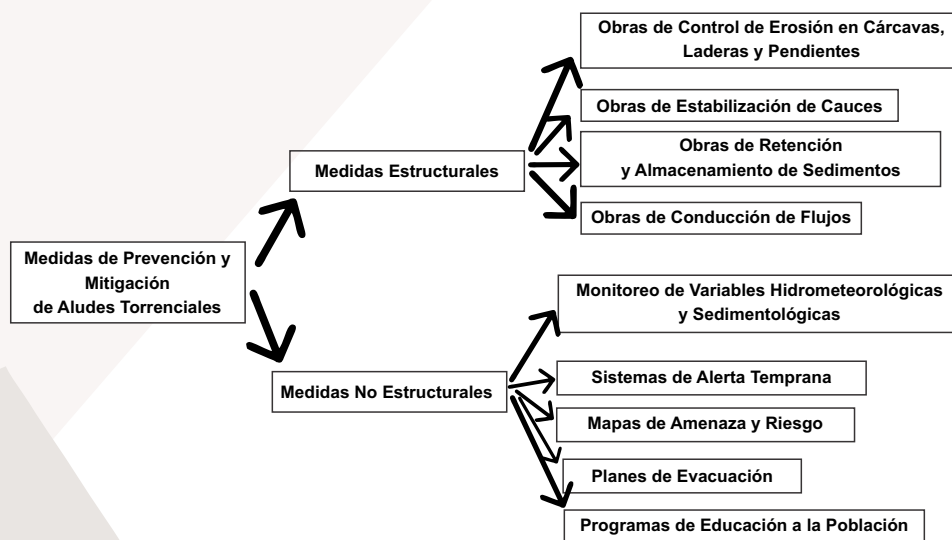


Figura 3. Esquema propuesto en Plan de Trabajo para la reducción del riesgo de aludes torrenciales e inundaciones

Fuente: López, 2005

Es con el objeto de apoyar con el diseño de agendas de trabajo como las mencionadas, que se presentan a continuación los resultados de un esfuerzo de recopilación y revisión de antecedentes, experiencias y fundamentos de importancia a la hora de instrumentar iniciativas no estructurales destinadas a reducir el impacto de las inundaciones/aludes torrenciales en nuestra región.



1. RESUMEN DEL ÁMBITO POR REGIÓN



A continuación, se presenta una breve síntesis que muestra una visión general del contexto en América Latina y El Caribe, con respecto a eventos naturales como las inundaciones, sequías y aludes/flujo torrenciales.

1.1 INUNDACIONES

Las inundaciones en América Latina y El Caribe están muy extendidas y probablemente son el tipo de desastre más comúnmente experimentado (figura 4). Es importante notar, sin embargo, que las inundaciones que se muestran aquí no incluyen las inundaciones que ocurren como resultado de un gran desastre de otro origen. Hubo pocas áreas que no experimentaron desastres por inundaciones, mientras que otras se han visto afectadas por 21 inundaciones durante el siglo pasado. Las provincias de Guyana, Suriname costera, sureste de México en el Yucatán, el interior de Ecuador, gran parte del Caribe, Nicaragua y varias provincias andinas y patagónicas de Chile y Argentina han experimentado desastres por inundaciones en el período 1900-2007. Otras áreas que experimentan pocos (uno a dos) desastres de inundación, comprenden gran parte de la región amazónica de Brasil, el sur de Venezuela, los estados de Guerrero y Michoacán en el oeste de México, junto con Coahuila en el Norte. Los departamentos con un gran número de desastres ocurrieron en la costa de Brasil, el este de Argentina, el sur de México, Colombia y la costa atlántica de Costa Rica. El número medio de desastres por inundación por departamento fue de 2,88; que es una tasa de ocurrencia mucho mayor que cualquiera de los otros tipos de desastres naturales. Una vez más, es importante señalar que los eventos de inundación incluyen sólo aquellas inundaciones que fueron reportadas como desastres, excluyendo así cualquier evento de inundación donde el daño no alcanzó el umbral determinado (Maynard-Ford, et al. 2008).



EXPLANATION

- | | |
|-------------------|---------------------------------------|
| # Flood Disasters | • Major Cities (Population > 500,000) |
| 0 | Major Rivers |
| 1-2 | |
| 3-6 | |
| 7-12 | |
| 13-21 | |

Figura 4. Ocurrencia de desastres por inundaciones por primera frontera administrativa, 1900-2007

Fuente: Maynard-Ford, *et al.* (2008)

1.2 HURACANES Y TORMENTAS

Según EM-DAT, la categoría "tormentas de viento" abarca ciclones, huracanes, tormentas, tornados, tormentas tropicales, tifones y desastres de tormentas de invierno. Los huracanes o las tormentas tropicales constituyen el 80 por ciento de los eventos históricos de catástrofes en América Latina y El Caribe. Las áreas predominantes de vulnerabilidad a los desastres por tormenta de viento son la Costa Este de México y el Caribe (13-22 eventos), aunque toda América Central está al menos moderadamente afectada (8-12 eventos). Las figuras 5 y 6 muestran desastres de tormenta de viento cubiertos por las tormentas de los nueve desastres de huracanes más grandes en términos de número de personas afectadas según lo registrado por EM-DAT. Estas pistas hacen hincapié en la vulnerabilidad de esta zona. En relación con América Central y El Caribe, Sudamérica experimentó relativamente pocos desastres por tormenta de viento.

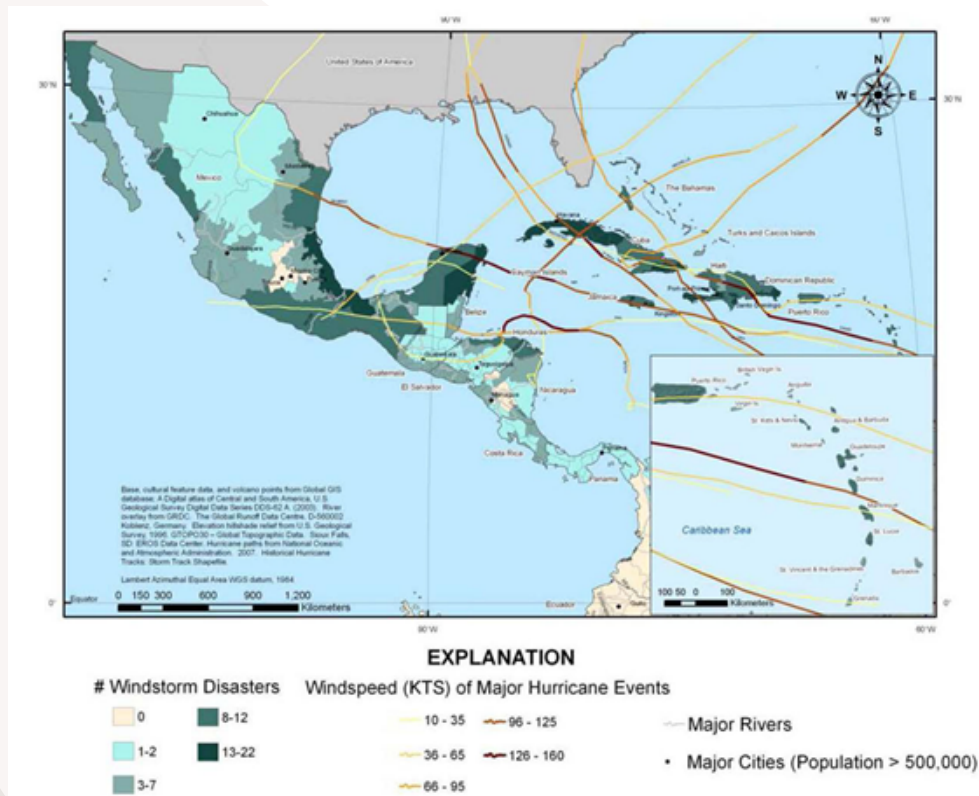


Figura 5. Ocurrencia de desastres por tormentas de viento en Centro América y El Caribe por primera frontera administrativa, 1900-2007. **Fuente:** Maynard-Ford, *et al.* (2008)



EXPLANATION

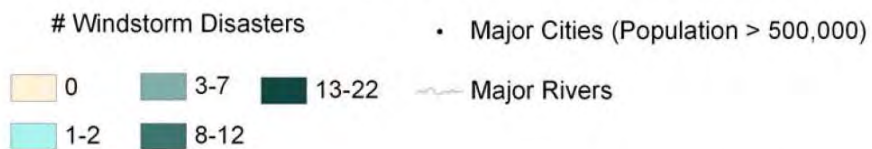


Figura 6. Ocurrencia de tormentas de viento por primera frontera administrativa, 1900-2007.

Fuente: Maynard-Ford, *et al.* (2008).

1.3 SEQUÍAS

Dilley, et al. (2005), encontraron que cerca del 38 por ciento de la superficie terrestre del mundo tiene cierto nivel de exposición a la sequía. Según EM-DAT, en los últimos 100 años (desde 1900), ciertos departamentos administrativos han experimentado hasta 10 eventos de sequía (figura 7). Algunas regiones afectadas por intensas sequías incluyen el Nordeste de Brasil, la región de los Andes y las partes de América Central a veces denominadas "corredor de sequía". La región del Caribe ha experimentado muy pocos desastres debido a la sequía, con excepción de Cuba y Jamaica.



Figura 7. Ocurrencia de desastres por sequía por primera frontera administrativa, 1900-2007

Fuente: Maynard-Ford, et al. (2008)

Como ocurre con varios de los tipos de desastres, muchas de las zonas muy afectadas por los episodios de sequía coinciden con zonas densamente pobladas. Esto es especialmente cierto para la región noreste de Brasil y partes de Guatemala y El Salvador. El número medio de catástrofes por departamento es de 0,60; más departamentos no han experimentado desastres de sequía que el número de los que tienen.

1.4 DESLIZAMIENTOS DE TIERRA/AVALANCHAS/FLUJOS

La ocurrencia de la mayoría de los desastres de desprendimiento de tierra reportados, incluyendo una avalancha y un flujo de lodo, es congruente con el terreno de alto relieve con las laderas densamente pobladas (figura 8). El departamento más afectado por los desastres es Antioquia, Colombia, cuya población ha sido afectada por nueve deslizamientos de tierra desde 1900. Otra área de eventos frecuentes es el este de Brasil, especialmente el distrito de Río de Janeiro. La mayoría de las zonas administrativas que fueron afectadas desastrosamente por deslizamientos sólo experimentaron uno o dos eventos, aunque partes de Perú, El Salvador, Ecuador y Brasil experimentaron de tres a cinco.



Figura 8. Ocurrencia de desastres por deslizamientos de tierra por primera frontera administrativa, 1900-2007. Fuente: Maynard-Ford, et al. (2008).



2. ESTADO DEL ARTE EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La ocurrencia de fenómenos y eventos extremos climáticos en América Latina y El Caribe, son cada día más frecuentes, generando cuantiosas pérdidas y miles de afectados, los informes de UNISDR (2012, 2015), CEPAL (2012), BM (2012), Rocha (2002) así lo confirman. La FAO (2017), cuantifica en la región la frecuencia de ocurrencia de eventos naturales de envergadura, desde 1970 a 2014, dando como resultado que las amenazas hidrometeorológicas, específicamente las inundaciones y sequías (Figura 9), son las que mayor frecuencia poseen; las mismas pueden derivarse de eventos y fenómenos externos como precipitaciones extremas; tormentas; huracanes; ascensos de la marea; oscilaciones decadales como: ENSO, PDO, AAO, ZCIT, LLJ y en otros casos, su severidad obedecen a restricciones y condiciones naturales y humanas.

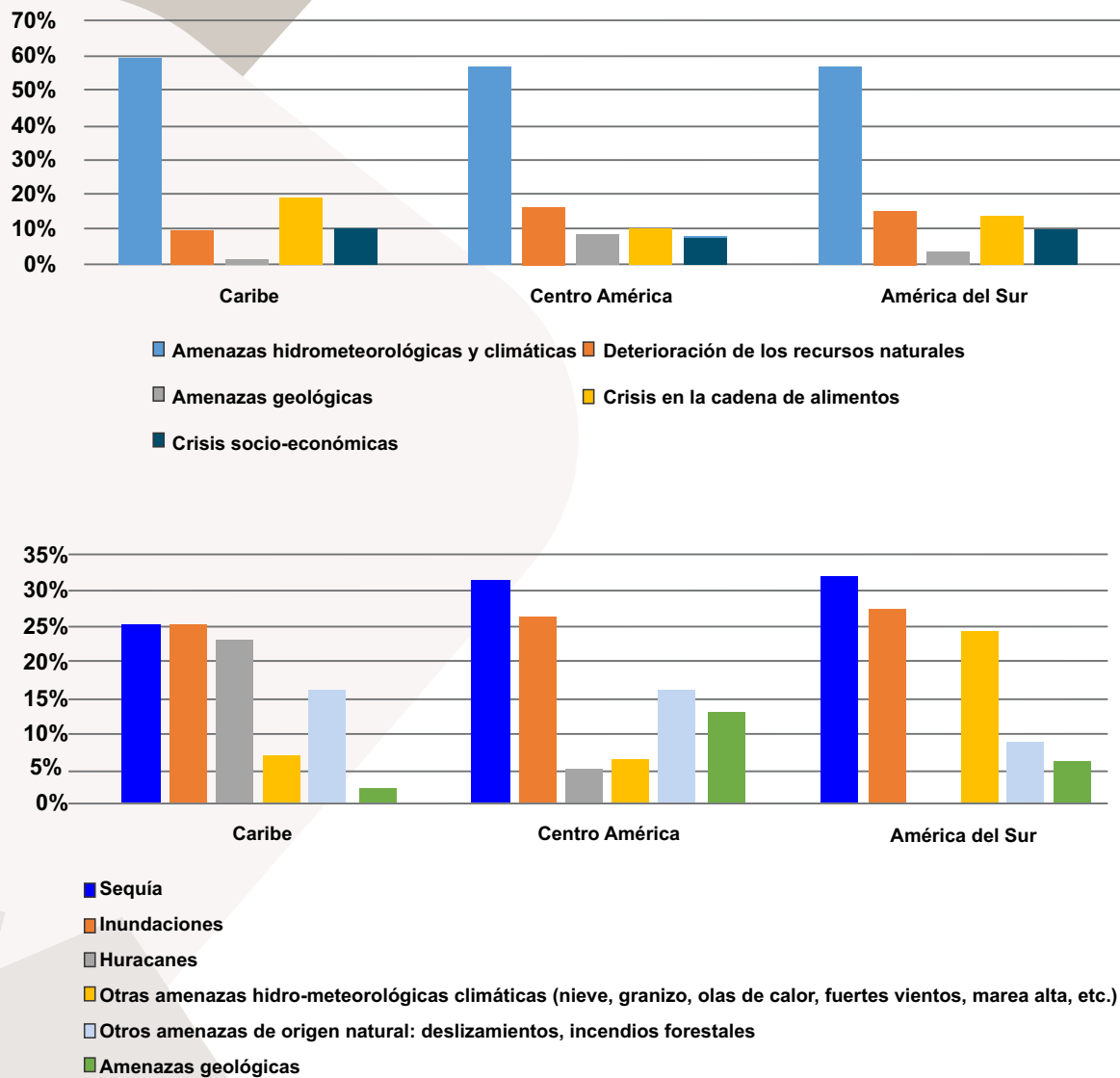


Figura 9. Principales amenazas en América Latina y El Caribe. Fuente: FAO, 2017

Por su ubicación geográfica, cada país posee características físicas propias y es afectado por fenómenos naturales específicos, que en la gran mayoría de los casos poseen antecedentes de ocurrencia. En función de ello, es necesario realizar una mirada nacional, de las principales amenazas climáticas e hidrometeorológicas que presentan cada país, sus consecuencias y algunas medidas adoptadas, centrándonos específicamente en la gestión de riesgos de inundaciones y aludes torrenciales, lo que permitirá tener una visión general del estado regional actual.

También se adiciona el estudio de dos casos particulares, en donde se muestra la ejecución de algunas medidas estructurales y no estructurales para la mitigación de los riesgos asociados a estos fenómenos.

2.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN BÁSICA

Para tener una visión general y nacional del tema, fue necesario realizar un arqueo de información de diferentes fuentes, las cuales se encuentran disponibles en la web, en su mayoría. Para ello se dividió la búsqueda enfocados en dos ámbitos:

- Documental: Documentos oficiales, libros, publicaciones, estudios específicos.
- Base de datos: Documental y Eventos Naturales

Ambas fuentes de información se presentan de manera general, por región y forma específica, por país, como se observa en la Figura 10 y la Tabla 1. Es importante acotar, que la revisión obedece en casi todos los casos a lo que está en la web, pero no necesariamente refleje la realidad del país, ya que muchos estudios y avances en el tema, no se publican, siendo ello una debilidad para conocer la realidad país. También existen un total de 45 documentos regionales temáticos correspondientes a América Latina y El Caribe.

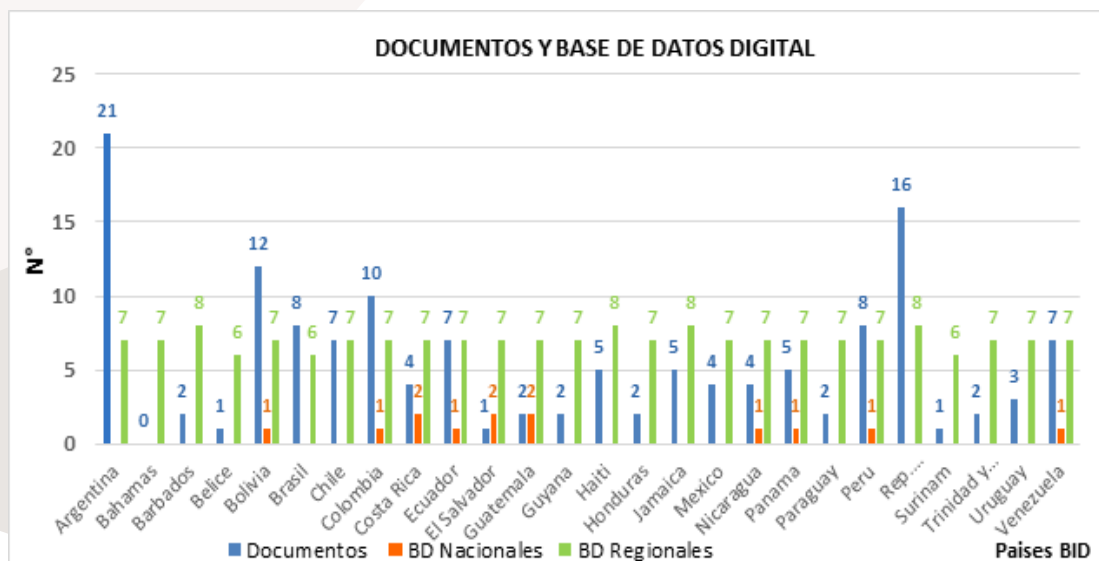


Figura 10. Resumen de la recopilación documental y de base de datos disponibles

Tabla 1. Resumen de Base de Datos Consultadas

NOMBRE	PAÍSES/REGIÓN	INSTITUCIÓN
EM-DAT	Continente	UCL - CRED
NAT-CAT	Prioriza los países que poseen seguros	Munich Re
Sigma	Prioriza los países que poseen seguros	Swiss Re
Desinventar	<u>Países BID no incluidos:</u> Bahamas, Belice, Brasil y Surinam	OSSO - LA RED UNISDR
Sistema de Indicadores en Gestión de Riesgo de Desastres	Países BID	BID
Base de datos de derecho relativo a los desastres	Continente	IFRC
Red Interamericana de Mitigación de Desastres	América	OEA
Base de datos y publicaciones estadísticas	América Latina y el Caribe	CEPAL
Recursos Multimedia	América Latina y El Caribe	CRID
Caribbean Disaster Emergency Management Agency - CARDIN	El Caribe	CDEMA - UWIM
Estudios y Desastres	Venezuela	FUNVISIS
Biblioteca Virtual Andina para la Prevención y Atención de Desastres (BiVaPaD)	Bolivia	Viceministerio de Defensa Civil
Biblioteca Virtual Andina para la Prevención y Atención de Desastres (BiVaPaD)	Colombia	
Centro de Documentación e Información	Costa Rica	CNE
MAG-MIDEPLAN		
Repositorio Digital ONEMI	Chile	ONEMI
Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos	Ecuador	
Biblioteca Virtual en Salud - Gestión del Riesgo y Desastres	El Salvador	OPS/OMS
Centro de Protección para Desastres (CEPRODE)		

Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)	Guatemala	USAC
Biblioteca Virtual en Salud y Desastres (BVS)		
Centro de Información sobre Desastres y Salud. Biblioteca Médica Nacional (CIDBIMENA)	Honduras	UNAH
Biblioteca Virtual en Desastres (BVS)	Nicaragua	CIES/UNAN-Managua
Centro de Información en Salud y Desastres (CISD-SIBUL)		UNAN
Protección Civil	Panamá	SINAPROC
Biblioteca Virtual en Prevención y Atención de Desastres (BVPAD)	Perú	INDECI

2.2 PRINCIPALES AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS Y CLIMÁTICAS POR REGIÓN

En base a la revisión efectuada en los apartes anteriores, los eventos más catastróficos de origen hidrometeorológico que han ocurrido en la región se listan a continuación en orden cronológico:

- La tragedia de Armero (1985)
- Desastre de La Josefina (1993)
- Fenómeno de El Niño (1997-1998)
- Huracán Mitch (1998)
- Desastre de Vargas (1999)
- Desastre de Río de Janeiro (2011)

La Tabla 2 muestra un resumen de las características más importantes de estos eventos desastrosos. La Figura 11 presenta un mapa con la ubicación aproximada de los mismos.

Tabla 2. Características principales de los eventos catastróficos de origen hidrometeorológico de mayor importancia ocurridos en la región de América Latina

Evento	Ubicación	Fecha de Ocurrencia	Características	Pérdidas de vidas	Pérdidas Económicas
Huracán Mitch	Países de Centroamérica	30/10/1998	Aludes torrenciales e inundaciones en Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala y Sur de Mejico.	11.000	6.000
Tragedia de Armero	Colombia	13/11/1985	Flujos piroclásticos generaron aludes torrenciales e inundaciones de barro en la población de Armero.	25.000	465
Desastre de La Josefina	Ecuador	29/03/1993	Macrodeslizamiento produjo un dique natural de 100 m de altura que represó dos ríos en la cuenca del Paute en la ciudad de Cuenca.	150	-
Desastre de Vargas	Venezuela	14 al 16/12/1999	Lluvias torrenciales originaron deslaves y aludes en el estado Vargas, en la región norte-costera del país.	1.000	4.000
Fenómeno de El Niño	Países andinos	Abril 1997-Junio 1998	Inundaciones en Ecuador, Perú y Bolivia, y sequías en Colombia y Venezuela.	600	7.500
Desastre de Río de Janeiro	Brasil	enero del 2011	Inundaciones y deslizamientos en el Estado de Río de Janeiro.	916	-

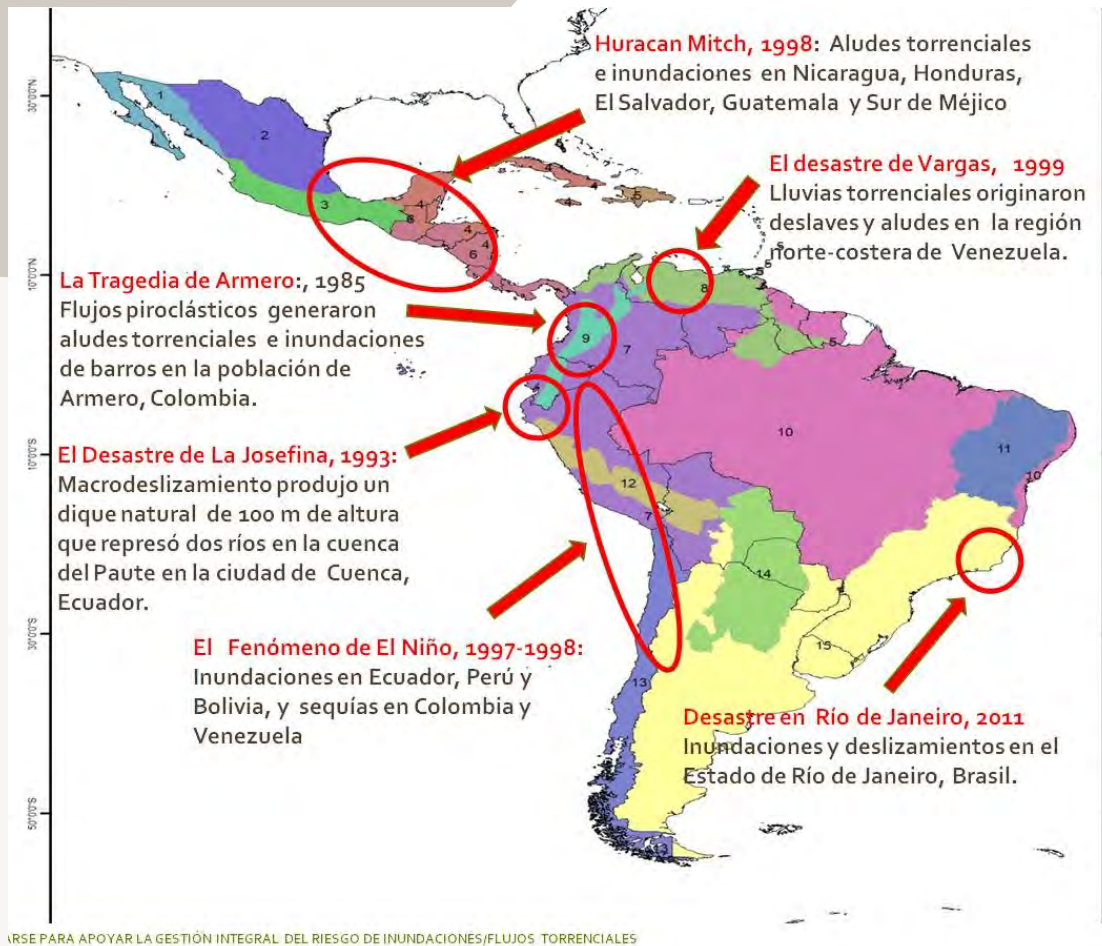


Figura 11. Ubicación de los eventos más catastróficos de origen hidrometeorológicos ocurridos en la región de América Latina.

Se realizó una consulta de la Base de Datos EM-DAT enfocándonos en eventos naturales objeto de estudio, para ver de manera visual su representación cartográfica por país. En la Tabla 3 y las Figuras 12, 13, 14, 15 y 16, se muestran los resultados:

Tabla 3. Mayores desastres de origen climático e hidrometeorológicos en América Latina y El Caribe

Fuente: EM-DAT

Fecha	País	Evento	Subtipo	Tipo /Nombre	Fallecido	Afectados	Daños m\$
sep-83	Brasil	Drought			20	20.000.000	n/a
abr-98	Brasil	Drought				10.000.000	122
nov-01	Cuba	Storm	Tropical cyclone	Michelle	5	5.900.012	100
may-83	Argentina	Flood				5.830.000	1.000
nov-70	Colombia	Flood			307	5.105.000	138
mar-88	Argentina	Flood	General flood		25	4.600.000	490
ene-66	Brasil	Mass mov. wet	Landslide		350	4.000.000	0.027
feb-88	Brasil	Flood	General flood		289	3.020.734	1.000
ene-83	Brasil	Flood			68	3.008.300	12
jul-05	Cuba	Storm	Tropical cyclone	Dennis	16	2.500.000	1400
ago-90	Perú	Drought				2.200.000	36
oct-98	Honduras	Storm	Tropical cyclone	Mitch	14.600	2.112.000	3.793
oct-05	México	Storm	Tropical cyclone	Stan	36	1.954.571	2500
nov-07	México	Flood	General	flood	22	1.600.000	3000
nov-94	Haití	Storm	Tropical cyclone	Gordon	1.122	1.587.000	50
abr-83	Bolivia	Drought				1.583.049	417
ago-79	República Dominicana	Storm	Tropical cyclone	David & Frederick	1.400	1.554.000	150
nov-08	Brasil	Flood	General	flood	151	1.500.015	750
ene-79	Brasil	Flood			300	1.500.000	n/a
2008-2009	Colombia	Flood	General	flood	76	1.200.091	n/a
ago-80	Haití	Storm	Tropical cyclone	Allen	220	1.165.000	400
oct-07	Colombia	Flood	General	flood	35	1.162.135	n/a
jul-92	Perú	Drought				1.100.000	250
oct-05	México	Storm	Tropical cyclone	Wilma	7	1.000.000	5000
may-85	Argentina	Flood	General flood		25	1.000.000	230
dic-99	Venezuela	Flood	Flash flood		30000	483.635	3160
oct-49	Guatemala	Flood			40.000	n/a	15

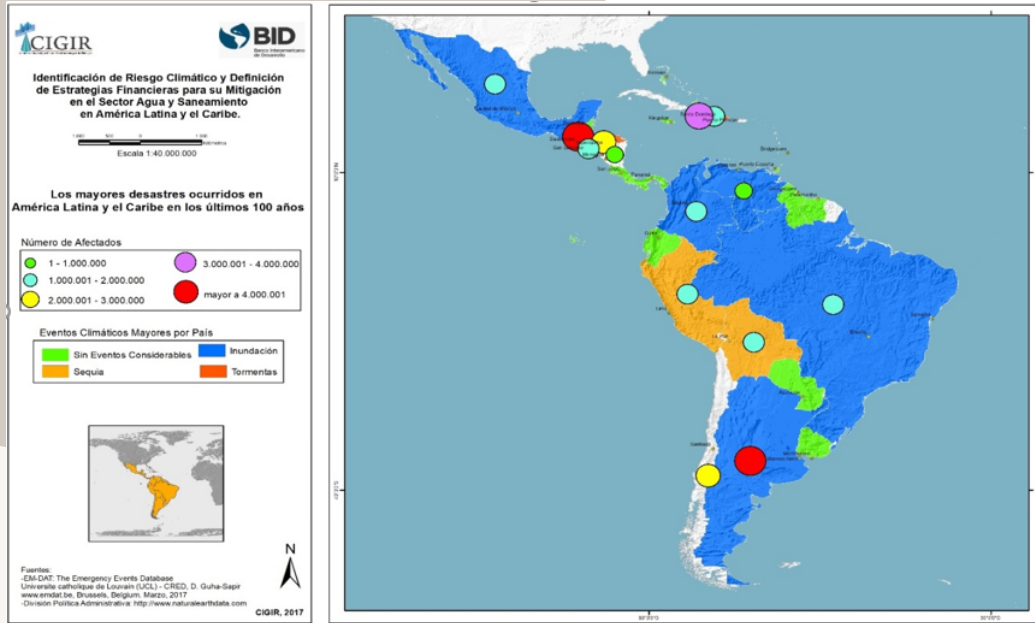


Figura 12. Los mayores desastres ocurridos en América Latina y El Caribe

Fuente: Datos de EM-DAT

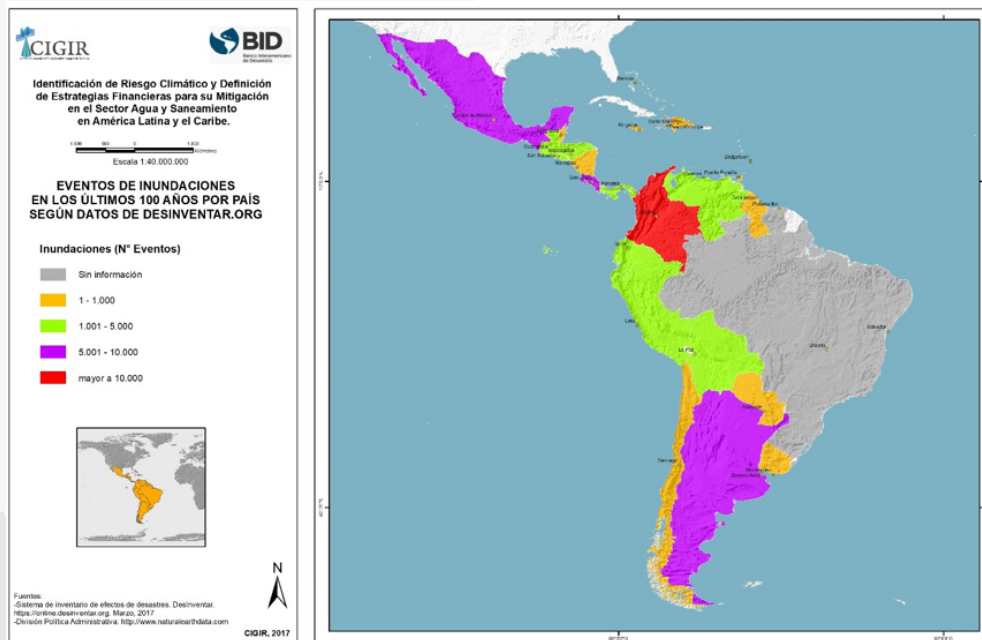


Figura 13. Inundaciones en los últimos 100 años en América Latina y El Caribe

Fuente: Datos de Desinventar

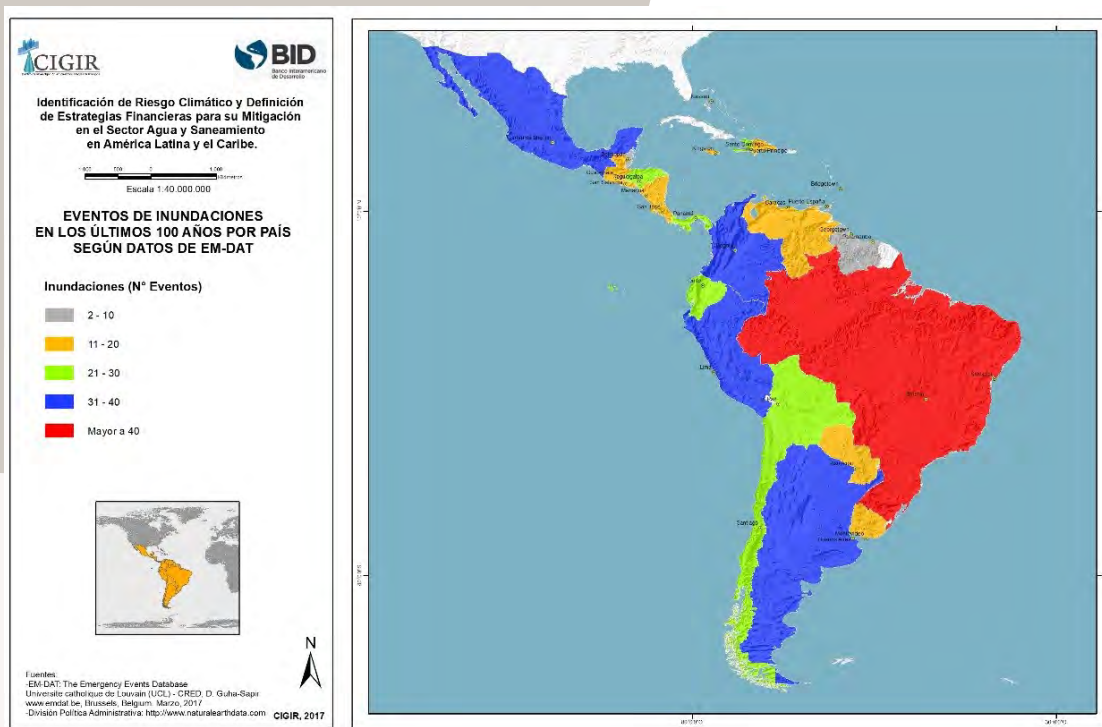


Figura 14. Inundaciones ocurridas en los últimos 100 años en América Latina y El Caribe

Fuente: Datos de EM-DAT

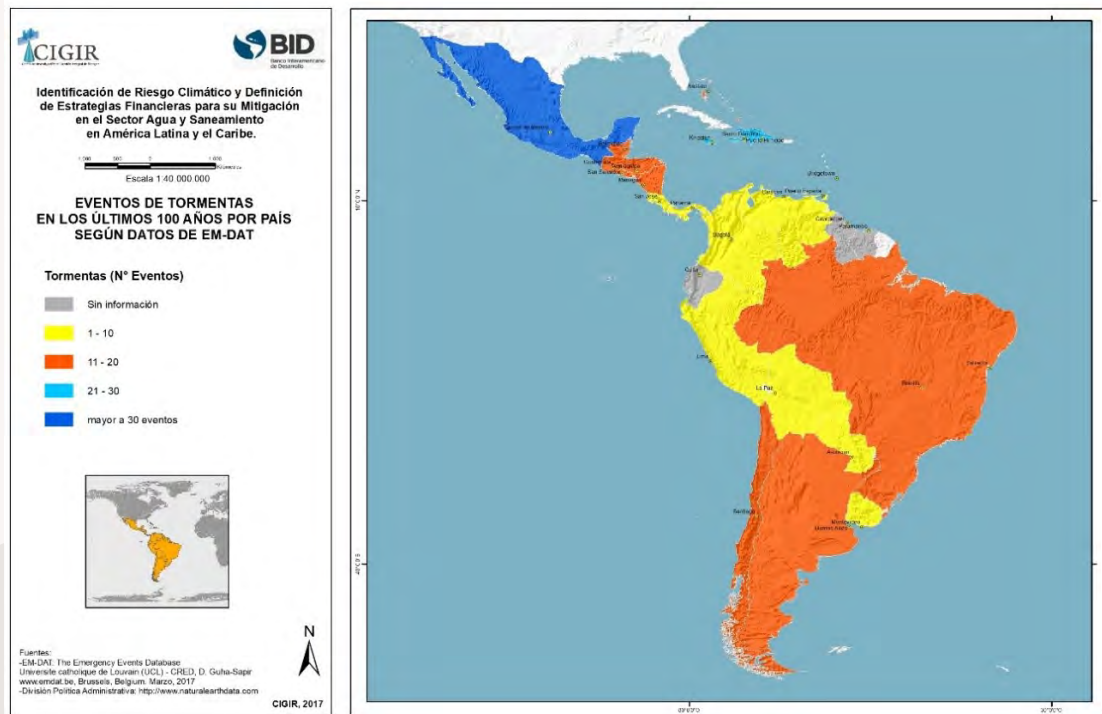


Figura 15. Tormentas – Huracanes en los últimos 100 años en América Latina y El Caribe

Fuente: Datos de EM-DAT

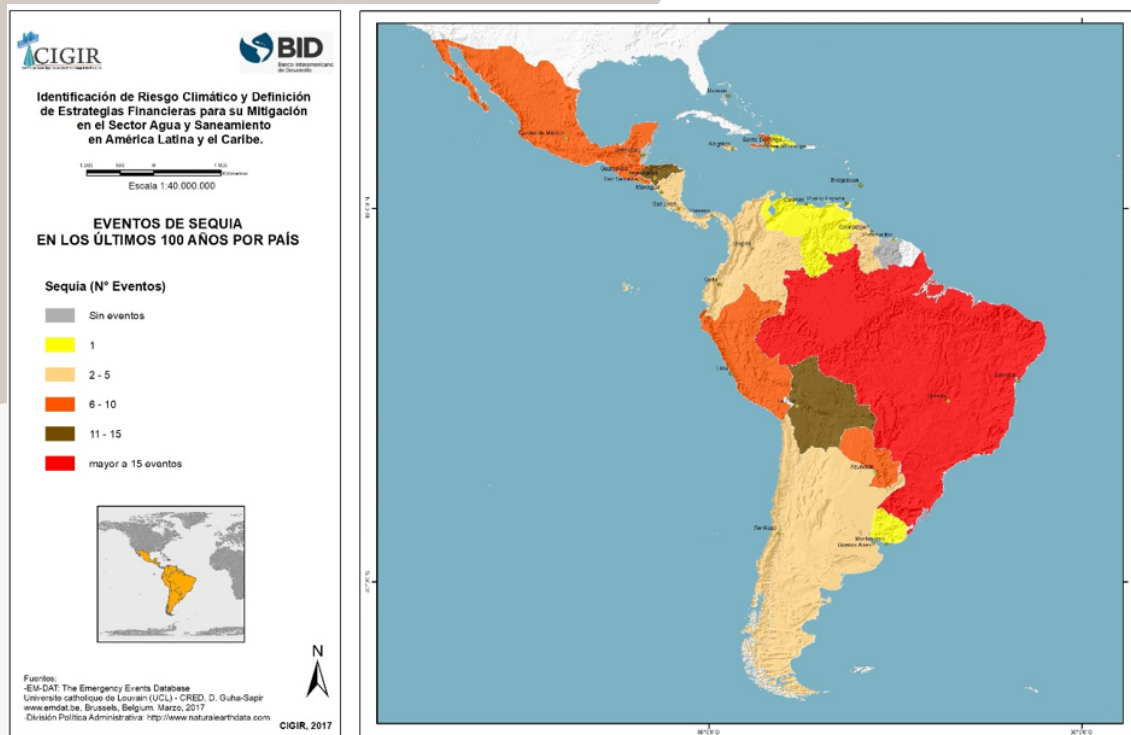


Figura 16. Sequías ocurridas en los últimos 100 años en América Latina y El Caribe

Fuente: Datos de EM-DAT

2.2.1 Centroamérica

Las amenazas que pueden originar desastres, y que tienen presencia en la región, se agrupan en: Naturales, Socio Naturales y Antrópicas. Las Naturales según su origen se clasifican en hidroclimatológicas o climáticas y geológicas. En la región se presentan variable y crecientemente los tres tipos de amenazas; y las que generan desastres de gran magnitud, abarcan el territorio de todos los países (Ibarra, 2005). Véase figura 17.

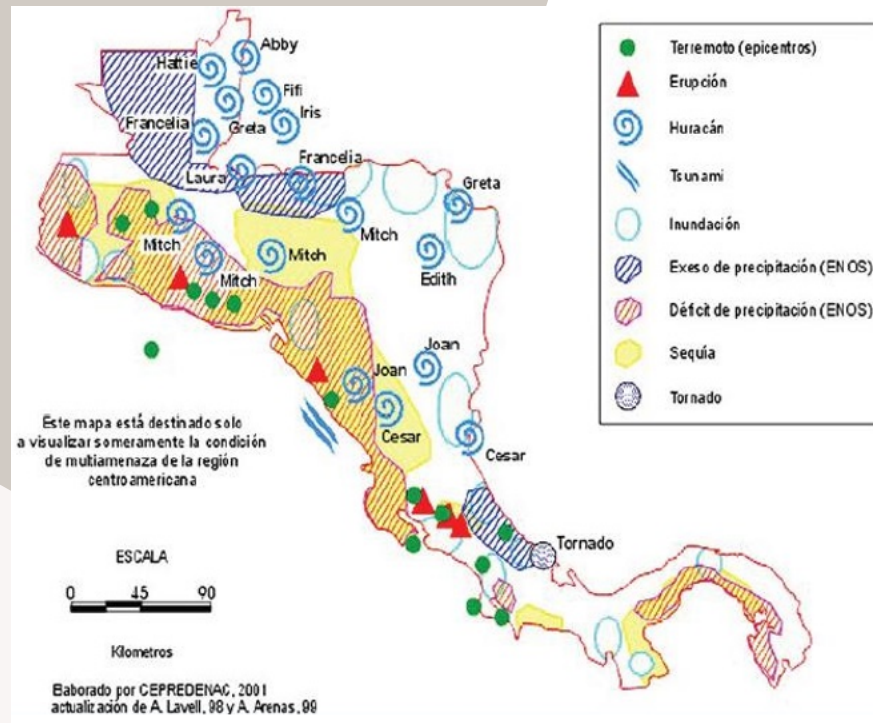


Figura 17. Resumen de los principales eventos ocurridos en América Central desde 1960 a 2001

Fuente: Ibarra, 2005

2.2.1.1 Amenazas hidrometeorológicas y climáticas

Comprenden el fenómeno de El Niño y La Niña, ciclones, tormentas tropicales, huracanes, incendios forestales espontáneos, tormentas eléctricas, sequías, inundaciones, desbordamientos. En la región se producen grandes inundaciones: en general, en toda la región centroamericana las grandes inundaciones durante el periodo 1970 y 1990 afectaron especialmente a Costa Rica en 1978, Belice en 1979 y Honduras en 1979 y 1982. En el caso de El Salvador, las inundaciones son consideradas como el primer tipo de fenómenos hidrometeorológicos que afectan al país. En este último país, entre 1970 y 1990, se registraron cuatro inundaciones de grandes proporciones (Ibarra, 2005).

Consideración especial merecen las tormentas tropicales y los huracanes:

- Huracán Irene del Atlántico (septiembre de 1971) se convirtió en la tormenta tropical Olivia en el Pacífico Nororiental. Produjo desastres en Nicaragua en 1971
- Tormenta Olivia afectó El Salvador en 1971
- Huracán Fifi del Atlántico (septiembre de 1974) se convirtió en la tormenta tropical Orlene en Pacífico Nororiental.
- Huracán Mitch en octubre de 1998 asoló toda la región de Centroamérica, produjo

20.000 muertos y desaparecidos, destruyó gran parte de los ecosistemas y cultivos de Honduras y Nicaragua y afectó seriamente a la población de Guatemala y El Salvador. Este huracán es considerado el desastre de alcance regional más desastrosos en la región, de los últimos tiempos (Ibarra, 2005).

En la figura 18 se muestra un diagrama que ilustra la ocurrencia de Huracanes en Centroamérica y el Caribe en el lapso 1904-2009 (PNUMA, CEPAL, PNUMA/GRID-Arendal, 2010) y en la tabla 5 un resumen de los Desastres Hidrometeorológicos ocurridos en Centroamérica y sus pérdidas asociadas.

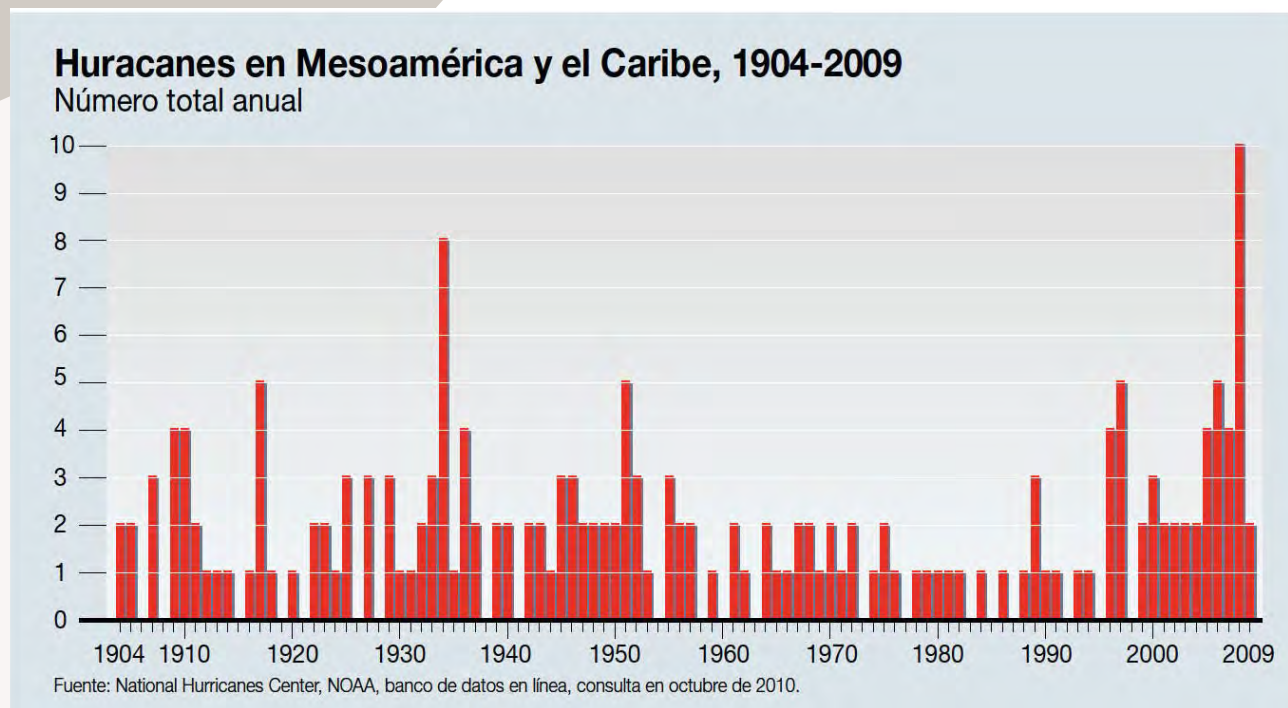


Figura 18. Huracanes en Centroamérica y el Caribe, 1904-2009

Fuente: PNUMA, CEPAL, PNUMA/GRID-Arendal (2010)

2.2.1.2 Características de algunos eventos históricos extraordinarios con mayor impacto en la región

- **Huracán Mitch**

El huracán Mitch fue uno de los ciclones tropicales más poderosos y mortales que se han visto en la era moderna, teniendo una velocidad máxima de vientos sostenidos de 290 km/h. Mitch pasó por América Central del 22 de octubre al 5 de noviembre en la temporada de huracanes en el Atlántico de 1998. También causó miles de millones de dólares en pérdidas materiales (National Hurricane Center, 1998).

Mitch se formó en el oeste del mar Caribe el 22 de octubre (National Climatic Data Center, 2004) y después de pasar por condiciones extremadamente favorables, alcanzó rápidamente la

categoría 5, el nivel más alto posible en la escala de huracanes de Saffir-Simpson. Después de desplazarse hacia el suroeste al mismo tiempo que se debilitaba, el huracán golpeó Honduras como un huracán de categoría menor. Se movió a través de Centroamérica hasta alcanzar la bahía de Campeche para finalmente golpear Florida como una tormenta tropical (Mitch: A path of destruction. BBC. 1998).

Tabla 5. Algunos de los principales Desastres Hidrometeorológicos y Perdidas/Daños en Centroamérica

Fuente: Rocha (2002), BM (2012), FAO (2013)

PAÍS	PRINCIPALES DESASTRES HIDROMETEREOLÓGICOS / MIXTOS		
	AÑO	TIPO	PÉRDIDAS /DAÑOS
Belice	1979	Inundaciones	
	2000	Huracan Keith	
	1978	Inundacion: Cochabamba/Quillacollo	500 viviendas afectadas
Costa Rica	1978	Inundaciones	
	1996	Huracan Cesar	39 muertos. 40260 damnificados
	1998	Huracan Mich	4 muertos 16.500 damnificados
El Salvador	2005	Tor. Trop. Stan / Erupcion del volcan Iamatepec (eventos simultaneos)	
	1998	Huracan Mich	240 muertos. 84.316 damnificados
	1982	Tor. Trop. Aletta	
	1982	Tor. Trop. /Inundaciones	600 muertes. 20.000 damnificados
	1971	Tor. Trop. Olivia	
	1934	Inundaciones	
Guatemala	1922	Inundaciones	
	1982	Tor. Trop. Sismos - Sequias	610 muertes. 10.000 damnificados
	1998	Huracan Mich	268 muertos. 105.000 damnificados
	2005	Tormenta Stan	
Honduras	2010	Tormenta Agata / Erupcion del volcan Pacaya (eventos simultaneos)	
	1979	Inundaciones	
	1974	Huracan Fifi	7.000 muertes. 115.000 damnificados
	1982	Tormenta Aletta	
	1993	Tormenta Gert	103 muertos. 11.000 damnificados
Jamaica	1998	Huracan Mich	5657 muertos. 617.831 damnificados
	2004	Huracan Ivan	
Mexico	1988	Huracan Gilbert	45 muertos. 500.000 damnificados
	2012	Huracan Carlota	
	2007	lluvias Intensas Tabasco.	
	2007	Huracan Deam	
	2002	Huracan Kenna	
	2005	Huracan Wilma	
	1999	Lluvias intensas en Monterrey	
	1999	Deslizamiento Teziutlán	
	1999	Inundaciones y deslaves en Puebla, Hidalgo Tabasco y Vera	500 muertos. 600.000 damnificados
	1998	Lluvias intensas en Tijuana , Pijjiapan, Valdivia, Chiapas	
	1997	Lluvias intensas en Tijuana	
	1997	Huracan Paulina - Huracan Ismael	
	1993	Huracan Gert	62 muertos. 136.000 damnificados
	1988	Huracan Gilbert	400.000 damnificados
Nicaragua	1982	Tormenta Aletta	90 muertes. 70.000 damnificados
	1988	Huracan Gilbert - Huracan Joan	148 muertes. 550.000 damnificados
	1992	Tsunami	116 muertos. 40.500 damnificados
	1995	Tormenta	32 muertos. 1343 damnificados
	1996	Huracan Cesar	
	1998	Huracan Mich	3045 muertos. 368.261 damnificados
	2011	Huracan Irene	

Debido a su lento movimiento entre el 29 de octubre y el 3 de noviembre, Mitch dejó cantidades históricas de precipitaciones en Honduras y Nicaragua, con informes no oficiales de hasta 1900 mm. Las muertes ocasionadas por las catastróficas inundaciones lo hicieron el segundo huracán más mortífero del Atlántico (National Climatic Data Center, 2004), cerca de 11.000 personas murieron y alrededor de 8.000 permanecían desaparecidas a finales de 1998. Las inundaciones causaron daños extremos, estimados en 5 mil millones de dólares (en 1998, equivalentes a 6 mil millones de USD en 2006). En la tabla 6 se presenta un resumen de los efectos del huracán Mitch y en tabla 7 los daños causados por el mismo, estimados según CEPAL para los países centroamericanos afectados.

Tabla 6. Efectos del huracán Mitch en Centroamérica

Fuente: Baños (2015)

POBLACIÓN	<i>Muertos y desaparecidos</i>	17.000
	<i>Pérdida de hogares</i>	750.000 - 1.000.000
	<i>Afectados</i>	3.000.000
INFRAESTRUCTURAS, EQUIPAMIENTOS Y SERVICIOS	<i>Comunicación</i>	70% carreteras 400 puentes
	<i>Abastecimiento hídrico y energético</i>	
	<i>Sistema sanitario, educativo</i>	
ECONOMÍA	<i>Actividades económicas</i>	Cultivos de exportación 50% Agricultura de subsistencia Afectación sobre caladeros de pesca
	<i>Sistema financiero</i>	Pérdida de base económica exportadora (Cultivos tropicales, café, bananas) Incremento de la deuda externa Daños por valor 10.000 millones de dólares

Tabla 7. Daños causados por el huracán Mitch en los países centroamericanos afectados

Fuente: CEPAL

PAÍS	POBLACIÓN AFECTADA		DAÑOS TOTALES (MILLONES \$ 1998)			
	MUERTOS	AFECTADOS	TOTALES	DIRECTOS	INDIRECTOS	EFFECTOS SOBRE SECTOR EXTERIOR
<i>Costa Rica</i>	4	16.500	91	54	37	18
<i>El Salvador</i>	240	84.136	388	169	219	73
<i>Guatemala</i>	268	105.000	748	288	460	23
<i>Honduras</i>	5.657	617.831	3.794	2.005	1.789	1.257
<i>Nicaragua</i>	3.045	368.261	988	562	425	218

2.2.2 El Caribe

Las principales amenazas naturales que enfrentan las islas del Caribe son las debidas a terremotos y huracanes. Algunas de las islas se enfrentan también a casos de actividad volcánica. Así mismo, hay amenazas relacionadas a tsunamis y oleajes de tormenta. Las lluvias torrenciales también representan riesgos naturales, ya que a menudo se producen sin la concurrencia de huracanes, estas a veces resultan en inundaciones desastrosas en áreas bajas (Gibbs, 2001).

Los casos que nos ocupan se refieren a huracanes, lluvias torrenciales y oleadas de tormenta, causadas estas últimas por lluvias asociadas a tormentas y huracanes.

Amenazas hidrometeorológicas y climáticas

El patrón en los últimos tiempos ha tendido hacia una reducción de las muertes y lesionados (debido a los mejores sistemas de alerta y otras actividades de prevención) y a un aumento de los daños a la propiedad (debido a las prácticas comerciales de ubicación inadecuada de las construcciones (Gibbs, 2001).

● Lluvias torrenciales

Aunque los huracanes suelen ir acompañados de fuertes lluvias, los graves episodios de lluvias que resultan en inundaciones también son, y con frecuencia, asociadas con depresiones tropicales. Por lo tanto, el riesgo de inundación no se limita, ni es más probable, durante eventos de huracanes.

Los sistemas y estructuras de drenaje en El Caribe generalmente están diseñados para eventos de lluvia con períodos de retorno de 20 años. Esto significa que es probable que estos sistemas se sobrecarguen y causen inundaciones cuando se experimentan tormentas con períodos de retorno superiores a 20 años.

Generalmente, las áreas más bajas son más susceptibles a las inundaciones que las tierras más altas e inclinadas.

El daño causado por las inundaciones depende del tipo y la elevación de las instalaciones en el sitio de ubicación. Los resultados de las inundaciones pueden variar desde el inconveniente de las calzadas temporalmente sumergidas hasta la pérdida de equipos y acabados dentro de los edificios inundados con la consecuente interrupción de las funciones.

Las inundaciones han sido la causa de muchas de las muertes y también de muchos daños a la propiedad. Es evidente que la ubicación es crítica cuando se trata de riesgo de inundación. Las tierras bajas, las orillas de los ríos y las tierras adyacentes a los barrancos deben evitarse si es posible. Si no es así, deben tomarse medidas expresas de drenaje. Normalmente se trata de una responsabilidad municipal, al menos en términos de control general, ya que lo que le sucede a una propiedad puede ser fácilmente afectado por las acciones de un vecino.

En la tabla 8 se presenta un resumen de los Desastres Hidrometeorológicos ocurridos en El Caribe y sus pérdidas asociadas.

Tabla 8. Algunos de los Principales Desastres Hidrometeorológicos y Perdidas/Daños en El Caribe

Fuente: Rocha (2002), BM (2012), FAO (2013)

PAÍS	PRINCIPALES DESASTRES HIDROMETEREOLÓGICOS / MIXTOS		
	AÑO	TIPO	PÉRDIDAS /DAÑOS
Bahamas	2011	Huracan Irene	
Barbados	1949	Flujos	41 muertos
	1955	Huracan Janet	38 muertos. 29.000 afectados. 8.000 damnificados
	1970	Inundaciones	3 muertos. 200 personas afetadas. 500.000\$
	1980	Huracan Allen	5007 afectados. 6.000\$
	1984	Inundaciones	100 afectadas. 2.000\$
	1987	Tormenta Emily	230 afectados. 100.000\$
	1989	Huracan Hugo	56 muertos. 220.000 damnificados
	1995	Inundaciones	1 muerto. 5.000\$ danos
	2002	Tormenta	2000 afectados. 200.000\$
	2004	Tormenta tropical Ivan	1 muerto. 880 afectados. 531 damnificados. 5.000\$
Haiti	2010	Tormenta tropical Tomas	2500 afectados. 37.000\$
	1963	Huracan Flora	
	1980	Huracan Allen	220 muertes. 330.000 damnificados
	1998	Huracan George	
Jamaica	2004	Huracan Jeanne	
	2004	Huracan Ivan	
Rep. Dominicana	1988	Huracan Gilbert	45 muertos. 500.000 damnificados
	1963	Huracan Flora	
	1979	Huracan David	2665 muertes
Trinidad y Tobago	1979	Huracan Frederick	2000 muertes. 1.200.000 damnificados
	1998	Huracan George	235 muertes. 296637 damnificados
	1987	Huracan Emily	3 muertos. 50.000 damnificados
	2012	Deslizamientos de tierra e Inundaciones: Diego Martin	2 muertos. Daños a la propiedad
	2011	Deslizamientos e Inundaciones al norte de Trinidad	al norte de Trinidad. Interrupcion de vias de acceso
	2010	Inundaciones	ocurrieron en todo el año. 1 muerto. Congestion de serv
	2010	Deslizamientos en Wester Main y Chaguaramas	Escombros, vias de acceso
	2009	Inundacion	Causa severos daños a los servicios
	2008	Inundacion y deslizamientos	1 muerto. Daños considerables a viviendas
	2005	Inundacion	Personas damnificadas y perdida de ganado
1993	Tormenta tropical Bret	Severas inundaciones y daños a la propiedad	
1988	Inundacion	idos. Daños materiales extremos. En otro caso, hubo	
1988	Tormenta tripocal Fran	Inundacion severa	
1985	Inundacion a nivel nacional	\$ 15 mill incurrido. 621 hect. agricultura perdida.	
1981	Inundacion en Trinidad		
1974	Tormenta tripocal Alma	1 muerto.	
1963	Huracan Flora	7 500 casas fueron destruidas; 3 500 casas fueron dañadas; 18 personas muertas en Trinidad; 2 personas muertas en Tobago; \$ 30 millones en daños a la agricultura sector.	
1933	Huracan Trinidad	1000 damnificados. 3mm\$	

● Huracanes

No se conoce mucho acerca de las tormentas que ocurrieron en El Caribe en los años previos al advenimiento de Colón. Pero, por supuesto, los europeos no trajeron huracanes al Caribe. De hecho, el mismo nombre se deriva del dios de la tormenta maya Hunraken y de la palabra del Arawak (Arawako) hurican, que significaba el viento del diablo. El mayor de todos los huracanes registrados ocurrió del 10 al 18 de octubre de 1780. Casi 20.000 personas perecieron cuando la tormenta golpeó virtualmente cada isla desde Tobago en el sureste a pasando por Windward y las Islas de Sotavento y través de La Española y Cuba. En los últimos 60 años, comprendidos hasta 2001, otras 20.000 personas perdieron la vida en El Caribe debido a los huracanes.

El Caribe se encuentra en el Océano Atlántico Norte, es una de las seis principales áreas tropicales de la Tierra donde los huracanes pueden desarrollarse cada año. En los 114 años comprendidos entre 1886 y 1999, se registraron en el Atlántico Norte aproximadamente 1050 tormentas tropicales. Aproximadamente la mitad de estas alcanzó la fuerza de huracán.

El potencial destructivo de un huracán es significativo debido a las altas velocidades del viento, a las lluvias torrenciales que producen inundaciones y ocasionales oleajes de tormenta con alturas de varios pies por encima del nivel medio del mar.

El patrón en los últimos tiempos ha tendido hacia una reducción de las muertes y lesionados (debido a los mejores sistemas de alerta y otras actividades de prevención) y a un aumento de los daños a la propiedad (debido a las prácticas comerciales de ubicación inadecuada de las construcciones (Gibbs, 2001).

Oleadas de tormenta

Las oleadas de tormenta se asocian con huracanes y consisten en volúmenes inusuales de agua que fluye hacia las costas. Las oleadas de tormenta han sido responsables de gran parte del daño causado por los huracanes, especialmente en los grandes asentamientos costeros de baja altura.

La oleada de tormentas es un fenómeno complejo que se comporta de manera muy diferente de una costa a otra. Los principales componentes que rigen su comportamiento son:

- Marea astronómica: niveles de agua debido a la variación de las mareas;
- Nivel inicial de agua: niveles elevados de agua en la cuenca, causados por tormentas más grandes;
- Rompiente de presión: niveles elevados de agua causados por sistemas de baja presión;
- Escorrentía interior: niveles elevados de agua en los ríos y emisarios de mar debido a lluvias prolongadas;
- Oleaje de corrientes: corrientes oceánicas causadas por fuertes vientos que conducen al "amontonamiento" de aguas poco profundas;

- Ola rompiente: acumulación de agua de los trenes continuos de las olas que se rompen en la costa;
 - Remonte de ola (runup): efecto de ondas reales superpuestas a los factores anteriores.
- Estos factores individuales se combinan en la Figura 19.

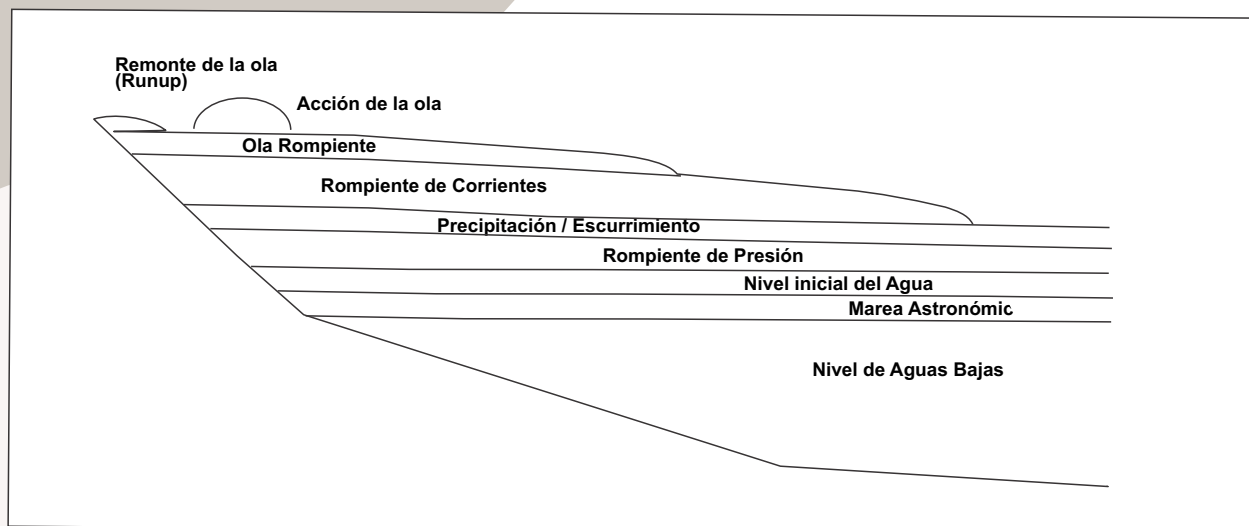


Figura 19. Componentes del Oleaje de Tormentas. **Fuente:** Gibbs (2001)

2.2.2.1 Características de los eventos históricos extraordinarios con mayor impacto en la región

●Huracán Allen

El huracán Allen fue el primero y el más fuerte de los huracanes de la temporada de 1980. Fue uno de los huracanes más fuertes en la historia, uno de los que llegó a categoría 5 en la escala de huracanes de Saffir-Simpson en tres ocasiones distintas, y pasó más tiempo en la categoría 5 que cualquier otro huracán en el Atlántico. Allen es el segundo, de los dos huracanes registrados a lo largo de la historia en la cuenca del Atlántico, en alcanzar vientos sostenidos de 305 kilómetro por hora (189,52 mph), después del huracán Camille en 1969 (National Hurricane Center, 2008).

A lo largo de su vida, Allen se movió a través de los trópicos en un curso oeste-noroeste a través de la zona tropical del océano Atlántico, mar Caribe y golfo de México antes de tocar tierra cerca de la frontera entre Estados Unidos y México. Pasó cerca de Haití en su fuerza máxima, causando centenares de muertos y cuantiosos daños. Después de cruzar el golfo de México, Allen se

debilitó al golpear la costa baja de Texas, causando fuertes vientos, una marejada importante, y lluvias torrenciales que provocaron daños en el sur de Texas. Allen mató a 249 personas y dejó un poco más de \$1.000 millones en daños (1980 USD), sobre todo en los Estados Unidos y Haití. Debido a su impacto, el nombre de Allen fue retirado de la lista rotatoria de seis años de nombres de ciclones tropicales en el Atlántico en 1981. (National Hurricane Center, 2008). Allen causó algo más de mil millones dólares (1980 USD) en daños y ocasionó al menos a 271 muertes a lo largo de su curso (incluyendo las muertes indirectas).

Tabla 9. Impactos causados por el huracán Allen

Fuente: National Hurricane Center (2008)

País	Total	Muertes	Daños	Fuente
 Barbados	0	0	\$1.5 millones	14
 Santa Lucía	18	18	Severos	14
 Guadalupe	1	1	Desconocidos	14
 Haití	220	220	\$400 millones	14
 Jamaica	8	8	Desconocido	15
 México	0	0	Mínimos	15
 Estados Unidos	>24	2	\$600 millones	15
Totales:	>271	249	~\$mil millones	

En Barbados, los daños preliminares se estimaron en 1,5 millones de dólares (1980 USD). Unas 500 casas resultaron dañadas o destruidas. No se informó de que hubiera muertes. Santa Lucía sufrió daños catastróficos por la tormenta de categoría 3. Vientos sostenidos de 166 kilómetros por hora (89,63 millas/h) y una presión a nivel del mar de tan sólo 967 mbar se presentaron en Hewanorra. Dieciocho personas perdieron la vida debido al paso de la tormenta. Una muerte en Guadalupe se atribuyó a Allen. En Martinica, el daño fue extenso cuando la tormenta pasó a 80 kilómetros (49,71 millas/h) al sur de la isla. Olas de 6 metros (19,69 pies) de altura barrieron la costa durante la tormenta.

En el centro del Caribe, Caimán Brac se vio afectada por vientos de más de 185 kilómetros por

hora (114,95 mph) que causó cuantiosos daños materiales. Un arrecife de coral en Discover Bay, Jamaica fue devastada por la acción de las olas de la tormenta. Ocho muertos en Jamaica se atribuyeron a Allen. Los daños fueron muy importantes en la costa noreste, donde el huracán hizo su máximo acercamiento a la isla y creó una marea de tormenta de 12 metros (39,37 pies). Tres muertes fueron atribuidas a Allen en Cuba.

Ocurrieron daños considerables en Haití, debido a los fuertes vientos y las inundaciones. Los costos totales para ese país se estimaron en más de \$400 millones (1980 USD). Aproximadamente 60% de la cosecha de café del país fue destruida. En total, 220 personas murieron y 835.000 quedaron sin hogar. En Port-au-Prince, 41 muertes fueron causadas por los tejados de zinc volando y alrededor de 1.200 se quedaron sin hogar por las inundaciones.

● Gran huracán de 1780

El Gran Huracán de 1780, Huracán San Calixto o Gran Huracán de las Antillas (Mújica-Baker, SA) es considerado como el primer huracán con mayor número de víctimas mortales de los que se tienen datos. Alrededor de 22 mil personas murieron cuando la tormenta azotó Martinica, Saint Eustatius y Barbados entre el 10 de octubre y el 16 de octubre de 1780. Miles de muertes ocurrieron también en el mar, entre las flotas británicas, francesas, holandesas y españolas que se disputaban el área por la Revolución Americana.

La tormenta se originó en el Mar Caribe, al parecer en la zona de las islas de Cabo Verde, y tardó dos días en llegar a Barbados. Allí los relatos de la época cuentan que el viento era tan violento que gritando no se podían oír ni ellos mismos y que arrancó la corteza de los árboles antes de tirarlos. Todas las casas quedaron destruidas. En Santa Lucía se sabe que una flota británica, que se dirigía desde Nueva York a las Indias Occidentales, perdió ocho naves de guerra, del total de 12 que habían zarpado. Muchos de los barcos que se encontraban en el puerto rompieron sus amarras y acabaron entrando en el pueblo. Uno de estos barcos destruyó el hospital. La isla fue devastada hasta tal punto, que un explorador británico enviado para calibrar los daños, pensó que un terremoto acompañó a la tormenta. En Martinica el terrible huracán causó 9.000 muertes, con una marejada ciclónica de 7,6 metros de altura. En San Eustaquio, hubo entre cuatro y cinco mil muertes. Después de arrasarla avanzó hasta Puerto Rico, La Española y Florida. La última vez que se observó fue el 20 de octubre en la Isla de Terranova, Canadá.

Áreas del noreste de México tuvieron fuertes lluvias con el paso de Allen, con los totales más altos superiores a 177 milímetros (7 in). Como Allen sólo afectó a las regiones escasamente pobladas de México, no hubo informes de daños significativos.

2.2.3 Suramérica

Dada la importancia que tiene el fenómeno de El Niño, uno de los eventos naturales desastrosos más recurrentes que tiene la región suramericana, en este capítulo se presenta inicialmente una visión panorámica de este fenómeno y luego se discuten los casos particulares de inundaciones y aludes torrenciales en los países de la región.

El fenómeno de El Niño

El Niño es una perturbación en el sistema océano-atmósfera que ocurre en la zona del Pacífico Tropical, con consecuencias importantes en todo el mundo. Es un fenómeno climático que se caracteriza por el calentamiento intenso anormal de las aguas superficiales del mar frente a las costas del Perú y Ecuador que genera cambios climáticos en el ámbito regional y global (Figura 20). Los trastornos planetarios que produce El Niño son diversos y de gran alcance. Suelen incluir sequías en el sur de África, el noreste de Brasil, Indonesia, el este de Australia, el sur de Filipinas y América Central.



Figura 20. Cómo funciona El Niño. Fuente: Mansen, 2000.

El nombre científico de este fenómeno es Oscilación del Sur-El Niño, y se denota por las siglas ENOS. En condiciones normales de la circulación de corrientes marinas en el océano Pacífico, la corriente de Humboldt, usualmente muy fría, recorre las costas meridionales de Chile hasta alcanzar las costas septentrionales de Perú. Durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño, los pescadores del puerto de Paita en Perú se dieron cuenta que las aguas se calentaban durante las fiestas navideñas y los cardúmenes desaparecían de la superficie oceánica, debido al efecto de una corriente de aguas calientes provenientes de Ecuador. Por esta razón, estos pescadores le dieron el nombre de Corriente de El Niño, por su asociación con la época de la Navidad y el Niño Jesús. Según la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA), el fenómeno de El Niño ocurre cuando la temperatura del pacífico ecuatorial, presenta una desviación positiva, respecto a la media (lo cual se define como anomalía), que supera los 0,5 °C. Mientras que La Niña, ocurre cuando dicha temperatura presenta una disminución superior a los 0,5 °C. El nombre de La Niña se debe a que sus efectos oceánicos-atmosféricos son opuestos a los producidos por El Niño (Córdova y López, 2015).

El principal evento natural que ha originado daños de gran magnitud en los países andinos es el Fenómeno El Niño, al producir amenazas recurrentes de diferente naturaleza como son los excesos o déficits de precipitación, así como el incremento o reducción de la temperatura. Ello

ha venido desencadenando amenazas como inundaciones, sequías y deslizamientos, entre otros, con impactos socioeconómicos de gran envergadura. En el presente siglo se han presentado veintidós (22) episodios de El Niño, siendo los mismos cada vez más recurrentes e intensos. Los eventos ocurridos en 1982-1983 y 1997-1998 han sido calificados de extraordinarios desde el punto de vista de la magnitud de las alteraciones y han dejado una secuela de problemas sociales y económicos en los países que rebasan la capacidad de respuesta de los gobiernos. Se tiene también evidencias geológicas que El Niño ha actuado en estos ambientes durante millones de años, con eventos más desastrosos que los ocurridos en la actualidad (CAF, 2000).

La expresión del fenómeno en los países andinos es variada. Produce lluvias intensas en la vertiente occidental de los Andes en Perú, Ecuador y sur de Colombia y genera déficit de precipitación en sectores de la sierra (altiplano) boliviana, peruana y ecuatoriana, en los valles interandinos y la región Caribe de Colombia y en el occidente y centro sur de Venezuela (CAF, 2004). Los efectos se traducen, por lo tanto, en daños en sectores productivos como la agricultura y la pesca, en la infraestructura vial, en las viviendas y en miles de damnificados por pérdida de bienes y medios de vida, así como por afectaciones en la salud por el aumento de enfermedades por vectores que proliferan con cambios temporales en los regímenes climáticos.

Una de las ocurrencias más graves que se conocen es la de 1997-1998 que produjo el trágico saldo de cientos de personas muertas en diferentes países, inundaciones que arrasaron con poblados completos, sequías que dieron paso a desoladores incendios forestales, huracanes, hambrunas y enfermedades, enormes pérdidas de cosechas y ganado, aunados a severos trastornos en los patrones climáticos a nivel mundial. Los daños al acervo y las pérdidas de producción generadas por El Niño 1997-98 en los países andinos fueron estimados en aproximadamente 7.500 millones de dólares (sin considerar los daños intangibles) y sus efectos se prolongarían hasta muchos años después, debido al tiempo requerido para la rehabilitación y reconstrucción de las condiciones preexistentes (CAF, 2000). La tabla 10 presenta un resumen por países de los daños estimados del fenómeno El Niño en los eventos de 1982-1983 y 1997-1998.

Tabla 10. Estimación de daños asociados con El Niño, 1982 - 1983 y 1997 - 1998 (millones de dólares)

Fuente: CAF, 2000

País	1982 - 1983	1997 - 1998
Bolivia	1.372	527
Colombia	Nd	564
Ecuador	1.051	2.882
Perú	3.283	3.500
Total	5.706	7.473

2.3 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS EXISTENTES

2.3.1 Centroamérica

Se ha realizado la caracterización de las amenazas y riesgos por países, con base en la información disponible y recopilada. Por razones de espacio, a continuación, nos referiremos solo a la caracterización de los riesgos y amenazas de los dos países del área de Centroamérica, Panamá y Costa Rica, los cuales ocupan los primeros lugares entre los países más expuestos a múltiples amenazas y considerados como más relevantes en términos de grado de daños, pérdidas de vidas o pérdidas económicas a consecuencia de desastres naturales y en particular por causas de origen hidrometeorológico.

2.3.1.1 Panamá

Panamá ocupa el lugar 14 entre los países más expuestos a múltiples amenazas, según el estudio del Banco Mundial sobre desastres naturales (Dilley et al. 2005) Panamá tiene el 15% de su área total expuesta y el 12,5% de su población total es vulnerable a dos o más peligros. El mismo estudio ubica a Panamá en el puesto 35° entre los países con el mayor porcentaje de población total expuesta a un "riesgo relativamente alto de mortalidad por múltiples riesgos". Ver en la tabla 11 los países con mayor exposición a amenazas múltiples.

Tabla 11. Países con mayor exposición a amenazas múltiples

Fuente: (*) Dilley et al. (2005)

PAÍSES CON MAYOR DE EXPOSICIÓN A AMENAZAS MÚLTIPLES
(Primeros 15 países. Basado en 3 o más Incidentes) (*)
1 Taiwan, China
2 Costa Rica
3 Vanuatu
4 Philippines
5 Guatemala
6 Ecuador
7 Chile
8 Japan
9 Vietnam
10 Solomon Islands
11 Nepal
12 El Salvador
13 Tajikistan
14 Panamá
15 Nicaragua

Principales amenazas naturales

Debido a su ubicación geográfica y características geotectónicas, Panamá está expuesta a una variedad de amenazas naturales, incluyendo riesgos hidrometeorológicos y geológicos. El istmo de Panamá tiene sólo 60 a 90 km de ancho entre el Mar Caribe y el Océano Pacífico, está dividido por una cadena de montañas bien conocida por su inestabilidad por pendientes, lluvias intensas y tectónica activa.

Panamá se caracteriza por lluvias intensas y duraderas, tormentas de viento, inundaciones, sequías, incendios forestales, terremotos, deslizamientos de tierra, ciclones tropicales, tsunamis y los episodios asociados al Niño-La Niña. Los datos sobre Desastres Naturales de Panamá publicados en el sitio Prevention Web (2010b), indican que el país experimentó 32 desastres naturales entre 1983 y 2008, con daños económicos totales estimados en US \$ 86 millones, con un total de 249 muertos para dichos estos eventos.

Exposición y Vulnerabilidad

Los desastres recientes más importantes en Panamá han sido resultado de la vulnerabilidad a inundaciones, deslizamientos de tierra, terremotos, tormentas de viento, incendios forestales y tormentas. Una alta proporción de la población de bajos ingresos en Panamá, vive en las zonas más expuestas a los peligros naturales y reside en estructuras mal diseñadas e inadecuadamente construidas. El mal cumplimiento de las regulaciones nacionales y locales sobre el uso de la tierra, la incertidumbre sobre el cumplimiento de los códigos de construcción, el rápido crecimiento demográfico y la expansión urbana e industrial no planeada son

responsables de la mayoría de los aumentos actuales y significativos en la vulnerabilidad. El horizonte de la ciudad de Panamá está creciendo constantemente y las preocupaciones son extensas sobre adherencia a los códigos de construcción (World Bank, 2010).

Los modelos mundiales de cambio climático (Mulligan, 2003; World Bank, 2010), han predicho que Panamá sufrirá varios cambios climáticos como el aumento de las temperaturas, las sequías, la mayor intensidad de lluvias y tormentas, y el aumento del nivel del mar. Se sabe que los eventos de ENSO ya han afectado severamente la disponibilidad de agua y las operaciones del canal. También se sabe que la variabilidad interanual del clima del Pacífico (es decir, el ENSO) o el Atlántico (es decir, las elevaciones subtropicales del Atlántico Norte) causa una cantidad significativa de la variancia total de las precipitaciones en el Caribe y en toda América Central (Giannini, et al. 2002). Existen estudios de las características geológicas, geomorfológicas e hidrometeorológicas, desarrollados o patrocinados por la Autoridad del Canal de Panamá, que pueden ser interpretados como estudios sobre amenazas naturales exclusivamente para la cuenca del Canal de Panamá.

2.3.1.2 Costa Rica

Costa Rica tiene el octavo mayor riesgo económico de exposición a tres o más amenazas, según el estudio de casos de desastres naturales (Dilley, et al. 2005) del Banco Mundial. Este estudio también clasifica a Costa Rica como el segundo lugar entre los países más expuestos a múltiples amenazas basados en el área de tierra, con 36,8% de la superficie total expuesta a tres o más peligros naturales. El estudio estima que el 77,9% de la población de Costa Rica y el 80,1% del PIB del país residen en áreas expuestas a un alto riesgo de amenazas múltiples. Ver (tabla 12) con los países con mayor riesgo económico por amenazas múltiples.

Tabla 12. Países con mayor riesgo económico por a amenazas múltiples
Fuente: (*) Dilley et al. (2005)

PAÍSES CON MAYOR RIESGO ECONÓMICO POR AMENAZAS MÚLTIPLES	
(Primeros 33 países. Basado en 3 o más amenazas) (*)	
1	Taiwán, China
3	Jamaica
4	El Salvador
5	Guatemala
7	Japón
8	Costa Rica
10	Colombia
12	Chile
14	Turquía
15	Barbados
18	Ecuador
19	Venezuela
20	Perú
24	Honduras
27	México

Inundaciones y Deslizamientos

La frecuencia de las inundaciones ha aumentado en Costa Rica y esta amenaza natural representa actualmente la principal fuente de pérdidas en el país. Durante febrero de 2009, las fuertes lluvias afectaron la costa del Pacífico y el Valle Central de Costa Rica, causando inundaciones y deslizamientos de tierra en al menos 65 de los 81 estados del país, con 18 muertes reportadas. Hubo serios daños reportados en por lo menos 27 carreteras principales, incluyendo cortes en la Carretera Panamericana. Al menos 2.000 hogares fueron inundados en la provincia norteña de Guanacaste, lo que obligó a 1.500 personas a refugiarse temporalmente. Las precipitaciones intensas, los terremotos y las erupciones volcánicas, los deslizamientos de tierra y los torrentes de detritos están entre los más costosos en términos de vidas humanas. Durante las fuertes lluvias de octubre de 2007, un total de 14 personas murieron en un deslizamiento de tierra en la ciudad de Atenas. Después del terremoto de enero de 2009, por lo menos 10 personas murieron en otro deslizamiento de tierra en Cinchona, una comunidad rural a 50 millas al oeste de la capital, San José.

Huracanes

Costa Rica también está expuesta a amenaza de huracanes en su costa caribeña. El huracán Mitch, uno de los eventos más destructivos en Centroamérica, causó pérdidas económicas por aproximadamente US \$ 98 millones. La Tabla 13, describe las estimaciones pérdidas y asignaciones presupuestarias para emergencias entre 1999 y 2007. Las cifras demuestran una brecha significativa entre las asignaciones presupuestarias asignadas y los recursos estimados para recuperar las pérdidas.

Tabla 13. Pérdidas Estimadas y Asignaciones Presupuestarias declaradas para Emergencias (millones de dólares)

Fuente: World Bank (2010)

Año	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Pérdidas estimadas	29,8	24,5	23,8	15,8	1,5	1,6	39,6	10,8	50,3
Asignaciones Presupuestarias	8,3	3,1	1,6	1,1	1,5	1,7	7,0	13,1	7,9

Fuente: CNE.

Riesgos Geológicos

Debido a su ubicación geográfica y características geotectónicas, Costa Rica está expuesta a una variedad de peligros naturales de origen geológico. El país ha experimentado recientemente terremotos y deslizamientos de tierra.

Vulnerabilidades Adicionales

La creciente población metropolitana del Valle Central genera importantes tensiones sobre los limitados recursos naturales, los servicios públicos y los servicios municipales. La alta concentración de la población costarricense en el Valle Central es el resultado de procesos históricos, exacerbados por la concentración de los desarrollos industriales y otras fuentes de empleo. En estas circunstancias, la vivienda asequible se convierte en una importante restricción socioeconómica que obliga a las familias de bajos ingresos a trasladarse a zonas de mayor riesgo.

2.3.2 El Caribe

Se ha realizado la caracterización de las amenazas y riesgos por países, con base en la información disponible y recopilada. Por razones de espacio, a continuación, nos referiremos solo a la caracterización de los riesgos y amenazas de dos países del área del Caribe, Haití y República Dominicana, los cuales ocupan los primeros lugares entre los países del área, más expuestos a múltiples amenazas y considerados como más relevantes en términos de grado de daños o pérdida de vidas a consecuencia de desastres naturales y en particular por causas de origen hidrometeorológico.

2.3.2.1 Haití

Según Dilley et al. (2005), Haití se encuentra catalogado como el primer país de América Latina y El Caribe y el quinto país a nivel mundial con el más alto riesgo relativo de mortalidad por causa de múltiples amenazas.

De las amenazas a que se ha visto sometida Haití desde el siglo XVIII, las correspondientes a eventos hidrometeorológicos y sequías representan se presentan como las mayores en términos de número de eventos y las debidas a deslizamientos de tierra y flujos torrenciales se ubican en cuarto lugar, después de las asociadas a terremotos y tsunamis. Las Amenazas asociadas a eventos hidrometeorológicos y a terremotos y tsunamis representan las mayores amenazas en términos de pérdida de vidas humanas, siendo los eventos Hidrometeorológicos los más importantes. Ver la tabla 14 con los países con mayor riesgo de mortalidad por amenazas múltiples.

Tabla 14. Países con mayor riesgo de mortalidad por amenazas múltiples

Fuente: (*) Dilley et al. (2005)

PAÍSES CON RIESGO DE MORTALIDAD RELATIVA MAS ALTA A CAUSA DE AMENAZAS MÚLTIPLES	
(Primeros 96 países. Basado en población con más de 2 o más Incidentes) (*)	
1	Bangladesh
2	Nepal
3	República Dominicana
4	Burundi
5	Haití
10	Guatemala
13	Trinidad y Tobago
20	Nigeria
37	Perú
54	St. Vincent y Las Granadinas
55	México
57	St. Kitts and Nevis
61	Belice
63	Estados Unidos
78	Bolivia
96	Tailandia

Tabla 15. Amenazas más destructivas en Haití desde el siglo 18

Fuente: World Bank, 2010

Hazards	No. Events	%	Fatalities	%	Affected	%
Hydrometeorological	97	69.29	19,262	7.53	5,363,876	45.60
Droughts	20	14.29	-	-	2,668,000	22.68
Earthquakes and tsunamis	13	9.29	235,952	92.22	3,721,730	31.64
Landslides and torrential debris flows	10	7.14	635	0.25	10,509	0.09
TOTAL	140	100.00	255,849	100.00	11,764,115	100.00

Sources: Observatoire du Petit Séminaire Saint-Martial (1701-1963; in Mora 1986); Haitian Red Cross (1968-1985); OPDES (1983-1997); DPC (2000-2010); CRED (2002-2008).

Period lacking or without complete/reliable information: 15th to 19th centuries; September 1997 to October 2000; October 2002 to April 2003.

De acuerdo con el estudio del Banco Mundial “Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis” (Dilley, et al. 2005) Haití ha estado fuertemente expuesto a peligros naturales y ha sufrido las pérdidas asociadas, a lo largo de su historia registrada (tabla 15). Con 96% de su población en riesgo, Haití tiene la calificación de vulnerabilidad más alta en términos de ciclones entre los pequeños (12,9 sobre una escala de 13) (UNDP, 2004). Los efectos de los ciclones incluyen daños por viento, inundaciones, deslizamientos de tierra, caudales torrenciales de escombros y oleadas costeras. En adición a los peligros hidrometeorológicos, Haití también se encuentra en una zona sísmicamente activa, interceptada por varias fallas tectónicas importantes. La alta densidad de población del país (hasta 40.000 por km² en Puerto Príncipe), junto con el gran número de estructuras informales y la escasa infraestructura pública y privada, hacen que el país y su población sean particularmente vulnerables.

A estas condiciones se agrega la grave degradación ambiental (figura 21), y la presencia de asentamientos en áreas bajas y llanuras de inundación son factores clave que contribuyen a la vulnerabilidad del país.

Otros factores contribuyentes incluyen altos niveles de pobreza, infraestructura pública débil, gobernabilidad ambiental y de riesgo débil, historia de gobiernos ineficaces y graves problemas fiscales.

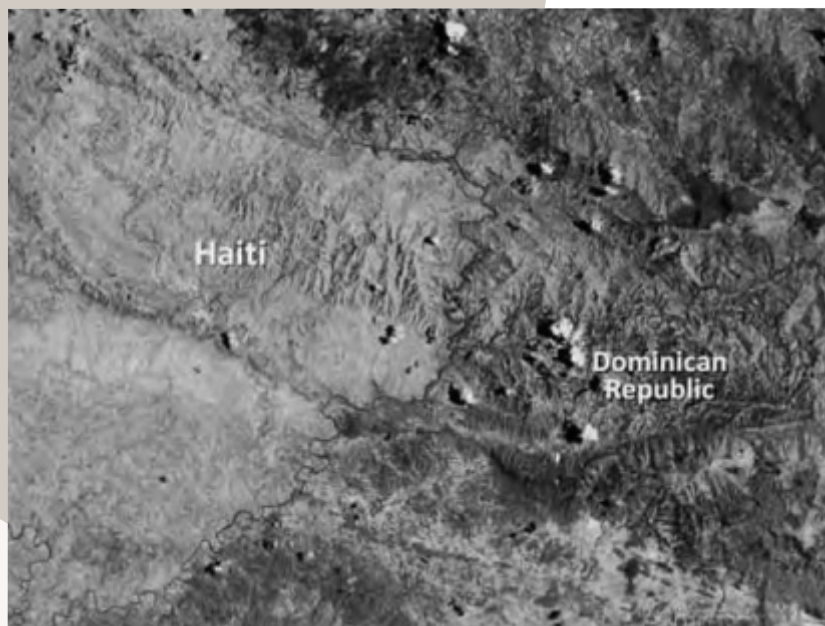


Figura 21. Diferencia de cobertura de vegetación entre Haití y República Dominicana

Haití (izquierda) y República Dominicana (Derecha) La frontera es el área drenada por el río Arbonite

Fuente: Nasa 2010; World Bank, 2010

Las implicaciones de la variabilidad climática y cambio en la intensidad y frecuencia de acontecimientos naturales adversos subrayan la importancia de un enfoque proactivo para la gestión del riesgo de desastres (DRM por sus siglas en inglés). De acuerdo con el informe del Grupo de Expertos del Programa Piloto para la Resistencia sobre el Clima (Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)) del Fondo Climático para el Cambio Climático, Haití es uno de los 10 puntos calientes del cambio climático mundial (PPCR, 2009). La incapacidad o fracaso del gobierno para abordar su vulnerabilidad y apoyar la reducción del riesgo ha socavado drásticamente la tasa de desarrollo y crecimiento y los esfuerzos generales de reducción de la pobreza (World Bank, 2010).

Exposición y vulnerabilidad

Haití sufre de graves problemas ambientales de degradación, como se evidencia del solo 2% de cobertura y la degradación general de las tierras y cuencas hidrográficas del país (). En décadas pasadas, las cuencas hidrográficas han sufrido un proceso acelerado de expansión de la frontera agrícola y deforestación para satisfacer las necesidades locales de alimentos, energía y otras demandas generadoras de ingresos. La mayoría de las tierras forestales han sido convertidos al uso agrícola y ganadero, o simplemente deforestados para la producción de carbón vegetal, sin replantación. Esto ha provocado reducciones en la capacidad de infiltración y ha conducido a una erosión y pérdida de nutrientes y biomasa extensas. Esto, combinado con la intensa presión de la demanda en las áreas urbanas, reduce aún más la disponibilidad de agua potable de fuentes superficiales y subterráneas.

Estas presiones, exacerbadas por la topografía montañosa, el cambio climático, la degradación ambiental y el desplazamiento de los pequeños titulares de tierras a suelos de tierras altas cada vez más frágiles, han resultado en una deforestación extensa, acelerando la erosión, el agotamiento de la fertilidad y la sedimentación de los cursos de agua, lagos, embalses y costas. Esto, a su vez, disminuye la capacidad de carga agraria de la tierra y contribuye a una espiral socioeconómica y ambiental descendente.

El cambio climático también puede tener impactos negativos en Haití, clasificado como uno de los 10 puntos calientes (hotspots) globales del cambio climático. (PPCR 2009). Con un posible aumento en la frecuencia y severidad de las tormentas y una disminución en las precipitaciones medias asociadas al cambio climático, el posible impacto en las poblaciones y los medios de subsistencia requerirá un enfoque integral e integrado para el manejo de los peligros asociados con el cambio climático, cambiando los patrones climáticos globales y regionales.

2.3.2.2 República Dominicana

La República Dominicana ocupa el tercer lugar como país más expuesto al riesgo económico de dos o más peligros, según la actualización de 2008 del estudio sobre los desastres naturales (GFDRR, 2008) del Banco Mundial. Además de la exposición del 94,7% de la población nacional, en el 87,2% del territorio nacional y el 95,6% del PIB a dos o más peligros, la vulnerabilidad en la RD también está influenciada por la carga de la deuda, estado de salud, la aplicación de código de construcción débil y otros factores.

Principales amenazas naturales

Debido a su ubicación geográfica y características geotectónicas, la República Dominicana está expuesta a una variedad de peligros naturales, incluyendo hidrometeorológicos y geológicos. Situada en "callejón de los huracanes", la RD, junto con Haití y Jamaica al Oeste, Puerto Rico y las Antillas al Este, se encuentra ubicada en una de las regiones sísmicamente más activas del hemisferio, situada en el límite de la Placa del Caribe, al sur, y de la placa de Norteamérica al norte (World Bank, 2010).

Los datos de desastres naturales de la República Dominicana publicados en el sitio web PreventionWeb (Prevention Web, 2010c), indican 40 eventos de desastres naturales durante el período de 1980 a 2008, que afectaron a 2,65 millones de personas con un daño económico total estimado en US \$ 2,56 mil millones. El daño económico por tipo de desastre se informó de la siguiente manera: "las tormentas representaron US \$ 2,51 mil millones y las inundaciones US \$ 44,2 millones. El número de personas muertas fue de 1.446, de las cuales el 42 por ciento fueron por tormentas, el 55 por ciento por inundaciones y el 3 por ciento por epidemias" (World Bank, 2010).

Las inundaciones y los deslizamientos de tierra constituyen serios riesgos para la República Dominicana durante la temporada de lluvias (junio a noviembre). Las inundaciones son comunes en las siguientes cuencas hidrográficas principales: Haina, Nizao, Ocoa, San Juan, Yaque del Sur, Yaque del Norte, Yuna, 6 Soco y las riberas de las ciudades de Santo Domingo y Santiago (Dunn, 2009). Asimismo, a la precipitación y un gran peligro en conjunción con

eventos sísmicos de magnitudes relevantes. Las cordilleras primarias en riesgo incluyen Septentrional, Central, Oriental, Neiba y Bahoruco (Cocco, SA).

Tormentas e inundaciones

Los huracanes que marcaron la historia y desarrollo de la República Dominicana son: El huracán en 1502 que obligó a la reubicación de Santo Domingo, la capital. Otros huracanes históricos son Lilis en 1894; San Severo en 1909; y San Zenón en 1930 - de categoría 4, cuyo ojo pasó sobre la ciudad y ocasionó unas 6.000 vidas estimadas. Los huracanes Flora y Edith en 1963 e Inés en 1966 siguen. El primer huracán de Categoría 5 que causó un impacto directo en la RD fue David en 1979. Mató a 2.000 personas y causó inundaciones a nivel nacional. Las pérdidas combinadas de David y la tormenta tropical Frederick - una semana más tarde - fueron de US \$ 2.654.700.000. Los huracanes más recientes que han afectado a la RD no han sido tan poderosos. El huracán Georges en 1988 produjo vientos de 110 mph y dejó a 8 millones de personas sin electricidad (Cocco, 2001). Unas 595 personas resultaron heridas, 64 desaparecieron y 85.420 fueron desplazadas. Georges causó pérdidas estimadas en US \$ 3.116.100.000. El huracán Jeanne en 2004 causó grandes inundaciones en la RD oriental destruyendo grandes puentes con pérdidas por un monto de US \$ 331.500.000 (Dunn, 2009).

Recientemente (septiembre 2017) en ocasión del huracán Irma más de 5.500 personas fueron evacuadas en República Dominicana a causa del poderoso huracán Irma de categoría 5, que provocó lluvias y fuertes vientos en el noreste del país, tras dejar atrás Puerto Rico. Sus daños están aún siendo evaluados.

Las tormentas tropicales y las inundaciones se unen a los huracanes entre los desastres que han tenido el mayor impacto en la República Dominicana. En noviembre de 2003 las inundaciones de la cuenca baja de los ríos Yaque del Norte y Yuna obligaron a la presa de Taveras a liberar 820 metros cúbicos por segundo, provocaron la evacuación de 47.270 personas (Cocco, 2009) y generaron US \$ 49.300.000 en daños. El 29 de octubre de 2007, Noel causó inundaciones de Barahona a Pedernales en el suroeste por valor de US \$ 439.000.000.000 en pérdidas. Noel afectó a más de 6 millones de personas (70 por ciento de la población). El número de muertos fue de 87 personas, 34.172 personas fueron desplazadas, 20.000 viviendas afectadas y 42 personas desaparecidas. Menos de dos meses después, el 12 de diciembre de 2007, la tormenta tropical Olga provocó graves inundaciones en la parte oriental de la República Dominicana. CEPAL (2008) estima que esta precipitación extrema fue equivalente al 170% de la precipitación normal, lo que se atribuyó al cambio climático. Olga obligó a otra operación de emergencia de la presa de Taveras y causó pérdidas de 105 millones de dólares (Cocco, 2009). En 2008 Fay, Gustav y Hanna causaron inundaciones en el Este, el Sur y el Norte antes de continuar con Haití (Cocco, 2009).

Terremotos y Tsunamis

La República Dominicana tiene una larga historia de terremotos destructivos y debe parte de su geología actual a erupciones volcánicas. La República Dominicana tiene un récord histórico de fuertes terremotos que incluyen los de 1551, 1562 (destruyó Santiago, Jacagua y La Vega), 1673,

1691, 1751, 1761, 1770, 1842, 1860, 1910, 1911, 1915, 1916, 1918, 1946 y 2003. El evento del 9 de mayo de 1673 destruyó Santo Domingo y causó 120 réplicas por 40 días. Otro, el 18 de octubre de 1751, afectó toda la costa meridional con réplicas y tsunamis. Las ciudades de Azua en la RD y Port Au Prince en Haití fueron destruidas. La intensidad estimada fue IX o X en la escala de Mercalli modificada. El tercer terremoto más importante del país fue magnitud 7,9 (originalmente clasificado como 8.1) el domingo 4 de agosto de 1946 generó un tsunami mortal en la Bahía Escocesa en la costa noreste. Hubo numerosos deslizamientos de tierra y sitios de licuefacción en toda la región noreste del país, así como 1.200 réplicas durante el año siguiente. (Corominas, 1998 y Cocco, 2001).

Se han reportado tsunamis a lo largo de las costas Norte, Este y Sur de la República Dominicana desde 1751. Dos de los tsunamis reportados, fueron ubicados alrededor de 1751; afectaron Azua. Y en 1946, el domingo 4 de agosto de 1946 se produjo un tsunami a consecuencia del terremoto de magnitud 7,9 en Bahía Escocesa. Una semana después, se produjo una réplica de magnitud 7,8 y otro tsunami que afectaron la misma área. Los informes frecuentemente no detallan las muertes debidas específicamente a tsunamis, especialmente si se asocian con un gran terremoto. Sin embargo, los documentos relativos al evento de 1946 que mató a la población de Matancitas en Nagua, reportan muertes de 500 a 1.790 personas (Fay and Lander, 2003 y Cocco, 2001). La República Dominicana también ha sido testigo de tsunamis generados a distancia. Esto incluye el terremoto de magnitud 9 de Portugal el 1 de noviembre de 1755 (Mercado-Irizarry & Liu, 2006).

Deslizamientos de tierra e inundaciones

El deslizamiento en la frontera Haití-República Dominicana el 24 de mayo de 2004 fue el resultado de más de 500 mm de precipitación entre el 18 y el 25 de mayo. La cordillera de La Selle en Haití es declarada como un 90% deforestada, alcanza los 2.700 metros de altura y desagua en el río Soliette. Este evento causó una inundación repentina y arrastre de partes de Fonds Verrettes en Haití, a 12 km a través del cañón de cruce en Jimaní y la cordillera de Bahuco en la República Dominicana. El arroyo Blanco continuó el cauce de erosión catastrófica, arrastrando algunos residentes y sus pertenencias en el lago Enriquillo a 5 km aguas abajo. El evento transnacional mató a 237 haitianos, 393 dominicanos y 274 personas desaparecidas (Cocco, 2004). Además de los riesgos de deslizamientos de tierra por encima del nivel del mar, un estudio oceanográfico patrocinado por el gobierno español encontró evidencia de que en la costa sur de la República Dominicana, el "Muertos Megasplay". El hallazgo significa una mayor vulnerabilidad a los grandes deslizamientos submarinos de alto riesgo sísmico y en cierto modo, a los tsunamis (Diario Libre, 2010).

Exposición y Vulnerabilidad

Además de la exposición del 94,7% de la población nacional, en el 87,2% del territorio nacional y en el 95,6% del PIB a dos o más riesgos (GFDRR, 2008), la vulnerabilidad de la República Dominicana a los desastres también está vinculada a su carga de la deuda. La deuda pública es alta en aproximadamente 40,6 por ciento del PIB (2007 est.). Esto limita los recursos disponibles para proporcionar protección social a los ciudadanos más pobres y vulnerables y

para recuperarse de los desastres. Por lo tanto, la pobreza es un factor que aumenta la vulnerabilidad y más mujeres que los hombres son pobres. El Monitor de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (MDG Monitor) indica que una parte significativa de la población es pobre y que es poco probable que el país cumpla con su objetivo # 1 la Agenda del Milenio reducir la pobreza. El análisis del MDG Monitor es que es improbable que el país cumpla la mayoría de sus objetivos de los objetivos del milenio. La República Dominicana ocupa actualmente el puesto 94 entre 177 en el Índice de Desarrollo Humano de 2008. La población que vive con menos de US \$1 por día era del 2,8 por ciento (Dunn, 2009; World Bank, 2010).

El estado de salud de la población influye en la vulnerabilidad. Los principales tipos de enfermedades infecciosas que afectan a la población dominicana son las enfermedades transmitidas por alimentos o por agua (diarrea bacteriana, hepatitis A y fiebre tifoidea); enfermedades transmitidas por vectores (dengue y paludismo); y enfermedades transmitidas por contacto con aguas (Leptospirosis).

La vulnerabilidad a inundaciones, tormentas, huracanes y terremotos - como se evidenció tras el reciente terremoto del 12 de enero de 2010 en Haití, que dañó cientos de escuelas en toda la República Dominicana, junto con la degradación de la tierra, el crecimiento urbano no planificado en áreas inadecuadas para el desarrollo y la débil aplicación de los códigos de construcción y las regulaciones de zonificación, son los principales impulsores de la mayor parte de la actual vulnerabilidad en la República Dominicana. Las partes interesadas de todos los sectores y disciplinas han pedido la aplicación de las leyes existentes y la aplicación de medidas administrativas para mejorar la calidad de la construcción, reducir la construcción ilegal y mejorar el desempeño de la comunidad de ingenieros (FUNGLODE y CODIA, 2005).

Cambio Climático y Calentamiento Global

La República Dominicana ha sido citada recientemente como uno de los seis países caribeños en los 40 principales puntos calientes del clima del mundo según el Índice de Riesgo del Cambio Climático Global (CRI, por sus siglas en inglés) de Germanwatch. El país se clasificó en 12 de los 150 países según un análisis de los fenómenos meteorológicos entre 1998 y 2007. Se mencionaron dos factores: el impacto del calentamiento global sobre el aumento del nivel del mar que aumenta el riesgo de oleadas de tormentas y el aumento de la fuerza de los huracanes. El CRI de 2010 se basa en cifras de 2008 y es también un análisis de la recopilación de datos a nivel mundial sobre las pérdidas causadas por eventos meteorológicos de 1998 a 2008. En 2008 la República Dominicana ocupó el 72º lugar en la década con pérdidas del PIB del 7,25%. CEPAL (2008) estima que el 170 por ciento de la cantidad normal de lluvia cayó durante la tormenta tropical Olga, que se atribuyó al cambio climático (Dunn, 2009).

Los modelos de cambio climático (Hadley Centre Coupled Model), han pronosticado que la República Dominicana sufrirá una tendencia de calentamiento y sequía y se espera que sufra más frecuentes olas de calor y sequías, lluvias con mayor intensidad y el aumento del nivel del mar como se predice para el resto del Caribe, consistente en una la media global proyectada (Chen, et al. 2008). Se sabe que la variabilidad interanual del clima del Pacífico o del Atlántico explica una cantidad significativa de la varianza total de la precipitación en el Caribe y

Centroamérica. Los impactos probables del cambio climático en la RD incluyen temperaturas más altas; mayores intensidades de tormentas y, posiblemente, eventos más frecuentes de El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), exacerbando los desafíos sanitarios, sociales y económicos existentes que afectan a la República Dominicana (World Bank, 2010).

Los cambios en la temperatura de la superficie del mar como resultado de la variabilidad climática podrían aumentar la intensidad de los ciclones y aumentar las oleadas de tormentas, lo que a su vez causará condiciones de inundación más dañinas en las zonas costeras y las zonas bajas. Según el estudio del Banco Mundial, "Aumento del nivel del mar y oleaje de tormentas" (Chen, et al. 2008), el impacto del aumento del nivel del mar y la intensificación de las tormentas en América Latina y El Caribe será relativamente más alto en República Dominicana con un 17,98% las pérdidas potenciales del PIB costero proyectadas superarían el 16,94 por ciento. Además, el riesgo de inundación en la República Dominicana debido a oleadas de tormenta cubrirá el 100 por ciento del humedal costero.

La primera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático (NCCC) de la República Dominicana fue lanzada en 2003 después de dos años de esfuerzos combinados entre varias instituciones, expertos locales y miembros de la comunidad científica internacional, bajo la coordinación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana (UNDP, 2007). Las autoridades dominicanas también corroboran datos regionales y mundiales con estudios nacionales en varias escalas que confirman un aumento proyectado de 2,6°C en temperatura y una disminución de la actividad pluvial del orden del 10% en los próximos cien años. Por esta razón, los valores de evaporación potencial y evapotranspiración real aumentarán, y el volumen total de agua disponible en el país disminuirá en un 28% con respecto a la línea de base. En este escenario climático, hay un aumento de la temperatura de 4,2°C y una disminución de la lluvia de aproximadamente 60% durante los próximos 100 años. En consecuencia, el volumen total de escorrentía se reducirá en un 95% para el año 2100 (Dominican Republic Secretariat of the Environment and Natural Resources, 2003).

2.3.3 Suramérica

2.3.3.1 Ecuador

Similarmente a otros países de la región, la ubicación de Ecuador frente a una zona de convergencia de placas tectónicas ha producido una alta susceptibilidad a fenómenos naturales tales como terremotos, maremotos y erupciones volcánicas. También la influencia de corrientes marinas lo expone a fenómenos hidrometeorológicos que conllevan inestabilidades del terreno, aludes torrenciales (flujos de lodo/escombros) e inundaciones.

En marzo de 1993, luego de un período de alta pluviosidad, se produjo el macro deslizamiento denominado "La Josefina", en las cercanías de la ciudad de Cuenca, la tercera del país, que se ubica en los andes meridionales (Zeas, 2005). Alrededor de 20 millones de m³ de material represaron los ríos en la cuenca media del río Paute, creando un dique natural de unos 100 m de

altura, produciendo extensas inundaciones aguas arriba. Luego de la apertura emergente de un canal, a los 33 días del deslizamiento, el enorme dique natural cedió dando paso al desagüe de aproximadamente 170 millones de m³ en pocas horas, lo que produjo inundaciones y destrucción, hasta 140 km aguas abajo, ya en la selva amazónica. Este fenómeno dio origen a la ejecución del proyecto piloto "PRECUPA" que abrevia Prevención-Ecuador-Cuenca-Paute, el cual congregó la cooperación de instituciones ecuatorianas nacionales, locales y universidades con sus similares suizas, a través del Cuerpo Suizo de Socorro en Caso de Catástrofe (CSS), ente de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). El objetivo del proyecto fue evaluar las diferentes "amenazas naturales" que pueden afectar la cuenca alta y media del río Paute en una superficie de 3700km habitada por 700.000 personas. Adicionalmente la cuenca baja del Paute abriga el mayor aprovechamiento hidroeléctrico del país (Basabe, 2005).

Los eventos calificados como extremadamente fuertes en el presente siglo, de acuerdo a los estudios efectuados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) corresponden a los años 1983 y 1998, alcanzando temperaturas superiores a 35°C y excesos pluviométricos mayores a 2.630mm. En general, los eventos Niño no ocurren con una periodicidad determinada, pudiendo tener una amplitud de ocurrencia de 1 año y máximo 6, como se presentó en la década de 1931-1940. Eventos Niño ocurridos en ocho décadas consecutivas (1900-1980) se han presentado en ciclos de cada 3-2-3 años, lo que se interrumpe en el período 1991-1998 donde se registran cuatro (4) eventos Niño, situación significativa que indica que las fases cálidas se están manifestando con mayor frecuencia al finalizar este siglo.

A nivel territorial, El Niño tiene una influencia muy fuerte en la zona costera (Guayaquil, Machala, Salinas, Manta, Portoviejo, Chone, Esmeraldas y Santo Domingo), una influencia moderada en la zona norte-costera (San Lorenzo) y vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes, y una influencia no significativa en la zona de los valles interandinos no directamente influenciados por las masas de aire del Pacífico y vertiente amazónica (Quito, Otavalo, Ambato, Puyo, Cuenca) (CAF, 2000).

Los Niños de 1982-83 y 1997-98 han sido los más fuertes de la centuria. La duración aproximada del 82-83 fue de 11 meses, siendo superada por la del 97-98 de 19 meses. Los estudios realizados sobre la influencia de El Niño en las precipitaciones del Ecuador, destacan que durante los años 1982-83 se produjo en el océano Pacífico un evento excepcional de ese fenómeno que se expresó en Ecuador con precipitaciones también excepcionales sobre la vertiente occidental de la cordillera de Los Andes, cuyos aumentos significaron entre 50 y 1.000% de la media de los años normales. Estas lluvias correspondieron a períodos de retorno excepcionales que superaron significativamente los 100 años para los totales anuales registrados, tal como se muestra en la Tabla 16 (CAF, 2000).

Tabla 16. Precipitaciones observadas y periodos de retorno de El Niño excepcional de 1982-83 en Ecuador

Fuente: CAF, 2000

Estación	Precipitación media 1964 - 1978	Precipitación Observada en 1983	Período de retorno de 1983 1983 e incluido	Período de retorno de 1983 1983 e incluido
Guayaquil	1.016	4.600	T > 5.000 años	500 <T> 1.000 años
Portoviejo	448	2.204	T > 5.000 años	250 <T> 500 años
Manta	226	1.835	T > 5.000 años	100 <T> 250 años
Salinas	126	2.833	T > 5.000 años	30 <T> 50 años
Machala	471	3.184	1.000 <T> 5.000 años	100 <T> 250 años
Milagro	1.255	4.419	500 <T> 1.000 años	250 <T> 500 años
Santo Domingo	3.375	5.774	250 <T> 500 años	50 <T> 100 años
Esmeraldas	723	1.569	100 <T> 250 años	50 <T> 100 años

Según reporta Basabe (2005) basado en datos de la CEPAL, el último fenómeno de El Niño 1997-1998 produjo pérdidas directas por 2.880 millones de dólares que representaron el 15% del PIB, las más altas en un país suramericano. El fenómeno de El Niño de 1997-98 fue particularmente devastador en la costa ecuatoriana, afectando gravemente la ciudad de Bahía de Caráquez, donde los deslizamientos y flujos de lodo y escombros mataron al menos 18 personas, destruyeron 530 viviendas además de la infraestructura del área urbana y periférica. Durante la rehabilitación y reconstrucción de la zona, la Dirección Nacional de Defensa Civil del Ecuador decidió realizar los estudios de zonificación de la amenaza sismo-geotécnica, por deslizamientos, y flujos de lodo y escombros cuyos resultados debían constituirse en un instrumento guía para la planificación y uso del suelo en la zona. Estos estudios se realizaron como un proyecto piloto en el marco de la prevención de desastres en el país (Plaza, et al., 2005).

El fenómeno de El Niño se ha manifestado nuevamente, pero en menor proporción, con las lluvias extraordinarias de marzo 2017. Se reportaron pérdidas de vidas humanas y materiales en las provincias de Se reportaron pérdidas de vidas humanas y materiales en las provincias de Chimborazo, Guayas, Los Ríos y Manabí. También, diferentes ciudades fueron afectadas por inundaciones, entre ellas, la ciudad de Guayaquil donde se concentra la mayor población del país.

2.3.3.2 Perú

El territorio peruano tiene una configuración muy accidentada, debido fundamentalmente al sistema montañoso de los Andes que lo atraviesa en sentido longitudinal, paralelo a la línea de costa. La Cordillera de los Andes origina tres unidades geográficas longitudinales de notables contrastes geomorfológicos y climáticos denominados: a) Costa, la región llana que representa el 12,5% de la superficie total del país, b) Sierra, la franja intermedia entre la costa y la selva, con un relieve muy accidentado que conforma la Cordillera de los Andes, con grandes elevaciones como la del Nevado Huascarán con 6.767 m, y una extensión que representa el 30,2% del país; y c) Selva, ubicada al este de los Andes, cuyos ríos descargan al río Amazonas, cubriendo el 57,3% del país.

Debido a su situación geográfica respecto al Océano Pacífico, Perú es uno de los países que recibe recurrentemente mayores impactos sobre las variables oceanográficas y atmosféricas del fenómeno El Niño, generando una serie de efectos climáticos que se revierten en amenazas para las comunidades y para las actividades productivas. El fenómeno se presenta con intervalos variables, estimados en el orden de 5 a 16 años. El caudal de los ríos llega a aumentar entre 300% y 500% debido a precipitaciones abundantes e intensas, que tienden a concentrarse en las partes altas de las cuencas produciendo erosión y arrastres significativos de sedimentos, afectando la producción agrícola. La zona más afectada por el fenómeno de El Niño es la Costa norte (vertiente del Pacífico), caracterizada por su aridez, la cual concentra el 70% de la población.

Mansen (2005) presenta una lista de los eventos de fenómeno El Niño que han ocurrido en Perú durante el período 1847 - 1997 (Tabla 17). Al igual que en Ecuador, en Perú El Niño de 1997 y 1998 se considera "el acontecimiento climático del siglo". Las alteraciones provocadas por la corriente de El Niño de 1982-1983 y del 1997-1998 fueron las más fuertes de las ocurridas en el siglo XX, aunque la de 1925 puede haber sido de igual o mayor magnitud, pero por no contarse con información suficiente no se le ha dado la importancia estadística. En 1972, 1982, 1994, 1997 y 1998 tuvieron lugar los fenómenos más recientes.

Tabla 17. Resumen Cronológico Fenómeno El Niño en Perú durante el período 1847 – 1997
Fuente: Mansen, 2005.

Intensidad	Frecuencia	Año/Característica
Débil	9	1847, 1963 Lluvias leves, algunos daños.
Moderado	10	1911, 1994 Lluvias moderadas, daños a la agricultura y viviendas
Intenso	5	1858, 1972-1973 Lluvias intensas, secuelas de huaicos e inundaciones.
Muy Intenso	4	1891, 1925, 1982-83, 1997-98. Lluvias torrenciales, huaicos, inundaciones, aluviones, vientos y pérdida de vidas humanas.

El fenómeno El Niño 1997-1998 se inició en abril de 1997 y se extinguió en junio de 1998. El calentamiento del mar fue el primer signo de su presencia y también el último en desaparecer. La Tabla 18 muestra los fenómenos naturales que se convirtieron en amenaza para la población durante El Niño 1997-98, señalando la frecuencia de los eventos y los sitios más afectados. La Figura 22 presenta la ubicación de las amenazas asociadas al fenómeno El Niño 1997-1998 por departamentos en Perú.

Tabla 18. Fenómenos naturales ocurridos durante la época de El Niño 1997-1998 en Perú.

Fuente: CAF, 2000.

Eventos	Frecuencia	%	Departamento más afectados
INUNDACIONES	297	23	Ancash, Cuzco, Lambayeque, Lima, La Libertad, Piura, San Martín Tumbes, Ica.
HUAYCOS	229	18	Ancash, Arequipa, Lima, La Libertad.
LLUVIAS INTENSAS	444	34	Apurímac, Ayacucho, Piura, La Libertad, Lambayeque, Tumbes.
DESGLIZAMIENTOS	188	14	Ancash, La Libertad, Cuzco, Lambayeque.
OTROS (tormenta eléctrica, vientos fuertes, sequías)	143	11	Ayacucho, Loreto, San Martín.
TOTAL	1.301	100	



Figura 22. Ubicación de las amenazas asociadas al fenómeno El Niño 1997-1998 por departamentos en Perú

Fuente: CAF, 2000.

Durante el evento de 1997-98, las lluvias, crecidas, inundaciones y deslizamientos fueron los mayores generadores de impactos en el territorio nacional. Las anomalías mayores en la precipitación estuvieron en la costa norte con valores extraordinarios de 1.000% en Lambayeque, 3.000% en Tumbes, y 26.000% en la franja litoral de Piura durante enero de 1998.

En la costa norte y en las regiones centrales del país, las amenazas mencionadas produjeron impactos muy importantes sobre los asentamientos humanos, la agricultura, los sistemas de agua potable y saneamiento, las vías de comunicación y electricidad. La capital, Lima, fue también afectada por las inundaciones del río Rimac. El incremento de caudales tuvo efectos dramáticos sobre algunas poblaciones emplazadas en el trayecto de los cursos de agua o en las zonas ribereñas. Un daño importante se evidenció en las obras de captación y distribución de agua para consumo humano, lo que originó la suspensión de los servicios. Las crecidas de los ríos produjeron socavaciones en numerosas carreteras afectando los cimientos de las vías y produciendo inundaciones sobre la carpeta asfáltica y por ende su destrucción. Una consecuencia destacada de los daños a las vías fue el aislamiento de muchas zonas agrícolas y poblados; ello imposibilitó tanto el suministro de combustible para plantas térmicas en algunas comunidades como el suministro de alimentos y la salida de productos agrícolas, entre otros. Los desbordamientos de los cauces y las crecidas también afectaron actividades como la industria camaronera, trucha y pejerrey, entre otros, al originar la destrucción de la infraestructura productiva destinada a esos fines que estaba ubicada en los márgenes y/o en la desembocadura de los ríos. Los desastres de mayor magnitud se produjeron en Piura, Tumbes, Ica, Chiclayo, (inclusive Mocse, Pícsi), Trujillo y Chimbote. Otros de similares proporciones ocurrieron en Lima (Chosica, Chaclacayo, Huaycoloro). Los “huaycos” o avalanchas de lodo que se produjeron en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, de manera continua porque las quebradas normalmente secas tuvieron mucha actividad geodinámica externa, cortaron carreteras como la de Tumbes-Piura por varias semanas y también arrasaron tuberías de conducción de agua como la que alimenta a Talara, dejando a esa población sin ese servicio por varias semanas. Otras zonas donde se produjeron “huaycos” que tuvieron gran potencial destructivo fueron: Trujillo, donde se activó una quebrada que derivó en una enorme inundación de la ciudad, al romperse el dique de la represa que formó previamente. En Lima se produjeron huaycos en Ambar (cuenca del Huaura). En la cuenca del Rimac se produjeron huaycos en Tambo de Viso, el Pedregal y Huaycoloro. También ocurrieron en Ica, por las quebradas Los Molinos, Trapiche, Cansas, que afectaron varios pueblos causando gran destrucción. Lejos de las cuencas de la costa ocurrieron esos mismos fenómenos en Choco (Arequipa), San Luis (Callejón de Conchucos-Ancash), Castrovirreyna (Huancavelica), Oxapampa (Cerro de Pasco) (CAF, 2000).

Los daños totales originados por el Fenómeno El Niño 1997-98 en el Perú ascienden a los 3.500 millones de dólares. Ello incluye daños directos por valor de 1.612 millones de dólares (el 46% del total), y daños o pérdidas indirectas por 1.888 millones adicionales (el 54%). El evento El Niño de 1982-83 significó para el Perú pérdidas estimadas en 2.000 millones de dólares, como resultado de intensas lluvias en la costa norte y la sequía que afectó el altiplano del sur.

En marzo de 2017 se repitió el fenómeno El Niño en Perú, donde lo han denominado El Niño

Costero, causando deslizamientos, huaycos (aludes torrenciales) e inundaciones en las 24 regiones del país, incluyendo a Lima (El País, 2017). El fenómeno fue antecedido en el 2016 por una fuerte sequía que afectó también a Ecuador. Los primeros indicios de El Niño Costero se comenzaron a dar en Perú a finales de noviembre de 2016. En enero del 2017, los departamentos de Lambayeque, La Libertad, Piura y Tumbes se vieron afectadas por fuertes temporales e inundaciones. La crisis climática también se intensificó y afectó a regiones muy alejadas de la costa como Cajamarca, Huánuco y Junín. Los departamentos afectados para el 31/03/17 eran Ancash, con el mayor número de distritos en estado de emergencia (166), Lima (145), en el cual 17 de ellos pertenecen a Lima Metropolitana, entre ellos Chaclacayo, San Juan de Lurigancho, Cieneguilla, Punta Hermosa, Huachipa, Pucusana y Rimac. Otras provincias que contienen distritos severamente afectados son Canta, Huaral, Huarochirí y Yauyos. También fueron afectados severamente los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Piura, Tumbes y Arequipa.

Para el 31 de marzo del 2017, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) indicaba un total de 101 fallecidos, 353 heridos, 19 desaparecidos, 141 000 damnificados y casi un millón de afectados a nivel nacional desde diciembre del 2016.

2.3.3.3 Bolivia

Geográficamente, el clima varía ampliamente en las tres regiones en que se divide el territorio nacional en función de su relieve: altiplano, valle, y llanos. El clima del altiplano es función de la altitud sobre el nivel del mar, cuyo promedio está alrededor de los 3.800 m. Es una zona de alta insolación e irradiación, con poca humedad, con lluvias irregulares en donde periódicamente se presentan sequías. El sur del Altiplano es la zona más seca donde a veces no llueve durante todo un año, con precipitaciones promedio entre 100 y 300 mm por año. En los valles y en la región de los llanos existen sectores húmedos y secos, con promedios de lluvia entre 800 y 1.400 mm/año. En Bolivia el impacto de El Niño no ha sido de tanta magnitud como en los países de Ecuador y Perú. Es por ello que la relación entre el Fenómeno El Niño y la variabilidad climática que se produce en el país durante estos eventos ha sido poco estudiada. La Tabla 19 presenta una escala cualitativa de intensidades de este fenómeno durante 15 años, en el período 1982-1998, siendo el de mayor relevancia el ocurrido entre los años 1982-83.

Tabla 19. Efecto del fenómeno de El Niño en Bolivia en el período 1982-1998

Fuente: CAF, 2000.

Año	Intensidad	Características
1982 - 83	Muy fuerte	Precipitaciones y sequía fuertes
1987	Débil	Precipitaciones y sequía débiles
1991-92	Débil	Precipitaciones y sequía débiles
1993-96	-	Sin presencia
1997-98	Fuerte	Precipitación moderada y sequia fuerte

Los impactos asociados con El Niño 1982-1983 fueron superiores a los de 1997-1998, con unas pérdidas estimadas en 1.372 millones de dólares. Las pérdidas para el evento Niño de 1997-1998 ascendieron a más de 500 millones de dólares, que para Bolivia representaron cerca de 7% del producto interno bruto nacional de ese año. Los impactos de 1997-98 estuvieron relacionados predominantemente con sequías y en menor medida con heladas. Los principales daños se relacionan con los sectores productivos, especialmente el agrícola. Además de los daños ocasionados por las sequías en el altiplano, también los hubo por extensas inundaciones en el Amazonas. También se reportaron incendios forestales de amplia extensión (CAF, 2000).

Muchos ríos incrementaron su caudal hasta puntos críticos originando desbordamientos con afectaciones aguas abajo, debido a arrastres de sedimentos y lodos que se depositaron en zonas más bajas obstruyendo en muchos casos los drenajes naturales del agua y derivando en inundaciones. Los desbordamientos destrozaron infraestructuras aguas abajo (carreteras, diques de contención y otros), que a su vez se constituyeron en amenazas para la población y las actividades económicas. Este fue el caso de ríos de la cuenca del Amazonas como: Ichilo, Yapacaní, Pirai, entre otros. Debido a la magnitud de las afectaciones, el río Chapare merece una mención especial. Ubicado en la zona del mismo nombre, tradicionalmente la más lluviosa de todo el territorio, produjo desbordamientos e inundaciones en grandes extensiones de su área de influencia (CAF, 2000). Las lluvias directas, debido a su magnitud y frecuencia, también fueron causantes de severas inundaciones en grandes extensiones de zonas planas y centros poblados. Al caer sobre suelos poco estructurados provocaron deslizamientos de gran magnitud con las consecuentes afectaciones. Igualmente, al drenar violentamente por fisuras y drenes naturales produjeron las riadas “torrenteras”, las cuales fueron muy frecuentes durante este evento, generando graves daños aguas abajo.

En Bolivia también estuvieron presentes amenazas climáticas de otro tipo, tales como tormentas con descargas eléctricas, que produjeron afectaciones en varios sectores debido a su impacto directo, y vientos huracanados que en algunos casos causaron estragos por arrastre de materiales.

La Tabla 20 muestra los tipos de amenaza presente durante el evento de El Niño 1997-98 en Bolivia, identificando las grandes cuencas objeto de inundaciones o sequías.

Durante los eventos más recientes de El Niño 2006-2007 y La Niña 2007-2008 los efectos por inundaciones, sequías y heladas fueron de gran magnitud, con pérdidas de 133 millones de dólares por el primero y 276 millones de dólares por el segundo (PREDECAN, 2010).

Tabla 20. Tipo de amenaza en las cuencas más importantes de Bolivia debido al fenómeno de El Niño 1997-1998

Fuente: CAF, 2000.

Subcuenca	Departamento	Río	Amenaza asociada al río	Otras amenazas	
<i>Cuencas del Río Amazonas</i>					
Mamoré	Beni	Mamoré/Apere (afluente del Mamoré)	Inundación, desbordes	Excesivas lluvias Plagas y roedores transmisores de enfermedades a la población	
		Yacuma	Desborde del río	Inundaciones	
		Beni	Desborde del río, inundación	Inundaciones	
	La Paz	Ríos Mapiri, Coroico, Tipuani de la subcuenca del Río Beni	Crecidas, inundación	Excesivas lluvias. Deslizamientos, Inundaciones	
		Río Orckojaúra (subcuenca del río Beni)	Desbordes, inundaciones	Aumento humedad	
		Kaka (subcuenca del río Beni)	Desbordes, inundaciones	Vientos huracanados	
	Santa Cruz	Grande/Chane/Parapeti	Inundación, Riadas	Lluvias intensas	
		Yapacani	Desborde e Inundación	Plagas de cultivos	
		Piraí, Surutú	Inundación	Granizada y vientos Sequía	
	Chuquisaca			Sequía en zona. centro-occidental Reducción caudales de ríos navegables Plagas de cultivos Lluvias Riadas Granizadas	
	Cochabamba	Khora, Eterazama y Bomborazama	Inundaciones, desbordes	Lluvias	
			Ichilo/Sacta	Inundación	Desbordes
			Rocha y afluentes	Desbordes	Torrenteras
		Chapare	Inundación	Inundaciones Granizadas Enfermedades	
Grande		Disminución de caudal	Sequía Reducción de caudales de ríos Granizadas		
Potosí	Grande	Desborde	Lluvias e Inundación en septiembre		
	Río Sacaca	Desborde e Inundación	Sequía octubre a junio Plagas, enfermedades de cultivos Granizadas		

Subcuenca	Departamento	Río	Amenaza asociada al río	Otras amenazas
<i>Cuencas del Río de la Plata</i>				
Subcuenca del Pilcomayo	Chuquisaca	Pilcomayo	Riada	Sequía
		Ravelo y Cajamarca	Disminución de caudal Agotamiento de reservas de lagunas	Granizada Lluvias Vientos huracanados
	Potosí	Pilcomayo	Reducción de caudal	Sequía Granizada
	Tarija	Pilcomayo		Sequía Granizadas Lluvias
		Pilaya		Sequía
Subcuenca Bermejo	Tarija	Bermejo	Reducción de caudal del río	Sequía Lluvias
		La Victoria/Guadalquivir	Reducción de caudal	
		Orozas		Granizadas
<i>Cuenca del Altiplano</i>				
Subcuenca Titicaca	La Paz	Desaguadero	Sequía, reducción de caudal del río	Sequía
		Lago Titicaca		Sequía, descenso del nivel del lago
		Lauca	Sequía, reducción de caudal del río	Sequía
Subcuenca Poopó	Óruro	Desaguadero	Sequía, reducción de caudal del río	Vientos con arenas
Del Salar de Coiposa y Del Salar de Uyuni	Potosí	Ríos Yana Pollera	Reducción de caudales	Sequía, vientos con arena

2.3.3.4 Colombia

En el territorio colombiano el sistema montañoso de los Andes se divide en tres cordilleras, lo cual hace que la superficie del país sea un sistema orográfico complejo de valles y montañas que afectan la circulación de la atmósfera y, por ende, influyen sobre el clima nacional y local de Colombia. El territorio colombiano es surcado de Sur a Norte por las Cordilleras Oriental, Central y Occidental, en medio de las cuales se encuentran los valles de los ríos Magdalena y Cauca. Estos factores fisiográficos son los responsables de la distribución de las diferentes variables climatológicas a través del territorio colombiano, en las cinco regiones naturales del país: Atlántica (conformada por los departamentos de la Guajira, Cesar, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, y Córdoba); la Pacífica; la Andina (Antioquia, Santander, Norte de Santander, Boyacá, Cundinamarca, Tolima, Huila, Caldas, Risaralda y Quindío); la Orinoquia y la Amazonia (CAF, 2000).

Tal vez el evento más desastroso que haya ocurrido en América Latina, en términos de pérdidas de vidas humanas, ha sido la llamada tragedia de Armero, provocada por la erupción del Volcán Nevado Ruiz en Colombia, que afectó a los departamentos de Caldas y Tolima. Tras sesenta y nueve años de inactividad, la erupción tomó por sorpresa a los poblados cercanos, a pesar de que el Gobierno había recibido advertencias por parte de múltiples organismos vulcanológicos que desde la aparición de los primeros indicios de actividad volcánica en septiembre de 1985. El 13 de noviembre de 1985, los flujos piroclásticos emitidos por el cráter del volcán fundieron cerca del 10% del glaciar de la montaña, enviando cuatro lahares, flujos de lodo y escombros productos de la actividad volcánica, que descendieron por las laderas del Nevado a una velocidad cercana a 60 km/h. Los lahares aumentaron su velocidad en los barrancos y se encaminaron hacia los cauces de los seis ríos que nacían en el volcán. La población de Armero, ubicada a poco menos de 50 km del volcán, fue golpeado por dichos lahares, muriendo unas 20.000 personas de sus 29 000 habitantes. Las víctimas en otros pueblos, particularmente en los municipios de Chinchiná y Villamaría, aumentaron la cifra de muertos a 23 000.

El Fenómeno de El Niño 1997-98 también se manifestó sobre el territorio de Colombia. Las condiciones climáticas generaron fenómenos como oleadas de calor con récords históricos de temperaturas máximas, sequías e incendios forestales. Aunque en algunas regiones se registraron también lluvias intensas, deslizamientos e inundaciones (PREDECAN, 2010).

Tal como ha sido el comportamiento histórico, en algunas regiones del territorio colombiano el efecto climático del fenómeno El Niño produce incremento de las lluvias, particularmente en el piedemonte llanero (occidente de la Orinoquia) y amazónico (occidente de la Amazonía) así como el sector sur de la vertiente Pacífica colombiana. Durante el evento El Niño 1997-98 estas regiones presentaron lluvias abundantes, principalmente en el piedemonte llanero, en el cual se registraron lluvias por encima de lo normal en julio y agosto de 1997 y en enero-febrero-marzo de 1998. El piedemonte amazónico registró también lluvias abundantes a mediados de 1997 (julio-agosto). En el sector sur del litoral Pacífico colombiano (vertiente pacífica de Cauca y Nariño) esta misma situación se observó desde septiembre de 1997 hasta marzo de 1998, justo durante la fase madura del evento. Durante el periodo de permanencia del evento, el territorio colombiano fue afectado por eventos de remoción en masa del tipo derrumbes y

deslizamientos originados por las lluvias intensas y sectorizadas, ocurridas sobre geformas inestables de las áreas donde el efecto climático del evento se manifestó con excedentes de lluvia. Los impactos de El Niño 1997-1998 estuvieron relacionados predominantemente con sequías. Más del 50% de las pérdidas ocurridas en Colombia fueron por mayores costos en la provisión de los servicios básicos de electricidad y agua (CAF, 2000). Las pérdidas ascendieron a más de 500 millones de dólares, que para representaron menos del 1% del producto interno bruto. La Tabla 21 presenta las amenazas típicas que ocurrieron en las cuencas más importantes de Colombia debido al fenómeno de El Niño 1997-1998.

Otro evento desastroso en Colombia lo constituye la denominada tragedia de Antioquía o avalancha de Salgar, la cual se refiere a un alud torrencial acaecido en mayo de 2015 en la Quebrada la Liboriana, en el corregimiento La Margarita y en el área urbana del municipio de Salgar, localizado en la subregión suroeste del departamento de Antioquia. Había llovido toda la noche en la cuenca de la quebrada La Liboriana hasta que en la madrugada del 18 de mayo de 2015, minutos antes de las 3:00 a.m., múltiples deslizamientos desde las laderas del cerro El Plateado terminaron por generar una avalancha. El caserío Las Margaritas sufrió la peor parte por los desbordamientos de la quebrada La Liboriana, aunque también se afectó parte del casco urbano. La suma de viviendas destruidas, semidestruídas y afectadas fue cercana a las 300 casas. Seis puentes vehiculares se afectaron y uno colapsó. Luego de meses de búsqueda, la cifra oficial de muertos incluyó los nombres de 104 personas. Aún se habla de 12 desaparecidos (El Colombiano, 2016).

El evento más reciente fueron las lluvias torrenciales de marzo de 2017 que causaron un desastre en el municipio de Mocoa capital del Departamento del Putumayo, en el extremo sur de Colombia, durante la noche del 31 de marzo y la madrugada del 1 de abril de 2017. Fuertes lluvias provocaron los desbordamientos de los ríos Mocoa, Mulato y Sancoyaco, generando deslaves y aludes torrenciales (flujos de lodo) en varios sectores de la cabecera municipal que causaron la destrucción de viviendas, puentes y arrastraron vehículos a su paso. Fueron arrasados diecisiete barrios de la ciudad, cinco de los cuales quedaron destruidos totalmente. Se reportaron más de 300 personas fallecidas y más de 400 heridas, con un número oficial de 200 desaparecidos y más de 1.000 damnificados. Aunque extraoficialmente, en Mocoa se habla de que la cifra de muertos sobrepasa los 1.000 y la de desaparecidos supera los 300.

El desastre también causó el colapso de las telecomunicaciones, se desplomaron dos puentes, daños en calles e incomunicación de Mocoa con otras zonas del departamento del Putumayo, el vecino departamento del Huila y el resto del país dados los múltiples derrumbes. Igualmente, La avalancha tumbó las redes eléctricas y afectó la generadora hidroeléctrica local, dejando sin energía a otras zonas del departamento como el medio y bajo Putumayo. Las bocatomas del acueducto también fueron afectadas (Radio Caracol, 2017).

Tabla 21. Tipo de amenaza en las cuencas más importantes de Colombia debido al fenómeno de El Niño 1997-1998, clasificadas por departamento y por río.

Subcuenca	Departamento	Río	Amenaza asociada al río	Otras amenazas
Cuencas del Magdalena y Cauca				
Bajo Magdalena	Atlántico	Magdalena Río de Oro	Disminución de caudal, bocatomas secas	<ul style="list-style-type: none"> - Tropicalización del clima - Hiperendemia
	Cesar	Magdalena	Disminución de caudal	
	Bolívar	Magdalena	Disminución de caudal, reducción de 50% de la fuente	
	Guajira		Disminución de caudal	
	Magdalena		Disminución de caudal, arrastre de sedimentos	
Medio Magdalena	Boyacá		Disminución de caudal, reducción de caudal en su fuente	<ul style="list-style-type: none"> - Déficit hídrico - Altas temperaturas diurnas. - Déficit hídrico en el sistema vegetación-suelo.
	Cundinamarca	Río Bogotá	Disminución del 60% del caudal histórico de los ríos aportantes	
	Caldas	Río Miel	Disminución de caudal	
	Antioquia	Río Nare San Lorenzo	Reducción superior del 60% de su caudal histórico	
Alto Magdalena	Huila	Ríos Magdalena y Yaguará	Fuerte reducción de caudal	<ul style="list-style-type: none"> - Heladas - Descenso de niveles freáticos. - Incremento de temperaturas diurnas. - Endemia previa.
	Tolima Santander	Ríos Cunday, Negro y Prado	Fuerte reducción de	
Bajo Cauca	Córdoba Sucre		Disminución de los caudales de los ríos	<ul style="list-style-type: none"> - Déficit hídrico
Medio Cauca	Caldas - Risaralda	San Francisco	Reducción de los caudales aportantes	
	Antioquia	Ríos Guatapé, Guadalupe y Grande	Reducción de los caudales aportantes	
Alto Cauca	Cauca	Río Cauca	Disminución de caudal a un 35% del promedio	<ul style="list-style-type: none"> - Endemia previa. - Alteración de ecosistemas y hábitat sectoriales. - Déficit hídrico del sistema vegetación-suelo
Río Anchicayá	Valle del Cauca	Río Anchicayá	Disminución de caudal	
Río Calima		Río Calima	Disminución de caudal	

Cuenca del Orinoco				
Río Meta	Cundinamarca	Ríos Guavio y Miraflores Chuzá	Reducción de 50% de caudales promedios Reducción de caudal superior a 60%	<ul style="list-style-type: none"> - Alteración de ecosistemas y hábitat sectoriales.
	Boyacá	Ríos Garagoa, Somondoco, Negro, Sucio y Tunjita	Reducción de caudal	
Cuenca del Caribe				
Catatumbo	Norte de Santander		Disminución de caudal	<ul style="list-style-type: none"> - Tropicalización del clima - Hiperendemia

2.3.3.5 Venezuela

Singer (2010), presenta una base de datos de paleo-eventos y manifestaciones históricas de deslaves y aludes torrenciales en Venezuela, que agrupa a más de 150 eventos, desglosados estado por estado, con indicación del lugar y fecha de su ocurrencia, así como de sus efectos más dañinos, demostrando que estos fenómenos han sido recurrentes a lo largo del pasado geológico reciente y del acontecer histórico, en una extensión significativa del territorio nacional. Se concluye que la ocurrencia de los deslaves constituye un fenómeno geológico endémico en las áreas montañosas de país, ubicadas entre 1.000 y 2.500 m de elevación, y que el mayor potencial se concentra en las cordilleras de Perijá, los Andes, central costera y oriental. Más del 50% de los eventos reseñados se distribuyen en los estados Vargas, Trujillo, Mérida y Táchira.

Los deslaves y aludes torrenciales han ocurrido con frecuencia en las quebradas que drenan el flanco sur del macizo Ávila, en la Cordillera de la Costa, afectando los asentamientos urbanos ubicados en el valle donde se asienta la ciudad capital, Caracas. En el inventario nacional de riesgos geológicos, Singer, et al. (1983) registran un total de 20 eventos torrenciales destructivos, documentados históricamente, ocurridos en las quebradas del flanco sur del Ávila entre 1781 y 1979. Entre los más recientes se mencionan las lluvias que ocurrieron entre el 15 y 17 de febrero de 1951 que produjeron deslaves en las cuencas de las quebradas Catuche, Anauco y Tócome. La tormenta extraordinaria de diciembre de 1999 también generó flujos de barro y escombros en varias quebradas de Caracas, principalmente en las quebradas Catuche, Anauco y Tócome, causando inundaciones en las comunidades aledañas. Otro alud torrencial ocurrió en la quebrada Cotiza en enero de 2006. Los arrastres torrenciales de las lluvias precedentes, del mes de diciembre, obstruyeron el paso de la alcantarilla en el denominado dique Cotiza, justo aguas arriba de la avenida Cota Mil, originando la formación de una gran laguna. La presión del agua acumulada en el dique produjo el rompimiento brusco del material vegetal que obstruía el conducto y generó una onda repentina de crecida, en la madrugada del 4 de enero, causando daños y víctimas mortales (Córdova y López, 2015).

Existen evidencias geológicas y arqueológicas de aludes torrenciales ocurridos en época prehispánica (Holoceno reciente, entre 1.100 y 1.500 D.C.) que sepultaron el valle de Caracas bajo un manto de escombros rocosos, en un volumen estimado entre 30 y 35 millones de metros cúbicos (Singer, 1977a y 1977b). Esta cantidad es mayor que los volúmenes desplazados por el catastrófico evento en el estado Vargas en diciembre de 1999, el cual se discute con bastante detalle en el apartado 2.5.

El evento más catastrófico en la vertiente sur de la Cordillera de la Costa, fue la lluvia torrencial ocurrida el 6 de septiembre de 1987, en la cuenca alta del río Limón, en el Parque Nacional Henry Pitier, al norte de la ciudad de Maracay, estado Aragua; generando deslaves y aludes torrenciales que ocasionaron alrededor de 300 víctimas fatales, destrucción de 3 puentes, y daños considerables a 1.500 viviendas, la mayoría ubicada en la población de El Limón.

Los flancos de la Cordillera de los Andes, con fuertes declives en cauces y vertientes, perfiles delgados de meteorización, sujetos a una actividad sísmica recurrente y acelerada intervención

antrópica, han sido también fuente de deslaves masivos, generadores de aludes torrenciales. En el estado Mérida, en particular, Singer (2010) describe 16 eventos de deslaves y aludes torrenciales ocurridos entre 1610 y 2006, en las cuencas y valles de los ríos Mocotíes, Capaz (Jají), Santo Domingo, Chama, Aricagua, Aracay, quebradas La Mucuy (Tabay), Montalbán, El Encierro, Santa Filomena, La Sucia, Primavera y Las Calaveras (Tabay). Los eventos catastróficos más recientes se remontan al 3 de junio de 2003, cuando se produjeron fuertes y continuas precipitaciones que ocasionaron deslaves y crecidas en las quebradas La Sucia, Santa Filomena, El Chorro, y la quebrada del Pueblo, así como de los ríos Pueblo Llano (sector Las Piedras) y Santo Domingo en la zona del páramo en el estado Mérida. El alud arrastró lo que encontró a su paso y acabó con la vida de, al menos 31 personas residentes de los municipios Cardenal Quintero y Pueblo Llano (Aguirre, et al., 2003). Se contabilizaron 50 viviendas destruidas y 500 damnificados, sin contar las pérdidas agrícolas. El caserío La Sucia fue destruido totalmente y fue declarado campo santo.

Las lluvias extraordinarias que ocurrieron en febrero del 2005, se extendieron por la región norte-centro costera de Venezuela, y por las montañas en el oeste, causando grandes daños en los estados Vargas, Miranda, Carabobo, Falcón, Zulia, Yaracuy, Mérida y Táchira. Solamente en el estado Táchira, alrededor de 20 puentes colapsaron, o fueron severamente dañados, por los flujos torrenciales. En el estado Mérida, los mayores efectos ocurrieron en el pueblo de Santa Cruz de Mora, debido a los aludes torrenciales generados por el río Mocotíes, tributario del río Chama. Durante los días 7/02 al 13/02/2005, se produjeron lluvias continuas que tuvieron su pico el 11/02 en horas de la noche, cuando después de 5 horas de lluvias intensas, no registradas, se desbordaron varias de sus quebradas afluentes y el propio río Mocotíes. Se contabilizaron aproximadamente 16.000 personas afectadas por las inundaciones, y 48 personas fallecidas (Campos y Bravo, 2011). Una de las causas de la tragedia se asocia a la ocupación gradual de las planicies del río Mocotíes y al desvío del cauce original para la construcción de una vía perimetral al sur de la población (Laffaille, et al, 2005).

La Tabla 22 muestra los volúmenes de sedimentos depositados por los aludes torrenciales más extraordinarios que han ocurrido en la geografía venezolana y que han podido ser cuantificados mediante mediciones de las áreas superficiales y de los espesores sedimentarios acumulados. Estos valores dan solo una idea aproximada de las cantidades inmensas de material sólido que pueden ser desplazados de la montaña, ya que una porción importante de ellos deben haberse quedado en las laderas y cauces de los tramos superiores de las cuencas, y otras porciones, como en el caso de Vargas, fueron descargados hacia el mar ampliando en algunos casos la superficie emergida. Para las principales cuencas de Vargas afectadas por los deslaves de 1999, con una superficie total aproximada de 200 km^2 , el promedio de la producción de sedimentos está en el orden de $100.000 \text{ m}^3/\text{km}^2$, equivalentes a una masa de $170.000 \text{ ton}/\text{km}^2$, lo cual lo ubica como uno de las más grandes documentadas en el mundo, para un evento de origen hidrometeorológico (Larsen y Wieczorek, 2006).

Tabla 22. Volúmenes de sedimentos depositados por aludes torrenciales extraordinarios y desastrosos en Venezuela

Sitio	Año	Volumen de sedimentos (m ³ x10 ⁶)
Valle de Caracas	1100-1500	35
Vargas	1999	20
El Limón	Precolombino	10
Vargas	1951	1,5
El Limón	1987	2,0
Vargas	2005	0,8

2.3.3.6 Chile

Chile ostenta ser el país más sísmico a nivel mundial, así como también el que ha registrado el evento sísmico (terremoto) de mayor liberación de energía, que tuvo lugar en mayo de 1960 en Valdivia, con un grado de intensidad 9,5; el cual ha sido el terremoto más potente de la historia moderna. Si se toman de manera agregada, las emergencias provocadas por fenómenos de origen climático (inundaciones, sequías, tormentas) estas ocupan el segundo lugar en términos de número de gente afectada (Tabla 23).

Tabla 23. Principales desastres de origen natural en Chile para el período 1900-2010, ordenados por número de afectados (izquierda) y por número de víctimas fatales (derecha). Fuente: DIPECHO, 2012

N°	Desastre	Fecha	N° afectados	Desastre	Fecha	N° Víctimas fatales
1	Terremoto y tsunami	27-02-2010	2.671.556	Terremoto	27-02-2010	562
2	Terremoto	08-07-1971	2.348.973	Terremoto	03-03-1985	180
3	Terremoto y tsunami	22-05-1960	2.003.000	Aluvión	19-06-1991	141
4	Terremoto *	03-03-1935	979.792	Inundación	05-05-1993	109
5	Inundación	Julio-1965	375.000	Sistema frontal	Julio 1984	85
6	Tormenta	Julio-1984	242.345	Inundación	17-07-1987	73
7	Inundación	24-05-2002	221.842	Inundación	12-08-1987	54
8	Inundación	12-06-2000	139.667	Tormenta	13-05-2005	45
9	Sequía	Agosto-1968	120.000	Tormenta	Julio 1984	42
10	Inundación	17-07-1987	116.364	Aluvión	29-11-1987	32

Por ser Chile un país andino con una extensión territorial que abarca desde la zona desértica del norte hasta la zona húmeda austral pasando por una zona semiárida central, ha sido escenario a través de este extenso territorio, de varios eventos aluvionales (aludes torrenciales) los cuales se han producido a lo largo de todo el país, no obstante la diversidad del clima y características geomorfológicas. Goulebev (1973) propone un mapa que zonifica al país en relación con la generación de avalanchas y flujos de barro (aludes torrenciales). Algunos de los eventos más desastrosos se reportan en los trabajos de Ayala (1996) y López (2005).

Entre los eventos extraordinarios se menciona el aluvión del río Colorado en noviembre de 1987, el cual se ubica en la cuenca alta del río Maipo, al este de la ciudad de Santiago siendo uno de sus afluentes el estero Parraguirre, en cuyas cabeceras a unos 100 km al este de Santiago, se produjo un desprendimiento masivo de rocas seguido de un aluvión de gran magnitud. El alud torrencial causó víctimas fatales y severos daños en una central hidroeléctrica en funcionamiento y en obras de otro complejo hidroeléctrico en construcción ubicados a unos 30 km aguas abajo del punto origen del fenómeno. El volumen de sedimentos movilizado se estimó en el orden de 5.5 millones de m³. El alud torrencial o aluvión de 1987 produjo alteraciones significativas en el curso medio e inferior del río Colorado, los cuales se manifestaron en cambios morfológicos y una apreciable sedimentación de su cauce principal y en daños cuantiosos a caminos, puentes e instalaciones de la Central Hidroeléctrica de Maitenes de CHILGENER y en los campamentos y obras en construcción del proyecto hidroeléctrico ALFALFAL. Sin embargo, lo más grave fue la pérdida de 32 vidas humanas. Los daños materiales fueron estimados por sobre los 295 millones de pesos, quedando destruidos el 60% de una planta de cemento, dañada en un 80% la Central Maitenes, 10 km de caminos destruidos, dañado un 20% de un total de 25Km de líneas de alta tensión de 33 KW, destruidos 16 de 25 puentes y destruidos 4 campamentos con la consiguiente pérdida de equipos y materiales (López, 2005).

Otro gran evento ocurrió en junio de 1991 en Antofagasta, una ciudad ubicada al norte de Chile, rodeada de numerosas quebradas. Durante la noche del 17/06/91 y las primeras horas del siguiente, fue afectada por un temporal de viento y lluvia, el cual generó torrentes de agua y barro que escurrieron por más de 15 quebradas de los faldeos occidentales y planicie litoral irrumpiendo violentamente en la ciudad de Antofagasta, arrasando con todo lo que encontraron a su paso. Se estimaron caudales con concentraciones de sólidos que superan en la mayoría de las quebradas el 50 al 60% en volumen y un volumen de detritos en el rango de 550.000 a 750.000 m³. Se contabilizaron 91 víctimas fatales más 19 desaparecidos. Los daños materiales a la propiedad pública y privada fueron estimados del orden de los 60 millones de dólares. Los primeros incluyen pérdida parcial o total de viviendas, escuelas, caminos, calles, veredas, hospitales, etc. Se estimaron unas 700 viviendas destruidas y unas 4.000 dañadas, El número de personas damnificadas alcanzó a unas 20.000. A estos daños directos debe agregarse la paralización parcial o momentánea de las actividades industriales mineras, transporte, educacional, etc. (Ayala, 1996; López, 2005).

El aluvión o alud torrencial de la quebrada Macul durante los días 2 y 3 de mayo de 1993 es otro evento digno de mención. La quebrada de Macul se encuentra al sur oriente de la ciudad de Santiago y discurre por una zona densamente poblada. Los días 2 y 3 de Mayo de 1993. El temporal generó varios aluviones que descargó sobre un sector poblacional perteneciente a la comuna de La Florida, dejando un saldo de 26 víctimas fatales y 8 personas desaparecidas. Los daños materiales contabilizaron 257 viviendas destruidas, 36 viviendas dañadas de un 30 a 70%, y 171 viviendas dañadas hasta un 30%. Se tuvieron casi 2.000 damnificados en albergues y unas 5.000 fuera de albergues. Sólo el daño en viviendas se estimó en \$432.335.975.

Según se señala en el Documento País 2010 (DIPECHO, 2012), el sistema frontal de julio de 2006 generó situaciones de alerta y emergencia en varios puntos de la zona centro sur del país. Las

inundaciones fueron provocadas por la concentración de intensas lluvias. La ciudad de Concepción en la Región del Biobío fue particularmente afectada, debido a que en 24 horas cayeron 106,6 milímetros de lluvia, causando el desborde de ríos y graves inundaciones. Hubo 296.397 personas afectadas, 51.206 personas damnificadas y casi 36.000 viviendas dañadas, 600 de ellas completamente destruidas. Un aluvión en la comuna de Chiguayante mató a 10 personas y en Chillán murieron otras dos. Se considera que este evento ha sido uno de los más importantes de las últimas décadas.

2.3.3.7 Brasil

Las lluvias de verano de gran intensidad han sido la causa de ocurrencia de aludes torrenciales en las quebradas de Sierra del Mar, en Cubatao, San Paulo. La “Serra do Mar” es una cadena montañosa que corre a lo largo del área costera, con elevaciones entre 800 y 1.000 metros sobre el nivel del mar. Los deslizamientos y deslaves han ocurrido en las pendientes más pronunciadas de esta región en promedio entre cada 5 y 10 años en los pasados 40 años. Las zonas bajas, al pie de las montañas, están densamente ocupadas por industrias químicas y procesadoras, cuyos flujos efluentes contaminantes que se descargan hacia la atmosfera han afectado la vegetación de las laderas y colinas circundantes, causando su degradación, ya sea por incidencia directa o por lluvia ácida.

Los aludes torrenciales que han ocurrido en esta región de Cubatao han afectado importantes desarrollos industriales. Los aludes de 1976 afectaron la planta industrial COPEBRAS y los que ocurrieron en 1966 y 1994 afectaron la refinería Presidente Bernardes (RPBC) (Tabla 24). Este último transportó un volumen estimado en 300.000 m³ de sedimentos (barro, arenas, gravas, peñones y árboles) causando daños importantes a los tanques, edificios administrativos, vías internas y casi todas las unidades de procesamiento. La precipitación de 24 horas fue de 214 mm y la máxima en una hora, previa al evento, fue de 60mm (Tabla 24). El evento torrencial resultó en 10 días sin producción a un costo de 44 millones de dólares (Massad, et al. 2005).

Las lluvias torrenciales que ocurrieron en el sureste de Brasil, en una región del estado de Rio de Janeiro conocida como Región Serrana, zona turística con geografía de montañas y valles, aunado a la característica geográfica, a la urbanización desorganizada y la ocupación de las laderas de manera irregular, causaron el 13 de enero del 2011 uno de los mayores desastres naturales en la historia de Brasil, generando deslaves e inundaciones repentinas en 7 municipios: Areal, Bom Jardim, Nova Friburgo, Teresópolis y Petrópolis. Se estima que alrededor de 15.000 personas fueron afectadas, y las cifras oficiales dan cuenta de 635 muertos, 7.780 desplazados y 6.050 damnificados (OCHA, 2011).

Tabla 24. Aludes torrenciales ocurridos en Serra do Mar, en la región de Cubatao, Brasil

Fuente: Massad, et al., 2005

Lugar	Fecha	Río o Quebrada	Área total (km ²)	Máxima lluvia (mm)	
				1 hora	24 horas
Mogi River Basin	24-27 th Feb 1971	Mogi River	30.60	-	-
Copebras	28 ^{thcc} Jan 1976	Cachoeira Stream	4.00	39	276
		Braço Norte Stream	1.60		
Rpbc And Perequê Basin	22-24 th Jan 1985	Perequê River	11.40	84	265
		Pedras Stream	2.64		
Pedras Basin-Eletropaulo	20-22 th Jan 1988	Pedras River	3.40	25	135
RPBC	6 th Feb 1994	Pedras Stream	2.64	60	214
	9 th Mar 1996	Main Tributary Of Pedras Stream	0.80	18	-

2.3.3.8 Argentina

Las inundaciones son el tipo de desastre que más evacuados genera en el país (el 84,8% del total de evacuados por todo tipo de desastre ocurrido entre 1970 y 2007). Asimismo, son significativas en términos de afectar las viviendas (60% del total) o destruirlas (32,7% del total) y generar daños en la infraestructura de transporte, el sector agropecuario y el educativo. Santa Fe es una de las provincias de Argentina más afectadas por inundaciones. El inventario de desastres presenta 773 fichas para la provincia de Santa Fe, que cubren el período 1971 - junio de 2003 (Tabla 25). Le siguen, en orden decreciente de registros, las tempestades, las sequías, los incendios, las epidemias y los vendavales. En particular se hace mención a la gran inundación del río Salado ocurrida el 20 de junio del 2003.

Tabla 25. Algunos impactos de las inundaciones en la Provincia de Santa Fe

Fuente: CENTRO, 2004.

Impacto de las inundaciones en Santa Fe (1971 - 6/2003)			
	Todos los Desastres	Sólo inundaciones	
		Cantidad	% del total
Registros	1.322	773	58.6
Muertos	548	58	10.6
Heridos/enfermos	19.448	5.467	28.1
Afectados	1.449.241	189.428	15.9
Viviendas destruidas	6.678	5.016	75.1
Viviendas afectadas	32.705	32.289	98.7
Evacuados	304.982	299.830	98.3
Hectáreas afectadas	6.358.716	6.276.916	98.7
Cabezas de ganado	102.200	102.200	100.0

En el caso de las inundaciones, uno de los principales fenómenos que dispara el desastre son las precipitaciones (40% de los registros) cuya magnitud e intensidad son sumamente variables, dependiendo de la combinación de muchos otros factores. El otro factor predominante son los desbordes (57% de los registros) del río Paraná y sus afluentes: los ríos Salado, Carcarañá, Calchaquí, Coronda, San Javier y los arroyos Las Conchas, San Antonio, Bululú, Saladillo Dulce, Saladillo Amargo, San Lorenzo, Ludueña, Saladillo, Frías, Seco, Pavón, del Medio, Cañada de Gómez, Golondrinas, Los Amores, del Rey, Ibarlucea, Los Padres, entre otros. La crecida o el desborde recurrente de estos cursos de agua han generado impactos negativos de proporciones extraordinarias sobre la población, la infraestructura y la producción agropecuaria e industrial (CENTRO, 2004). Otros factores detonantes de inundaciones en la provincia son los desbordes de lagunas, especialmente, La Picasa, provocado por la combinación de lluvias, ascenso en los niveles freáticos y saturación del suelo (CENTRO, 2004).

El impacto de cada una de las inundaciones que afectó al centro urbano de Santa Fe ha sido analizado, y se muestra que, a partir de 1982, las inundaciones parecen mostrar una tendencia de impactos crecientes. El mayor impacto registrado, en la última y más grave de todas, la inundación de abril de 2003, que arrojó una cifra de evacuados y auto-evacuados, de alrededor de cien mil, dos órdenes de magnitud mayor que la gran inundación de 1977. El informe del CENTRO, 2004, se pregunta las causas de la mayor frecuencia de las inundaciones en Santa Fe, y responde que: “la respuesta no descansa en la magnitud de las precipitaciones o en el caudal de los ríos sino en un proceso de vulnerabilidad creciente de la población, que se puso en evidencia durante la dramática inundación de abril de 2003. Entre los factores que generaron una mayor vulnerabilidad y que saltan a simple vista, se pueden mencionar, por ejemplo, la construcción de terraplenes, que determinó la ocupación masiva de áreas bajas, dando una falsa imagen de seguridad, especialmente, en la medida en que, por un lado, la obra no había sido concluida sobre la margen del río Salado y por el otro, los terraplenes concluidos sobre el río Paraná, impidieron el drenaje del agua. También se puede mencionar, la falta de una política de prevención por parte del gobierno, tanto municipal y provincial como nacional, que incluya, entre otros elementos, planes de contingencia o actividades de preparación de la población frente al riesgo, ya que aun cuando se realicen todas las obras de defensa e infraestructura necesarias, el riesgo siempre estará presente y debe ser objeto de preocupación pública”.

El elevado monto total de daños y pérdidas (2,878 millones de pesos), afectó principalmente las actividades y los sectores productivos, pero más grave, en términos sociales, es el hecho de que las condiciones de vida de la población de menores ingresos ubicada en zonas marginales urbanas se han deteriorado significativamente, al perderse vivienda y enseres, micro y pequeñas empresas, y empleo. Las inundaciones pusieron en evidencia la vulnerabilidad y fragilidad del tejido social, la infraestructura y las actividades productivas. Por ello se considera que se hace indispensable abordar de forma sistemática la reducción de vulnerabilidades y el manejo del riesgo.

2.4 ANÁLISIS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS ESTRUCTURALES

2.4.1 El caso de Vargas - Venezuela

2.4.1.1 Antecedentes

Las lluvias torrenciales ocurridas en Venezuela en diciembre de 1999 generaron masivos deslizamientos, inundaciones y aludes torrenciales, produciendo en la región norte-costera y particularmente en el estado Vargas, el peor desastre de origen hidrometeorológico que haya ocurrido en este país. La región norte costera de Venezuela, donde se localiza el Estado Vargas, se encuentra adyacente al Mar Caribe y está compuesta por una región montañosa (Cerro El Ávila en la Serranía del Litoral) que se extiende paralela a la línea del mar alcanzando alturas máximas cercanas a los 2.800 m. Entre la montaña y el mar, en una franja estrecha de tierra cuyo ancho varía entre 200 y 2.000 m, han tenido lugar desarrollos urbanísticos y recreacionales que conforman el Estado Vargas (Figura 23), con una población cercana a las 300.000 personas. Las áreas más pobladas se han asentado sobre las gargantas y conos de deyección de las quebradas o torrentes, así como también sobre las laderas y pendientes de la montaña. La mayoría de estos cauces son efímeros, mostrando caudales solamente durante la estación lluviosa entre los meses de mayo y septiembre. La precipitación promedio es de 520 mm a nivel del mar. Observaciones geológicas demuestran que los deslaves y los aludes torrenciales se han producido en esta región desde hace decenas de miles de años (Urbani, 2010; Singer, 2010). A unos 15 km al sur de esta serranía, se asienta la población de Caracas sobre un valle que se ubica a 900 m.s.n.m.



Figura 23. Vista aérea del Macizo Ávila y la región norte costera de Venezuela mostrando las cuencas principales afectadas por los deslaves en el Estado Vargas (imagen de satélite Ikonos).

2.4.1.2 El extraordinario evento hidrometeorológico de 1999

Los datos de precipitación registrada en la estación de Maiquetía, indican un período continuo de lluvias de baja intensidad entre Diciembre 1 y Diciembre 13, acumulándose casi 300 mm, continuando con altas precipitaciones que alcanzaron un total de 911 mm durante los días 14, 15 y 16, hasta totalizar 1.207 mm para el 18 de Diciembre. En la estación de Mamo, sin embargo, la cantidad acumulada de lluvia durante el período de 17 días fue de 438 mm. Esta notable discrepancia entre los datos de estas estaciones localizadas casi a la misma elevación y a una distancia aproximada de 8 km, no ha podido ser explicada. Es probable que, debido al efecto de la barrera orográfica, la magnitud de las lluvias en las partes altas de las cuencas haya sido mayor que la reportada en las estaciones de Mamo y Maiquetía. Si comparamos estos datos con los registros históricos en Maiquetía para un periodo de 52 años (excluyendo 1999), los cuales reportan un promedio anual de 523 mm, un máximo anual de 961 mm (1951), y un mínimo anual de 205 mm, tenemos que concluir que la lluvia fue realmente extraordinaria. Un análisis de frecuencia de la tormenta con los datos históricos de Maiquetía indica que el periodo de retorno para las lluvias de 1 y 3 días (410 y 911 mm) está en el orden entre 500 y 1000 años (Bello et al. 2003; Córdova & González, 2010).

2.4.1.3 Origen de los aludes torrenciales

Una de las características más resaltantes del macizo Ávila es su topografía abrupta y las fuertes pendientes de sus canales y laderas (López, et al. 2001). El efecto combinado de la meteorización, actividad tectónica y movimientos sísmicos ha desestabilizado la montaña, afectándola con numerosas fallas y grietas, produciendo abundancia de rocas fracturadas, sedimentos y suelos inestables. Las lluvias extraordinarias de Diciembre de 1999 aprovecharon este ambiente favorable y produjeron miles de deslizamientos y derrumbes en las faldas y cuevas de la montaña, los cuales, al mezclarse con el agua, se transformaron en aludes torrenciales que descendieron de las colinas, transportando millones de metros cúbicos de sedimentos a las zonas más bajas de las cuencas (López, 2001). Las altas pendientes en los cauces (mayores a 15°) y laderas (mayores de 35°), la presencia de abundantes sedimentos y la enorme cantidad de lluvia precipitada, fueron los ingredientes necesarios para desencadenar los aludes torrenciales. Los aludes se generaron casi simultáneamente, durante las primeras horas de la mañana del 16 de diciembre de 1999, en aproximadamente 24 quebradas del macizo Ávila (Figura 24). Muchos de estos aludes ocurrieron como una secuencia de frentes de ondas que alcanzaron posiblemente velocidades cercanas a los 10 m/s (30 a 40 km/h). En el frente de la onda se concentra la mayoría de los peñones y grandes clastos (Hubl & Steinwendtner, 2000), lo cual le otorga un gran poder de destrucción, explicando así el enorme daño que causaron aguas abajo, arrasando numerosas viviendas y haciendo colapsar estructuras de concreto armado (Salcedo, 2000). Los aludes torrenciales tienen también la propiedad de que a medida que se desplazan en el cauce, van erosionando el lecho e incorporando nuevo material, lo cual conduce a una amplificación de la onda de flujo.



Figura 24. Vista de la distribución densa de los deslizamientos en la cuenca baja de Cerro Grande (izquierda) y distribución menos densa en la cuenca alta de San José de Galipán (derecha).

2.4.1.4 Efectos de los aludes torrenciales

El desplome de los taludes de las laderas, por saturación de los suelos que cedieron ante la elevada cantidad de lluvia, constituyó la fuente principal de sedimentos y arrastres vegetales que alimentaron los aludes torrenciales que se desplazaron aguas abajo hasta alcanzar las zonas pobladas, destruyendo casas, edificios, carreteras y casi toda la infraestructura construida sobre las terrazas, gargantas y abanicos aluviales (conos de deyección) de las quebradas. La mayoría de los daños fueron producidos por inundaciones de agua y flujos de sedimentos, impactos de peñones y escombros, y por erosión fluvial (Salcedo, 2000).

De acuerdo con el informe de CAF-PNUD (2000), el total de viviendas afectadas se estimó en 40.000 de las cuales fueron destruidas unas 8.000. Unas 240.000 personas, aproximadamente el 70% de los habitantes del Estado Vargas, fueron afectadas por los deslaves. Aproximadamente 100.000 personas fueron evacuadas. Los sistemas de aguas blancas y aguas servidas colapsaron casi en su totalidad. El 80% de la vialidad fue destruida. Los daños materiales superaron los cuatro mil millones de dólares (Genatios, 2006; Genatios & La Fuente, 2006). Sin embargo, la cifra de personas muertas nunca ha sido cuantificada con precisión. El estudio de CAF-PNUD (2000) reporta entre 15.000 y 50.000 víctimas, basados en estimaciones de la Cruz Roja, y un trabajo reciente de investigación estima en un número no mayor a 1.000 personas el total de víctimas (entre fallecidos y desaparecidos) de los deslaves del 99 en Vargas (Altez, 2010).

2.4.1.5 Por qué ocurre el desastre

A pesar de los antecedentes previos que indicaban que el estado Vargas era una zona de alto riesgo, sujeta a frecuentes inundaciones tales como las de 1798, 1912, 1938, 1944, 1948, 1951, y 1954, la población no estaba preparada para afrontar esa nueva escalada de la naturaleza, y menos aún de la magnitud del evento del 99. Por una parte, se permitió la construcción anárquica de viviendas en las cercanías de los cauces, en los cañones o gargantas de los torrentes, y en las laderas de cerros inestables; por la otra, no se tomaron las medidas más

elementales de mitigación del riesgo, tales como la construcción de obras hidráulicas para el control de las avalanchas de sedimentos, o la instalación de sistemas de alerta temprana complementados con planes de contingencia. La situación existente se ilustra claramente en la Figura 25, donde se presenta una comparación de fotografías aéreas de diferentes años en la Urbanización Tanaguarena, indicando como fue el proceso de construcción del riesgo. Puede observarse que los deslaves que se produjeron en 1951 inundaron de sedimentos casi las mismas zonas que los de 1999. Sin embargo, estas áreas fueron ocupadas y urbanizadas sin tomar ninguna medida de prevención. El evento de 1951 era desconocido por quienes poblaron a riesgo de sus propias vidas la garganta del río Cerro Grande y su abanico aluvial (Figura 25).

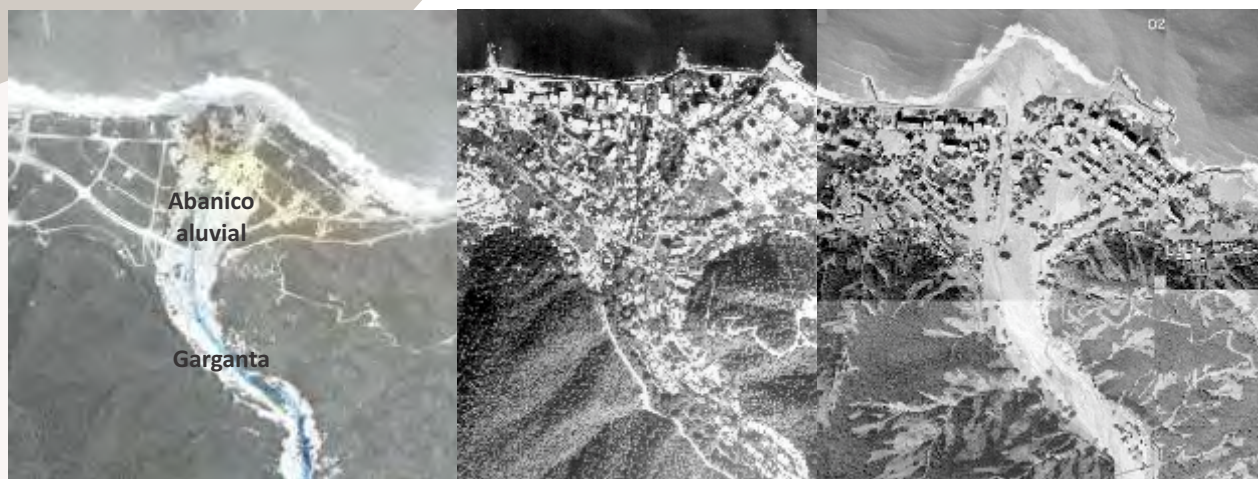


Figura 25. Fotografías aéreas del Río Cerro Grande y la Urbanización Tanaguarena antes y después del desastre de Vargas: 1951 (izquierda), 1998 (centro) y 1999 (derecha).

2.4.1.6 Medidas de mitigación adoptadas: el enfoque holístico

Después del desastre, se diseñó un enfoque integral para la mitigación del riesgo de aludes torrenciales incluyendo un conjunto de medidas estructurales y no-estructurales, apuntando a reducir la amenaza y la vulnerabilidad (López y Courtel, 2010). Las medidas fueron aplicadas mayormente en las partes medias y bajas de las cuencas afectadas, dado que las partes altas pertenecen al Parque Nacional El Ávila (Waraira Repano) donde hay muy poca intervención. Las medidas estructurales consistieron en presas de control de sedimentos construidas en las gargantas de las quebradas y canalizaciones en los abanicos aluviales, tendiendo a suprimir las consecuencias de los aludes. Las medidas no-estructurales apuntan a reducir la vulnerabilidad mediante el establecimiento de regulaciones para el uso de la tierra, sistemas de alerta temprana, planes de contingencia, y mejorando la educación y preparación de la población y fortaleciendo las capacidades institucionales. Mapas de amenaza fueron elaborados utilizando modelos de simulación (FLO-2D) para demarcar las áreas y extensión de los flujos torrenciales a los fines de elaborar planes de regulación. La Figura 26 muestra el enfoque holístico utilizado de estrategias combinadas para la mitigación de los aludes torrenciales.

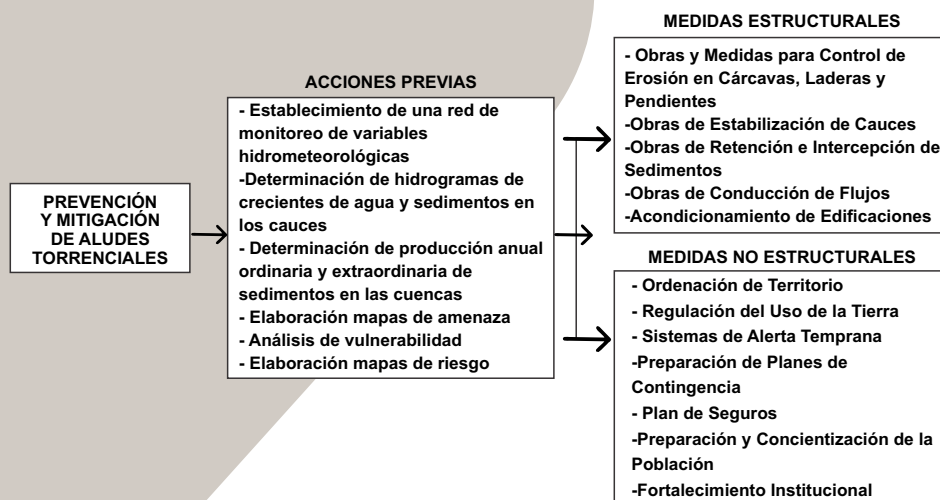


Figura 26. Estrategias combinadas para la mitigación de inundaciones por aludes torrenciales.

2.4.1.7 Presas de retención de sedimentos

El año 2001, autoridades gubernamentales, a través de la Corporación para la Recuperación y el Desarrollo del Estado Vargas, CORPOVARGAS, iniciaron un programa intensivo para construir presas de control de sedimentos y canalizaciones en la mayoría de las cuencas afectadas, con el objeto de proteger a las poblaciones aguas abajo. Para el año 2008, se habían construido 63 presas distribuidas entre 25 quebradas y se habían canalizado la mayoría de ellas. Básicamente 37 de ellas son presas cerradas y 26 son presas abiertas de acuerdo al tipo de material, 14 de las presas son de concreto, tres son de elementos tubulares de acero, dos son barreras flexibles construidas con redes de anillos de acero, y el resto (44) han sido construidas en gaviones. La altura de las presas varía entre un mínimo de 2 m y un máximo de 11 m (López, 2012). La Figura 27 muestra la ubicación aproximada de las presas en el estado Vargas.



Figura 27. Mapa de ubicación de las presas construidas para el control de sedimentos en las cuencas del estado Vargas. Fuente: López, 2012.

2.4.1.8 Cómo se han comportado las presas

Las lluvias torrenciales extraordinarias que ocurrieron nuevamente en Vargas en Febrero de 2005, acumularon un total de 431 mm en 4 días de precipitaciones (lluvia centenaria) y ofrecieron la oportunidad para someter a prueba a las 21 presas que habían sido construidas para ese momento en las quebradas de Vargas (López et al. 2010c). Dos presas de gaviones construidas en la quebrada Anare fueron destruidas por las crecientes. Otras presas sufrieron daños menores, por erosión o abrasión del flujo, que no pusieron en peligro la estabilidad de las obras. En general, el funcionamiento hidráulico de las presas abiertas ya sea de gaviones o concreto, fue satisfactorio, cumpliendo la función de dosificar el transporte de sedimentos y retener las fracciones más gruesas. En base a levantamientos topográficos y observaciones de campo se han podido estimar los volúmenes de sedimentos retenidos en algunas de las presas de Vargas después de las crecientes de febrero 2005. Se pudo inferir que aproximadamente 100.000 m³ de sedimentos fueron retenidos en las siete (7) presas de las quebradas Curucutí (4) y Piedra Azul (3), los cuales fueron impedidos de alcanzar la zona urbana de Maiquetía, contribuyendo a proteger a los bienes y la población aledaña asentada en dicha población (Figura 28).



Figura 28. Vista satelital (Google Earth) mostrando la población de Maiquetía y las quebradas Piedra Azul y Curucutí después de la tormenta de febrero de 2005. Las 7 presas ayudaron a proteger a la población aguas abajo.

De las 63 presas construidas, se ha determinado que al presente, aproximadamente el 50%, están totalmente sedimentadas. Todas las presas cerradas (14) construidas entre los años 2002 y 2004 se sedimentaron, la mayoría de ellas debido a la creciente extraordinaria de febrero del 2005. Pero otras se sedimentaron antes del 2005, sin que hubiesen ocurrido crecientes significativas, tal como es el caso de Guanape.

La primera presa que se construyó en el Estado Vargas después de la tragedia de 1999 fue la presa de Guanape, una presa ranurada de concreto armado de 4,5 m de altura, la cual se terminó de construir en mayo del 2001 (Figura 29a). La secuencia de fotos de la Figura 29 muestra la evolución en el tiempo del proceso de sedimentación de la presa. A pesar de ser una presa abierta, una tormenta de menor cuantía ocurrida el 3 de Diciembre del 2001 (47 mm de lluvia en 2 horas con un periodo de retorno estimado de 2.5 años) la llenó completamente de sedimentos, debido a la obstrucción producida por los arrastres vegetales y troncos de árboles (Figura 29 y 29c). Sin embargo los flujos extraordinarios que ocurrieron del 7 al 10 de Febrero del 2005, los cuales fueron generados por una lluvia acumulada de 432 mm en 4 días (medida en la estación Macuto), erosionaron y removieron una buena parte de los sedimentos y restos vegetales atrapados en la presa. Estos pasaron a través de las ranuras y se acumularon entre el dique y el contradique, elevando el lecho del cauce del tramo aguas abajo en unos 3 m aproximadamente (Figura 29).

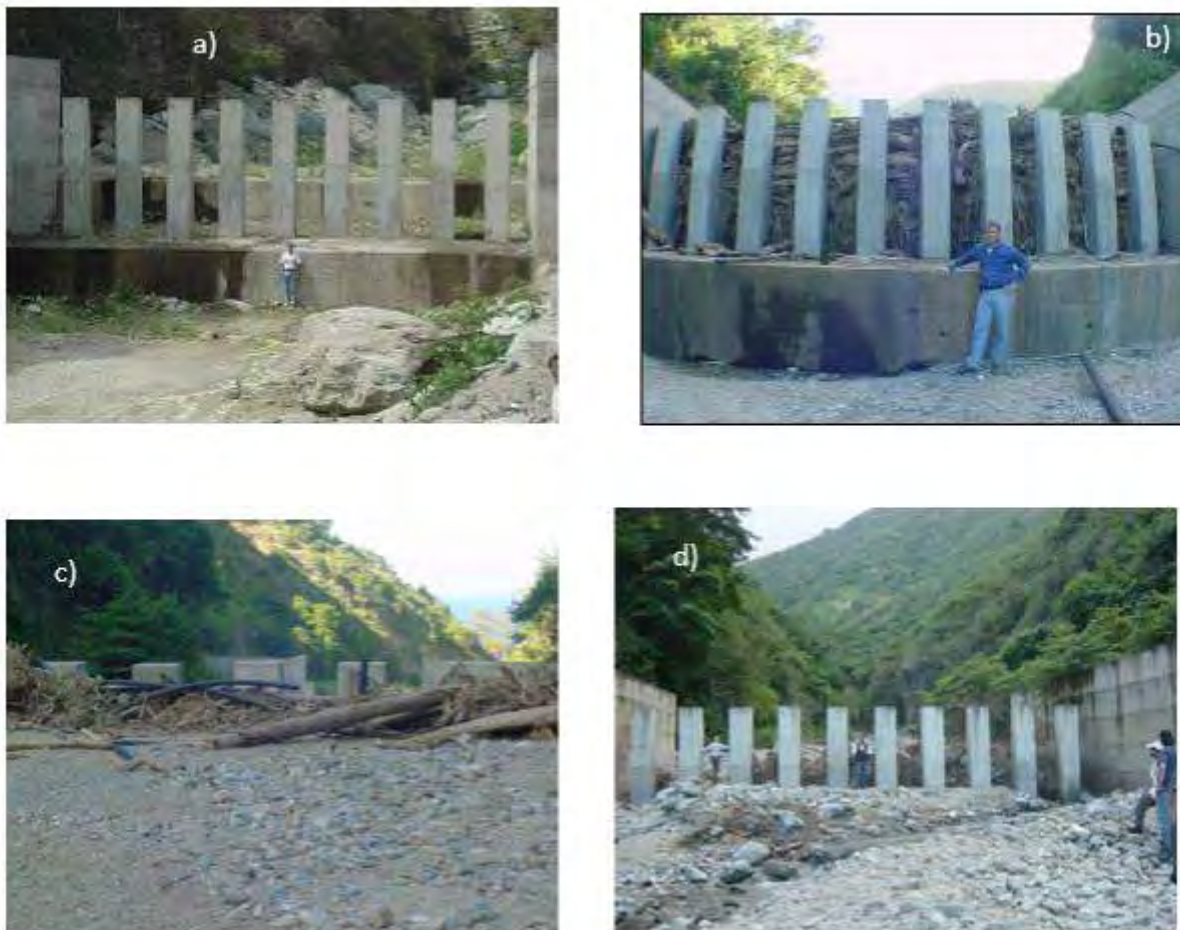


Figura 29. Presa abierta ranurada en la Quebrada Guanape: a) vista frontal desde aguas abajo después de finalizada la construcción en Mayo 2001; b) después de la creciente de Diciembre 2001; c) vista desde aguas arriba del vaso sedimentado en Diciembre 2001; y d) vista desde aguas abajo después de la creciente de Febrero 2005.

La retención total de los sedimentos en las presas cerradas ha originado, en algunos casos, procesos erosivos en los tramos aguas abajo debido al efecto de flujos de aguas claras, hambrientos de sedimentos, al ser retenida su carga sólida aguas arriba. Un ejemplo de estos procesos de degradación del lecho se presenta en la Figura 30 aguas abajo de la Presa # 2 construida el año 2004 en la quebrada Piedra Azul. Los levantamientos topográficos del lecho antes y después (año 2007) de la construcción de la presa muestran un descenso del lecho cercano a 3 m al pie de la presa, lo cual se corrobora con las fotografías anexas.

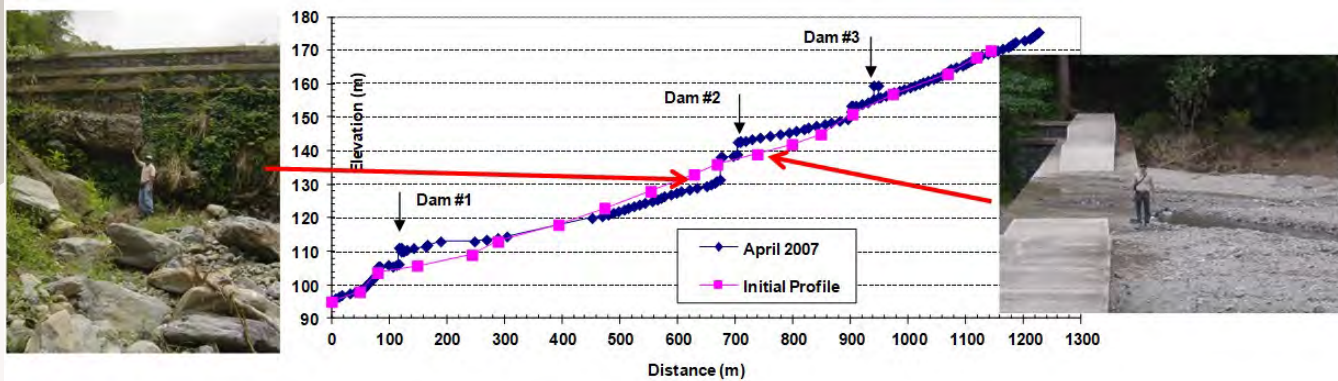


Figura 30. Comparación de perfiles levantados del lecho de la quebrada Piedra Azul, indicando proceso de sedimentación aguas arriba de la Presa #2 (ilustrado con la foto derecha) y proceso de erosión o degradación general aguas abajo de la misma presa (ilustrado con la foto izquierda).

2.4.1.9 Conclusiones

Es indudable que la construcción de 63 presas de retención de sedimentos, la canalización de la mayor parte de las quebradas, así algunas obras estén incompletas o presenten fallas, y la instalación y puesta en marcha de 33 nuevas estaciones para medición de lluvia, constituyen una situación muy diferente a la existente en 1999 cuando se contaba apenas con cuatro presas y dos estaciones pluviométricas operativas. Sin embargo, el hecho de que aproximadamente el 50% de las presas están totalmente sedimentadas indica que se ha reducido significativamente su capacidad para proteger a las poblaciones aguas abajo. Adicionalmente, la retención de los sedimentos en las presas ha desencadenado procesos de erosión general del lecho en los tramos aguas abajo, observándose en algunos casos descensos del lecho del cauce, de hasta 3 m de profundidad, poniendo en peligro la estabilidad de las estructuras de control. Estos procesos erosivos han contribuido a la falla de algunos diques, contradiques y estructuras de disipación, construidos en gaviones o en concreto, así como también a la fractura de algunas losas del fondo y muros laterales de las canalizaciones. El colapso total de algunas de estas obras pudiera producirse de no tomar medidas urgentes para reparar los daños en las mismas.

La situación en Vargas amerita respuestas inmediatas. Se ha creado una sensación falsa de seguridad debido a la construcción de las obras. Sin embargo, la reocupación de zonas afectadas por los eventos de 1999 y 2005, los efectos potenciales del cambio climático, y la rapidez con que se están sedimentando las presas de Vargas, sugieren que un nuevo desastre

puede producirse en esa región. A corto y mediano plazo deben repararse los daños y hacer esfuerzos para restablecer en lo posible la capacidad de retención de las presas mediante la remoción y extracción del material acumulado en los vasos. A largo plazo, deberán construirse muchas más presas para garantizar un grado mayor de seguridad a las poblaciones de Vargas (López y Courtel, 2016).

2.5 ANÁLISIS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS NO ESTRUCTURALES

2.5.1 Los sistemas de alerta temprana ante inundaciones/aludes

Los Sistemas de Alerta Temprana - a los que en adelante nos referiremos por sus siglas como SAT, han formado parte de una manera u otra, de muchos protocolos de preparación para casos de contingencias, sin embargo, en la medida que las capacidades de predicción y monitoreo se fueron incrementando (en particular de cara a la caracterización de los riesgos volcánicos, hidrometeorológicos y por tsunamis), los SAT fueron asumiendo unos principios propios de diseño y actuación que poco a poco han sido adoptados en buena parte del mundo.

Conviene mencionar que si bien los SAT **no constituyen medidas que inciden en la disminución de los riesgos asociados a la infraestructura expuesta a desastres** (viviendas, líneas vitales, infraestructura productiva, etc.), los mismos si han demostrado incidir notablemente en los niveles de morbi-mortalidad asociados a diversos escenarios de riesgos. Este es un hecho que justifica plenamente su instrumentación, particularmente cuando tomamos en cuenta las duras lecciones que han dejado desastres como el tsunami² que en diciembre del año 2004 afectó a 14 países de África, Asia y Oceanía, matando más de 250.000 personas, y donde un eficiente SAT pudiera haber minimizado enormemente tales niveles de mortalidad.

2.5.1.1 Principios y fundamentos de un SAT

El interés global y el uso cada vez más frecuente de SATs en el mundo ha dado pie al establecimiento de algunos principios orientadores para su diseño e implementación que han sido sugeridos por diversas instancias internacionales especializadas en el tema, en base a la recopilación y análisis de experiencias.

Uno de los foros globales más importantes del planeta que se ha dedicado a discutir y delinear estrategias para el diseño y la instrumentación de Sistemas de Alerta Temprana han sido las Conferencias Mundiales sobre Sistemas de Alerta Temprana y que fueron desarrolladas en la ciudad de Bonn (Alemania), con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional Alemana GTZ y la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas EIRD, durante los años de 1998, 2003 y 2005. Estos encuentros globales permitieron el desarrollo de importantes iniciativas de recopilación y análisis de experiencias en la instrumentación de SATs, que a su vez promovieron la publicación de bases de datos documentales que recogen cientos de experiencias de interés asociadas este tipo de sistemas en el planeta (Figura 31).

² Este evento ha sido considerado como el peor desastre causado por un tsunami a lo largo de toda la historia y tuvo lugar en diciembre de 2004, cuando un terremoto de magnitud 9,0 en la escala de Richter generó un tsunami que alcanzó las costas de 14 países, dejando más de 250.000 muertos, de los cuales casi dos tercios fallecieron en Indonesia; también hubo numerosas víctimas en India, Sri Lanka y Tailandia.



Figura 31. Portada del CD interactivo (versión en español) que contiene la base de datos documental de experiencias hemisféricas SAT y que fue elaborado en el marco de la EWC II. Fuente: GTZ – EIRD-ONU, 2003

Si bien son múltiples las recomendaciones y las lecciones aprendidas asociadas a la instrumentación de SATs que han sido recogidas en estos foros y que, por razones de extensión evitaremos presentar en este documento, consideramos importante hacer algunas breves referencias a aspectos que han sido reconocidos como errores cruciales a la hora de instrumentar este tipo de sistemas.

2.5.1.2 Errores comunes en los SAT

Procederemos a continuación a resumir 3 de estos errores comunes:

1.- Enfoques parcializados al ámbito de la instrumentación y la teledetección:

Con frecuencia las propuestas de implementación de Sistemas de Alerta Temprana para inundaciones suelen centrarse a la implementación de redes telemétricas de detección, y por ende parecieran ser temas del ámbito de expertos en áreas como la electrónica, la instrumentación, la teledetección, las telecomunicaciones, etc.

Este ha sido reconocido como uno de los errores más comunes en que se incurre a la hora de instrumentar propuestas SAT, y sobre el mismo se han definido lineamientos claros en algunas publicaciones técnicas desarrolladas (EWC 2005) con el fin de enfatizar la necesidad de reconocer que una iniciativa SAT solo es efectiva en la medida que está constituida por cuatro subsistemas distintos y de similar complejidad e importancia. Estos subsistemas son:

a.- Subsistema de instrumentación y monitoreo: Vinculado al diseño, instalación, calibración y mantenimiento de dispositivos telemétricos que controlan de manera permanente los niveles de los parámetros que sugieren la potencial activación de los protocolos de respuesta y que, en el caso de inundaciones, están referidos al registro de los niveles y duración de las lluvias, la variación en las alturas de cauces, la composición del agua, etc. Es acá donde se centra el quehacer de las redes de monitoreo instrumental y telemétrico que comúnmente se proponen, y al que penosamente siempre se limitan las propuestas que se elaboran.

b.- Subsistema de caracterización de riesgos: Encargado de identificar geoespacialmente los distintos niveles de exposición a la amenaza de inundación que se pudieran registrar en el espacio local urbano o rural en el que el SAT está instalando. Este subsistema debe estar integrado, para el caso de escenarios de inundaciones, por expertos en caracterización de amenazas hidrogeológicas (hidrología, geomorfología, etc.) y en el mismo conviene el aporte que pudieran dar expertos en temas de vulnerabilidad física de instalaciones expuestas (ingenieros, urbanistas, etc.) a fin de conocer cuáles son las zonas que deberían ser evacuadas, hacia cuales áreas seguras y por medio de cuales rutas.³

c.- Subsistema de coordinación y organización de actores: Este tercer subsistema se centra en el diseño de los protocolos de coordinación interinstitucional que deben regir el funcionamiento del SAT. Su importancia es fundamental dado que en él se define a donde llegan los datos que genera el sub-sistema de monitoreo, quienes procesan esa data y toman que tipo de decisiones, como se articula la respuesta inter-institucional que debe darse ante una declaración de alerta o de desalojo, etc. Los esfuerzos de este sub-sistema deben además definir y mantener vigentes los protocolos, espacios y mecanismos de comunicación y coordinación entre los distintos actores institucionales y/o sociales que lo integran.

d.- Subsistema de educación comunitaria: Este último subsistema tiene como función central el garantizar que la población que habita en los espacios donde opera el SAT, y que a la larga es la que debe responder ante las señales de alerta que este emite, conozcan la existencia, el funcionamiento y la importancia que tiene el tipo de información que este sistema genera. Se ha demostrado (informes EWCII) que uno de los eslabones más débiles y que más ha incidido en la falla de los sistemas de alerta temprana se encuentra en la poca importancia que se le suele dar a este subsistema y que ha propiciado que a la hora de emergencias, a pesar de activarse las alarmas y las estructuras institucionales a tiempo, la población expuesta no haya respondido adecuadamente, sencillamente porque desconocían como debían hacerlo.

³ Obsérvese que esta propuesta de la EWC-EIRD-ONU confronta la que hemos venido explorando para promover estrategias para la gestión integral del riesgo de aludes/inundaciones, y donde el diagnóstico y caracterización de riesgos fundamenta también esfuerzos/obras para la mitigación.

2.-Empeño en el uso de tecnologías de monitoreo no pertinentes con el entorno local:

Otro error común que ha sido detectado en la implementación de SAT es el uso de tecnologías descontextualizadas del entorno socio-institucional donde el mismo pretende ser instrumentado y que hacen que el mantenimiento y operación a largo plazo del sistema genere dependencia de los actores que originalmente diseñaron y construyeron las redes de monitoreo en que se basa su funcionamiento.

Sobre este particular se ha planteado (informes de la EWC) que **la mejor tecnología de monitoreo para la alerta temprana en una comunidad es aquella que puede ser en mejor medida dominada por los actores que hacen vida en esa misma comunidad.** Este hecho sugiere el gran cuidado que se debe tener a la hora de promover propuestas centradas en el uso de sistemas basados en tecnologías de punta, cuyo funcionamiento puede ser muy impresionantes y genuinamente mucho más eficientes, pero que, en términos de sostenibilidad resulta ser muy cuestionable debido a la incapacidad que tendrán las comunidades en que opera a la hora de mantenerlo.

3.- Indiferencia a los aspectos del contexto socio-cultural local:

Cada vez se ha hecho más evidente la necesidad de incorporar como parte de los diagnóstico previos que demanda el diseño e implementación de sistemas de alerta temprana, aspectos que permitan conocer el contexto sociocultural en el que los mismos van a operar. Este esfuerzo no solo es importante a los fines de poder entender los tipos y las características de los niveles de percepción social del riesgo que en esa comunidad existen, o las estructuras de articulación y liderazgo que podrían facilitar o impedir los procesos de apropiación social que deben darse alrededor de dicho sistema, etc. Sino que el mismo promueve la incorporación de recomendaciones que se fundan en las opiniones, juicios y valoraciones que tienen los actores sociales a los cuales dicho sistema va a servir y de quienes a la larga dicho sistema va a depender.

Es común la no observancia de esta recomendación en propuestas de diseño e implementación de que suelen ser elaboradas desde perspectivas esencialmente tecnocráticas en las que, erróneamente se entiende que las comunidades en las que el sistema será instalado constituye un receptor pasivo que carece de capacidad de intervenir en el diseño de la propuesta y que a la larga se limitará a aceptar la solución tecnológica que se le imponga.

2.5.1.3 Experiencias regionales asociadas a la implantación de SAT

De la revisión de experiencias desarrollada hasta el momento con relación al diseño e implementación de sistemas de alerta temprana en América Latina y El Caribe, podemos adelantar que las iniciativas de este tipo no son nuevas en nuestra región y que existen un número muy importante de esfuerzos que han sido desarrollados en este sentido particularmente a lo largo de lo que va de siglo.

Los orígenes y los actores que han motivado estos esfuerzos en nuestra región son diversos. Y si bien en la mayoría de los casos los mismos parecieran estar siempre precedidos por la

ocurrencia de importantes⁴ desastres en entornos locales, nos atreveríamos a sugerir una clasificación de los sistemas de alerta temprana regionales en función del tipo órgano que lo promueve y lo instrumenta, y desde una perspectiva de este tipo pudiéramos identificar 3 tipos de iniciativas:

● **Iniciativas de carácter institucional:**

Constituyen los esfuerzos más difundidos en la región. Si bien su diseño e implementación suelen estar en manos de instancias adscritas a los niveles de gobierno estatal/departamental o locales, en su diseño e instrumentación se encuentra con frecuencia el acompañamiento de entes de cooperación regional e internacional que financian la adquisición de equipos de monitoreo, los trabajos de caracterización de áreas de riesgo e incluso los procesos de articulación/coordinación interinstitucional y de capacitación comunitaria que acompañan la implementación del SAT.

Estos sistemas suelen estar bien diseñados y venir acompañados de una importante plataforma tecnológica, suelen además contar en sus inicios con un fuerte respaldo institucional, sin embargo la sostenibilidad de su operación suele ser un reto, particularmente en países con reconocidos problemas de gobernabilidad y gobernanza y donde la institucionalidad es débil y está muy condicionada al contexto político.

● **Iniciativas de carácter técnico-académicas:**

Comúnmente implementadas por universidades, centros de investigación y otros actores regionales vinculados al sector conocimiento. Su diseño, operación y mantenimiento - en el caso universitario - suele justificarse como actividades de extensión académica y el sesgo que se les da a su funcionamiento comúnmente se centra en el monitoreo y la instrumentación de cuencas y micro-cuencas pilotos. Las capacidades y plataformas de monitoreo de estos sistemas suelen ser sostenibles debido al dominio de las tecnologías que logran sus gestores y que les permite garantizar en casi todos los casos la operación y el mantenimiento de los mecanismos de monitoreo, sin embargo, suelen estar débilmente anclados al tejido institucional y social que demanda todo sistema funcional de alerta temprana.

⁴ Particularmente en lo referente a la cobertura mediática y comunicacional que se hace de los mismos.



Figura 32. Fotos del tipo de tecnología tipo que soporta las experiencias piloto SAT opera mantiene el Departamento de Hidrometeorología de la Universidad Central de Venezuela. **Fuente:** PREDERES, 2004

● **Iniciativas de tipo comunitarias:**

Este tipo de iniciativas se centra exclusivamente en mecanismos locales de organización comunitaria para actuar ante eventuales inundaciones/aludes. Suelen ser sumamente económicos y su plataforma tecnológica y respaldo científico-técnico suelen ser nulos - dos razones por las cuales parecieran ser el preferido de muchos programas e iniciativas para la preparación para casos de desastres de poco presupuesto y poca rigurosidad técnica que con frecuencia auspician en nuestro país diversos organismos nacionales, regionales e incluso internacionales. Una fortaleza que parecieran demostrar estos programas es que, por depender esencialmente de las comunidades y no estar sujetos a los vaivenes políticos que condicionan el quehacer institucional en muchos de nuestros países, su sostenibilidad en el tiempo suele ser la mejor, particularmente en aquellos casos en los que las comunidades están conscientes de la exposición al riesgo de aludes e inundaciones al que están expuestos y la ventaja que les ofrece el contar con un sistema de alerta ante la inminencia de contingencias, independientemente de cuan rudimentario y arcaico pudiera ser el mismo (Figura 33).

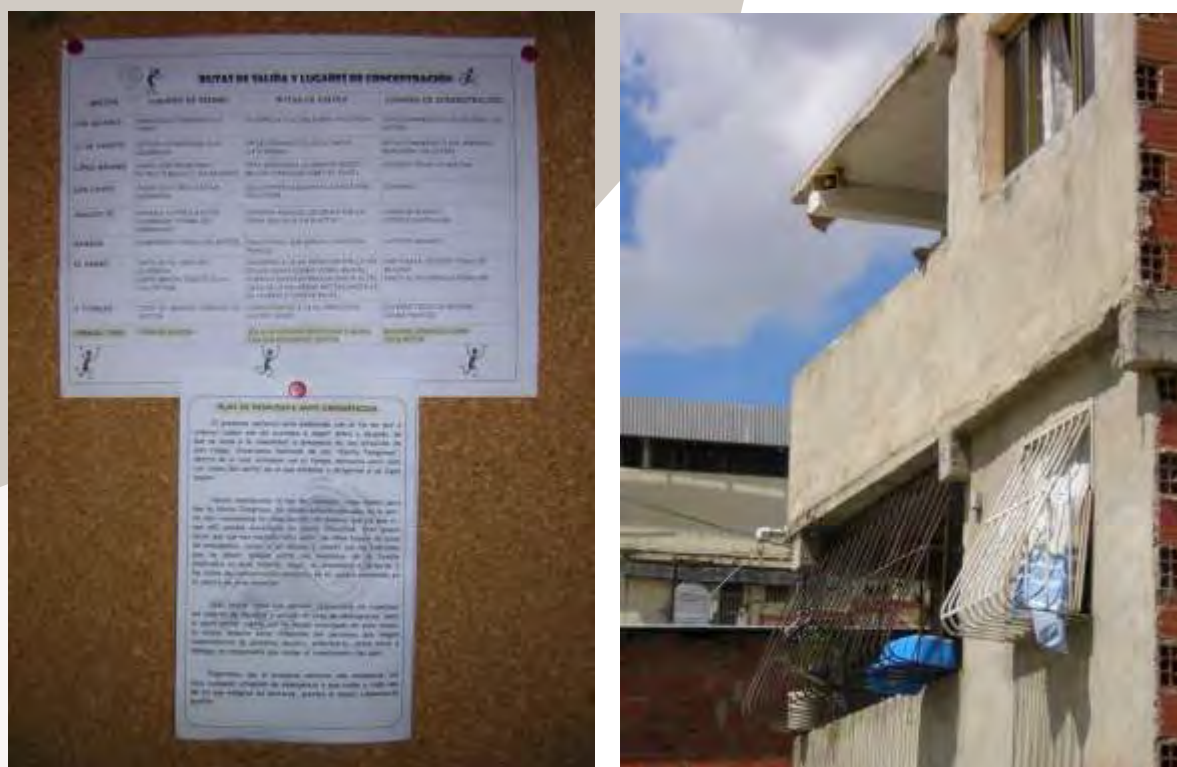


Figura 33. Folletos informativos con protocolos de evacuación del SAT Comunitario del barrio Catuche (Izquierda) y Alarmas del SAT del barrio Anauco (Derecha)- ambos en Caracas (Venezuela). **Fuente:** PREDERES, 2004

2.5.1.4 Situación de los sistemas de alerta temprana para inundaciones en América Latina y El Caribe

En la parte final de este informe de avance se resumen los resultados obtenidos luego de desarrollar un inventario de iniciativas de Sistemas de Alerta Temprana desarrollados identificadas en América Latina y El Caribe. Este arqueo se desarrolló durante las primeras seis semanas de este estudio y para efectos de este se desarrolló una revisión de informes, bases de datos temáticas y documentos técnicos y adicionalmente se contó con el apoyo de diversos expertos regionales (Caribe, Centro América, Países Andinos y Sur América).

Es importante aclarar que si bien son muy numerosas las referencias a esfuerzos desarrollados en diversos países latinoamericanos y caribeños - muchos de ellos incluso financiados por programas de cooperación regional/internacional de diverso tipo - y que se autodefinen como iniciativas para conformar sistemas de alerta temprana, la revisión que hemos desarrollado sugiere que la gran mayoría de estos esfuerzos no cumplen con los requisitos mínimos necesarios para poder ser catalogados como sistemas de alerta temprana. Entre estos requisitos conviene destacar los siguientes:

- Presencia de algún mecanismo de monitoreo permanente de variables pluviométricas,

caudales de ríos/quebradas, calidad de agua, etc., por arcaico que este sea, y que sirva de indicador para tomar decisiones.

- Presencia de un mínimo de rigurosidad técnica a la hora de identificar geoespacialmente las zonas sujetas a la amenaza/riesgo de aludes torrenciales y/o inundaciones y que, dadas las condiciones previamente establecidas, deberían ser objeto de procesos de alerta y/o evacuación⁵.
- Presencia de un mínimo de estructura organizacional –ya sea de carácter social o institucional- que soporte la coordinación, seguimiento y toma de decisiones que se dan en el marco del monitoreo y operación del SAT.
- Presencia de esfuerzos periódicos empeñados en la socialización y la educación comunitaria sobre la existencia del SAT que opera en su entorno, la importancia y utilidad que el mismo representa y los protocolos de actuación que los ciudadanos deben asumir ante los distintos tipos de alertas que ellos pudieran recibir de dicho sistema.
- Un criterio adicional que sirvió de filtro al arqueo de información regional que se ha desarrollado fue la exclusión de importantes e inclusive bastante exitosas experiencias SAT que operan en nuestra región, pero que no están específicamente orientadas a la preparación y respuesta poblacional ante desastres asociados a aludes torrenciales/inundaciones. En este sentido conviene destacar que es posible identificar en nuestra región iniciativas SATs eficientes para responder ante tsunamis (ONEMI – Chile, Iniciativa Caribbean wave en Centroamérica y Caribe, etc.), para anticiparse a la ocurrencia de incendios forestales, para el caso de terremotos (México), etc., pero que por su orientación no han sido incluidas en este estudio.

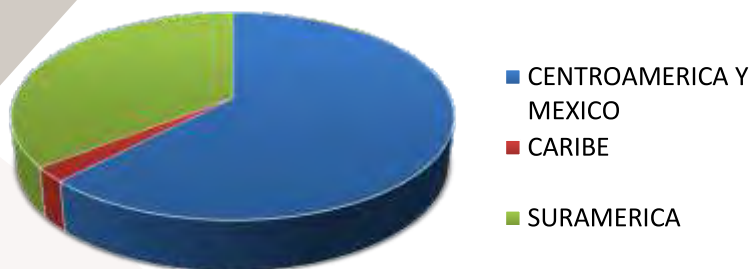
2.5.1.5 Experiencias asociadas a la implantación de SAT en América Latina y El Caribe

Una vez aplicados los criterios y estándares de selección mencionados, el total de iniciativas de Alerta Temprana identificadas para en el contexto de América Latina y El Caribe asciende a un total de 87 experiencias. Esta cifra será aún objeto de revisión y validación por parte de nuestros equipos de consultores, sin embargo la misma denota que los sistemas de alerta temprana constituyen una estrategia que ha penetrado y es apoyada en buena parte de los países de nuestra región.

Si bien una revisión completa se presenta en el ANEXO 2, a continuación, se resume y presenta gráficamente Figuras 34 y 35 las experiencias de sistemas de alerta temprana identificadas hasta el momento por nuestros aliados regionales en las subregiones centroamericana, caribeña y suramericana:

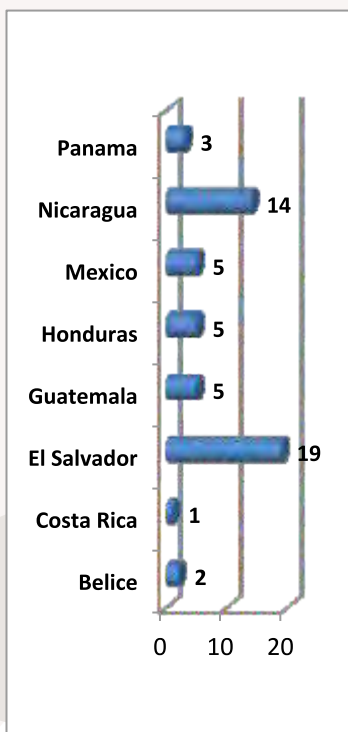
⁵ Conviene mencionar que este requisito excluye a docenas de esfuerzos SAT regionales basados en el desarrollo de “Mapas Comunitarios” de riesgos locales. Una estrategia que sin duda puede apoyar los procesos de apropiación social de los escenarios de amenaza local, pero que a nuestro juicio amerita de un mínimo de acompañamiento técnico/profesional a la hora de definir zonas susceptibles a ser afectadas por aludes torrenciales o inundaciones.

- Total Países de la Región evaluados: 25
- Total Países con alguna Iniciativa SAT operando: 19
- Total Iniciativas SAT Identificadas: 87
- Distribución iniciativas SAT por región:

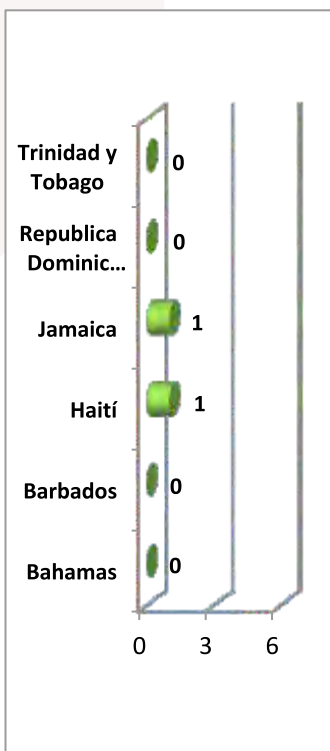


Iniciativas SAT por región

México y Centroamérica



El Caribe



Suramérica

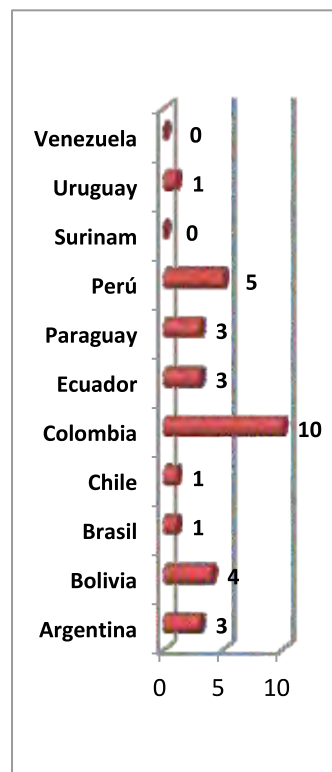


Figura 34. Distribución iniciativas SAT por país/región

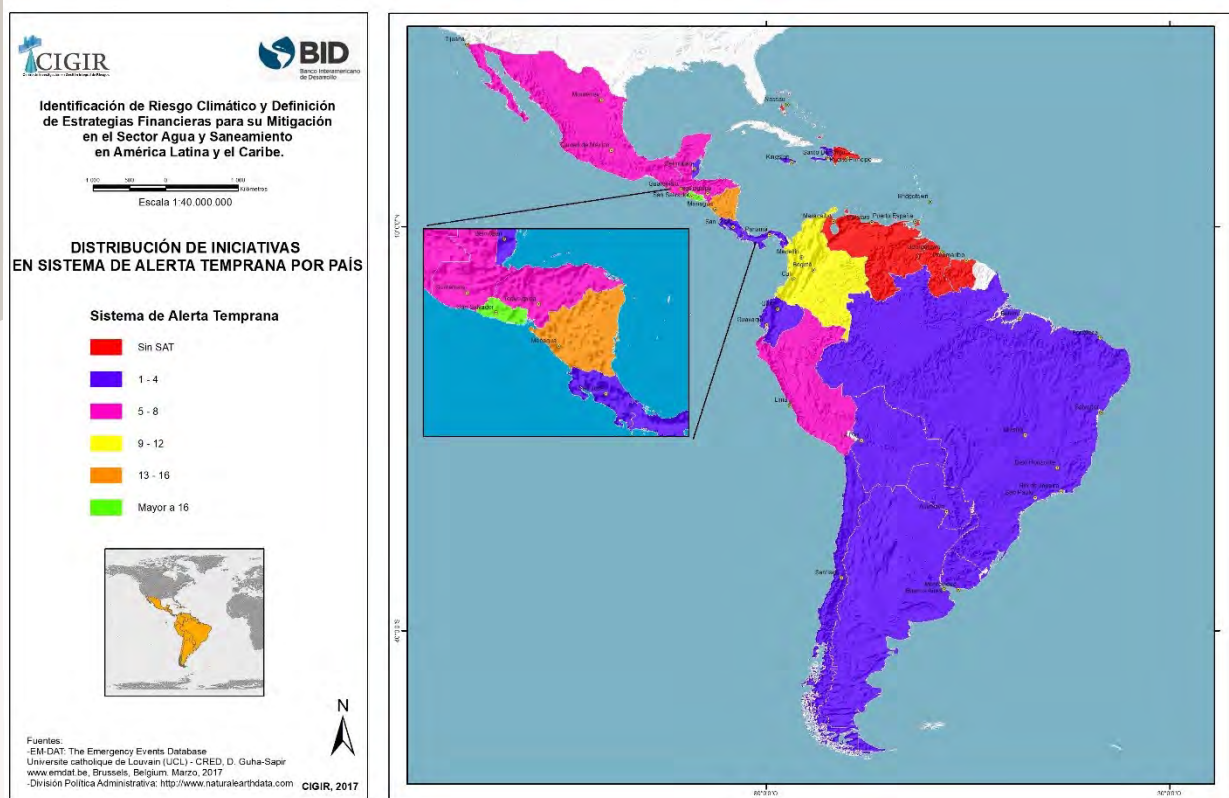


Figura 35. Mapa. Distribución de iniciativas S86. AT en América Latina y El Caribe



3. ANÁLISIS SECTORIAL DE LAS COMUNICACIONES NACIONALES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Las Comunicaciones Nacionales (CN), representan el principal mecanismo que poseen los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1994), para presentar: sus características y circunstancias nacionales, el diagnóstico inicial (inventarios, vulnerabilidad, impactos, incertidumbres) y dar a conocer sus avances, propuestas, y limitaciones para implementar dicho tratado (acciones de mitigación, adaptación, programas, medidas y limitaciones). Simultáneamente, estos documentos deberían constituir la línea base y la principal fuente de información técnica, para la toma de decisiones y la orientación de las políticas, planes y programas de un país, en función de la mitigación y adaptación climática.

En este apartado, se presenta en breve resumen del análisis sectorial de las CN más recientes publicadas por los 26 países que incluyen el área de estudio y que ha sido desarrollado por nuestro equipo de trabajo, haciendo énfasis en aspectos relacionados con el ámbito de estudio: inundaciones, sequías, aludes y flujos torrenciales. En las Figuras 36 y 37, puede observarse la evolución de cada país respecto al número de publicaciones realizadas, en donde miembros como México (05) y Uruguay (04), son los poseen mayor número de comunicaciones, lo que permite conocer a priori, su grado de compromiso e intenciones en disminuir el riesgo climático; por el contrario, Barbados (01) y Venezuela (01), han mostrado poco interés en continuar publicando su progreso en el tema.



Figura 36. Gráfica con el Número y Año de Comunicaciones Nacionales por País

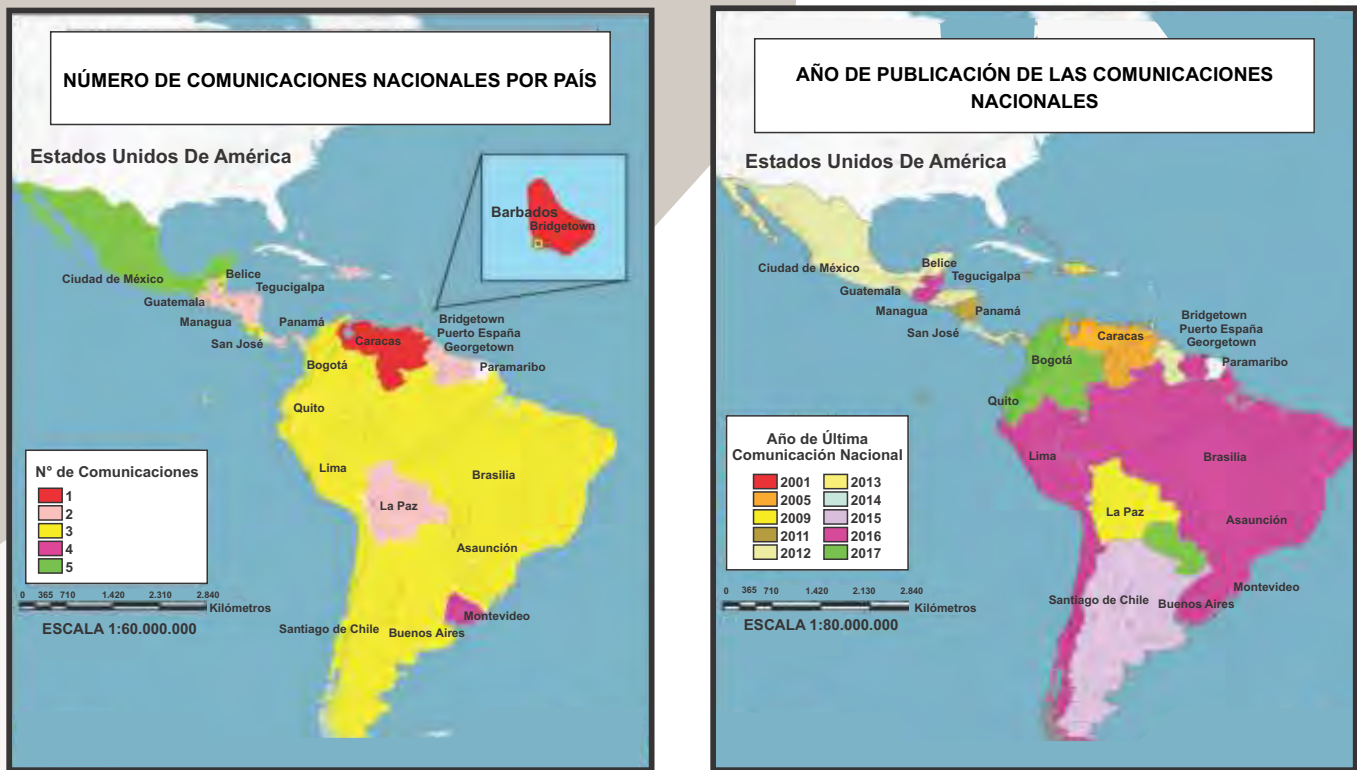


Figura 37. Mapas con el Número y Año de las Comunicaciones Nacionales de ALyC

Fuentes: Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático.
 División Política Administrativa : <http://www.naturearthdata.com>

Para efectos de poder contar con una síntesis detallada y tabulada de los contenidos de las CN vinculados a la gestión del riesgo de inundaciones y aludes torrenciales, se preparó el Anexo 2 de este documento. Dicho anexo muestra los resultados de un análisis completo y por país, que recoge datos exclusivamente relacionados con el ámbito de la reducción del riesgo de inundaciones/aludes torrenciales, y en el que se sintetizan los siguientes aspectos: Zonas problemáticas en cada país, escenarios climáticos presentes y a futuro, Eventos de naturales, entre otros aspectos.

A modo general se puede indicar que los países con más CN, como México, Uruguay, Brasil, Colombia, Ecuador, Chile, muestran grandes avances en lo que respecta a la caracterización de las distintas amenazas climáticas y sus asociaciones con otros eventos naturales. También se observa en ellos una sólida capacidad científica e importantes esfuerzos para tratar la problemática desde un punto de vista integral y transversal (legislación, institucionalidad, conocimiento técnico, uso de tecnologías), siendo un elemento común: la necesidad de promover líneas de investigación temáticas, la falta de recursos financieros y tecnológicos, y las dificultades que se tienen para lograr sensibilizar a sus sociedades con relación a los esfuerzos de mitigación y adaptación que deben asumir ante el cambio climático.

Adicionalmente, nuestro análisis demuestra que existe un importante número de países caracterizados por una alta frecuencia de incidencia de desastres de origen hidroclimáticos, en los que paradójicamente los compromisos y esfuerzos que muestran en sus comunicaciones nacionales ante esta temática son insuficientes e incluso inexistentes. En muchos de estos casos

las acciones que realizan y los compromisos que se asumen no parecieran tener el enfoque ni garantizar las capacidades de planificación necesarias para que se traduzcan en mecanismos efectivos que garanticen la disminución de sus actuales niveles de vulnerabilidad ante escenarios de desastres por aludes torrenciales y/o inundaciones que con toda seguridad deberán tener que afrontar en el futuro.



CONCLUSIONES

América Latina y el Caribe constituye una de las regiones del mundo en donde la frecuencia y severidad de los desastres asociados al clima (inundaciones, deslizamientos, aludes torrenciales, olas de calor, sequías, heladas, etc.) han golpeado con más fuerza a los esfuerzos de desarrollo de sus países. Mientras que la frecuencia de los desastres de origen geológico (terremotos, volcanes) no ha variado mucho en los últimos años, la frecuencia de los eventos de origen hidroclimático ha tenido un incremento mucho más marcado. En particular las inundaciones y los aludes torrenciales han causado estragos en la región en los últimos 30 años, y todo apunta a que se seguirán presentando aún más en el futuro debido a los efectos potenciales del cambio climático, que pronostican un aumento en la intensidad y frecuencia de los eventos extremos.

En este primer informe se ha hecho una revisión de los avances alcanzados y principales retos existentes a nivel de América Latina y El Caribe, con respecto a la reducción del riesgo de desastres asociados a inundaciones y aludes torrenciales, identificando para ello las diferentes causas que originan este tipo de desastres, así como los efectos que estos han causado en el entorno económico y social regional. El estudio ha permitido constatar la gran dispersión que existe en la información sobre este tema, lo cual ha ameritado una revisión exhaustiva de bases de datos, informes, artículos científicos, libros, opiniones de expertos regionales, etc., para intentar organizar y centralizar en un solo documento dicha información.

La alta recurrencia de inundaciones y aludes torrenciales en nuestra región pone en evidencia la vulnerabilidad y fragilidad del tejido social, la infraestructura y las actividades productivas en nuestra región. Una región en la que pareciera no terminarse de entender que los espacios que ocupa todo curso de agua no están conformados solamente por los cauces principales, sino también por sus márgenes, sus vertientes y sus planicies de inundación y/o abanicos aluviales.

Los casos analizados en este documento sobre las inundaciones registradas en Santa Fe (Argentina), y en el estado Vargas (Venezuela), constituyen ejemplos que muestran como ha sido el proceso de construcción social e institucional de riesgos que usualmente precede a todo desastre hidroclimático. Un proceso que suele partir de la instrumentación de formas insostenibles de ocupación del territorio (que irrespetan zonas aledañas, márgenes, llanuras y abanicos) y que se dan de una forma sostenida en el tiempo, acarreando un incremento gradual de la vulnerabilidad de la población y la infraestructura de desarrollo urbana y rural. Esta realidad hace indispensable abordar de forma sistemática e integral la reducción de vulnerabilidades y el manejo de este tipo de riesgos de desastres.

También en este estudio se han identificado algunos de los eventos de origen hidrometeorológico más catastróficos que han ocurrido en la región en los últimos años, siendo estos en orden cronológico: la Tragedia de Armero en Colombia (1985), el Desastre de La Josefina en Ecuador (1993), el Fenómeno de El Niño en los países andinos (1997-1998), el Huracán Mitch en Centroamérica (1998), el Desastre de Vargas en Venezuela (1999) y el

Desastre de Río de Janeiro (2011). El evento causante de las mayores pérdidas de vidas humanas es la Tragedia de Armero con 25.000 víctimas, y el de mayor pérdida económica es el Fenómeno de El Niño con 7.500 millones de dólares. Hay que hacer notar que este último se refiere a eventos ocurridos en 4 países de la región andina durante el transcurso de aproximadamente 1 año, entre 1997 y 1998.

A pesar de que todos los eventos extremos estudiados que han detonado este tipo de desastres se manifiestan en la existencia de importantes inundaciones y aludes torrenciales, la causa de los mismos no es única, sino es una combinación de fenómenos hidrometeorológicos y geológicos diversos. Por ejemplo: los aludes torrenciales de Armero fueron producidos por flujos piroclásticos de un volcán en erupción que derritieron el glaciar del volcán Nevado del Ruiz; el desastre de La Josefina fue producido por un macro-deslizamiento que represó dos ríos creando un dique natural y temporal que llegó a tener unos 100 m de altura; los otros desastres fueron generados por lluvias extraordinarias que originaron aludes torrenciales e inundaciones fluviales.

También en este documento se muestran los resultados de una exhaustiva revisión de los compromisos que ante este tema se establecen en las Comunicaciones Nacionales (CN o DNCs) de los 26 países de América Latina y El Caribe que son miembros del BID. De dicha revisión, se construyó una matriz de información con el objetivo de sintetizar y extraer los aspectos y características más relevantes para la temática de estudio, definidos por: la identificación de zonas vulnerables, escenarios climáticos actuales y a futuro, antecedentes de eventos naturales negativos y las necesidades y compromisos de cada país. A groso modo podemos indicar que países como México, Brasil, Colombia, Chile, entre otros, muestran grandes avances en lo que respecta a la caracterización de las distintas amenazas climáticas y sus asociaciones con otros eventos naturales, también se puede observar el esfuerzo que realizan para tratar la problemática desde un punto de vista integral y transversal (legislación, institucionalidad, conocimiento técnico, uso de tecnologías); siendo el común denominador: la necesidad de desarrollar/apoyar líneas de investigación, falta de recursos financieros y tecnológicos, y las dificultades que presentan para lograr sensibilizar a la sociedad en general, y que ésta adopte las medidas de mitigación y adaptación necesarias. Por otro lado, existen países con una alta frecuencia de incidencia de eventos de esta naturaleza, y donde paradójicamente los compromisos y esfuerzos que muestran en sus Comunicaciones nacionales ante este tema parecieran no ser suficientes, y donde las acciones que realizan no parecieran tener el enfoque y las capacidades de planificación necesarias para que se traduzcan en mecanismos efectivos que garanticen la disminución de sus actuales niveles de vulnerabilidad ante la problemática.

Conscientes de la importancia que tiene el enfoque holístico o enfoque integral de esta problemática, un enfoque en el que sostiene que solamente con una combinación de medidas estructurales y medidas no-estructurales se puede producir una solución efectiva y sostenible del problema de las inundaciones y aludes torrenciales, se ha hecho una revisión de dos casos particulares y muy aleccionadores relacionados con este tipo de esfuerzos: el primer caso se refiere a las medidas estructurales aplicadas en el estado Vargas, Venezuela, y el segundo a un ejemplo de medida no-estructural, tal como es el caso de los sistemas de alerta temprana (SAT)

en la región latinoamericana.

Con relación al primer caso emblemático se describe y analiza resumidamente el desastre de Vargas, ocurrido en diciembre de 1999 en Venezuela, cuando masivos aludes torrenciales en 24 cuencas del estado Vargas generaron uno de los peores desastres hidrometeorológicos que hayan ocurrido en la región. Producto de esta terrible experiencia se desarrolló en esa región del norte de Venezuela un esfuerzo de mitigación de riesgos hidroclicmáticos de tipo estructural que no tiene precedentes en nuestra región. La envergadura del esfuerzo realizado en Vargas entre los años 2000 y 2007, implicó una inversión que permitió que se construyeran 63 presas y se canalizaran 24 quebradas para garantizar la protección futura de la población asentada en los abanicos aluviales de las quebradas afectadas por aquel desastre.

Finalmente, se describe en este documento el estado del arte de los sistemas de alerta temprana para casos de inundaciones/aludes torrenciales (SAT) que operan actualmente en América Latina y El Caribe. De este arqueo se identifican regionalmente tres tipos de iniciativas que se han desarrollado: iniciativas de carácter institucional, de carácter técnico-académicas y de tipo comunitarias. Se discute en ese mismo aparte los retos que estos esfuerzos representan para la región, particularmente en términos de integralidad de enfoque y sostenibilidad de sus resultados en el tiempo, y se presentan los resultados preliminares de un inventario de los SAT identificados en la región, identificándose en la actualidad un total de 87 experiencias de sistemas de alerta temprana, y donde los países que destacan por ser los que mayores iniciativas SAT han desarrollado son El Salvador (19), Nicaragua (14) y Colombia (10).

RECOMENDACIONES

El análisis presentado ante el Banco Interamericano de Desarrollo por el equipo de especialistas a cargo de la definición de estrategias financieras para mitigar el riesgo de aludes torrenciales e inundaciones define que el esfuerzo que debe desarrollarse en este sentido debía ser de carácter holístico y debía por definición, incorporar esfuerzos y medidas tanto de carácter estructurales, como no estructurales (Figura 38).

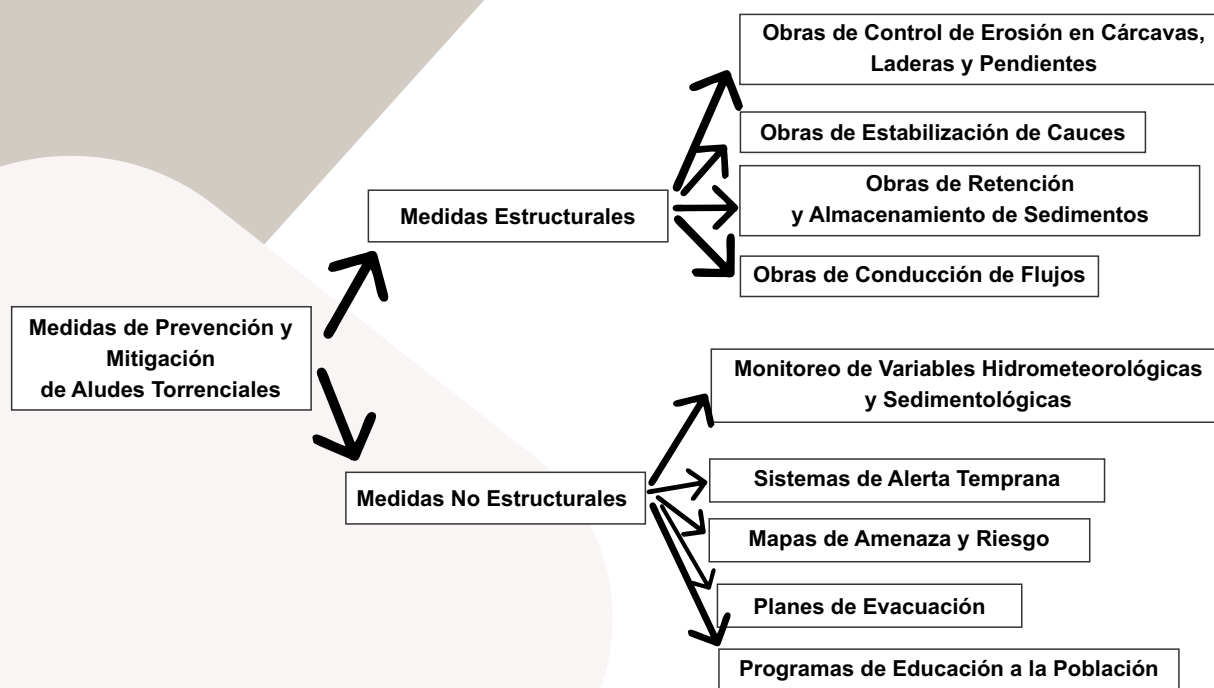


Figura 38. Esquema propuesto en Plan de Trabajo para la reducción del riesgo de aludes torrenciales e inundaciones

Fuente: López, 2005.

En dichos documentos se indica que las medidas de mitigación **estructurales** se basan en la construcción de obras hidráulicas para el control de los flujos y de los sedimentos aportados por los torrentes. Estas obras de control consisten básicamente en: a) obras de control de erosión en cárcavas, laderas y pendientes inestables; b) obras de estabilización de cauces; c) obras de control y retención de sedimentos; y d) obras de conducción de flujos (canalizaciones).

Las medidas **no estructurales** se basan en esfuerzos no asociados a la construcción de obras hidráulicas, y que se focalizan en el fortalecimiento de las capacidades tanto sociales como institucionales de reducir el riesgo como de responder ante desastres. En este sentido se sugieren los siguientes aspectos: a) instrumentación de sistemas de monitoreo de variables hidrometeorológicas en cuencas; b) conformación de sistemas de alerta temprana para poblaciones expuestas; c) elaboración de planes de contingencia y evacuación de la población; y d) elaboración de mapas de amenaza y riesgo.

Los resultados de la revisión del estado del arte asociado a la gestión integral del riesgo de inundaciones y aludes torrenciales sugieren que hay diversas aproximaciones⁶ al esquema anterior, y ello nos invita a replantearnos la manera de caracterizar tanto los retos, como las estrategias que pudieran sugerirse con el fin de reducir el riesgo de desastres asociados a Aludes Torrenciales e Inundaciones.

Un esquema conceptual que se viene evaluando con la finalidad de caracterizar futuros resultados y presentar las conclusiones y recomendaciones finales de este componente del estudio, es una adaptación a lo sugerido por Alan Lavell (Lavell, 2014), como guía general para la instrumentación de esfuerzos orientados a la gestión integral de riesgos socio naturales y tecnológicos. En este esquema se sugiere que el tratamiento integral del riesgo de aludes torrenciales e inundaciones amerita cuatro acciones centrales:

● **Acciones para la identificación y caracterización del riesgo:**

Centrado en el desarrollo de esfuerzos destinados a conocer tan detalladamente como sean posible los niveles de amenaza ante aludes torrenciales e inundaciones de un espacio urbano o rural, así como la vulnerabilidad de la infraestructura que pudiera estar expuesta a los mismos.

● **Acciones para la Gestión Prospectiva del Riesgo:**

Focalizadas en el diseño e instrumentación de medidas que promuevan el evitar que los procesos de desarrollo y ocupación territorial que hoy se planifican puedan estar expuestos en el futuro al riesgo de inundaciones/ aludes torrenciales. Este esfuerzo ha sido identificado como el más eficiente y sensato que pudiera desarrollarse en el marco de reducir riesgos socio naturales, sin embargo, su aplicación en contextos regionales como el nuestro ha sido siempre compleja.

● **Acciones para la Gestión Correctiva/Compensatoria del Riesgo:**

En este caso el esfuerzo se dirige esencialmente al desarrollo de infraestructuras y obras de ingeniería tendientes a mitigar/reducir niveles de riesgos de aludes e inundaciones ya existentes e identificados en entornos de desarrollo urbanos y/o rurales. Aquí entran todas las medidas estructurales previamente descritas.

● **Acciones para la gestión reactiva ante desastres (riesgos consumados):**

Esfuerzo centrado esencialmente en fortalecer las capacidades operacionales y de coordinación interinstitucional que garanticen una respuesta rápida y eficientemente ante la ocurrencia de desastres. Estas acciones no evitan el riesgo en las infraestructuras de desarrollo expuestas, sin embargo, si ha demostrado su capacidad de reducir la morbimortalidad asociada a este tipo de desastres.

⁶ Un ejemplo interesante de esta diversidad lo encontramos en los lineamientos técnicos sugeridos por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas para el diseño de Sistemas de Alerta Temprana SAT (EIRD 2004) y donde se sugiere que toda iniciativa SAT debe estar constituida por los siguientes cuatro subsistemas: Instrumentación y Monitoreo, Caracterización Geoespacial del Riesgo, Coordinación Institucional y Educación Comunitaria.

La conveniencia o no, de adoptar el esquema anterior a los fines de dar continuidad a las fases posteriores de este estudio, seguirá siendo objeto de discusión y debate por parte de expertos en la materia, y la misma será sin duda definida en función de la data que se irá obteniendo en el tiempo y de los lineamientos que sean establecidos por los gobiernos nacionales.

A pesar de lo anterior, si quisiéramos destacar que en este nuevo esquema para la gestión integral del riesgo de inundaciones y aludes torrenciales que se considera, existe correspondencia directa entre lo que inicialmente se denominan como **“medidas estructurales”** y lo que en el esquema se denomina **“gestión correctiva del riesgo”**. Sin embargo se podría aceptar que lo que inicialmente se denomina como **“medidas no estructurales”** incluye ahora no solo el desarrollo esfuerzos de sesgo reactivo enfocadas en el fortalecimiento de las capacidades de preparación y actuación en caso de inundaciones/aludes, sino que también incorpora el esfuerzo que pudiera hacerse en función de gestionar prospectivamente este tipo de riesgos promoviendo más y mejores formas de planificar y ordenar el uso del territorio en los países que eviten que la ocupación del mismo se dé lejos de zonas de reconocida recurrencia histórica de inundaciones/aludes.

Si bien la estrategia anterior supone “teóricamente” que es el mecanismo más sensato, racional y rentable de minimizar este tipo de riesgos en entornos rurales y urbanos, la implementación de iniciativas de gestión prospectiva de inundaciones y aludes torrenciales es particularmente compleja en el contexto latinoamericano y caribeño, pues esta choca comúnmente con intereses políticos, económicos, debilidades institucionales, resistencias sociales, cosmovisiones, etc., que son muy propias del contexto socio-institucional político y cultural de buena parte de la región.

Una segunda vertiente de actuación que suele promoverse para fomentar el tratamiento prospectivo del riesgo de aludes torrenciales e inundaciones contempla todo aquello relacionado con la promoción de políticas, planes, programas y proyectos tendientes a la protección, conservación y recuperación integral de cuencas altas y medias. Entre los esfuerzos específicos que con frecuencia respaldan estas medidas se suele encontrar el fortalecimiento de la organización comunitaria de base en comunidades peri-urbanas y rurales, el diseño e implementación de programas de reforestación y conservación, la consolidación de sistemas de gestión agro-productiva sostenible, el desarrollo de huertos familiares y geo-granjas, etc. Sin pretender en ningún momento desconocer la importancia que este tipo de esfuerzos tiene, un elemento a considerar a la hora de incluirlos como parte de las estrategias financieras de adaptación al cambio climático que pudiera promover un organismo como el Banco Interamericano de Desarrollo, es su larga tasa de retorno. Una tasa de retorno que suele ser de años, incluso décadas, y que hace complejo el financiamiento en estos rubros.

En función de lo expuesto pareciera pertinente que los aportes para el establecimiento de estrategias financieras para la reducción del riesgo de inundaciones presentados ante el BID en el marco de este estudio se centren por un lado en el establecimiento de medidas estructurales para el control de inundaciones/aludes (medidas de gestión correctiva/ compensatoria), y por el otro lado en el abordaje de medidas para preparación y respuesta comunitaria e institucional

ante desastres (gestión reactiva), y en este sentido el mejor esfuerzo que pudiera ser recomendado apunta al diseño e instrumentación de Sistemas de Alerta Temprana.

En cualquiera de los casos reiteramos que estos temas seguirán siendo objeto de discusión y que recomendaciones específicas sobre los mismos serán planteadas en el venidero informe de avance a desarrollarse como parte de este componente.



REFERENCIAS

Aguirre, P. J., Bongiorno, F., Moncada, A., Odreman, O., Olivero, M., y M. Ramírez, 2003, "Desastres causados por aluviones y flujo de barros y escombros en los sectores Santo Domingo y Pueblo Llano el 3 de Junio de 2003". Informe Técnico. Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, ULA, Mérida.

Altez, R., 2010, "Lo que puede aprenderse de un desastre de muertes masivas: la experiencia de Vargas", En: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV, pp.127-144.

Ayala, L., 1996, "Hidráulica de los fenómenos de remoción en masa, corrientes de detritos y flujos de barro". Santiago, Chile.

Baños C., Chen, A., Taylor, M., Centella, A., and Farrell, D., 2008, "Report of Working Group I: "Climate Change and Biodiversity in the Insular Caribbean". Caribbean Natural Resources Institute. Tech. Report N° 381. Climate Change & Disaster Risk Reduction. <http://www.canari.org/CCBIC%20WG%20I%20final.pdf>. Acceso: Agosto 2010.

Basabe, P., 2005, "Proyecto de prevención de desastres naturales en Ecuador. Evaluación de amenazas de origen geodinámico", en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela.

Bello, M.E., López, J.L., García, R., O'Brien, J.S., 2003. "Simulation of debris flows in Cerro Grande River valley". En: Acta Científica Venezolana, Vol. 54, N°1, pp. 22-32.

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2000, "Las lecciones de El Niño", Memorias del fenómeno de El Niño 1997-1998, retos y propuestas para la región andina. Cinco volúmenes.

Corporación Andina de Fomento (CAF), 2004, "Región andina, gestión del riesgo de desastre naturales".

CAF-PNUD., 2000, "Efecto de las lluvias caídas en Venezuela en diciembre de 1999". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Corporación Andina de Fomento (CAF), José Campos M. y L. Bravo de Guenni, 2011, "Eventos catastróficos por inundaciones y deslaves en Venezuela". Universidad Simón Bolívar. Universidades y riesgo urbano. Una vitrina desde la UCV. Evento Nacional. UCV, Caracas, Venezuela.

Cocco A., 2004, "Avalancha en Jimaní: Crecida Repentina Fulminante. Asesinas que bajan de las Sierras". <http://www.acqweather.com/AvalanchaJimani.html>. Acceso: Agosto 2010

Cocco, A., 2001, "Desastres Naturales del Siglo XX en la República Dominicana". <http://acqweather.com/DesastresSigloXX.htm>. Acceso: Agosto 2010

- Cocco, A., 2009, "Huracanes de la República Dominicana".
<http://www.acqweather.com/HURACANES>. Acceso: Agosto 2010
- Cocco, A. SA. Hidrología de la República Dominicana.
<http://www.acqweather.com/hidrologica.htm>. Acceso: Agosto 2010
- Cocco, A. SA. "Inundaciones Noviembre 2003". <http://acqweather.com/INUNDACIONES.pdf>.
Acceso: Agosto 2010
- Córdova, J.R y López, J.L., 2015, "Eventos extremos: inundaciones, deslaves y sequías", Cap. 19 del libro: El Agua en Venezuela", Ediciones Fundación Empresas Polar. ISBN: 978-980-379-354-8.
- Córdova, J.R. & González, M., 2003, "Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrenciales ocurridos en diciembre de 1999 en cuencas del Litoral Central del estado Vargas, Venezuela". En: Acta Científica Venezolana, Vol. 54, N° 1, pp.33-48.
- Corominas, R., 1998, "Lecturas Para la gente de un país que espera Su Terremoto. Santo Domingo, República Dominicana"
- Cruz Roja Argentina, 2009, "Documento País: Riesgos de desastres en Argentina".
- Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S., and Wheeler, D. 2009. "Sea-Level Rise and Storm Surges": A comparative Analysis of Impacts in Developing Countries. Policy Research Working Paper 4901. Development Research Group. Environment and Energy Team.
- Diario Libre. 2010. "Study finds undersea landslides off south coast of DR": Finding means greater seismic vulnerability for country. August 6, 2010.
http://www.diariolibre.com/noticias_det.php?id=256160. Accessed in August 2010. Ver también en español en http://eprints.ucm.es/5880/1/COMUNIC_BATHY2.pdf.
- Dilley, M, Chen, R. S., Deichmann, U, Lerner-Lam, A.L., and Arnorld, M, with Agwe, J, Buys, P., Kjekstad, O., Lyon, B., and Yetman, G., 2005, "Disaster Risk Management Series, no. 5, Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis": Washington, D.C., The World Bank Hazard Management Unit.
- Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. L., and Arnold, M., 2005, "Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. Disaster Risk Management Series. N° 5.
- DIPECHO, 2012, "Análisis del riesgo de desastres en Chile", VII Plan de Acción DIPECHO en Sudamérica 2011-2012.
- Dominican Republic Secretariat of the Environment and Natural Resources., 2003, "First National Communication on Climate Change (NCCC)"
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/domrepnc1.pdf>. Accessed in August 2010. Dominican Republic Secretariat of the Environment and Natural Resources (2003).
- Dunn, L., 2009, "Enhancing Gender Visibility in Disaster Risk Management and Climate Change in the Caribbean: Country Assessment Report for the Dominican Republic. UNDP.

Dunn, L. 2009. "Enhancing Gender Visibility in Disaster Risk Management and Climate Change in the Caribbean": Country Assessment Report for the Dominican Republic. UNDP.

EIRD-ONU., 2003, Memorias 2da Conferencia Mundial sobre Alerta Temprana EWC - Bonn, Alemania.

EIRD-ONU. Bonn., 2005, Memorias 3ra Conferencia Mundial sobre Alerta Temprana EWC - Bonn, Alemania.

El País., 2017, "Diario El País", Perú, 17 de Marzo y 21 de marzo, 2017.

EM-DAT. The International Disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). Disponible en: www.emdat.be

Fay, K. and Lander, J., 2003, "Caribbean Tsunamis: A 500- year history from 1498-1998". Chapter 5. Mercado-Irizarry, A. and Liu, P. 2006. Caribbean Tsunami Hazard: Proceedings of the NSF Caribbean Tsunami Workshop. p. 233

Fundacion Global Democracia y Desarrollo (FUNGLODE) y Colegio Dominicano de Ingenieros, Arquitectos y Agrimensores (CODIA)., 2005, "Informe del Foro Nacional sobre las Amenazas de la Naturaleza: Su Impacto y Manejo en la República Dominicana. Santo Domingo", República Dominicana.

Genatios, C. & La Fuente, M., 2006, "Prevención de desastres, prioridad para el desarrollo". En: Aprendiendo en torno al Desarrollo Endógeno. Capítulo 10. SABER-ULA (Ed.), Fundacite-Mérida, pp.179-198.

Genatios, C., 2006, "Presentación". En: Los Aludes Torrenciales de Diciembre 1999 en Venezuela. José L. López y R. García (Editores), Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)., 2008, "GFDRR Annual Report 2008. Annex: GFDRR Interventions in Natural Disaster Hotspot Countries". Natural Disaster Hotspots. p. 82. http://www.unisdr.org/eng/partner-netw/wb-isdr/docs/GFDRR_Annual_Report_2008.pdf.

Giannini, A., Kushner, Y., and Cane, M. A., 2002, "Interannual Variability in Caribbean Rainfall, ENSO, and the Atlantic Ocean". American Meteorological Society Journal Online. Journal of Climate. 13 (2): 297 - 311 (January).

Gibbs, T., 2001, "Natural Hazards in the Caribbean". Paper presented at the USAID/OAS PGDM building inspector training workshop, Antigua January 2001

Golubev, G., 1973, "Avalanchas y corrientes de barro en Chile". Santiago, Chile.

Grases (Ed.), CDB Publicaciones, Caracas, Venezuela, Abril.

El Colombiano., 2016, "Reconstrucción de Salgar avanza en un 86 por ciento". <http://www.elcolombiano.com/antioquia/tragedia-en-antioquia-salgar-un-ano-despues-XX4145514>

Hadley Centre Coupled Model, Version 2 (HADCM2), in Mulligan., 2003, "Same modeling data as used by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)".

Hubl, J. & Steinwendtner, H., 2000. "Debris flow hazard assessment and risk mitigation". Felsbau 18. NR. 1.

Ibarra, A.M., 2005, "Centro América: una región de múltiples amenazas y alta vulnerabilidad". Comarcas Vulnerables: Riesgos y Desastres Naturales en Centro América y El Caribe. Fernández, A, Compilador. Buenos Aires. Editorial CRIES.

International Panel for Climate Change (IPCC)., 2012, "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation", SREX.

José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV, pp.441-458.

Lafaille, J., Ferrer, C. y M. Dugarte, 2005, "Efectos geomorfológicos del evento de febrero 2005 en la cuenca del río Mocotíes". Fundación para la Prevención del Riesgo Sísmico del estado Mérida, FUNDAPRIS. Mérida. Venezuela.

Larsen, M.C., and Wieczorek, G.F., 2006, "Geomorphic effects of large debris flows and flash floods, northern Venezuela, 1999", Tropical Geomorphology with Special Reference to South America, Latrubesse, Edgardo, ed., Zeitschrift für Geomorphologie Suppl. Vol. 145, pp. 147-175.

Lavell A., 2014, "Viviendo en Riesgo". La Red - FLACSO. Editorial Tercer Mundo. Bogotá.

Linayo A., 2003, "Aspectos Institucionales y Legales Asociados al Establecimiento de Sistemas de Alerta Temprana y Programas de Reforzamiento en el Área Metropolitana de Caracas". Agencia de Cooperación Internacional del Japón JICA.

López J., 2005, "Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas: situación actual y perspectivas futuras." Revista Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Vol. 20 N°4. Octubre.

López, A., 2005, "Antecedentes de algunos fenómenos aluvionales en Chile", en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela.

López, J.L., Pérez, D., García, R., 2001. "A General overview of the debris flows of December 99 in Venezuela". Revista Técnica de Ingeniería. Universidad del Zulia. Vol. 24, N° 3, Dic, pp.157-168.

López, J.L., 2012, "Una Visión Crítica sobre el Desastre de Vargas: ¿Qué se ha hecho? ¿Qué falta por hacer?", Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Vol. 26, N° 3, pp. 63-81.

López, J.L., Courtel, F., 2016, "The 1999 debris flow disaster in Venezuela: what has been done for risk mitigation purposes? Hydrolink, N° 3, pp. 79-81. International Association for Hydro-Environment Engineering and Research.

López, J.L., Pérez-Hernández, D., Falcón, M., 2010, "Efecto de las lluvias de Febrero del 2005 en las obras construidas en el Estado Vargas". En: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas.

Mansen, A., 2005, "Rehabilitación de obras civiles afectadas durante el fenómeno El Niño - Caso quebrada Collana, Perú", en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela.

Massad, F., Da Cruz, P., Kanji, M., Antunez, H., 2005, "Characteristics and volume of sediment transported in debris flows in Serra do Mar, Cubatao, Brazil, en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela.

Maynard-Ford, M.C., Phillips, E.C., and Chirico, P.G. 2008 "Mapping Vulnerability to Disasters in Latin America and the Caribbean, 1900-2007". USGS In Cooperation with the Office of U.S. Foreign Disaster Assistance.

Mercado-Irizarry, A. and Liu, P., 2006, "Caribbean Tsunami Hazard". Proceedings of the NSF Caribbean Tsunami Workshop. p. 233.

BBC., 1998, "Mitch: A path of destruction". Consultado el 28 de abril de 2006.

Mora, S., y Barrios, R., "Estrategias, políticas y prácticas para reducir el riesgo ante los peligros naturales y la vulnerabilidad", en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), 2000, Instituto de Mecánica Fluidos, Universidad Central de Venezuela.

Mújica-Baker, F., S/A, "Huracanes y Tormentas que han afectado a Puerto Rico". Estado Libre Asociado de Puerto Rico, Agencia Estatal para el manejo de Emergencias y Administración de Desastres. pp. 8.

"Hadley Centre Coupled Model, Version 2 (HADCM2)" in Mulligan, 2003, "Same modeling data as used by the Intergovernmental Panel on Climate Change" (IPCC)".

NASA. 2010. Scientific Visualisation Studio. <https://svs.gsfc.nasa.gov/>

National Climatic Data Center., 2004, "Mitch: The Deadliest Atlantic Hurricane Since". Consultado el 25 de abril de 2006.

National Hurricane Center., 1998, "Hurricane Mitch Tropical Cyclone Report". Archivado desde NHC Mitch Report el original el 23 de noviembre de 2015. Consultado el 20 de abril de 2006.

National Hurricane Center., 2008, "Informe sobre el Huracán Allen" Pagina 5. National Oceanic

and Atmospheric Administration. Consultado el 14 de diciembre de 2008.

Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA)., 2011, “Brasil, inundaciones en región sureste”, Nota elaborada por la Oficina Regional de OCHA en Panamá, www.redhum.org o www.reliefweb.org.

Plaza, G., Galarraga, R., Valverde, J., Proaño, O., Jimenez, E., 2005, “Zonificación del peligro por deslizamientos, flujos de lodos y escombros y sismos: el caso de la ciudad de Bahía de Caráquez, Ecuador”, en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela.

PNUMA, CEPAL, PNUMA/GRID-Arendal., 2010, “Gráficos Vitales del Cambio Climático para América Latina y El Caribe”. Edición especial para la CP16/CP-RP 6, México.

Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)., 2009, “The Selection of Countries to Participate in the Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)”. Report of the Expert Group to the Subcommittee of the PPCR. January.

Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN)., 2010, “Atlas del territorio andino”.

PreventionWeb. 2009c. Honduras - Disaster Statistics.

<http://www.preventionweb.net/english/countries/statistics/?cid=76>. Accessed on May 25, 2009.

PreventionWeb. 2010b. Panama - Disaster Statistics.

<http://www.preventionweb.net/english/countries/statistics/?cid=131>. Accessed in August 2010.

Radio Caracol., 2017, “Tragedia de Mocoa”, 3 de abril de 2017. Disponible en:

http://caracol.com.co/radio/2017/04/01/regional/1491049445_860574.html

Salcedo, D., 2000, “Los flujos torrenciales catastróficos de diciembre de 1999 en el estado Vargas y en el Área Metropolitana de Caracas, características y lecciones aprendidas”. XVI Seminario Venezolano de Geotecnia, Nov. 7 al 9, Sociedad Venezolana de Geotecnia, CIV, pp. 128-175.

Singer, A., 2010, “Los aludes torrenciales en Venezuela: Antecedentes”. En: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV, pp. 65-80.

United Nations Development Programme (UNDP)., 2007, “Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world”. http://hdr.undp.org/en/media/HDR_20072008_EN_Complete.pdf. Accessed in August 2010. Ver también <http://www.eclac.org/mexico/cambioclimatico/dominicana.html>.

United Nations Development Programme (UNDP)., 2004, “Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development”. United Nations Development Program, Bureau for Crisis Prevention and Recovery.

Urbani, F., 2010. “Los flujos torrenciales en el norte de Venezuela: Su ocurrencia a lo largo del tiempo geológico”. En: Lecciones Aprendidas del Desastre de Vargas. José L. López (Ed.), Edición Fundación Polar-UCV, pp. 133-156.

Wilches-Chaux G., 2007, “¿Qué nos pasa?”. Red de estudios Sociales en Prevención de Desastres, OXFAN, ARFO Editores, Bogotá.

World Bank., 2010, “Disaster Risk Management in Latin America and the Caribbean Region: GFDRR Country Notes”. LCR Disaster Risk Management Team of the World Bank.

Zeas, R., 2005, “El deslizamiento de La Josefina, tragedia nacional”, en el libro: Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 en Venezuela. J.L. López y R. García (Ed.), Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela.





**ANEXO 1:
INVENTARIO REGIONAL DE EXPERIENCIAS DE SISTEMAS
DE ALERTA TEMPRANA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**

RESUMEN

En las próximas páginas se recogen los resultados de un inventario regional de experiencias en el diseño e instalación de Sistemas de Alerta Temprana registrados en los países de América Latina y El Caribe (ALC), que fuese preparado como un complemento del documento **Visión general de la gestión del riesgo de aludes inundaciones/torrenciales en ALC ante el cambio climático**, y que a su vez forma parte de los resultados parciales del estudio llamado identificación de riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en ALC del BID.

El inventario que aquí se recoge se nutre de una amplia diversidad de fuentes, tanto nacionales, como regionales y multirregionales, que recogen el estado del arte de los esfuerzos globales que se hacen en función de promover sistemas de alerta temprana- conocidos también por sus siglas como SAT- y que han demostrado su eficacia a la hora de incidir en la disminución de la morbi-mortalidad asociada al impacto de eventos naturales de diverso tipo.

Vale la pena aclarar que en la revisión de experiencias regionales que aquí se recoge, fue posible evidenciar que en ALC es posible encontrar diversos tipos de Sistemas de Alerta Temprana. Así pues, destacan las experiencias de SATs para Tsunamis y que operan eficientemente en diversos países de la costa del Pacífico y en El Caribe (Proyecto Caribbean Wave), SATs que alertan ante la inminencia de erupciones volcánicas, el eficiente SAT que regionalmente se activa ante huracanes y/o tormentas tropicales, e incluso los prometedores pasos que se vienen dando en algunos países de la región para consolidar SATs ante terremotos (México).

Ante tal diversidad, conviene aclarar que las experiencias que se recogen en este documento se limitan exclusivamente al levantamiento de experiencias de Sistemas de Alerta Temprana para Inundaciones/Aludes Torrenciales - que referiremos en adelante como SATis, Adicionalmente se definió como criterio que las experiencias de este tipo seleccionadas incluyeran los cuatro subsistemas que deben¹ constituir todo Sistema de Alerta Temprana SAT: Subsistema de Monitoreo, Subsistema de Caracterización de Riesgo, Subsistema de Coordinación Institucional y el Subsistema de Difusión y Comunicación Pública.

Dadas las consideraciones anteriores, procedemos a continuación a resumir gráficamente los resultados del inventario regional desarrollado:

¹ Un ejemplo interesante de esta diversidad lo encontramos en los lineamientos técnicos sugeridos por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas para el diseño de Sistemas de Alerta Temprana SAT (EIRD 2004) y donde se sugiere que toda iniciativa SAT debe estar constituida por los siguientes cuatro subsistemas: Instrumentación y Monitoreo, Caracterización Geoespacial del Riesgo, Coordinación Institucional y Educación Comunitaria.

GRAFICAS RESUMEN DE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA PARA INUNDACIONES/ALUDES TORRENCIALES IDENTIFICADAS EN ALC

Total Países de la Región evaluados:	25
Total Países con alguna Iniciativa SAT operando:	19
Total Iniciativas SAT Identificadas:	87

▪ **Distribución iniciativas SAT por región:**

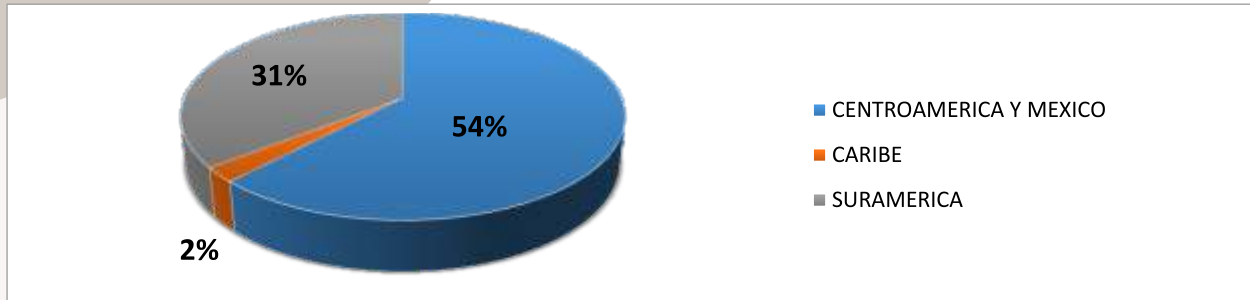
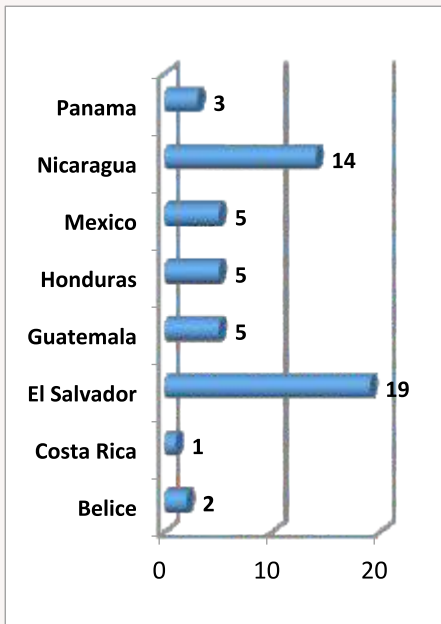
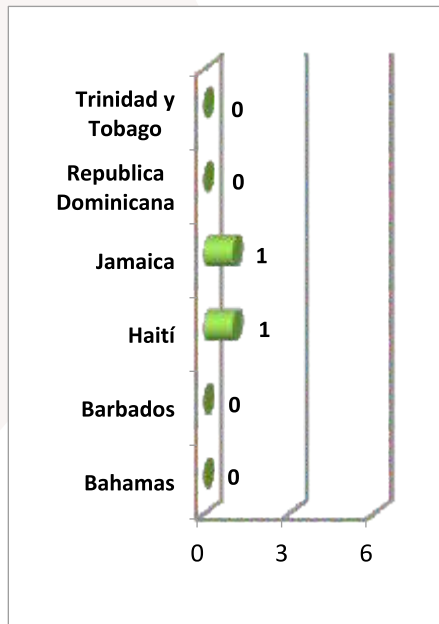


Figura 1. Iniciativas SAT por región

México y Centroamérica



El Caribe



Suramérica

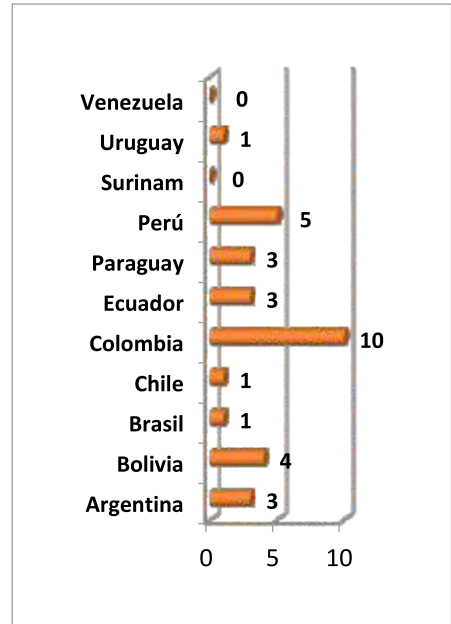


Figura 2. Distribución iniciativas SAT por país/región

Procedemos finalmente a continuación a presentar el inventario de iniciativas SATis recabado, país por país:

ARGENTINA

Para la República Argentina, la revisión desarrollada arroja que operan en ese país 3 sistemas a saberse:

- **SAT DE LA CIUDAD DE SANTA FE (UNIÓN DE RÍOS SALADO Y PARANÁ):**

Fecha de la fuente: 2016

Descripción: Centro de Monitoreo con observadores propios 10 Estaciones Meteorológicas Automáticas. 20 estaciones asociadas. Imágenes satelitales, imágenes de radar (SMN, INTA, UNL), alturas y evolución de los ríos Manual de Procedimientos para la actuación municipal ante emergencias por lluvias o crecida de ríos. Sistema de comunicaciones seguras (VHF). Sistema de Atención Ciudadana (asociado al Sistema de Información Geográfica - SIG).

- **SAT DE LA LOCALIDAD DE AZUL, PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

Fecha de la fuente: 24/01/2017

Descripción: Una red de estaciones automáticas ampliará el sistema de alerta de inundaciones y sequías bonaerense. El sistema contempla una red operativa en la vertiente sur de la cuenca del río Salado que brindará información a un área de 500.000 habitantes sobre humedad del suelo, disponibilidad de agua para cultivos, evapotranspiración y precipitación. El sistema de alerta de inundaciones y sequías que funciona en la localidad bonaerense de Azul, con una red de sensores que mide factores del clima y el estado de los ríos para pronosticar tanto el exceso como la falta de agua, será ampliado para resolver los graves problemas de las cuencas.

El sistema redundará en una red operativa en la vertiente sur de la cuenca del río Salado, equivalente a cuatro millones de hectáreas, que brindará información a un área de 500.000 habitantes sobre humedad del suelo, disponibilidad de agua para cultivos, evapotranspiración y precipitación, entre otras.

El proyecto, dirigido técnicamente por Rivas y Mauro Holzman, contempla la fabricación de estaciones de monitoreo de eventos extremos de alto nivel de innovación y robustez, para medir la altura del agua del acuífero, radiación solar, velocidad del viento y otras variables, cumpliendo normativas nacionales e internacionales y centradas en los arroyos de las sierras de Tandil, Azul y Olavarría.

Para más información:

<http://www.telam.com.ar/notas/201701/177689-provincia-buenos-aires-sistemas-alertas-meteorologia-ciencia-clima-rios-cuencas-sequias.html>

● SAT DE LA CUENCA DEL RÍO AMBATO, PROVINCIA DE CATAMARCA.

Fecha de la fuente: 09/12/2015

Descripción: El Gobierno de Catamarca contrató una empresa cordobesa para implementar un sistema de alerta temprana de crecidas para la cuenca del Río Ambato, de la localidad El Rodeo, donde en enero de 2014, luego que un alud provocado por las fuertes lluvias se cobró la vida de varios habitantes. Cada estación de este sistema obtiene información sobre la profundidad del río y su caudal. Estos datos son retransmitidos de manera inalámbrica hacia una base con personal de guardia que activa un plan de emergencia o evacuación si es necesario.

El sistema podría ser utilizado en Córdoba para la prevención de inundaciones e incendios. Recientemente fue contratada por el Gobierno de Catamarca para implementar un sistema de alerta temprana de crecidas para la cuenca del Río Ambato, de la localidad El Rodeo, en esa provincia argentina. El propósito es contar con información en tiempo real para tomar las medidas preventivas necesarias. Cabe recordar que, en enero de 2014, un alud provocado por las fuertes lluvias en esa región se cobró la vida de varios habitantes.

Además, desde una aplicación digital los encargados de procesar la información pueden visualizar en tiempo real los “eventos no deseados” y generar alertas a través de correo electrónico. En algunos minutos, es posible saber si hay riesgo de una inundación o crecida, cuándo se producirá y cuán grave puede llegar a ser.

Para más información:

<http://www.noticiasambientales.com.ar/index.php?modulo=2&id=6480>

<http://cienciaytecnologiaenargentina.blogspot.com/2015/12/insus-un-sistema-de-alerta-temprana-de.html>

BELICE

Se obtiene del arqueo que la Organización Nacional de Gestión de Emergencias (NEMO) mantiene 2 sistemas que se describen a continuación, respetando idioma de la fuente:

● SAT DEL VALLE DEL RÍO BELIZE

The Japanese International Corporation Agency is assisting the National Emergency Management Organization along with technical experts from the National Met Service to install a flood early warning system for the Belize River Valley. The area is prone to severe flooding and the equipment will enable the residents to detect when they are in danger of flooding.

● SAT DE LA CUENCA DEL RÍO HONDO

Similar project was completed with donations from the Organization of American States that entailed the installation of river monitoring stations for the Rio Hondo in the north. Stations were placed at Douglas, San Antonio and Blue Creek.

Para más información:

<http://edition.channel5belize.com/archives/39994>

BOLIVIA

Para este país se reseñan 4 SATs:

- **SAT DE LA CUENCA DEL RÍO BENI, DPTO. DE BENI (AMAZONAS)**
- **SAT DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ**

Cuenta con tecnología de última generación. Inicialmente equipos de monitoreo, pluviómetros y sensores de radar alemanes. Actualmente los equipos son de diversa procedencia. La inversión inicial, en la que participaron la municipalidad y la cooperación, junto al gobierno alemán, alcanzó US\$ 11,9 millones.

- **SAT CONTRA LAS CRECIDAS DEL RÍO GRANDE (SALTEM). DPTO. STA CRUZ**

Beneficia a los habitantes de los municipios Cabezas, Pailón y San Julián (30 comunidades). Se obtuvieron datos que sugieren que sus costos (Presupuesto de funcionamiento) alcanza los 2.090 \$. Resalta que este SAT es de manejo sesgadamente comunal y que los responsables de este son los Comités Municipales y Comunales de Gestión del Riesgo

- **SAT PARA LA COMUNIDAD DE ESCOMA, DPTO. DE LA PAZ.**

Registrado en la comunidad de Escoma, Bolivia, y fue promovido por un equipo técnico del CIIFEN y PRASDES en el año 2016 con el objetivo identificar las principales áreas afectadas y los impactos de las inundaciones en el municipio de Escoma. Es de tipo comunitario y carece de ningún apoyo tecnológico y sus talleres (dictados con traducción al idioma aymara) permitieron recoger experiencias sobre inundaciones locales, épocas de siembra y aplicación de los conocimientos ancestrales para la predicción de inundaciones.

BRASIL

Para Brasil solo se obtuvo referencia de un SATi, dentro del trabajo: “Sistemas de alerta temprana en América Latina. (2016)”.

- **SAT DE RÍO DE JANEIRO:**

Cuenta con el sistema de alarma Geo-Rio de sirenas en 103 comunidades en zonas de alto riesgo que se pueden activar. Cuentan con un radar, adquirido a través de Geo-Rio Fundación y sistema de alerta con un valor de US\$ 3,8 millones.

CHILE

Si bien existe en ese país el Centro de Alerta Temprana CAT dependiente de la ONEMI (Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública) y que incluye Alerta Temprana por eventos meteorológicos (respaldado en el monitoreo regionalizado para las 15 regiones administrativas del país), lo poco local de sus niveles de monitoreo/operación no nos aseguran que esta estructura pueda calificar en la definición estándar de un SATi.

El único SATi específico del que se obtuvo información en el marco de nuestro arqueo es el que fue proyectado en el río Loa, en la Segunda Región (Antofagasta) durante el año 2013. Entre los datos que se refieren sobre este sistema destacan:

- a.- Es un sistema de alerta temprana de crecidas de los ríos localizados en el Loa.
- b.- Refiere que cuenta con una red de sirenas para atender a unas 127 mil personas,
- c.- Cubre un tramo de 45 kilómetros del río Loa (casi el 10% de su longitud total), entre 2 mil 300 y 3 mil metros de altitud, que comprende Calama y los pueblos de Chiuchiu y Lasana, en la pre-cordillera de la Región de Antofagasta.
- d.- Es referido como una iniciativa inédita en Chile por el Ministerio de Obras Públicas que operará en una zona que ha sufrido la inundación de poblaciones, además de cortes de caminos y puentes.
- e.- La red de alerta contará con cuatro sirenas, similares a las que se usan para advertir sobre un eventual maremoto en el litoral. Cada una puede detectar una crecida hasta una distancia de 1,2 kilómetros y que estarán vinculadas a sensores satelitales de la DGA, en que se registrará cantidad e intensidad de torrentes.
- f.- El programa también considera un trabajo conjunto con la Oficina Nacional de Emergencia (Onemi), que coordinará una campaña educativa con los integrantes de juntas de vecinos, comunidades indígenas -etnia atacameña-, escuelas y otras organizaciones comunitarias de las zonas involucradas.
- g.- La implementación de la red demanda una inversión de \$152 millones, los que serán financiados por el Ministerio de Obras Públicas y las empresas mineras que operan en la Segunda Región.

Para más información:

<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2013/03/04/el-primer-sistema-de-alerta-temprana-de-crecidas-de-los-rios-sera-implementado-en-el-loa/>

COLOMBIA

En el documento editado en el año 2017 denominado “Experiencias de sistemas de alerta temprana en América Latina. (2016)” se destaca que Colombia es el país de Sur América en el que se registra el mayor número de iniciativas asociadas al diseño e implementación de sistemas de alerta temprana para inundaciones y aludes torrenciales.

El total de experiencias SATi identificados para ese país en ese documento es de 7 y los mismos se describen a continuación:

- **SATi DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ;**

Fue desarrollado por una alianza en la que participan el AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá), el Municipio de Medellín y la Universidad EAFIT. Para el monitoreo se cuenta con sensores, cámaras, acelerógrafos, radares hidrometeorológicos, de viento, radiómetro. Además, cuenta con 76 redes pluviométricas, 15 redes meteorológicas, 17 equipos de red, 3 redes de monitoreo de suelo y una red acelerográfica. El financiamiento está asegurado mediante un fondo generado por los impuestos (1% del impuesto predial) de 20 años de duración y que es administrado por la municipalidad.

- **HUILA: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CONTRA INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS Y PERIURBANAS DE TIMANÁ.**

- **HUILA: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DEL MUNICIPIO DE SANTA MARÍA.**

- **TOLIMA: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LA CUENCA DEL RÍO COMBEIMA, TOLIMA.**

- **CAUCA: SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POPAYÁN, CAUCA.**

- **CALDAS: RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICA PARA PREVENCIÓN DE DESASTRES EN MANIZALES, CALDAS.**

Adicional a los anteriores, en el documento "Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia" (2014), se describen 4 SATs adicionales:

- **SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DEL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ:**

Se articula a través de la acción de un amplio conjunto de entidades públicas, recientemente agrupadas para conformar el Sistema Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (SDGR-CC) mediante el acuerdo 546 de 2013, el cual creó, así mismo, el Fondo Distrital para la Gestión de Riesgo y Cambio Climático (FONDIGER). Cuenta con la Red Hidrometeorológica de Bogotá (RHB), la cual consta de 27 estaciones para el monitoreo de las variables hidrometeorológicas y los niveles de los ríos ubicados en el perímetro urbano; las estaciones funcionan 24 horas al día los 365 días del año. Los equipos cuentan con sistemas automáticos de registro, almacenamiento y transmisión de la información a la base del IDIGER, donde es analizada y utilizada para generar alertas a la comunidad.

- **SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA PARA LA CUENCA DEL RÍO COMBEIMA:**

En la cuenca del río Combeima, parte centro-occidental del departamento del Tolima, opera un sistema de alerta temprana que tiene como objetivo alertar ante impacto de inundaciones, flujos de lodos, etc. Este está conformado por una red de estaciones instaladas y operadas por el IDEAM, y por estaciones automáticas operadas por el Comité Regional de Prevención y

Atención de Desastres del Tolima (CREPAD).

● SISTEMA ACÚSTICO DE ALERTA TEMPRANA EN BUCARAMANGA:

Instalado en el 2012 en la Comuna 14 de Bucaramanga, es un bloque de perifoneo que se activa inalámbricamente desde el Comité Municipal de Gestión y Riesgo cuando se registran datos extremos en los instrumentos de medición. La señal sonora tiene un radio aproximado de 2 km a la redonda y alerta a 100 mil habitantes de ocho barrios y veredas del corregimiento Tres de Bucaramanga.

● SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE LA GUAJIRA:

Este es coordinado por CORPOGUAJIRA en convenio con la Cruz Roja, y su objetivo son alertar ante inundaciones y deslizamientos; presenta una descripción de las condiciones climáticas para el departamento y los municipios a través de boletines diarios que se publican en la página web (<http://www.corpoguajira.gov.co/>), con las variables de temperatura mínima, temperatura máxima, viento, humedad, presión atmosférica y punto de rocío.

Para más información:

www.solucionespracticas.org.pe/Descargar/1371804/4117872
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v38n148/v38n148a07.pdf>

COSTA RICA

Los documentos solo mencionan un SATi para este país:

● SAT EN LA CUENCA DEL RÍO SARAPIQUÍ.

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) fue el responsable de la coordinación general, y aportó apoyo especializado para el desarrollo del componente técnico-científico de este proyecto el cual conto con el apoyo de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y de Atención de Emergencias (CNE), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), El Fondo Global para la Reducción del Riesgo de Desastres (FGRRD, por sus siglas en inglés) y el Banco Mundial quienes aportaron fondos, seguimiento y apoyo técnico al Proyecto.

Este proyecto beneficia a unas 30.000 personas que viven a lo largo del río Sarapiquí en la provincia de Heredia.

Para más información:

https://www.wmo.int/pages/prog/drr/projects/CostaRica/Documents/informe_final_esp.pdf

ECUADOR

El Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología de Ecuador (INAMHI) describe 3 Sistemas de Alerta Temprana ante inundaciones por crecidas en implementación a partir del año 2015. Estos son:

- SAT Cañar (Río Cañar, Puerto Inca, Provincia del Guayas) con 13 estaciones automáticas: 4 hidrométricas, 5 pluviométricas, 4 climatológicas
- SAT Coca (Río Napo, Francisco de Orellana - El Coca, Región Amazónica) con 15 estaciones automáticas: 4 hidrométricas, 11 climatológicas
- SAT Zarumilla (Río Zarumilla, Huaquillas, Provincia de El Oro) con 3 estaciones automáticas: 1 hidrométrica, 2 meteorológicas.

EL SALVADOR

Datos levantados sugieren que para el año 2012 operaban en este país 19 SATis en cada una de las regiones en que se divide este pequeño país:

Región Occidental:

- SAT Río Paz. Financiado por USAID/OFDA, a través del Programa Ambiental de El Salvador (PAES). DIPECHO VI Y OIKOS.
- SAT Santa Isabel Ishuatán. Financiado por ECHO y Cruz Roja Española.
- SAT Sensunapán. Financiado por el PNUD.
- SAT Metapán. Financiado por el PNUD

Región Central y Litoral:

- SAT Acellhuate. Financiamiento: OXFAM – Solidaridad.
- SAT Citalá. Financiamiento: PNUD – PREVDA.
- SAT Chilama. Financiamiento: PLAN INTERNATIONAL.
- SAT Huiza. Financiamiento: JICA y CEPRODE.
- SAT Aquiquisquillo. Financiamiento: CEPRODE.
- SAT Jiboa. Financiamiento: USAID/OFDA, a través del Programa Ambiental de El Salvador (PAES).
- SAT Cangrejera. Financiamiento: CEPRODE.
- SAT Majahual. Financiamiento: CEPRODE.

Región Para-Central:

- SAT Zacatecoluca (En diseño). Financiamiento: AOS, Ayuda Obrera Suiza.
- SAT Lempa. Financiamiento: USAID/OFDA, a través del Programa Ambiental de El Salvador (PAES)/ CEL.

- SAT Acahuapa. Financiamiento: CARITAS El Salvador.

Región Oriental:

- SAT Grande de San Miguel. Financiamiento: USAID/OFDA, a través del Programa Ambiental de El Salvador (PAES) CARE - DIPECHO VI.
- SAT Goascorán. Financiamiento: USAID/OFDA, a través del Programa Ambiental de El Salvador (PAES).
- SAT Berlin. Financiamiento: CEPRODE.
- SAT Tecapa. Financiamiento: CEPRODE.

Una debilidad común de estos sistemas es la operación y mantenimiento de las estaciones telemétricas, lo cual representa un costo elevado que la mayoría de los casos no puede ser cubiertos. Lo anterior promueve que la mayoría de los SAT ante inundaciones sean de tipo comunitarios y ello tiene la debilidad de no contemplar cálculos de correlación lluvia-caudal, ni valores de caudal de desbordamiento, capacidad hidráulica del río, estimación de la sección crítica del río para conocer la capacidad del cauce de mantener un determinado volumen de agua, etc. Tampoco se estiman caudales de desbordamiento ni el cálculo del tiempo de concentración que se pudiera utilizar para estimar tiempos de evacuación.

Para más información:

<http://www.rimd.org/advf/documentos/4b4f8c809fe9f0.86389562.pdf>

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002276/227602s.pdf>

GUATEMALA

El arqueo desarrollado sugiere que Guatemala es el país de la región con el mayor número de experiencias SATs. De hecho, hasta un total de 29 sistemas de este tipo se refieren en diversas fuentes consultadas, sin embargo, al analizar la estructura, componentes y nivel de desarrollo de esas iniciativas, solo cinco de estos sistemas operan con todos los elementos establecidos para un SAT. Estas iniciativas son las siguientes:

- **SAT CUENCA DEL RÍO XEQUIXEL** Inundaciones Instalándose
- **SAT CUENCA RÍO COYOLATE** Inundaciones Operando.
- **SAT CUENCA RÍO SOSI** Inundaciones Instalándose
- **SAT CUENCA RÍO MOTAGUA**, Cuenca Media y Baja Inundaciones Operando
- **SAT CUENCA DEL RÍO SAMALÁ** Inundaciones y volcanes Operando

Para más información:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002276/227602s.pdf>

HAITÍ

De acuerdo fuentes de prensa consultadas, se reseña (15 julio de 2005) que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) otorgó un préstamo para el desarrollo de un SATi en ese país ese mismo año.

El BID anunció hoy la aprobación de un préstamo blando de 5 millones de dólares a Haití para un programa que creará un sistema de alerta temprana con alarmas automatizadas en comunidades en zonas de alto riesgo de inundación. El Ministerio de Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural (MARNDR) y la Dirección de Protección Civil (DPC) del Ministerio del Interior y Gobierno Local ejecutarán el programa.

Los recursos otorgados se dirigieron a financiar una red de monitoreo de datos sobre el peligro de inundaciones en 13 cuencas prioritarias, un sistema básico de comunicación, con señales de radio y sirenas, alertará a las comunidades en casos de emergencia, dándoles más tiempo para llegar a lugares más seguros. Adicionalmente se apoyaría a las autoridades locales y a los comités de protección civil para mejorar su nivel de preparación y respuesta ante inundaciones y se cubrirá los costos de mantenimiento del sistema durante la primera década de funcionamiento.

Otra nota de prensa (17/02/2012) sugiere que ya el Sistema había sido instalado con un Centro de Control 1 se encuentra en una oficina en el edificio Centro Rural de Desarrollo Sostenible (CRDD) y que contaba con 4 estaciones de monitoreo de nivel de los ríos Grees y Gran Che, a además de 4 estaciones Sirenas, con el fin de alertar a pobladores.

Para más información:

<http://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2005-07-15/bid-aprueba-prestamo-blando-de-us-5-millones-a-haiti-para-sistema-de-alerta-temprana-contra-inundaciones,471.html>

HONDURAS

Al identificar los casos SAT hondureños también es necesario acudir a fuentes diversas, y ello se debe a que los datos recabados, incluso de expertos regionales consultados, sugieren que si bien son diversas las experiencias que se refieren, los datos sobre el nivel de operatividad y funcionamiento actual de los mismos no son congruentes.

Uno de los informes que nos resultó más confiable en este sentido es el denominado inventario y caracterización de los sistemas de alerta temprana en América Central y de este se puede concluir que:

- 1.- De un total de 34 SATs existentes en ese país, 30 son para casos de inundaciones, 01 ante tsunamis y 03 son de tipo multiamenaza (inundaciones-huracanes, inundaciones-

deslizamiento). De estos sistemas más del 90 % son comunitarios.

2.-Los Sistemas Comunitarios operan con muchas limitaciones, desde la fase del monitoreo y el pronóstico hasta la emisión de las alertas sobre umbrales definidos.

3.-Oficinas o centros de pronósticos no oficiales ni vinculados a los gobiernos locales promueven la insostenibilidad de los esfuerzos. Adicionalmente la alta rotación de los responsables indirectos en las alcaldías, y su falta de conocimiento hacen que los equipos no se mantengan, se registren pluviómetros extraviados, escalas deterioradas y con falta de pintura que no permiten buena lectura, y comunidades desmotivadas.

Los elementos anteriores promueven que para Honduras solo se identifiquen cinco experiencias SATs operando en la actualidad.

Para más información:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002276/227602s.pdf>

JAMAICA

El documento COMPARTIENDO EXPERIENCIAS - COOPERACIÓN SUR-SUR PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN EL CARIBE (PNUD, 2014) sugiere la existencia de un SAT en el río Cobre, y que opera utilizando como referencia el modelo cubano de los Centros de Gestión para la Reducción de Riesgos (CGRR) y que constituyen pequeños equipos de profesionales que gestiona un centro de información a nivel de cada gobierno local.

El SAT de Jamaica CGRR cubre la Parroquia de Saint Catherine, una de las parroquias más grandes y de mayor riesgo en el país, y el mismo integra el uso de Bases de datos; plataformas SIG; Estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos; y de Alerta Temprana. Sus beneficiarios son los ciudadanos de la Parroquia Saint Catherine y las instituciones locales involucradas en el piloto.

Los costos referidos de esta iniciativa alcanzan los USD 50.507 (Según fuentes: ODPEM, MGLDC, PNUD Jamaica, CPSC, CEAC Solutions).

Para más información:

http://www.latinamerica.undp.org/content/dam/rblac/docs/Research%20and%20Publications/Crisis%20Prevention%20and%20Recovery/UNDP_RBLAC_SSCyDRR.pdf

MÉXICO

En México, los sistemas de alerta temprana parecen responder, prioritariamente, a la amenaza volcánica; la amenaza sísmica; tsunamis y ciclones tropicales. La amenaza de inundación está cubierta por los Sistemas de Alerta Hidrometeorológica a nivel Cuenca, SAHs, desarrollados e

implementados por CENAPRED.

Los 5 Sistemas reseñados aparecen en el contenido de un Curso sobre Sistemas de Alerta Temprana, la mayor parte de la información que contiene se refiere al componente tecnológico de Monitoreo y Análisis de Datos, por lo que se entiende son operados por las Direcciones Estadales de Protección Civil:

- **SAH de la cuenca del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Estado de Chiapas** (febrero de 2006). Equipamiento: 8 estaciones pluviométricas; 3 estaciones de nivel de cauce; 2 centros de registro y 1 repetidor.
- **SAH de Chalco, Estado de México** (febrero de 2005). Equipamiento: 5 estaciones pluviométricas; 4 estaciones de nivel de cauce; 2 centros de registro y 1 repetidor.
- **SAH de Monterrey, Nuevo León** (septiembre de 1999). Equipamiento: 8 estaciones pluviométricas; 2 centros de registro y 1 repetidor.
- **SAH de Acapulco, Guerrero** (junio de 1998). Equipamiento: 15 estaciones pluviométricas; 2 centros de registro y 1 repetidor
- **SAH de Tijuana, Baja California** (enero de 1999). Equipamiento: 10 estaciones pluviométricas; 2 centros de registro y 1 repetidor.

Para más información:

http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/curso_Alerta_Temprana.pdf

NICARAGUA

Como en otros países centroamericanos, durante el arqueo de información de iniciativas SAT en este país, se identificaron 34 sistemas de prevención y respuesta que los actores consultados denominaron SAT. Sin embargo, en su revisión se pudo constatar que algunos de estos SAT estaban duplicados, no existían o no estaban aún en operación. Este hecho redujo el total de SATs inicialmente identificados a un total de 14 sistemas SATi (específicamente para inundaciones y aludes torrenciales):

- **SAT de la cuenca del río Negro**
- **SAT de la cuenca del río Estero Real**
- **SAT de la cuenca del río Estelí**
- **SAT de la cuenca del río Dipilto**
- **SAT de la cuenca del río Júcaro.**
- **SAT de la cuenca del Río Bocay/Río Coco**
- **SAT Parte Alta Río Coco /Tramo Wiwilí-Raití (MITK, MSB, KST)**

- **SAT de la Cuenca Media Río Coco (LLTK), Cuenca Libre (Li Auhbra) y de la Cuenca Baja (Wangki Maya)**
- **Río Waspuk/Río Coco (Microcuencas Ríos Pis Pis y Kahka)**
- **Parte baja del Río Ulang (Sandy Bay)**
- **Río Escondido, parte alta y media.**
- **12 SAT Llano Norte/ Cuenca Río Wawa**
- **SAT de la cuenca Río Grande de Matagalpa, Ciudad Matagalpa**
- **SAT de la cuenca Río Blanco**

Algunos comentarios sobre estas experiencias son los siguientes;

- a. Desde el año 2000, INETER está operando el SAT centralizado Río Escondido, que atiende a la comunidad El Rama. Apoya a su vez el SAT comunitario desarrollado por la Cruz Roja a través del Programa DIPECHO IV y V en 33 comunidades, entre urbanas y rurales.
- b. Tres SAT están siendo operados por Alcaldías, dos de estos son de considerados comunitarios y el tercero mixto, pues combina estaciones telemétricas con puestos de observación comunitaria.
- c. Cinco SAT están siendo operados por ONGs: 1) Río Estelí (Agro Acción Alemana en coordinación con alcaldías involucradas, INETER, Defensa Civil y la SE-SINAPRED); 2) Río Bocay y 3) Parte Alta Río Coco (Centro Humboldt opera en la subcuenca del río Bocay y parte alta-media del río Coco); 4) Parte media y baja Río Coco y 5) Río Waspuk (Acción Médica Cristiana). Tanto el Centro Humboldt como Acción Médica Cristiana coordinan sus actividades con Intermón Oxfam y Oxfam-Gran Bretaña y con las respectivas municipalidades y territorios autónomos étnicos, con INETER, Defensa Civil y la SE-SINAPRED.
- d. Hay cuatro SAT abandonados o desatendidos: 1) Río Negro, 2) Río Estero Real, 3) Río Dipilto y 4) Río Jícaro. Estos SAT fueron implementados como SAT comunitarios con apoyo de algunas estaciones telemétricas que son parte de la red nacional de meteorología e hidrología del INETER. En la actualidad ninguna de las instituciones responsables en la operación de estos SAT (Alcaldías, INETER, Defensa Civil y SE-SINAPRED), implementados con financiamiento de la cooperación externa, manejan información actualizada de lo que queda de ellos. Una observadora de pluviómetro comentó que pasó registrando más de dos años y nadie le llegó a pedir los registros que aún lleva.

Para más información:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002276/227602s.pdf>

PANAMÁ

Las fuentes sobre experiencias SATs en este país también son contradictorias. Se sugiere que los Sistemas de Alerta Temprana allí son promovidos y coordinados por el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), junto con otras Instituciones tanto públicas como particulares, las Comunidades y los Gobiernos Locales, con el apoyo de Organismos de Cooperación Internacional.

Se refiere un número significativo de Sistemas de Alerta Temprana, específicamente para inundaciones. Algunos de estos Sistemas de Alerta Temprana cuentan con tecnología avanzada y son manejados por expertos e instituciones especializadas, científicas, técnicas y académicas, mientras otros son sistemas muy sencillos y manejados por habitantes de las comunidades en conjunto con sus autoridades locales.

De acuerdo con las autoridades del SINAPROC, en Panamá se han sugerido 18 SAT, de los cuales se priorizan 15 debido a limitaciones presupuestarias, de tiempo, dificultades de acceso y la distancia donde se ubican tres de ellos (SAT de las cuencas de los ríos Trinidad (Tres Hermanas), Tabasará y Tuira. De estos 15 sistemas, 12 han sido diseñados para amenazas de inundaciones.

Al hacer un análisis de las componentes que conforman cada SAT se determinó que solamente tres de ellos cumplían con las características funcionales de un SAT:

1. SAT CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ, RÍO CHAGRES

UBICACIÓN: Región Metropolitana.

BENEFICIARIOS: Comunidades de Santa Rosa y Guayabalito

RESPONSABLE DEL MANEJO: Autoridad del Canal de Panamá.

INSTITUCIONES INVOLUCRADAS: SINAPROC

2. SAT – CUENCA - RÍO BAYANO

UBICACIÓN: Provincia de Panamá (Oriental); Comunidades del Distrito de Chepo.

BENEFICIARIOS: Comunidades del Distrito de Chepo: El Llano de Chepo, la Gallota, Los Rizos, Boca de Polín, Villa Rica.

EQUIPOS UTILIZADOS: Estación hidrométrica, Vara alimétrica y dos (2) radios de comunicación coordinados y operados por la Empresa y otro en Comunidad del Llano.

RESPONSABLE DEL MANEJO: AES Panamá, S.A.

INSTITUCIONES INVOLUCRADAS: AES Panamá, S.A. - Hidroeléctrica del Bayano.

3. SAT – CUENCA DEL RÍO CABRA

UBICACIÓN: Abarca recorrido del río Cabra - Región Oriental.

BENEFICIARIOS: Comunidades: Nueva Esperanza, Barriada Arnulfo Arias Madrid, Barriada Caminos de Omar, Urbanizaciones Prados del Este y Brisas del Este, Rancho Café, Alto de Cabuya, El Bajo: Sectores No.1, 2 y 3; Felipillo.

EQUIPOS UTILIZADOS: Vara altimétrica, estación Hidrológica satelital; estación meteorológica; pluviómetro satelital, limnómetro, los datos son transmitidos de forma satelital hacia las instalaciones de Hidrometeorología de ETESA.

RESPONSABLE DEL MANEJO: SINAPROC - ETESA

INSTITUCIONES INVOLUCRADAS: ANAM; Aeronáutica Civil (AAC); Autoridad del Canal (ACP); el MIDA; la Oficina de Seguridad del Estado

Para más información:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002276/227602s.pdf>

PARAGUAY

Para el caso de este país suramericano se solo se hallaron referencias explícitas de 2 Sistemas de Alerta Temprana para Inundaciones.

1. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN ÑEEMBUCÚ

Instalado en una región de reconocida recurrencia de inundaciones del Río Paraná y del Paraguay (1983, 1992 y 1998), conocidas como inundaciones ribereñas. Se dan casos más frecuentes de inundaciones urbanas, causadas por la combinación de lluvias intensas, el tipo de suelo de la región y la ocupación del territorio. Ambos tipos de inundaciones, pero particularmente las urbanas, han justificado la implementación de un SAT que contribuya con la seguridad de las personas y sus bienes.

2. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN PILAR

El Sistema de Alerta Temprana de Pilar, como otros sistemas implementados en la región, se nutre de información de base de los entes que monitorean las amenazas, en este caso la Dirección de Meteorología e Hidrología de la DINAC, encargada de la detección temprana de las tormentas severas; la Armada Paraguaya y la Administración Nacional de Navegación y Puertos, responsable del monitoreo de los niveles hidrométricos de los ríos Paraguay y Paraná y; la

Entidad Binacional Yacyretã, responsable de la operación de la presa y control de las inundaciones en su área de influencia, para lo cual tiene un sistema de monitoreo y modelos hidrológicos para anticiparse a las situaciones extremas.

En ambos sistemas la información de amenaza es transmitida a las autoridades locales y nacionales, Comité de Emergencia Local, así como a la Secretaría de Emergencia Nacional SEN y finalmente es difundida a los grupos civiles organizados, así como a la población en general.

Para más información:

http://www.eird.org/wikies/images/ORIGINAL_SAT_FOLLETO.pdf

PERÚ

Es posible que Perú tenga el mayor número de SATis, del tipo comunitario, caracterizados por su baja tecnología, lo cual es difícil de corroborar debido a que no hay suficientes registros de estos disponibles.

En el trabajo “Sistemas de alerta temprana en América Latina. (2016)” se reseñan 3 sistemas con un precio de instalación de US\$ 520.220, y de mantenimiento anual de US\$ 110.000. Estos sistemas son:

- **SAT DE LA CUENCA DEL RÍO PIURA, Dpto. de Piura.**
- **SAT DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO INAMBARI, SANDIA. Dpto. de Puno.**
- **SAT DE LA MICROCUENCA DEL RÍO QUESERMAYO - TARAY. Dpto. del Cusco.**

Por otra parte, se han adelantado esfuerzos para la implementación de otros 02 SATs:

- **SAT DEL RÍO CHILI, AREQUIPA**
- **SAT EN LA CUENCA DEL RÍO MOTUPE – LA LECHE. Dptos. de Lambayeque y Cajamarca.**

Que sirve a 15 distritos rurales, 13 ubicados en el departamento de Lambayeque y 02 en el departamento de Cajamarca, en el norte del Perú. Una cuenca que es altamente sensible al FEN (El Niño) y donde vive una población de 152.000 habitantes.

Para más información:

<https://www.youtube.com/watch?v=kQzy7fQA0ql>

URUGUAY

En este país solo se pudo corroborar un SATi en estado operativo:

● SAT EN LA CIUDAD DE DURAZNO, Cuenca del río Yí. (SATi-UY)

Opera desde mayo de 2011, bajo coordinación del Centro Coordinador de Emergencias Departamentales (CECOED) de Durazno. Este es un proyecto de la red PROHIMET, financiado por la Organización Meteorológica Mundial-OMM, el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA)-Facultad de Ingeniería, con la coparticipación del Instituto de Teoría y Urbanismo (ITU)-Facultad de Arquitectura, la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA-MVOTMA), el Sistema Nacional de Emergencias (SINAE), la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE), el Instituto Nacional de Meteorología (INUMET), y el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

La Red de monitoreo de este SAT consta de 18 estaciones convencionales operadas conjuntamente por el INUMET y UTE. Gestionadas por la DINAGUA-MVOTMA; la cuenca dispone, además, de una red telemétrica gestionada por UTE, que incluye medición y transmisión en tiempo real de precipitación y nivel del río Yí.

Se destaca finalmente que para los restantes países: Bahamas, Barbados, Guyana, Puerto Rico, República Dominicana, Surinam, Trinidad y Tobago, y Venezuela no se obtuvo hasta el momento información sobre la existencia de Sistemas de Alerta Temprana para Inundaciones/Aludes Torrenciales actualmente en funcionamiento.

Para más información:

<https://www.teledoce.com/telemundo/nacionales/sinae-presento-el-sistema-de-alerta-temprana-de-inundaciones/>



ANEXO 2:

RESULTADOS PRELIMINARES DE SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN RECABADA EN LOS COMPROMISOS NACIONALES (NDCs) CON RELACIÓN AL DIAGNOSTICO Y ACTUACIÓN ANTE RIESGOS DE ALUDES TORRENCIALES E INUNDACIONES EN LOS PAÍSES DE ALC



N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
1	Belice	<p>A Futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los Distritos: Stan Creek, Cayo, Toledo y Belice, presentaran variaciones más drásticas de precipitación. - Las zonas potencialmente afectadas por el aumento del nivel del mar son: banda costera (10km) donde se ubican las principales ciudades: Belize, San Pedro, Dangriga, Placencia y Punta Gorda, y las islas: de Turneffe, Chapel Caye y Caye Caulker 	<ul style="list-style-type: none"> - Se prevé que las precipitaciones disminuirán ligeramente y se volverán más variables, lo que dará lugar a intensas lluvias e inundaciones. Para el 2100 se observa una disminución general anual del 10%. Las variaciones estimadas se presentarán de manera temporal y espacial. - Las variaciones climáticas también afectará a la temperatura, que junto a la disminución de precipitación, empeorará las condiciones de sequía. Se estima un aumento aprox. entre 2 a 4°C. - El aumento del nivel del mar y el oleaje causado por tormentas, afectaría las costas, y con ello, las poblaciones, infraestructura y ecosistemas, como consecuencia de inundaciones, erosión e intrusiones salinas. Existen diferentes estimaciones en cuanto a su elevación, pero en los casos más severos, serían: 2040-2065: 0,41 m y 2081-2100: 0,91m, y con un huracán categoría 5: 2040-2065: 5,87 m y 2081-2100: 6,31m 	<p>Sin información de eventos.</p> <p>Posee 16 cuencas hidrográficas y numerosas cuencas más pequeñas), aproximadamente el 69% permanece bajo vegetación natural mientras el resto se compone de área terrestre con bosques protegidos y una gran variedad de ecosistemas de aguas terrestres y marinas.</p> <p>Posee la cubierta forestal de bosques prístinos más alta de América Central y El Caribe.</p>
2	Costa Rica	<p>Actualmente:</p> <p>Las cuencas del Reventazón, Pacuare, Parrita, San Carlos, Sixaola y Matina, presentan condiciones de riesgo por procesos de erosión y movimientos de masa.</p> <p>A futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Provincias: Guanacaste, Puntarenas y Alajuela presentan, mayores riesgos a escenarios secos y lluviosos extremos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran variedad de climas. Su variabilidad tiene una alta influencia del fenómeno ENOS, por ello existe mayor probabilidad de que la vertiente Pacífica y la región Central experimenten condiciones de secas a secas extremas, mientras en el Caribe presenta escenarios lluviosos extremos. - Es un país ístmico entre dos masas oceánicas, que lo altamente vulnerable a los impactos adversos del cambio climático. En las últimas décadas se han observado cambios importantes en las precipitaciones y aumentos en las temperaturas, así como cambios importantes en el uso del suelo y procesos de degradación de suelos. Si las condiciones de variabilidad climática siguen dominando la expresión anual del clima, existen múltiples fenómenos que pueden aumentar o disminuir su frecuencia e intensidad. Por tanto, el clima del país se verá sometido a extremos secos y lluviosos simultáneos. 	<p>Los eventos meteorológicos más frecuentes y que producen eventos extremos son: Depresiones, ondas y tormentas tropicales, huracanes, sistemas de baja presión, vaguadas y frentes fríos. Cualquiera de estos produce inundaciones</p>
3	El Salvador	<p>Actualmente:</p> <p>Aumento del oleaje afectando a las poblaciones en la costa. Los Departamentos: La Unión, Morazan, San Miguel, San Vicente, presentan un registro alto de temperaturas (1980-2000)</p> <p>- Los Departamentos: La Unión, San Vicente y Santa Ana, son los que han presentado disminuciones de sus valores de precipitación media (1980-2000).</p>	<p>Centroamérica ha sido tradicionalmente caracterizada como región con alta exposición a amenazas geo-climáticas derivadas de su localización y topografía y con una alta vulnerabilidad de sus asentamientos humanos. También ha sido clasificada como la región tropical más sensible al CC.</p> <p>En los últimos años se han presentado alteraciones en los patrones de las estaciones lluviosas y secas; desde el 2009, han ocurrido eventos extremos poco usuales con alto volumen de precipitación, tanto en su periodo normal como en los meses de sequía. Es afectada por Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). En las últimas seis décadas la temperatura promedio anual en se incrementó en más de 1,3°C, cuando la temperatura media global ascendido solo 0,8°C sobre la media existente en la era pre-industrial; al mismo tiempo, en dicho periodo, el nivel del mar aumentó casi 8 cm.</p> <p>No se han desarrollado los escenarios RCP para conocer las predicciones del comportamiento espacial de las variables. Las tendencias climáticas del IPCC, muestran un aumento en la temperatura entre 2 y 3°C en las siguientes seis décadas y modificaciones importantes en los patrones de lluvia, así como un aumento significativo del nivel del mar. Los impactos negativos de</p>	<p>Es afectado por eventos meteorológicos, tanto en el océano pacífico como en el Atlántico. El peor de ellos ha sido el Huracán Mich. Otros eventos climáticos importantes con grandes afectaciones fueron: la Baja Presión E96/Ida, Depresión Tropical 12E, Andrés (1997), Adrián (2005), Alma (2008) y Agatha (2010).</p> <p>Considera como eventos hidrometeorológicos extremos aquellos que producen una precipitación arriba de 100mm en 24 horas y una precipitación acumulada de más de 350mm en 72 Horas. Estos eventos extremos se registraron: 1 (60'), 1 (70'), 2 (80'), 4 (90') y 8 (2000-2015).</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
			los eventos naturales ocurridos en los últimos tiempos, muestra la alta vulnerabilidad y riesgo que posee el país. Con las predicciones extremas obtenidas del IPCC, se observa aumentos Temperatura (4,73°C), Nivel del mar (44cm), y disminución de la precipitación en 31,27%.	
4	Guatemala	<p>Actualmente: Región del Altiplano Occidental, incrementos de temperatura Región Norte, presenta aumentos significativos de la precipitación.</p> <p>A Futuro: No se han desarrollado los escenarios RCP para conocer las predicciones del comportamiento espacial de las variables, las existentes solo tienen valores generales de estudios del IPCC</p>	<p>El país siendo parte de un istmo y se ubica en una región altamente vulnerable, situada entre tres placas intercontinentales y con características hídricas y geomorfológicas particulares. Localizado en una zona de convergencia intertropical y en la zona de influencia de los fenómenos del Niño y de la Niña y entre el Océano Atlántico y Pacífico lo hace vulnerable y frágil, además de la alta vulnerabilidad social que posee. Se encuentra en la ruta de los huracanes y tormentas tropicales del Caribe</p> <p>Históricamente los registros de precipitación total anual y la temperatura promedio anual, muestran aumentos (1971-2014). Los mayores incrementos de temperatura (9,4 y 10,3%), se han dado en las regiones frías (altiplano occidental). Las precipitaciones se muestran cambios en todas las regiones, en la parte norte se han observado aumentos en un 48%, mientras que las regiones del Caribe y Transversal del Norte se observaron incrementos relativos: 2,3% y 9,6%.</p> <p>Las proyecciones de temperatura muestran una tendencia a continuar aumentando, con incrementos esperados para la década de 2050: 2,5 y 4,1°C, y para la década de 2070, de entre 3,3 y 5,4 °C. Para la precipitación, las proyecciones indican una disminución a partir del 2030, para el 2050: 9,5% a 12,4%, y para la década de 2070: 18.4% a 28.9%.</p>	<p>En los últimos dieciséis años (1998-2014), se han registrado un total acumulado de ocho eventos hidrometeorológicos extremos ligados al cambio climático: los huracanes y tormentas tropicales Mitch (1998); Stan (2005); Agatha (2010); y algunas depresiones tropicales y sequías importantes (2009-2010).</p> <p>Posee afectaciones del fenómeno El Niño.</p>
5	Honduras	<p>Actualmente: Las zonas con mayor riesgo a inundaciones pluviales son las cercanas a los principales ríos de los departamentos: Gracias a Dios, Olancho, Colon, Choluteca, Francisco Morazán. El Paraíso y Cortes.</p> <p>El Distrito Central, es afectado continuamente por movimientos de masa</p> <p>A futuro: No ha desarrollado modelos de escenarios climáticos</p>	<p>Por su ubicación geográfica (en la parte más ancha del istmo centroamericano), se encuentra permanentemente expuesta a eventos meteorológicos extremos que están siendo exacerbados por el CC. Las características biofísicas y topográficas del país, así como los niveles de pobreza, le confieren una alta vulnerabilidad ante eventos de esta índole. Según el Índice de Riesgo Climático Global de Germanwatch, se identifica como el país más afectado a nivel mundial por eventos climáticos extremos en el periodo 1994-2013.</p> <p>Sufre constantemente de inundaciones, huracanes y sequías extremas. Las inundaciones costeras y los efectos de los huracanes y tormentas incrementan la erosión de las playas y modifican la línea de costa. ENOS ha causado más frecuentes e intensas sequías más intensas, principalmente en las cuencas secas y/o semiáridas.</p> <p>Se espera futuro según las proyecciones del IPCC: Incrementos en las temperaturas medias, máximas y mínimas. Eventos climáticos extremos más frecuentes e intensos. Elevación del nivel del mar</p>	<p>Centroamérica es una región de alta vulnerabilidad a los eventos climáticos extremos, y Honduras está clasificado como el tercer país del mundo que fue más afectado por eventos climáticos extremos entre 1990 y 2008, y ocupa el lugar número tres en el ranking mundial del Índice de Riesgo Climático.</p> <p>Honduras enfrenta los efectos adversos del CC que se han manifestado en la forma de una mayor incidencia de huracanes, lluvias torrenciales e inundaciones, sequías, olas de calor, ascenso de la temperatura, disminución de precipitación, agotamiento del agua, pérdida de productividad de la tierra y de cultivos, incremento del nivel del mar. Y fenómenos de variabilidad climática como “El Niño” y “La Niña”.</p> <p>El desastre más severo fue a mediados de 1970, producto de las sequías y la escasez de alimentos que generó ENOS. Otro evento importante con cuantiosas pérdidas, fueron las inundaciones que se presentaron</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
				durante la ocurrencia de los huracanes Fifi (1974) y Mitch (1998).
6	México 5 NC:2012 NDC:2015	<p>Actualmente: Estados: Chihuahua, Durango, Coahuila, Baja California Sur, han presentado sequías excepcionales. Gran parte del norte del país ha presentado eventos severos. Las zonas de la costa, por efectos de los tormentas y huracanes. 319 Municipios (13% del número total de Municipios en México) son altamente vulnerables a los impactos adversos del CC: sequías, inundaciones y deslizamientos. La pobreza es un factor determinante de la vulnerabilidad social en México.</p> <p>A futuro: La zona norte del país presentara un incremento aun mayor de la temperatura que el resto del territorio.</p>	<p>Las características geográficas de México lo convierten en un país altamente vulnerable a los impactos adversos del clima. Está ubicado entre dos océanos, así como su latitud y topografía aumentan significativamente su exposición a eventos hidrometeorológicos extremos.</p> <p>En los últimos 50 años, México ha experimentado cambios en la temperatura y la precipitación media. El país se ha vuelto más cálido, con un aumento de temperatura promedio mayor a 0,85° C, entre 1900-2009, la temperatura superficial media tuvo un incremento medio de al menos 2°C, siendo las zonas de noreste con mayores incrementos que la media nacional. La precipitación muestra una tendencia promedio que se incrementa ligeramente.</p> <p>Los escenarios climáticos sugieren que el incremento en la temperatura continuará, con un aumento de 2 a 4°C, principalmente hacia el norte, la mayoría de los modelos sugieren una disminución en la tendencia de las lluvias, proyectado para un rango entre 10 a 20% menos en todo el país.</p>	<p>Ha sufrido un aumento en el número de fenómenos meteorológicos extremos, como los ciclones tropicales, las inundaciones y las sequías que han llevado a la pérdida de vidas humanas, así como a los altos costos sociales y económicos</p> <p>La sequía es un fenómeno que tienen las mayores consecuencias sociales, económicas y ambientales. En segundo lugar, los ciclones tropicales son elementos clave en la generación de precipitación acumulada y aumento de su intensidad.</p> <p>Algunos de los eventos extremos ocurridos con mayores daños: Las lluvias e inundaciones en Tabasco entre 2007 y 2011; las sequías al norte del país durante 2010 y 2011.</p>
7	Nicaragua 2 NC:2011 SIN NDC	<p>Actualmente y a futuro: la variabilidad climática se manifiesta a través de eventos El Niño y La Niña, asociados tanto a sequías como a inundaciones.</p>	<p>Las proyecciones indican la ocurrencia de un clima mucho más cálido en el que la oscilación térmica en la región del Pacífico puede verse disminuida, mientras que el patrón de precipitaciones indica la ocurrencia de reducción de lluvias sobre la región atlántica, donde la incertidumbre es relativamente menor. En la zona sur de Nicaragua las proyecciones indican un posible incremento de las lluvias, relacionado con el permanente incremento observado en las precipitaciones.</p> <p>En la Región del Pacífico, es donde se registran con más frecuencia los valores máximos absolutos de precipitación en 24 horas, sobre todo en las localidades de León, Chinandega y Corinto; donde los valores oscilan entre 300 y 500 mm; por lo tanto presenta una mayor vulnerabilidad por inundaciones.</p>	<p>En los últimos 30 años, solamente tres huracanes han mostrado este tipo de trayectoria: Fifi (1974), Alleta (1982) y Mitch (1998).</p> <p>Los niveles de vulnerabilidad media por inundación, son originados por huracanes (Edith, Irene, Joan y César) y tormentas tropicales (Gert), que se caracterizan por incursionar al territorio nacional desde el Mar Caribe y logran atravesar el país de Este a Oeste</p>
8	Panamá 2 NC:2012 NDC:2016	<p>Actualmente y futuro: Están identificadas 8 Zonas de Vulnerabilidad Costeras definidas principalmente por la elevación del suelo respecto al Mar</p>	<p>Los registros locales de zonas ubicadas en las costas del Mar Caribe, en Panamá, indican que el ascenso del nivel del mar tiene una tasa de aproximadamente 1,3 mm/año.</p> <p>Adicionalmente, se estima que el ascenso del nivel del mar sufrirá un aceleramiento significativo durante el próximo siglo. Para el mismo período, en el Pacífico de Panamá se registró un ascenso de 18 cm (ANAM, 2000a).</p>	<p>Intensas sequías ocasionadas por el Fenómeno de El Niño en Darién (2000-2002) y en las intensas lluvias (noviembre de 2004).</p> <p>En total, entre 2000 y 2004, en Panamá se dieron 440 eventos naturales asociados a la variabilidad climática - sequías, inundaciones, vendavales y deslizamientos que afectaron a 59.077 personas y dejaron</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
			<p>Otros impactos asociados al ascenso acelerado del nivel del mar tienen que ver con el incremento de las inundaciones por tormenta y la alteración de la amplitud de la marea en ríos y bahías.</p> <p>Otros estudios parecen apuntalar la idea de que la “consecuencia más obvia será la gradual y permanente inundación de las zonas más bajas”, sin desestimar, la importancia de la pérdida de tierras por el incremento del proceso erosivo en la zona costera y la activación de acantilados muertos (ANAM, 2000a).</p>	<p>millones de dólares en pérdidas materiales.</p> <p>En el periodo 2006-2007, una sequía prolongada afectó unas 4.900 hectáreas cultivadas de arroz en las provincias de Herrera, Los Santos, Coclé y Panamá, provocando pérdidas millonarias.</p>
9	Bahamas 2 NC:2014 NDC:2015	<p>A Futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Toda la zona costera es susceptible a aumentos del nivel del mar e inundaciones. - El alto oleaje producto de huracanes y tormentas a futuro, puede mantener inundadas la mayor parte de las islas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los impactos adversos del CC son elevados por su ubicación geográfica, haciéndola bastante vulnerable: masas de tierra limitadas, bajo relieve, islas dispersas, concentración de actividades socioeconómicas en la zona costera; junto a las ambientales: altas temperaturas, mareas de tormenta, aumento del nivel del mar, inundaciones, ciclones tropicales y procesos no tropicales. Gran parte del territorio está a unos pocos metros sobre el nivel medio del mar (el punto más alto está a solo a 63 m), el 80% está por a una media de 1m; los registros indican un ascenso del mar de 0,3m. - La isla más húmeda corresponde a Gran Bahamas y la más seca Inagua. - Las predicciones para el 2050 apuntan a la disminución de las precipitaciones en la estación seca y húmeda en todas las islas, alcanzando hasta un 20% (Exuma, Eleuthera y Nueva Providencia); para las demás islas disminuirá entre un 5 a 10%. Las regiones al sudeste como Inagua, permanecerán más secas. Las diferencias estacionarias serán mayores. La temperatura aumentara entre 0,9-2,11°C, las islas que experimentaran mayor aumento, corresponden a las de sudeste (Gran Bahamas e Inagua). - Las estimaciones del ascenso del nivel del mar están dadas entre 0 a 0,5mm/año, la tasa de levantamiento vertical es de 0,7mm/año, por lo tanto, Las Bahamas no se verá afectado directamente por este parámetro. - Bajo los peores escenarios de CC y ocurrencia de huracanes y tormentas, se estima que las oleadas pudiesen llegar hasta 7m de altura, inundando la mayoría de las islas 	<p>Las tormentas y huracanes tropicales representan la principal amenaza natural (Junio - Noviembre) y en menor ocurrencia y duración, las tormentas y ciclones no tropicales, que pueden ocurrir en cualquier época del año en el archipiélago de Las Bahamas.</p> <p>Su territorio total está conformado por 700 islas y más de 200 cayos.</p> <p>Entre 1871-1999: 186 huracanes y 86 tormentas afectaron las islas de Las Bahamas, los vientos eran >160km.</p> <p>El Huracán Joaquín (2015), ha sido uno de los eventos que ha generado mayores pérdidas.</p>
10	Barbados 1NC: 2001 NDC:2015	<p>A Futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las principales áreas que serían afectadas por inundaciones son: la costa sur, oeste y la capital Bridgetown; y en menor grado, las zonas costeras del oeste, noreste y suroeste. 	<ul style="list-style-type: none"> - Barbados es un pequeño Estado insular en desarrollo, que es extremadamente vulnerable a los impactos adversos del CC. Las principales vulnerabilidades son: aumento del nivel del mar, erosión costera, inundaciones e intensificación de tormentas y huracanes. En los últimos años ha experimentado eventos climáticos más extremos, así como también cambios más sutiles para patrones de temperatura, precipitación y el nivel del mar. - El aumento del nivel de mar previsto ocasionaría un incremento de erosión en las costas, reducción de las defensas costeras e inundaciones; y la acentuada ocurrencia de huracanes y tormentas más severas (10-20%), que se traduce en aumento del nivel del mar y sus consecuencias. La erosión en las costas ocasiona pérdidas significativas de playas angostas y con pendientes bajas, en consecuencia, eliminan la protección natural contra inundaciones. - En base a las predicciones del aumento del nivel del mar: la costa sur, se vería inundada hasta 1km tierra adentro; la costa oeste, un área de 300m y la capital Bridgetown, una zona de 150m; éstas 3 zonas son estratégicas, ya que en ellas se ubican las principales infraestructuras y posee una alta densidad demográfica. Las zonas costeras del oeste, noreste y suroeste, también se verían afectadas por la condiciones de sus playas (bajas y erosionables). - Se prevé también que aumente la severidad de las sequías. 	<p>Entre 1955-1999, se registraron 58 eventos con daños importantes en la isla, éstos provocaron inundaciones y ráfagas de vientos considerables, siendo los huracanes Janet (1955), Allen (1980) y una combinación de onda tropical-tormenta del 1995, las más destructivas.</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
11	Haití 2 CN: 2013 NDC: 2015	A futuro: No posee desarrollados escenarios climáticos nacionales.	Es un país muy vulnerable a los efectos del CC exacerbado por la fuerte degradación de su entorno y su baja capacidad de respuesta. Las condiciones climáticas extremas (ciclones, sequías, inundaciones) son uno de los principales esfuerzos para su desarrollo. Ocupa el cuarto lugar en el mundo por su vulnerabilidad a los efectos del CC Todos los ríos están sujetas a variaciones estacionales 1971 a 2000. Temperaturas máximas y mínimas para Haití son 29,1°C y 18,5°C, y un promedio de precipitación de 1.545 mm, con un promedio máximo de 2.318 mm en Vallières y un mínimo medio de 483 mm en la región de Gonaïves, seguido por el de Jean-Rabel de 922 mm. Según los escenarios del IPCC, las temperaturas y la evapotranspiración aumentarían, habrá una disminución significativa de las precipitaciones. Anticipan un clima más cálido y más seco para el país. Las temperaturas máximas aumentarían entre 0,7 °C y 1,7 °C en los horizontes 2011-2040 y 2041-2070. Reducción en la precipitación anual del 6 al 20%, a estacionalidad y un aumento en el nivel del mar promedio	Eventos hidrometeorológicos, sequías e inundaciones. Ciclonos, sequías e inundaciones. Los efectos se observan principalmente en mayores períodos de sequía, cambio en el régimen hídrico de las cuencas hidrográficas y pérdida de la vida humana debido a Inundaciones causadas por tormentas tropicales.
12	Jamaica 2NC: 2011 NDC: 2015	La pobreza, el alquiler de los asentamientos humanos en zonas de alto riesgo, la degradación del medio ambiente, y los casos de infraestructura mal construidos, agravan más su alta fragilidad. A futuro: El aumento del nivel del mar afectaría a zonas costeras, principalmente: Portmore, Long Bay Negril, St. James y la bahía de St. Margaret. El aumento del nivel de mar ocasionaría erosión de las costas y las obras ingenieriles existentes para u protección de costas serian limitadas	Jamaica es particularmente vulnerable a los impactos del clima, no solo en términos de sus recursos naturales, sino también del desarrollo económico, como sectores como el turismo, la agricultura, la pesca, la silvicultura y el agua y bienestar social. Está experimentando cambios en los patrones de precipitaciones y otros parámetros climáticos, algunas tesis postulan que se deben a la variabilidad natural y otros al CC. Según registros (1981-2007) la precipitación media anual es de 1.871mm. Las temperaturas tienen un promedio de 26,2 a 30.0°C. Los días secos y días de lluvias han aumentado y el número de días de lluvia pesada está aumentando. Es afectada por ciclones tropicales y tormentas, que cambian continuamente el clima en la temporada. Los distintos escenarios climáticos evaluados indican un aumento constante de la temperatura en todas las estaciones, se prevé que será 0,5°C por década. Se incrementara la evaporación y la precipitación disminuirá. Se prevé también aumentos del nivel de mar (0,18 - 1,6m) y un aumento de ocurrencia de huracanes y tormentas.	Entre 2001 y 2012, experimentó 11 eventos de tormentas (incluidos 5 huracanes mayores) y varias inundaciones y sequías. Históricamente ha sido afectada por fuertes huracanes tropicales. Los más recientes: Sandy (2012), Dean (2007) e Ivan (2004).
13	República Dominicana 2 NC: 2009 NDC: 2015	Actualmente: Las zonas costeras se ven afectadas por las inundaciones y lluvias intensas causadas por eventos extremos y los huracanes y tormentas. A futuro: Las zonas costeras por incremento del nivel del mar y el aumento en intensidad y frecuencia de fenómenos.	La posición geográfica, los fenómenos y variaciones climáticas que lo afectan y su relieve, hacen que posea una variedad de climas y microclimas, entre ellos: seco estepario, templado húmedo, Sabana, Húmedo de Bosque, Tropical Húmedo de Sabana, Tropical Húmedo de Bosque, Tropical Húmedo de Selva y Templado Húmedo. La temperatura media anual para el país se sitúa en 25,5 °C; pero las grandes variaciones del relieve marcan diferencias en el orden de los 28 a 26°C en las áreas más bajas, y hasta 22 a 18°C en las estaciones de mayor altitud. La distribución de las lluvias existe normalmente tres temporadas de lluvias: Temporada Frontal (Noviembre - Abril), Temporada Convectiva (Mayo-Julio) y Temporada Ciclónica (Agosto-Octubre), resultando su distribución espacial en un régimen de lluvias muy complejo de acuerdo con la orografía; la media anual de lluvia para todo el país es de 1.500 mm, con variaciones que van desde 350 mm en la Hoya de Enriquillo hasta 2.743 mm anuales en la Cordillera Oriental.	Los riesgos naturales del país están fundamentalmente vinculados a eventos climáticos extremos, como: huracanes, tormentas tropicales, inundaciones, sequías, incendios forestales, tornados y granizadas. . El impacto de las inundaciones será especialmente severo en las playas arenosas, durante las tormentas, tanto por la elevación del nivel del mar, como por el aumento de precipitaciones. Anualmente es afectado por la temporada de tormenta y huracanes (junio-septiembre) y a la variabilidad climática que produce intensas lluvias.

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
			<p>Los escenarios climáticos, predicen una disminución de la lluvia en los próximos decenios hasta el año 2030, tendencia que, debe mantenerse en lo que resta de siglo. También se prevé un incremento de la temperatura entre 0,3 y 0,7°C; aumento del nivel del mar entre 3,8 cm y 25,9 cm e incremento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos, como tormentas tropicales y huracanes.</p>	<p>Dentro de los fenómenos naturales que lo afectan están: Norte, El Niño</p> <p>El Huracán Jeanne (2004), provocó las inundaciones más fuertes durante los últimos 100 años. El huracán George (1997), y las tormentas tropicales Olga y Noel (2007), causaron terribles daños.</p>
14	<p>Trinidad y Tobago</p> <p>2 NC:2013</p> <p>NDC:2015</p>	<p>Actualmente:</p> <p>Las áreas más bajas susceptibles a inundaciones se encuentran en el suroeste, este y noreste de Trinidad y en el suroeste de Tobago. Las inundaciones pueden ser generadas por eventos de lluvias extremas y la temporada de huracanes y tormentas. También la erosión costera afecta las actividades económicas y a la infraestructura, principalmente: al sur de Trinidad, al norte y sur de la Bahía de Mayaro, y en la a Bahía de Guayaguayare.</p> <p>Los principales asentamientos poblacionales de Trinidad se encuentran en todas las faldas de la cordillera septentrional, extendiéndose de este a oeste y al sur de la Cordillera del Norte. Es menos impactado por huracanes y tormentas. Tobago está más dominado por tierras altas y, en consecuencia, un mayor porcentaje de asentamientos poblacionales se producen en pendientes empinadas y erosionables. Es continuamente afectado por huracanes y tormentas, esto sumado a sus características de relieve y suelos, hacen esta zona muy vulnerable.</p> <p>Otra zona poblada y vulnerable son las llanuras aluviales, en donde se ven afectados continuamente por inundaciones que ha llevado a reubicación de los pobladores.</p> <p>A futuro:</p>	<p>Posee dos tipos de clima: Marítimo tropical y Ecuatorial húmedo modificado. La lluvia se ve altamente influenciada por la convección y los sistemas climáticos ecuatoriales. Estos dos tipos climáticos dan como resultado dos estaciones distintas, una estación seca desde de enero a mayo y una temporada húmeda o lluviosa de junio a diciembre. Los datos históricos de precipitación (1960-2006), indican que los meses de Junio a Agosto son los más lluviosos (~ 250mm/mensual); a nivel anual, las mayores precipitaciones se han dado en los años 1981 y 1983 con registros por encima de los 2300mm/anales; con respecto a la temperatura, se observa un patrón de aumento (mínima, máxima y media anual).</p> <p>Por su ubicación geográfica es un país más vulnerable al aumento del nivel del mar, el aumento de la temperatura de la superficie y el aumento de la frecuencia de huracanes. Los escenarios futuros plantean cambios en la temperatura y las precipitaciones para los segmentos de tiempo de: 2035, 2050 y 2075.</p> <p>Es probable que los cambios proyectados en la precipitación para: 2035, 2050 y 2075 den lugar a condiciones medias más secas y áridas. Los principales efectos del CC esperados: aumento de las inundaciones, el aumento de la frecuencia y la intensidad de los huracanes, erosión y la pérdida de la ladera de hábitats costeros.</p>	<p>Su clima es afectado por las variaciones climáticas como: sistema de alta presión Azores-Bermuda High, Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ), Depresión del Atlántico, Convección diurna y la orografía; y en menor grado: frentes polares, olas tropicales y aumento de lluvias por la temporada de huracanes y tormentas.</p> <p>El huracán Flora (1963), ha sido el evento extremo que ha generado mayores pérdidas. En la data evaluada entre 1851- 2010, indica que las principales tormentas ocurrieron durante el ciclo 2000 - 2004 y los huracanes más severos durante los ciclos: 1960 - 1964 y 2000 – 2004.</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
		La cuenca del río Caroní, es la más vulnerable ante los efectos del CC, principalmente por el aumento del nivel de mar y precipitaciones a futuro, y la ocurrencia de inundaciones		
15	Argentina 3 NC:2015 NDC:2016	<p>Actualmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las Provincias de Santa Fe, Buenos Aires, La Plata y la Cuenca del río Salado del Sur, sufren continuas inundaciones. Los eventos extremos se han intensificado desde 1960, ocurriendo 1 cada 4 años. - Áreas ribereñas medias y bajas del río Paraná. <p>A futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las zonas vulnerables a inundaciones y tormentas, van a seguir siendo las mismas, las proyecciones muestran que los fenómenos se van a intensificar - La costa marítima de las planicies del río La Plata, pudiesen verse afectadas por inundaciones generadas por mareas y situaciones meteorológicas (costa al sur de Bahía Blanca, Bahía Anegada, Bahía San Blas y la zona sur de la Bahía Samborombón) 	<ul style="list-style-type: none"> - Posee una gran biodiversidad, con diversas características geomorfológicas, climáticas y edafológicas, situación que da lugar a la presencia de 18 ecorregiones, de las cuales 8 han sido clasificadas como de alta prioridad para la conservación. - Se han observado cambios en el clima desde la segunda mitad del siglo pasado, según las proyecciones de los modelos climáticos, en general se van a intensificar y no se van a revertir en este siglo. - La precipitación media aumento en casi todo el territorio no patagónico (1960-2010). Hacia el este, se registraron los mayores cambios (> 200mm). Hacia el norte y el oeste (zonas semiáridas), dicho aumento junto a la estabilidad de la temperatura permitió la expansión agrícola, y con ello el aumento de la deforestación y desmontaje de bosques, cambios negativos en el suelo y en el ciclo del agua. Por el contrario, sobre los Andes patagónicos las precipitaciones tuvieron un cambio negativo, los ríos en el norte: San Juan, Mendoza, Negro y Neuquén, parecen indicar que hubo reducciones de las precipitaciones en sus cuencas altas durante el siglo XX. En ese mismo periodo la temperatura media aumento en la mayor parte de la Patagonia, y registrándose un aumento de los días con olas de calor y una reducción en el número de días con heladas. Debido al aumento de la temperatura y sumando en algunos casos la menor precipitación, casi los glaciares de los Andes patagónicos entre los 37° y 55° S han estado retrocediendo durante las últimas décadas - Por otra parte, las altas precipitaciones en Brasil y Paraguay, han incentivado las crecidas e inundaciones del río Paraná. - Se estima que continuará la alta frecuencia de las precipitaciones intensas e inundaciones. En lo que respecta a la precipitación media no se esperan grandes variaciones en las próximas décadas. Sin embargo, consistente con lo observado recientemente, se proyectan aumentos en la frecuencia de eventos de precipitaciones intensas. 	<p>Las inundaciones son las catástrofes de origen natural que mayores daños han causado en las últimas décadas. Los excesos hídricos producen estos fenómenos, los cuales se deben a: prolongados periodos de precipitación intensa, ocupación de zonas bajas inundables con alta exposición y la inadecuación de las obras hidráulicas que fueron diseñadas para condiciones climáticas antiguas. Son comunes por desbordes de lagunas y/o cursos de agua y la poca posibilidad de drenar naturalmente las grandes llanuras que se extienden por el este del país.</p> <p>Otra forma de inundaciones se da en la costa marítima, por efecto de fenómenos meteorológicos como las mareas.</p>
16	Bolivia 2 NC: 2009 NDC:2016	<p>A Futuro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altiplano: mayor concentración de la precipitación y frecuencia de tormentas con menor número de días con lluvia e Inundaciones en época de lluvias - Valles interandinos: mayor concentración de la precipitación, mayor frecuencia de tormentas con menor número de días con lluvia, Riesgos incrementados de deslaves, mazamoras y otros relacionados. 	<p>En Bolivia se encuentran todos los climas de la zona intertropical, desde el tropical en los llanos hasta el polar, a medida que se asciende en las altas cordilleras, por lo que los impactos del cambio climático son diversos. Durante los últimos 50 años, el país ha perdido aproximadamente el 50% de la superficie glaciar y se prevé temperaturas más altas y eventos de precipitación más fuertes durante la época de lluvias, que exponen a las diferentes regiones del país a la prolongación de las épocas secas y a un aumento en la frecuencia y magnitud de las inundaciones, riadas, granizadas, desbordes de ríos, deslizamientos y heladas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Periódicamente está sometida a sequías e inundaciones de magnitud. Posee una mala distribución temporal y espacial del recurso agua, se presentan zonas cercanas que pertenecen al mismo sistema atmosférico, pero con muy diferentes regímenes de precipitación (áreas con precipitación por encima de los 3.000 mm/año y otras, con valores por debajo de los 300 mm). 	<p>Los eventos hidrometeorológicos extremos son frecuentes y tienden a incrementarse en magnitud e intensidad. Los principales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oscilaciones ENOS: Niña: 2007-2008, 2001-2002, 1988-1989, 1982-1983, 1973-1974. Niño: 2006-2007, 1997-1998, 1982-1983. - Inundaciones e intensas precipitaciones, que facilita la ocurrencia de mazamoras, relaves, riadas. - Sequias - Tormentas tropicales

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
		- Llanos y Amazonia: Inundaciones frecuentes y fuertes sequías en invierno	- Las zonas áridas y semiáridas del presente conservarán e incluso intensificarán esta característica (muestran tendencias ascendentes de temperatura), lo que se traduce en un incremento de la demanda de vapor de agua de la atmósfera; mientras que muchas de las zonas húmedas elevarán sus tasas de precipitación en función de su ubicación geográfica y su compleja fisiografía.	- Movimientos convectivos en las regiones de Santa Cruz, Yungas, La Paz y Tarija.
17	Brasil 3 NC: 2016 NDC: 2015	Actualmente: - Amazonia Occidental y Central: fuertes sequías e inundaciones - Sureste: Región montañosa de Rio de Janeiro, inundaciones y deslizamientos - Sur: Región de Santa Catarina, lluvias intensas, inundaciones y deslizamientos. Junto a la región de Rio Grande del Sur, fue afectado por el huracán Catarina (inundaciones y deslizamientos). A futuro: - Región Noreste: Reducción de la precipitación (22%) y aumento de los periodos secos. - Regiones Sur y Sureste: Incremento de la precipitación (25%). Zonas con mayor vulnerabilidad - Región Oriental de la Amazonia: Reducción de la precipitación (22%) - Región de la Amazonia: Aumento de los periodos secos.	- El clima en general y la ocurrencia de eventos extremos (sequías, inundaciones, deslizamientos), han cambiado de frecuencia, intensidad, distribución espacial, duración y sincronismo entre ellos. El ciclo estacional de lluvia se ha visto afectado por variaciones interanuales, como el fenómeno del Niño/Niña, que han producido sequías durante la estación lluviosa, o una lluvia abundante en temporada. - El aumento del nivel del mar entre 1950-2008, fue 2 a 7 mm/año. - Los estudios de escenarios futuros concluyen que existirá un aumento de eventos climáticos extremos, en las mismas regiones con antecedentes de ellos, hasta finales del siglo XXI. - Las predicciones climáticas sugieren una reducción de la precipitación (22%) en la región Noreste y en la parte oriental de la Amazonia, y un incremento del 25% en el Sur y Sureste. Las proyecciones para el año 2100, muestran un aumento en los periodos secos en el noreste y en el Amazonas; y días y noches más calurosos en la mayor parte del sur. El sur y sudeste de Brasil serán las regiones más vulnerables. - El aumento del nivel del mar afectara las actividades humanas y ecosistemas marinos y costeros. Muchas ciudades y centros poblados importantes se encuentran en las costas.	Los principales desastres naturales que afectan al país están representados por eventos meteorológicos extremos y tormentas; algunos de éstos se caracterizan por desencadenar intensos procesos físicos y rápidos (movimientos de masas e inundaciones). Eventos extremos importantes (2004-2014): Huracán Catarina (2004). Sequías (2005, 2010, 2012-2014) e Inundaciones (2008 - 2014). Las sequías del 2005 y 2010 en la amazonia occidental, fueron las peores registradas en el país (déficits hídricos históricos, pérdidas y daños). Las inundaciones/ deslizamientos del 2011 en la región montañosa de Rio de Janeiro, ha sido uno de los peores desastres (pérdidas y daños).
18	Chile 3 NC: 2016 NDC: 2015	A futuro: - Cuencas de los ríos Copiapó y Aysén: disminución entre 5 y 15% de las precipitaciones medias. - Región Sur, Los Lagos y cuenca del río Biobío: disminución más acentuada de la precipitación (> 15%). - Ciudades con amenaza por elevación del nivel del mar: Arica, Iquique, Antofagasta, La Serena, Valparaíso, Concepción, Valdivia, Puerto Montt y Punta Arenas	- Chile es un país altamente vulnerable a los impactos del CC: el bajo nivel de las costas a lo largo de su territorio, el régimen nival y glacial de sus ríos, los tipos de bosques que posee y reforesta. cumple con 7 de las 9 características definidas por CMNUCC. Su clima está altamente influenciado por las oscilaciones del sur El Niño (ENSO), la decenal del Pacífico (PDO) y la antártica (AAO). - Las tendencias observadas en las temperaturas medias hasta 2010, exhiben un patrón de enfriamiento en las costas (coincide con el patrón de PDO), y calentamiento en el interior (valle central) y en los Andes. Las precipitaciones (siglo XX y XXI), poseen tendencias variables, dependiendo de la región y el periodo considerados, en donde es notoria la influencia del PDO. - Los escenarios climáticos a futuro (2031-2050) muestran un mayor calentamiento en la zona altiplánica y menor en la región austral, el modelo regional, proyecta un mayor calentamiento en la zona andina. En el caso de las precipitaciones, las tendencias indican que el periodo 2031-2050 sería más seco en comparación con la media histórica, y se prevé una disminución de entre 5 % y 15 % para la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Copiapó y Aysén, estas proyecciones se acentuarían hacia la zona sur del	Las principales amenazas que tiene relación con elCC, en orden de ocurrencia son: Inundaciones, aludes y aluviones, deslizamientos, sequías y aumento de la temperatura.

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
			país, específicamente entre la cuenca del río Biobío y el límite sur de la Región de Los Lagos.	
19	Colombia	<p>Actualmente: Nor y Suroeste: concentración de eventos extremos (sequías y precipitaciones)</p> <p>A futuro: - Aumentos de temperatura: Atlántico, Cesar, Valle del Cauca, Vichada, Magdalena, Cundinamarca, Putumayo, Sucre, Meta - Disminución de la precipitación: San Andrés, Providencia, Vaupés, Caqueta, Magdalena, La Guajira y Bolívar. - Aumento de la precipitación: Cundinamarca, Tolima, Nariño, Cauca, Huila, Risaralda, Caldas. - Aumento del nivel del mar: La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia y Choco</p>	<p>El territorio colombiano, por su gran diversidad de ecosistemas, ubicación geográfica y las características físicas y climáticas de un país que tiene tres rangos de montaña, seis regiones naturales y una amplia diversidad cultural que da forma a la dinámica local comunidades.</p> <p>- La Infraestructura fue construida sin tomar en cuenta criterios climáticos. Falta histórica de desarticulación y coordinación entre políticas sectoriales favoreciendo el uso inadecuado del territorio, ampliación desorganizada de la frontera agrícola, elevada tasa de deforestación, malas prácticas de aprovechamiento de los recursos y la ocupación de terrenos con altos riesgos. Los conflictos políticos internos del país, han favorecido la disminuido las acciones de adaptación y mitigación - Las mayores precipitaciones se generan en las regiones: del pacifico (6.283mm/año), Amazonia (3454 mm/año), Orinoquia (2618mm/año) y Andina (2.616mm/año); por el contrario, la que posee con menor registros corresponde a la región del Caribe (1324mm/año). - El incremento de la temperatura será de manera gradual, se estima entre 0,9 - 2,14°C (2040-2100). La precipitación tendrá a disminuir entre un 10-40%, para un promedio de 31% del territorio. - Aumento del nivel del mar afectara a los territorios costeros e insulares. En los peores casos, para el 2040: 75mm, y para el 2100: 260mm.</p>	En los últimos 30 años, los fenómenos de sequías y precipitación extrema, se concentran hacia el nor y suroeste
20	Ecuador	<p>Actualmente: Las parroquias de Sinsao, Zaruma, Camilo Ponce E., El Carmen de Puli, Barbones, son lo de mayor déficit hídricos. Mientras Adbon Calderon, Asunción, Chumblin, San Gerardo, San Fernando, El Progreso, Susedel, Las Nieves, Nabon, Giron, Santa Isabel, presentan mayores vulnerabilidades ante lluvias extremas.</p> <p>A futuro: Algunas zonas de la Sierra y de las partes altas de la Costa y Amazonía podrían enfrentar impactos mayores debido al retroceso acelerado de glaciares, variación en la disponibilidad temporal del agua y aumento de la demanda de este recurso. Los mayores incrementos de temperatura serán para las regiones de los Galápagos, Amazonia y Costa.</p>	<p>Posee una alta variedad de climas y microclimas. En las últimas décadas su clima ha estado controlado por ENOS, quien ha influenciado negativamente al país, acentuando las sequías en los Andes y en las regiones de las llanuras occidentales, respectivamente.</p> <p>1960-2010: Región del litoral de la costa: disminución de precipitación, oscilaciones de temperaturas pequeñas. Región Interandina-Sierra: posee variabilidad en la precipitación, en algunas estaciones tendió a disminuir (36-16%) y en otras aumentó (2- 68%), en promedio 13%. La temperatura ascendió en promedio 1,1°C. Región Amazónica – Oriente: rangos de precipitación variable, oscilo entre 6 a -6%. Y temperatura promedio 0,1°C. Región Insular o Galápagos: precipitaciones en aumento, en un 60%. La temperatura en promedio de 1,4°C.</p> <p>Los efectos a futuro, no serán iguales en todo el territorio nacional debido, entre otros aspectos, a las variadas condiciones geográficas y climáticas del país. La Amazonía tiene mayor resiliencia debido a la abundancia de agua en esta región. Algunas zonas de la Sierra y de las partes altas de la Costa y Amazonía podrían enfrentar impactos mayores debido al retroceso acelerado de glaciares, cambios en la distribución y la salud de los ecosistemas, la variación en la disponibilidad temporal del agua y aumento de la demanda de este recurso.</p>	Los efectos de la Niña y el Niño, se han registrado desde 1957. Hasta lo momentos los eventos con mayores consecuencias y pérdidas fueron: 1972-1973, 1982-1983, 1997-1998.
21	Guyana	<p>Actualmente: Las poblaciones de las Costa, han experimentado eventos meteorológicos extremos:</p>	Los patrones climáticos han cambiado significativamente en términos de intensidad y duración de períodos de lluvias altas y bajas, como resultado, ha generado un aumento en la ocurrencia de inundaciones y sequías. El país ha sido afectado por ENOS. Las poblaciones con mayor número de	Ha experimentado una serie de catástrofes debidas especialmente a eventos meteorológicos y la variabilidad del clima a corto plazo:

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
	NDC:2016	<p>inundaciones pluviométricas y costeras. La zona costera del país se divide en 2 áreas: una ubicada hacia el este, es densamente poblada y cuenta con infraestructura de protección en el mar (muros tipo rip-rap de concreto y de tierra), y la otra, hacia el oeste que no posee ningún tipo de protección y es menos poblada.</p> <p>A futuro: Las principales amenazas a futuro son los aumentos del nivel del mar, oleadas de tormentas, inundaciones y sequías. Esto afectaría a las poblaciones que se asientan en las costas</p>	<p>habitantes, se concentran en una pequeña franja de la costa. Su clima es influenciado principalmente por los cambios estacionales de depresión, ENOS y la Zona de Convergencia Inter-Tropical (ITCZ). Las temperaturas del oscilan entre 16 y 34 °C. El promedio anual de precipitaciones oscila entre 1.600 mm a 3.000 mm. El área de la costa es mucha más seca que tierra adentro.</p> <p>Los escenarios muestran resultados variados, pero coinciden en una disminución de la precipitación a partir de 2060. La temperatura aumentara, 2-4°C. El aumento del nivel de mar, se estima en el peor de los casos: 2031: 26cm, 2051: 43cm y 2070: 51cm.</p>	<p>precipitaciones de alta intensidad, actividad de las mareas/olas. Estos fenómenos son la causa habitual de las inundaciones, mientras que los períodos sostenidos sin lluvia causan sequías.</p> <p>El grado de inundación es también influido por factores humanos como la gestión de residuos sólidos, y la falta de mantenimiento de la infraestructura física de drenaje y riego, conservación y defensa.</p> <p>Uno de los eventos con mayores pérdidas, fueron las inundaciones del 2005.</p>
22	Paraguay 3 NC:2017 NDC:2016	<p>Actualmente: Las zonas más afectadas por el fenómeno de La Niña (que genera escasez de precipitaciones y sequías) son las del Chaco Central y la zona del río Pilcomayo, los distritos de Irala Fernández y Mariscal Estigarribia. En general, la región Occidental es la más afectada por las sequías. Con el aumento de las precipitaciones se evidencia el aumento de los niveles de los ríos principales como el Paraguay y Paraná, causando inundaciones que a su vez ocasionan daños y desplazamiento de poblaciones, principalmente los sectores y ciudades ribereñas.</p> <p>A futuro:</p>	<p>Durante el 2015, se reporta un incremento considerable en las precipitaciones en los meses de noviembre y diciembre como consecuencia del Niño.</p> <p>Los escenarios proyectados prevén un incremento constante de la precipitación y temperatura en los distintos periodos: 2021-2030, 2031-2040 y 2041-2050 (ID y CEDIC, 2016). Según CEPAL (2014), para el caso de los escenarios A2 y B2, se prevé un incremento de la precipitación en algunas zonas del país para los periodos 2010-2039 y 2070-2100, y se estima que habrá un descenso en el periodo 2040-2069; con la Temperatura, se prevé un incremento de al menos 1°C para ambos escenarios (A2 y B2) y para todos los periodos considerados (2010-2039, 2040-2069 y 2070-2100); también consideran la posibilidad de ocurrencia de eventos extremos, así como los efectos o impactos de los mismos en los sectores prioritarios.</p>	<p>Se ven afectados por múltiples fenómenos: lluvias intensas, sequías, olas de calor, heladas e inundaciones.</p> <p>Los eventos de lluvias intensas y tormentas causan daños materiales e incluso vidas al producirse intensas escorrentías en las ciudades y principales poblaciones.</p> <p>Durante el trimestre de diciembre de 2010 – enero y febrero de 2011, el centro y el norte del Chaco estuvieron influenciados con déficit de precipitación. Los eventos relacionados a La Niña más fuertes ocurrieron en los años 1970, 1973, 1975, 1988 y 2000, con anomalías de temperatura superficial del mar (TSM), entre -1°C y -2°C entre los meses de septiembre y abril.</p>
23	Perú 3 NC: 2016 NDC:2015	<p>Actualmente: Las inundaciones afectan principalmente a la selva baja, debido a su relieve plano y a la sinuosa dinámica fluvial de sus ríos. La mayor predominancia de sequías se observa en la zona andina sur del Perú. Los departamentos con mayores emergencias</p>	<p>Posee un clima heterogéneo (27 de los 32 tipos de clima según Thornthwaite): En la costa predomina un clima semicálido muy seco (desértico-árido-subtropical) con una precipitación promedio anual de 150 mm y temperatura media anual de 18° a 19 °C. La costa centro y sur, presenta un clima fuertemente influenciado por la Corriente Peruana o de Humboldt que posee una temperatura promedio anual de 18,2 °C, con máximas en verano de 26 °C y mínimas en invierno de 13 °C y escasas lluvias (1-50 mm anuales). La costa norte, posee un clima semitropical, con temperatura anual promedio de 24 °C. La sierra, cuenta con un clima variado, determinado por la altitud de la cordillera andina, en los niveles intermedios de la cordillera, donde se encuentran los principales valles</p>	<p>En relación a eventos extremos (meteorológicos o climáticos), se destaca la presencia de heladas, friaje, sequías e inundaciones; algunas de estas ocurren anualmente.</p> <p>La Niña y El Niño inciden notablemente en el clima y los eventos extremos.</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
		<p>climáticas entre 2003 - 2015 (4.405 - 1.400 eventos): Apurímac, Huancavelica, Cusco, Ayacucho, Cajamarca, Puno, Amazonas y Arequipa.</p> <p><u>A futuro:</u> La distribución espacial de las proyecciones muestra una alta variabilidad, a excepción de la parte noroeste del país, donde la señal de humedecimiento es clara. Las temperaturas muestran los más altos incrementos en la región del Altiplano.</p>	<p>interandinos (entre los 2.500 y 3.500 m.s.n.m.), la temperatura anual promedio varía entre los 11 °C y 16 °C, y las precipitaciones oscilan entre los 50 y 1.000 mm al año. La selva es una región que cuenta con una diversidad de climas, pero que se caracteriza por contar con un clima tropical, altas precipitaciones y temperaturas, la zona de transición entre los Andes y la Amazonía, la ceja de selva, presenta temperaturas anuales promedio entre los 22 °C y 26 °C; la selva alta presenta una temperatura promedio anual de 31 °C y pocas variaciones térmicas durante el año; la selva baja concentra gran humedad con precipitaciones que oscilan entre los 1.000 a 3.000 mm y una temperatura promedio de 25°C.</p> <p>El análisis de los datos históricos (1970-2000) de precipitación y temperaturas máximas y mínimas muestra una diferenciación estacional y regional para cada una de estas variables. La precipitación anual: los valores más altos se dan en la selva norte, donde existe poca variabilidad anual. Los valores más bajos se dan en general en toda la costa peruana, aunque la costa norte presenta incrementos de precipitación entre diciembre y mayo. Los promedios de precipitación anual son moderados en la sierra, con valores ligeramente más altos en la sierra norte. Hay una disminución marcada en el promedio de precipitación anual nacional desde la década del 70 hasta fines de la década del 80. Aproximadamente 7 % en 20 años. La temperatura mínima y máxima: Las mayores temperaturas del aire se dan en la costa norte y la selva baja, el periodo más cálido es el comprendido entre los meses de diciembre a mayo. Las temperaturas mínimas se encuentran en la sierra centro y sur, principalmente en el Altiplano, el periodo más frío es el comprendido entre los meses de junio a agosto. Existen indicios de que entre las décadas de los 70 y 90, las tendencias de las temperaturas mínimas medias se incrementaron, en promedio, ligeramente en menor proporción que las temperaturas máximas</p> <p>El clima se ve afectado por las variaciones interanuales, principalmente los fenómenos El Niño y La Niña, los cuales generan un aumento y disminución, respectivamente, de la temperatura del mar fuera de la media climatológica, produciendo cambios en los patrones de temperatura del aire y precipitaciones</p> <p>En los escenarios evaluados (4.5 y 8.5), ambos presentan incrementos de precipitación y temperatura, en el más extremo, para el 2036-2065 entre el 10% y el 20% de precipitación y entre 2°C - 3°C, y 4°C - 6°C para la temperatura máxima y mínima. Se espera que el cambio climático genere un incremento de la intensidad de los eventos que de modo natural se dan en el país, con mayores impactos que los registrados hoy y aumentando el número de personas expuestas y vulnerables.</p> <p>La distribución espacial de los resultados de las proyecciones climáticas muestra una alta variabilidad; para la precipitación, muestra cambios de aumento/disminución en estaciones cercanas, excepto en la parte noroeste del país, donde la señal de humedecimiento es clara; por otro lado, los resultados para las temperaturas muestran un aumento de estas en todo el país, los más altos incrementos se encuentran en la región del Altiplano.</p>	<p>Los eventos más dañinos causados por El Niño son 1982-1983, 1997-1998. Sus efectos han estado principalmente limitados al Pacífico central, pero no es claro si esta tendencia continuará en el futuro.</p> <p>Entre 2003 - 2014, las mayores emergencias generadas por fenómenos climáticos corresponden a: lluvias intensas, vientos fuertes, heladas, inundaciones, deslizamientos, huayco, aludes, sequías y maretazo. Siendo los departamentos de: Apurímac, Huancavelica, Cusco, Ayacucho, Cajamarca, Puno, Amazonas, Arequipa</p> <p>Se prevé que el CC aumente las frecuencias de ocurrencias de fenómenos como: aludes, inundaciones pluvial y costera, sequías; e influya en el aumento de la erosión en los suelos y movimientos de masa.</p>

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
24	Surinam 2 NC:2016 NDC:2015	<u>A futuro:</u> Las posibles zonas con problemas: En zonas costeras al norte del país incluyendo su ciudad capital de Paramaribo. Zonas de inundación cercanas al embalse de Brocopondo. Áreas inundables de Ricanau, Commewijne, Coronie,	Aumento del nivel del mar de 1m; Disminución de lluvias del 10%; Aumento de la temperatura (valor desconocido); Posibles cambios en la velocidad del viento	
25	Uruguay 4 NC:2016 NDC:2015	Actualmente: Los Departamentos de: Salto Paysandu, Artigas, Durazno, Soriano, Treinta y Tres, Rio Negro, Florida, Canelones, Maldonado, Rivera, Cerro Largo y Tacuarembó; han presentado problemas con inundaciones, A futuro: Según los escenarios, la región rioplatense se verá especialmente afectada por la variabilidad climática, el 70% de la población se concentra en la costa. Montevideo, ha sido clasificada dentro de las ciudades más expuestas del continente ante los efectos del CC	Está ubicado en una zona templada. Existen períodos definidos de invierno y verano y estaciones intermedias o de transición, otoño y primavera. La temperatura media anual es de 17,7°C. Posee un clima lluvioso con valores promedio de precipitación acumulada anual (generalmente líquida y excepcionalmente sólida, en forma de granizo) que se sitúan en el orden de 1.400 mm, según el período estadístico 1980-2009, presento sus valores mínimos y máximos históricos: 823 mm (2008) y 2060 mm (2002), los mínimos se sitúan en general al suroeste (Departamento de Colonia) y los máximos al noreste del país (Departamentos de Rivera y Artigas). Por lo general, las precipitaciones se caracterizan por su extrema irregularidad y variabilidad El análisis de los registros históricos (1901-2001) muestra una tendencia de incremento de la temperatura anual (0,8°C en el siglo); La precipitación muestra aumentos significados en general desde 1950, principalmente en el litoral atlántico desde 2001. Los cambios de patrones del clima y los eventos extremos han aumentado la erosión en la línea de costa. El nivel de mar ha aumentado según registros de datos. Existe una marcada influencia del fenómeno del Niño (ENOS), es la principal fuente de la variabilidad interanual en el sur de América del Sur. Se han dado años Niño y Neutros, pero no Niña; sus principales efectos se han observado principalmente en primavera y otoño, haciendo que las lluvias ocurridas sean de mayor magnitud respecto a datos históricos para esas épocas del año. Las tendencias climáticas futuras muestran una evolución del cambio de temperatura promedio media anual en superficie tiene un comportamiento similar hasta el 2030 (+0,5°C) para ambos escenarios (RCP 4.5; RCP 8.5); mientras que para el 2050 se estimaron aumentos de +1,0°C bajo el escenario RCP 4.5 y de +1,5°C bajo el escenario RCP 8.5. La precipitación media anual sobre el país indica que existirán ligeros incrementos bajo el escenario RCP 4.5 con aumentos de +0,10 a 0,15 mm día ⁻¹ para el 2030 y bajo el escenario RCP 8.5 se registrarán valores de +0,15 a +0,20 mm día ⁻¹ para el 2050.	Los principales eventos climáticos severos que afectan a Uruguay son: las sequías, inundaciones, olas de frío y de calor, vientos fuertes, tornados, granizadas, heladas, lluvias fuertes y tormentas severas; siendo las principales las 4 primeras. Posee 3 macro cuencas hidrográficas transfronterizas: Río Uruguay, Río de la Plata y el Océano Atlántico y de la Laguna Merín. Se han producido extensos períodos de sequía: 1891-94, 1916-17, 1942-43, 1964-65, 1988-89, 2008-2009, 2010-2011 y 2015. Los mayores registros de precipitaciones e inundaciones se dieron en: 1914, 1959, 1983, 1992, 2002 y 2015. Las inundaciones con mayores pérdidas fueron: 2009, 2007, 1967, 1998; junto con las tormentas del 2002, 2005 y 1997.
26	Venezuela 1NC:2005 NDC:2015	Actualmente: Las regiones de la Cordilleras Andina, Central y Oriental, poseen altas tasas de deforestación y un relieve abrupto, lo cual ha facilitado el aumento de la escorrentía y la	Venezuela es un país con zonas de baja altitud, zonas insulares, zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, zonas expuestas a inundaciones, sequía y desertificación, y zonas con ecosistemas montañosos frágiles, eso lo hace sensible a los efectos adversos del CC y a los efectos secundarios de potenciales medidas de respuesta. La mayor parte del país tiene un clima tropical lluvioso, con una temporada seca, influenciada por la alta presión del Atlántico y una temporada de lluvias, afectada por la Zona de Convergencia Intertropical. Tiene en total 27 zonas climáticas. La precipitación puede variar desde 300-700mm en las	La principal limitante de las tierras es el relieve (44% del total nacional: colinas, montañas), por lo tanto, tiene un alto riesgo a la erosión debido a su variabilidad. Las principales cuencas hidrográficas corresponden a: Orinoco, Caroní, Caura, Apure, Meta, Ventuari,

N°	PAÍS	ZONAS PROBLEMÁTICAS	PERFIL CLIMÁTICO Y ESCENARIOS A FUTURO	EVENTOS Y RECURSOS NATURALES
		<p>ocurrencia de inundaciones aguas abajo.</p> <p>A futuro: La costa del estado Falcón es la más vulnerable al aumento del nivel de mar.</p>	<p>zonas áridas y semiáridas (regiones centrales y costeras) hasta 6.000mm para las áreas muy húmedas o pluviales (región Sur). Las temperaturas medias diarias oscilan entre 28°C en las zonas bajas continentales (centro de los Llanos) hasta menos 0°C en los páramos andino.</p> <p>A lo largo del siglo XX la variabilidad climática natural ha cambiado, se han observado cambios en los valores promedios y en la dispersión de las series, tanto para la temperatura como la precipitación. Entre 1940-2002, las temperaturas máximas, han disminuido a razón de 0,18°C/10 años y las mínimas, han aumentado a razón de 0,37°C/10 años; con respecto a la precipitación ha disminuido sobre todo el país.</p> <p>Los escenarios climáticos desarrollados plantean incrementos de la temperatura, mientras que para la precipitación muestran una tendencia a disminuir, también muestran que en el algún momento del año simulan mayor precipitación. En cuanto al ascenso del nivel del mar, el 85% de las costas más afectadas corresponden al Estado Falcón, el resto, a las demás áreas litorales del país, esto afectaría a la infraestructura, poblaciones, turismo, transporte, bienes inmuebles, entre otros.</p>	<p>Portuguesa, Santo Domingo, Uribante y Chama.</p>

