

Riesgos de Desastre a la Infraestructura en El Salvador

Hacia un marco nacional sostenido para el análisis de riesgos en infraestructura prioritaria

El Salvador es un país pequeño y densamente poblado en América Central con alta vulnerabilidad ante amenazas por fenómenos naturales. Los devastadores impactos del Huracán Mitch en el año 1998 y dos terremotos en el 2001 obligaron al diálogo público sobre la gestión de los riesgos de desastre, y su inclusión en la agenda política nacional. Las redes de infraestructura, incluyendo las redes viales, suministro de agua, generación, transmisión y distribución de electricidad, etc., son de importancia estratégica para la respuesta ante emergencias y post-desastre. Evaluar las condiciones de riesgo y vulnerabilidad de dichas redes sirve para la definición de medidas de prevención y de preparación adecuadas.

A solicitud del Gobierno de El Salvador, la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) financió un estudio de análisis de riesgo en infraestructura prioritaria a escala nacional. En base a las observaciones históricas, el estudio modeló casi 100 diferentes escenarios de amenazas (deslizamientos, inundaciones, tsunamis, terremotos, actividad volcánica) y la vulnerabilidad física de las principales vías, carreteras, puentes, subestaciones y torres de transmisión eléctrica, infraestructura de agua potable y saneamiento, centros educativos e instalaciones de salud. El costo anual promedio de reponer la infraestructura afectada por las múltiples amenazas, dentro del marco de análisis, se estima en \$35,5 millones de dólares. Dicho valor representa un 0.41% del valor total del inventario de infraestructura. Los terremotos e inundaciones representan casi el 80% de las pérdidas potenciales. Entre los tipos de infraestructura y considerando tan sólo el promedio de las pérdidas anuales, los centros educativos tienen el mayor riesgo.

Además de elaborar análisis de riesgo más detalladas, las estrategias recomendadas para aprovechar los resultados de este estudio son las siguientes: (1) usar los estimados iniciales de los riesgos para establecer prioridades al reforzar y modernizar la infraestructura; (2) asegurar que los resultados a nivel nacional sean aprovechados como insumos para la planificación local; (3) ampliar las métricas para el análisis de riesgos más allá de los costos de reposición de la infraestructura; (4) analizar la influencia del cambio climático sobre la vulnerabilidad de la infraestructura ante las inundaciones, los riesgos de deslizamientos, y los tsunamis; y (5) fomentar y sostener la colaboración entre los ministerios y agencias responsables de la infraestructura.

El presente documento resume un análisis de riesgo por amenazas naturales en la infraestructura prioritaria de El Salvador. Dicho estudio se realizó entre febrero 2015 y abril 2016.

Riesgos por amenazas naturales en El Salvador

El Salvador es altamente vulnerable ante amenazas por fenómenos naturales. Es el país más pequeño y más densamente poblado de América Central, con un 66% de sus 6.1 millones de personas viviendo en ciudades y casi el 30% de ellas en asentamientos precarios.¹ El país está ubicado en una de las regiones del mundo más propensas a los terremotos.² También está expuesto a eventos extremos que causan daños mediante las lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos y flujos de escombros / lahares. Más del 90% de la población de El Salvador reside en áreas de alto riesgo de desastres por fenómenos naturales³ y aproximadamente el 96% del producto interno bruto (PIB) del país está vinculado con estas zonas. Aparte de la concentración de personas, activos y actividad económica en áreas expuestas a riesgos, los demás factores que conforman la vulnerabilidad incluyen la degradación ambiental, la pobreza y debilitada capacidad institucional de hacer frente a los desafíos de escasez y resiliencia resultantes del legado de la guerra civil.⁴

Los devastadores impactos del Huracán Mitch en 1998 y dos terremotos en 2001 obligaron al diálogo público sobre la gestión de los riesgos de desastre, y su inclusión en la agenda política nacional.⁵ El Gobierno de El Salvador creó el Servicio Nacional de Estudios Territoriales en 2001 (ahora llamado Observatorio Ambiental). Así, el Gobierno asumió roles y fortaleció capacidades para proporcionar información para la toma de decisiones antes, durante y después de los desastres (por ejemplo, mapeo de amenazas, estudios de análisis de riesgos, sistemas de alerta temprana, entre otras). La *Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres* entró en vigencia en 2005, dando vida al sistema nacional para la gestión de riesgos de desastres que existe hoy en día.⁶ Este sistema incluye comités, políticas, planes en múltiples niveles y con variados actores, como también un fondo nacional de desastres.

¿Por qué es importante el análisis de riesgos en infraestructura?

El buen funcionamiento de los sistemas de infraestructura, tal como las redes viales, de agua potable, energía eléctrica y comunicaciones, es central para la respuesta nacional de gestión de riesgos de desastres (GRD). Un punto de partida para reducir el riesgo de desastres por la destrucción de la infraestructura e interrupción de sus servicios es

comprender cuáles son las amenazas y las vulnerabilidades físicas, sociales, económicas y ambientales; cómo cambiarán las amenazas y vulnerabilidades con el tiempo; y luego decidir cuáles acciones tomar en base a esa información.

Tanto en El Salvador como en otros países, pueden ser pocos los estudios y datos disponibles para apoyar el análisis de riesgo de la infraestructura nacional. Los análisis nacionales suelen depender de los datos de eventos históricos para dar indicaciones puntuales del impacto relativo a los intervalos de retorno de los eventos importantes. Pero este enfoque “de arriba hacia abajo” no está diseñado para explorar el carácter cambiante de las vulnerabilidades. En cambio, los enfoques de “abajo hacia arriba” se construyen sobre los inventarios de vulnerabilidad e información sobre las amenazas para facilitar el análisis de componentes específicos de la infraestructura y posibles escenarios de amenaza (aún no comprobados).

Un nuevo estudio resalta las posibles pérdidas por la infraestructura en riesgo

A solicitud del Gobierno de El Salvador, la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN) y sus socios de ejecución ESSA Technologies Ltd. y WESA-BluMetric Environmental Services Inc., colaboraron con el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, con su Observatorio Ambiental, así como organismos salvadoreños responsables de la infraestructura, para producir estimados iniciales de los valores en riesgo y desarrollar un marco de análisis nacional para la evaluación sostenida de los riesgos en infraestructura.⁷

El equipo utilizó un enfoque de abajo hacia arriba para estimar las posibles pérdidas por la infraestructura en riesgo. En base a las observaciones históricas, el estudio modeló casi 100 diferentes escenarios de amenazas (deslizamientos, inundaciones, tsunamis, terremotos y peligros volcánicos) y un inventario de siete categorías de infraestructura (vías importantes, puentes viales, torres de transmisión y subestaciones eléctricas, infraestructura de agua potable y alcantarillado, centros educativos y de salud). El marco de modelaje incorpora la flexibilidad para explorar las implicancias de la información incompleta e incertidumbres en magnitudes y frecuencias de futuras amenazas. El inventario que mapea las amenazas por fenómenos naturales, desarrollado como parte de este estudio, está incompleto, pero reúne la mejor información disponible al momento. Este marco podría conformar la base para un programa nacional de análisis de riesgos.

El costo anual promedio de reponer la infraestructura afectada por las múltiples amenazas se estima en \$35,5 millones de dólares

El Total Promedio de Pérdidas Anuales (AAL, por sus siglas en inglés) para las siete categorías de infraestructura estudiadas asciende a \$35'528.072. Para ponerlo en contexto, esto representa un 0,15% del PIB anual (2012).⁸

Box 1: ¿Qué es la Pérdida Promedio Anual?

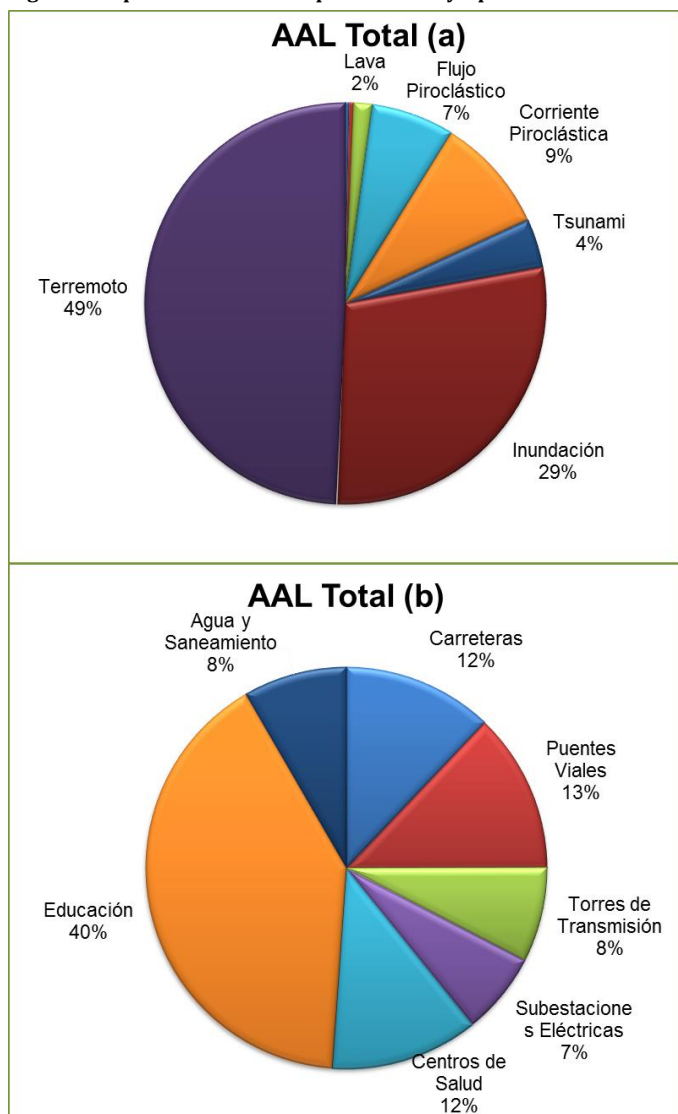
El Promedio de Pérdida Anual (AAL) es una métrica comúnmente utilizada en los estudios de riesgos de desastres. Representa la pérdida previsible por año, como estimación promedio sobre muchos años. En el contexto de este estudio, fue conveniente usar la AAL porque:

- Proporciona una medida uniforme
- Es comparable entre los diferentes tipos de amenazas e infraestructuras
- Se relaciona directamente con las implicancias financieras de la exposición de activos
- Es utilizable en contextos con pocos datos disponibles
- Su cálculo es conceptualmente sencillo (se suman los daños previsible para la infraestructura, medidas en US\$ entre los diferentes escenarios de amenazas).

Las diferencias en la exposición financiera según la amenaza por fenómeno natural y el tipo de infraestructura son dignas de mención (véase la Figura 1). Así como en otros estudios, predominan las pérdidas por movimientos sísmicos e inundaciones. Las pérdidas por sismos son significativas porque todo el país está en una categoría de alto riesgo y toda infraestructura está expuesta a algún grado de movimiento. Las inundaciones, por su parte, ocurren en muchas partes del país, a veces asociadas con huracanes y tormentas tropicales. En cambio, los peligros volcánicos tienen un alto potencial destructivo, pero suceden infrecuentemente. La construcción de infraestructura de importancia crítica ha tendido a evitar las áreas de mayor exposición a estas amenazas. Los estimados de AAL para flujos y corrientes piroclásticas son relativamente altos en este análisis por los intervalos de retorno utilizados, por lo que su incertidumbre es significativa.

De todos los tipos de infraestructura, la exposición financiera de los centros educativos es la mayor. Esto refleja el gran número de edificios distribuidos por todo el país, así como su resiliencia antisísmica relativamente baja. La amenaza más significativa varía entre los tipos de infraestructura. Los movimientos sísmicos son un factor de riesgo importante para las carreteras. Las inundaciones los son para los centros educativos.

Figura 1. Exposición financiera por amenaza y tipo de infraestructura



En (a) las pérdidas relacionadas a los lahares y cenizas ascienden a 0.7% del total de AAL.

Asoman patrones espaciales en la exposición a los riesgos

¿Existe una concentración regional de la exposición financiera? Al resumir los resultados por municipio y presentarlos gráficamente como mapas ayuda a identificar los patrones a través del territorio. Cuando se combinan los resultados de todos los tipos de infraestructura y de las amenazas no son obvias las tendencias espaciales. Sin embargo, al explorar los resultados por tipo de infraestructura y por amenaza, sí se revelan algunos focos de riesgo. Por ejemplo, la Figura 2 muestra la AAL para centros de salud por municipio como proporción del inventario de infraestructura. Los valores en riesgo estimados son significativos en todo el país, pero tienden a ser mayores en las zonas costeras. Estas áreas están sometidas a más impactos de inundación, tsunami y movimientos sísmicos, estos últimos amplificadas por los suelos poco consolidados.

El presente estudio da un paso inicial para mejorar el análisis y finalmente la gestión de riesgos de desastre por fenómenos naturales en la infraestructura importante de El Salvador.

Las siguientes recomendaciones tienen por objetivo aumentar la capacidad del Estado para fortalecer la resiliencia ante los riesgos por desastres en la infraestructura existente y para tomar en cuenta las amenazas por fenómenos naturales en el desarrollo futuro.

Se destacan cinco estrategias para reducir los riesgos por desastres, en base a los resultados de este estudio

1. **Usar los estimados iniciales de los riesgos para establecer prioridades al reforzar y modernizar la infraestructura.** Los resultados de este estudio ya pueden orientar las inversiones en medidas correctivas – reparaciones, restauraciones y tácticas para reducir el riesgo en componentes específicos de infraestructura. Las gerencias de las infraestructuras podrán identificar la fuente de la AAL para sus instalaciones y establecer prioridades según los diferentes tipos de amenaza. Una cartera de medidas para reducir los riesgos incluirá medidas para amenorar la vulnerabilidad de una instalación (por ejemplo, mejoras estructurales para reducir los impactos sísmicos o de inundaciones) o su exposición (por ejemplo, trasladarla a mayor altura, construir muros de contención para interceptar los derrumbes), para disminuir el potencial de interrupciones de sus servicios (por ejemplo, cambiar los planes operativos) y acortar sus tiempos de recuperación y los costos de fallas en infraestructura (por ejemplo, tácticas de respuesta rápida). Los resultados del estudio también podrán ayudar a identificar los componentes de la infraestructura con alto potencial de pérdidas pero que requieren más estudio para determinar medidas costo-eficaces para reducir su riesgo.
2. **Asegurar que los resultados a nivel nacional sean aprovechados como insumos para la planificación local.** Los Gobiernos locales cumplen un rol clave en la reducción de riesgos de desastres. Los análisis de riesgo a nivel nacional, como el presente, complementan a los análisis locales. El Proyecto de Fortalecimiento de Gobiernos Locales (PFGL – una iniciativa financiada por el Grupo del Banco Mundial para fortalecer la gobernanza local⁹) invirtió \$8 millones en desarrollar las capacidades de las 262 municipalidades de El Salvador en la gestión de riesgos de desastres. Entre otras actividades, los gobiernos locales desarrollaron un plan municipal para la gestión de riesgos de desastres. No todas las municipalidades completaron sus planes dentro de los plazos del Proyecto y los planes desarrollados varían en cuanto a

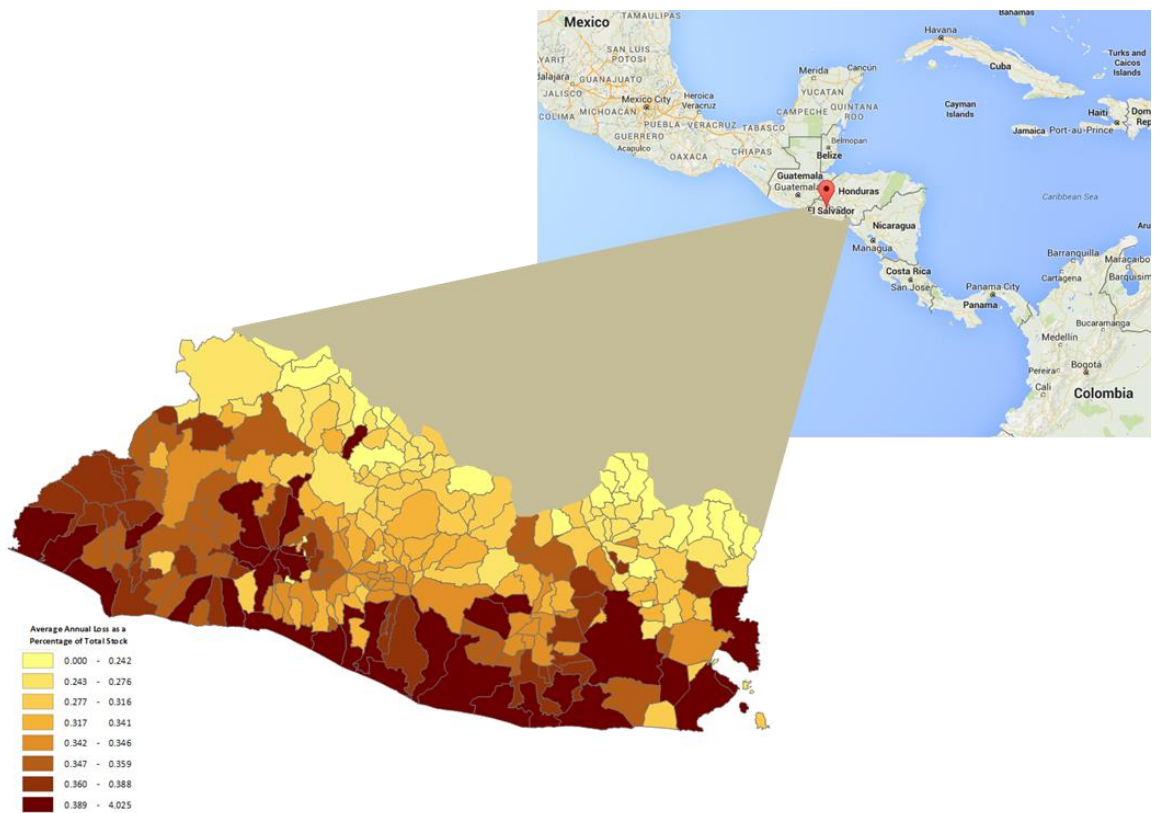


Figura 2. Pérdidas esperadas en relación a centros de salud, por municipio. El color más oscuro implica un nivel de vulnerabilidad más alto, medido como AAL en proporción al inventario total de infraestructura

su profundidad y calidad.¹⁰ No obstante, es importante compartir información de los análisis realizados a diferentes escalas. El presente estudio nacional identificó la infraestructura más expuesta a una gama de amenazas naturales. Los escenarios y mapas de amenazas desarrollados como parte del estudio podrán orientar los nuevos planes municipales y sus actualizaciones. Los flujos de información podrán y deberán darse en ambos sentidos. Por ejemplo, el análisis de riesgo nacional podría refinar su caracterización de la vulnerabilidad de ciertas instalaciones en base al análisis local del impacto de los desastres pasados en la infraestructura.

3. **Ampliar las métricas para el análisis de riesgos más allá de los costos de reposición de la infraestructura.** Este estudio representa el riesgo en la forma de la Pérdida Anual Promedio (AAL) estimada a partir de los impactos directos sobre la infraestructura. Elegimos este enfoque por las razones mencionadas en el Recuadro 1. Claramente, da una mirada parcial de los valores en riesgo. El trabajo futuro deberá incorporar los aspectos del riesgo más allá de los costos de reparación o del costo de reposición de la infraestructura. Una mirada ampliada del riesgo podrá incluir, por ejemplo, daños y pérdidas de los contenidos de los edificios (por ejemplo, hospitales con equipos costosos), impactos en redes (por ejemplo, la interrupción del servicio eléctrico a una estación de tratamiento de agua potable puede afectar el suministro del agua a un hospital, con graves repercusiones para

su funcionamiento), tiempos de recuperación y su impacto (por ejemplo, si es fácil tomar otra ruta alrededor de un puente o colocar un nuevo puente temporal rápidamente, entonces el daño del puente es menos significativo que en un escenario donde el puente es irremplazable) y otros costos indirectos (por ejemplo, empleos y actividad económica perdidos debido a los daños en la infraestructura y el impacto de esos daños para otras infraestructuras de la red).

4. **Analizar la influencia del cambio climático sobre la vulnerabilidad de la infraestructura ante las inundaciones, los riesgos de deslizamientos, y los tsunamis.** El cambio climático mundial está alterando los patrones del clima estacional; como resultado están modificándose la frecuencia, intensidad, extensión espacial, duración, y momento de ocurrir de los eventos climáticos extremos.¹¹ El Salvador atestiguó los perjuicios de los eventos climáticos extremos de creciente intensidad en los últimos cinco años. Los análisis de riesgo deben tomar en cuenta la influencia de las cambiantes condiciones climáticas en los perfiles de vulnerabilidad de infraestructura.

Este estudio incluyó las amenazas y los impactos de desastres que son independientes del cambio climático (por ejemplo, las amenazas volcánicas y sus impactos). También incluye amenazas e impactos con vínculos claros con el cambio climático. En particular, se puede prever:

- Una creciente intensidad y/o frecuencia de tormentas tropicales y huracanes que conducirán a mayores frecuencias de inundación y posiblemente aumentos en la extensión de zonas inundables;
- Una mayor probabilidad de lluvias intensas que llevarán hacia un mayor potencial de deslizamientos y lahares;
- El aumento del nivel del mar amenaza con ahogar a los manglares, lo que aumentará la vulnerabilidad a los tsunamis.

El modelaje del clima futuro y de sus efectos estuvo fuera del alcance de este estudio, pero sí realizamos un análisis de sensibilidad. Para las inundaciones, que constituyen una fuente importante de AAL, los resultados de los modelos climatológicos son de uso limitado para predecir con confianza cómo las inundaciones podrán modificarse en respuesta al cambio climático. Sin embargo, los resultados de los modelos climáticos sugieren que los eventos de inundación máxima podrían ser dos veces más frecuentes en El Salvador en el futuro.¹² Al duplicar la frecuencia de inundaciones en nuestro análisis observamos que el riesgo por inundación se iguala al menos con el riesgo sísmico. Los caudales máximos cada vez mayores podrían también ampliar el territorio inundado. El análisis en nuestro marco de modelaje indica que un incremento relativamente mínimo en la extensión inundada podrá tener un impacto grande en el número de edificios expuestos.

Mirando hacia el futuro, los análisis de riesgo deberán investigar las tres dimensiones del cambio climático ya enumeradas. Recomendamos comenzar con la amenazas de inundación y ampliar los escenarios de inundación presentados en nuestro marco de modelaje para analizar las implicancias de alteraciones en las probabilidades de inundación y en el área inundable, fenómenos posibles con el cambio climático.

5. **Fomentar y sostener la colaboración entre los ministerios y agencias responsables de la infraestructura.** Hasta la fecha, los análisis para la gestión integral de riesgo de desastres en El Salvador se han hecho esporádicamente con financiamiento para proyectos. Los resultados del presente estudio y el proceso subyacente ofrecen la oportunidad de construir un enfoque sostenible en base a la constante colaboración entre los ministerios de Estado y otras agencias responsables de la infraestructura importante. Al desarrollar este estudio, identificamos una red de actores que comparten el interés en el análisis de riesgo en infraestructura y apoyan la necesidad de aprovechar el impulso creado por este estudio financiado por CDKN. Como próximos pasos, sugerimos avances en dos principales áreas: (a)

establecer una estructura institucional sostenible para facilitar el análisis de riesgo a nivel nacional y (b) mejorar la disponibilidad y calidad de los datos existentes y con una visión hacia el futuro.

Por lo general, los recursos financieros y humanos son escasos y son altas las demandas encaradas por el personal técnico clave. Se pueden identificar varias acciones para continuar avanzando con el trabajo que se ha iniciado. Éstas incluyen: (i) fomentar el intercambio de los datos e información respaldado con acuerdos apropiados de alto nivel; (ii) identificar y empoderar al personal clave; y, (iii) promover la comunicación y la interacción periódica entre las agencias responsables. Es crítico que se designe un punto focal que lidere la coordinación interinstitucional. Una opción sería que se designe dicho punto focal dentro del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, como organismo coordinador central.

El presente estudio utilizó los mejores datos disponibles que estuvieran accesibles al equipo durante el tiempo del proyecto. Sin embargo, queda trabajo por hacer para asegurar que los datos más actualizados y exactos sobre la infraestructura se hayan recopilado. Esto implicará colaborar estrechamente con las/los representantes de los diferentes ministerios y organismos pertinentes y podrá requerir un tiempo considerable. A título de recomendación, se sugiere que un enfoque costo-eficaz para aumentar los inventarios compilados incluya el aporte de estudiantes de posgrado e investigadores/as de las universidades locales. También será importante llenar los vacíos en los datos (por ejemplo, sobre los factores que hacen que la infraestructura sea vulnerable). Las actividades rutinarias, como censos nacionales de centros educativos y hospitalarios, e infraestructura de transporte, son puntos de entrada clave para levantar nuevos datos pertinentes al análisis de riesgo.

Más Información

Tim Webb

Email: twebb@essa.com

Jimena Eyzaguirre

Email: jeyzaguirre@essa.com

Para acceder al informe técnico completo, sírvase contactar a international@essa.com o medioambiente@marn.gob.sv

Este documento es producto de un proyecto encomendado por la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN). CDKN es un programa financiado por el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID) del Reino Unido y la Dirección General de Cooperación Internacional (DGIS) de los Países Bajos en beneficio de los países en vías de desarrollo. Los criterios expresados e información contenida no son necesariamente los de DFID, DGIS ni las entidades que administran las prestaciones de la Alianza Clima y Desarrollo, ni endosados por éstas, las que no podrán aceptar ninguna responsabilidad jurídica ni civil de tales criterios, de que la información sea completa o exacta ni de los resultados de su aplicación.

Notas al Final

¹ UNISDR, Informe Mundial de Evaluación 2015, Perfil Nacional de Riesgos de El Salvador

² Gestión de riesgos por desastres en América Central: Notas Nacionales GFDRR – El Salvador http://www.gfdr.org/sites/gfdr.org/files/El_Salvador_DRM.pdf

³ Evaluación y Coordinación de Desastres por la ONU, 2010. También, CDKN y ODI (2014). El Marco Futuro para Reducción de Riesgos por Desastres – en base a los datos de Puntos Candentes Mundiales, Banco Mundial (2005).

⁴ Según el Programa de Indicadores del Riesgo de Desastres y la Gestión de Riesgos para las Américas del Banco Interamericano de Desarrollo, Nicaragua, Jamaica, Guatemala, El Salvador y Honduras son los más vulnerables entre 19 países latinoamericanos. Esta evaluación se basa sobre una medida agregada que considera la exposición y susceptibilidad, las fragilidades socioeconómicas y la falta de resiliencia (IPCC 2012, página 92).

⁵ C. Kattan, Comunicación personal; Informe Nacional Sobre la Gestión Integral del Riesgo De Desastres de El Salvador (2013)

⁶ Véase la Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres (http://www.preventionweb.net/files/21406_15530leydeproteccincivil1.pdf)

⁷ Los ministerios y agencias incluyen: el Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, Ministerio de Obras Públicas, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), la Comisión Hidroeléctrica del Rio Lempa (CEL), la Empresa Transmisora de El Salvador (ETESAL) y la Comisión Ejecutiva Portuaria Autónoma (CEPA).

⁸ http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?Code=NY.GDP.MKTP.CD&id=af3ce82b&report_name=Popular_indicators&populartype=series&ispopular=y

⁹ Véase: <http://www.pfql.gob.sv/Site/index.php/pfql/antecedentes.html>

¹⁰ PFGL Unidad Ejecutora del Proyecto "La experiencia del PFGL en la Planificación Municipal del Riesgo de Desastres desde una metodología participativa", presentación 20 de marzo, 2015. Ryna Avila, comunicación personal.

¹¹ IPCC, 2012: Gestión de Riesgos de Fenómenos Extremos y Desastres para Adelantar la Adaptación al Cambio Climático. Informe Especial de Grupos de Trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Campo, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EEUU, 582 pp.

¹² E. Aguilar, T. Peterson, P. Obando, R. Frutos, J. Retana, M. Solera, J. Soley, I. Garcia, R. Araujo, A. Santos, V. Valle, M. Brunet, L. Aguilar, L. Alvarez, M. Bautista, C. Castanon, L. Herrera, E. Ruano, J. Sinay, E. Sanchez y G. Oviedo, "Cambios en extremos de precipitación y temperatura en América Central y el norte de Sudamérica, 1961–2003," *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, p. 15, 2005.

de precipitación máxima en 24 horas que suceden una vez en 20 años llegarán a suceder una vez en 15 años para fines del siglo XXI.

Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, y X. Zhang, 2012: Cambios en extremos climáticos y sus impactos en el ambiente físico natural. En: *Gestión de Riesgos de Fenómenos Extremos y Desastres para Adelantar la Adaptación al Cambio Climático* Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, y P.M. Midgley (eds.). A Informe Especial de Grupos de trabajo I y II of the Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, NY, EEUU, pp. 109-230.