

Nota Metodológica

ClimaCARD

Marco de Identificación de Riesgos y Pérdidas Económicas Esperadas por Fenómenos Naturales

Wilfredo Alejandro Díaz Cruz

Secretaría Ejecutiva

Las opiniones y los resultados expresados en este documento son responsabilidad exclusiva del autor y no reflejan necesariamente la posición oficial de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (SECMCA) ni de las autoridades del Consejo Monetario Centroamericano (CMCA). No obstante lo anterior, este documento fue revisado, editado y autorizado para su publicación por funcionarios de la SECMCA, en el marco de los procesos internos de validación técnica de la institución, quienes no comparten responsabilidad alguna sobre los posibles errores u omisiones que pudiera contener.

1 Introducción

Centroamérica y República Dominicana (CARD) conforman una de las regiones más expuestas de América Latina y el Caribe a fenómenos naturales adversos. Su posición geográfica la sitúa simultáneamente en la trayectoria de los ciclones tropicales del Atlántico y en una zona de elevada actividad sísmica, asociada a la interacción de las placas tectónicas Caribe, Cocos y Norteamericana, además se encuentra sobre el llamado Corredor Seco Centroamericano, recurrentemente afectado por sequías que golpean la seguridad alimentaria y la producción agrícola. Esta triple exposición ha dejado pérdidas humanas y económicas que, en las economías de menor tamaño de la región, han llegado a representar en un solo evento la totalidad del PIB anual en daños.

A esta exposición física se suman vulnerabilidades estructurales tales como: espacio fiscal limitado, alta dependencia de sectores sensibles al clima (como el turismo o el sector agrícola), infraestructura no adaptada a estos riesgos, débil institucionalidad y preparación/planificación ante estas situaciones. Por ello, cada ciclón, sismo o sequía de magnitud representa una probable presión sobre el presupuesto público, ya sea por gasto de reconstrucción, caída de recaudación o necesidad de financiamiento de emergencia.

Al considerar lo anterior resulta útil una plataforma común, a los seis países de la región que conforman al Consejo Monetario Centroamericano, que permita observar y comparar en términos homogéneos cuánto es el daño económico que implican los fenómenos naturales en estos territorios. Este esfuerzo ha conllevado a la obtención de información dispersa entre bases de datos internacionales especializadas como IBTrACS, USGS, SPEIbase, EM-DAT, cada una con su propio formato, cobertura y unidad de análisis. A través de este ejercicio fue posible obtener información específica y algunos indicadores que permiten conocer los daños económicos, la probabilidad de ocurrencia y algunos escenarios de fenómenos naturales extremos.

La plataforma ClimaCARD integra de forma sistemática fuentes que permiten obtener la frecuencia de eventos con algunas estimaciones de daños económicos, aunque de manera imperfecta lo que hace posible visualizar los riesgos asociados a los fenómenos naturales bajo una misma metodología, facultando la identificación de exposiciones a fenómenos comunes y también aquellas que son particulares entre todos los países de la región.

No obstante, es importante mencionar que estas bases de datos históricas tienen rezagos de publicación, en algunos casos como el de SPEI puede superar un año. Por lo tanto se explora constantemente complementos informativos y de monitoreo para lecturas adicionalales sobre los distintos fenómenos que ocurren en los países de la región.

Considerando todo lo anterior, este documento esta dirigido a un público no necesariamente especializado en temas relacionados a fenómenos naturales y modelos actuariales, su intención principal es presentar la metodología implementada en esta plataforma, sus resultados principales, sus usos previstos y sus limitaciones.

2 Objetivo

El objetivo de la plataforma ClimaCARD es, en primer lugar, presentar los fenómenos naturales que han ocurrido en la región desde inicio del siglo XX, mostrando sus características, geolocalización y daños económicos generados en la medida que los datos lo permitan. En segundo lugar, busca cuantificar, en términos comparables entre los seis países de la región, la pérdida económica que cabe esperar cada año por fenómenos naturales. Concretamente, la herramienta estima para cada fenómeno natural lo siguiente:

- La pérdida anual esperada (EAD, por sus siglas en inglés) ,
- La probabilidad de un evento en distintos horizontes de tiempo.
- Escenarios de pérdidas catastróficas.

Los datos e indicadores estimados están concebidos como insumos cuantitativos de fácil acceso para la discusión en distintos ámbitos como la política económica, la gestión de riesgos, estrategias de financiamiento, así como generar mayor conciencia sobre el cambio climático en la región CARD.

3 Aspectos metodológicos

3.1 Fuentes de datos

La plataforma ClimaCARD se alimenta de cinco fuentes internacionales que se han dedicado a la detección de distintos fenómenos naturales que ocurren a nivel mundial mediante el monitoreo satelital, sismográfico y climático. Al respecto, a continuación se detallan cada una de estas fuentes internacionales de datos:

- IBTrACS (International Best Track Archive for Climate Stewardship): es elaborado y mantenido por National Centers for Environmental Information (NCEI) de la NOAA, la agencia

atmosférica y oceánica de Estados Unidos. Fue creado por un equipo liderado por Kenneth R. Knapp y publicado por primera vez en 2010 (Knapp et al., 2010) con un objetivo puntual: unificar en un solo registro, cada seis horas, la posición, viento e intensidad de cada ciclón tropical del planeta, reconciliando los reportes de varios centros meteorológicos del mundo.

- USGS ComCat: es el catálogo sísmico del Servicio Geológico de los Estados Unidos (United States Geological Survey), operado desde los Centros Nacionales de Información Sísmica (NEIC) en Golden, Colorado. Este registro agrega en tiempo real las detecciones de terremotos por medio de una red global de sismógrafos, en su mayoría aportados por agencias sismológicas alrededor del mundo, en un único catálogo público que incluye información sobre la magnitud, profundidad y ubicación de cada sismo.

- SPEIbase: proviene del trabajo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, específicamente del equipo de Sergio M. Vicente-Serrano (Instituto Pirenaico de Ecología) y Santiago Beguería, quienes en 2010 publicaron el índice SPEI (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index) como una mejora del índice de sequía estándar tradicional (Vicente-Serrano, Beguería & López-Moreno, 2010). SPEIbase tiene una cobertura global, de frecuencia mensual desde 1901.

- EM-DAT (Emergency Events Database): es elaborada por el Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), adscrito al Institute of Health and Society de la Université catholique de Louvain (UCLouvain), en Bélgica. Existe desde 1988 y compila eventos naturales que superan un umbral mínimo de impacto (como 10 o más muertes, 100 o más personas afectadas, o declaratoria de emergencia o llamado a ayuda internacional). Esta base se elabora cruzando información de agencias de la ONU, gobiernos, organismos de ayuda humanitaria, aseguradoras y prensa especializada.

- El Índice de Riesgo Climático (CRI): es elaborado por Germanwatch, una organización no gubernamental alemana de desarrollo y medioambiente fundada en 1991, con sede en Bonn y Berlín. Es publicado desde 2006, clasificando a los países según el impacto humano y económico de eventos climáticos extremos (tormentas, inundaciones, olas de calor, entre otros). El equipo actual que elabora el índice está liderado por David Eckstein, Vera Künzel y Laura Schäfer, junto con Laila Adil, especialistas de Germanwatch en finanzas climáticas, adaptación y política de pérdidas y daños.

Estas cinco fuentes son de acceso público y gratuito, se actualizan de forma periódica y documentada, provienen de instituciones científicas o humanitarias de reconocimiento internacional. Gracias a estos datos es que ha sido posible la construcción de la plataforma ClimaCARD, funcionando como un repositorio de información de fenómenos naturales para la región.

Adicionalmente, como monitoreo complementario y no como insumo del modelo de riesgo, ClimaCARD reporta el Índice de Estrés Agrícola (ASI, por sus siglas en inglés) del sistema GIEWS

de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO-GIEWS, 2026). A diferencia de SPEIbase (Base de datos histórica de alta resolución)[1], cuya publicación tiene un rezago de un año, el ASI se actualiza cada diez días a partir de información satelital de vegetación, lo que permite observar el estado agroclimático más reciente. Por tratarse de una variable distinta que mide el porcentaje de área de cultivo con vegetación estresada y no un balance hídrico estandarizado como el SPEI, el ASI no se mezcla con la serie histórica de SPEI ni se utiliza para calcular la frecuencia o el daño anual esperado de sequías, se presenta de forma separada, exclusivamente como una lectura del momento agroclimático actual. El ASI se calcula de manera independiente para las dos temporadas de cultivo que se reconocen en la región, la temporada de primera y la de postrera (identificadas como Season 1 y Season 2 en las bases de FAO-GIEWS), cuyas fechas dependen del calendario agrícola de cada país. En cada una, el indicador considera únicamente el área sembrada durante esa temporada y el período en que los cultivos están en desarrollo, por lo que un mismo país puede mostrar condiciones distintas entre una temporada y otra. Por esta razón, ClimaCARD reporta ambas lecturas por separado, así como un promedio de ambas, de modo que se pueda identificar en cuál de las dos temporadas se concentra el estrés agrícola.

3.2 Tratamiento de los datos

A través de la información obtenida de las fuentes descritas en la sección anterior se procede a realizar una secuencia de pasos que permiten obtener los insumos requeridos para alimentar la plataforma ClimaCARD mediante una rutina en R[2].

Luego de la descarga de las bases de datos se inicia con un proceso de estandarización. Esto debido a que las fuentes tienen distintos formatos en términos de fechas, frecuencias, magnitudes, entre otros. El primer paso, es filtrar la información respecto a los seis países CARD y convertirla a un formato común de evento-país-año, permitiendo con esto trazar datos de eventos entre ellas. Una vez ya está filtrada y estandarizada, la data de los fenómenos físicos y sus daños económicos (obtenidos específicamente de EM-DAT) se dejan organizados en tablas, separadas por país y tipo de evento. Sobre estas tablas se aplica un segundo proceso de filtrado y depuración, que busca conservar únicamente los eventos con potencial de daño económico.

En el caso de ciclones, se define un umbral de velocidad del viento y un radio de influencia para cada país; Por su parte, para los sismos se determina la magnitud y profundidad; y finalmente en las sequías, se establece un umbral del índice SPEI que determina la severidad de una sequía severa, como se muestra en el cuadro 1

[1] Esta base de datos utiliza calibraciones meteorológicas más profundas y robustas (como el modelo de evapotranspiración Penman-Monteith y datos del CRU). Se actualiza de manera anual; su versión más reciente (SPEIbase v2.11) abarca de manera completa hasta diciembre de 2024.

[2] R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. `https://www.R-project.org/`.

Cuadro 1: Umbrales físicos y radios de captura por país y tipo de evento

	Ciclones		Sismos		Sequías
País	Radio (km)	Viento mín. (kt)	Radio (km)	Magnitud / Profundidad†	Umbral SPEI-12†
Honduras	285		285		
Guatemala	250		250		
Nicaragua	285	64	285	M≥6.3, ≤70 km	−1.5
Costa Rica	275		275		
República Dominicana	225		225		
El Salvador	285	45*	200		

Fuente: Elaboración propia. *El Salvador usa un umbral de viento reducido (45 kt, frente a los 64 kt del criterio estándar de la Organización Meteorológica Mundial para huracán/tifón) porque la cuenca del Atlántico Norte no genera huracanes directos sobre su territorio; el país recibe el efecto de sistemas que se desplazan por Honduras y Nicaragua, capturados con un radio ampliado de 285 km. † El umbral de magnitud y profundidad sísmica y el umbral de sequía severa son uniformes para los seis países.

3.3 Estimaciones y modelo

Luego de organizar y depurar los datos, se inicia el proceso de estimación, teniendo como base un modelo de riesgo colectivo (o modelo de pérdidas agregadas), que es utilizado de manera estándar en la práctica actuarial (Klugman, Panjer & Willmot, 2012).

Bajo este modelo, la pérdida total de un país en un año t, S_t, se representa como la suma de un número aleatorio de eventos ocurridos ese año, cada uno con su propia severidad:

$$\underbrace{S_t}_{\text{pérdida total anual}} = \sum_{i=1}^{N_t} \underbrace{X_{it}}_{\text{daño por desastre}}, \qquad N_t \sim \text{Poisson}(\lambda), \qquad \ln X_{it} \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2) \tag{1}$$

donde N_t es el número de eventos ocurridos en el año t, modelado con una distribución Poisson (λ), y X_{it} es el daño económico del i-ésimo desastre de ese año, modelado como una variable lognormal (media μ y varianza σ^2). Este modelo se aplica por separado a cada país y a cada tipo de fenómeno natural.

El primer paso es la estimación de la frecuencia para cada tipo de fenómeno natural por país, esto implica contar cuántos eventos físicos (N_t) ocurrieron por año, posteriormente se calcula su media (λ), con su respectivo intervalo de confianza.

Después, utilizando únicamente los eventos que poseen registro de daños económicos, se realiza una clasificación y ajuste de la severidad. Los daños de cada país se separan en eventos normales y extremos según la magnitud relativa del daño económico, y cada grupo se ajusta a una distribución lognormal que describe qué tan grandes tienden a ser las pérdidas (X_{it}) cuando ocurre un evento de ese tipo. Debido a que el número de eventos extremos por país suele ser reducido, se realiza una estimación con la información propia de cada país considerando también la de los seis países en conjunto, otorgando más peso a la experiencia local en la medida sea mayor su muestra.

Respecto a los daños económicos es importante mencionar que estos están ajustados a valores (en USD) actuales, de igual forma se estiman como porcentaje del PIB (año más actualizado). Con la frecuencia y los daños económicos se calcula el daño anual esperado (Expected Annual Damage):

$$\text{EAD} = \lambda \times E[X] \tag{2}$$

Para cada tipo de fenómeno para cada país, se ejecuta una simulación de Monte Carlo para estimar escenarios de estrés y catastróficos (percentiles P95 y P99). Con todo este proceso se obtiene entonces el EAD, sus percentiles y las probabilidades asociadas que serían indicadores comparables entre todos los países incluidos en la plataforma ClimaCARD.

4 Resultados e interpretación

Para comprender los indicadores que se presentan en la plataforma se utilizará como ejemplo el cuadro 2 que resume, específicamente para los ciclones tropicales, el daño anual esperado (EAD) por país en millones de dólares (MUSD), su magnitud relativa al PIB, la proporción del EAD que proviene de eventos extremos, la pérdida en el escenario catastrófico (P99), y el rango de pérdida esperada de infraestructura, este último calculado como una proporción que se encuentra entre 30% y 60% del daño total.

Los fenómenos naturales presentan un importante componente de cola, por ejemplo, en los países más expuestos a ciclones como es el caso de Honduras y República Dominicana, el EAD presenta los montos más altos en millones de USD; También es importante mencionar que para Honduras más del 93% del EAD proviene de eventos extremos, seguido de República Dominicana (80%) y Nicaragua (75.5%).

Cuadro 2: Daño anual esperado (EAD) por ciclones tropicales, según país

País	EAD (MUSD/año)	EAD / PIB	% EAD extremos	P99 catastrófico (MUSD)	Rango P99 infraestructura (MUSD)
Honduras	222.0	0.54%	93.8%	10,912.3	3,273.7 – 6,547.4
República Dominicana	84.8	0.06%	80.0%	4,150.3	1,245.1 – 2,490.2
Nicaragua	67.7	0.28%	75.5%	3,797.6	1,139.3 – 2,278.6
Guatemala	54.8	0.04%	66.4%	4,326.8	1,298.0 – 2,596.1
El Salvador	34.4	0.09%	69.2%	2,867.6	860.3 – 1,720.6
Costa Rica	15.7	0.01%	62.6%	1,174.6	352.4 – 704.8

Fuente: Elaboración propia. Ejercicio realizado en octubre 2026.

Otro dato relevante es el que otorga el escenario catastrófico (P99) que hace visible la magnitud del riesgo de cola. Por ejemplo, el P99 de Honduras (14,833.45 MUSD) equivale al 36% de su PIB anual en un único año catastrófico. Este último dato permite dimensionar de manera aproximada el daño que se podría sufrir, sirviendo como insumo para reflexionar sobre planes de contingencia que incluyan una estructura financiera que permita amortiguar los efectos de un evento de esta magnitud.

El rango de pérdida esperada de infraestructura refleja que la proporción de infraestructura expuesta (30%-60%) es un supuesto agregado, no una medición país-específica (ver sección de Limitaciones): para Honduras, esto implica que la pérdida esperada de infraestructura en un evento catastrófico podría situarse en cualquier punto entre 4,450.0 a 8,900.1 MUSD.

Un factor a tener en cuenta es que la vulnerabilidad amplifica el peligro físico, ante exposiciones físicas comparables, las pérdidas relativas difieren según la calidad de la infraestructura, la capacidad institucional y las condiciones constructivas de cada país. Este patrón es consistente con el ranking del CRI de Germanwatch, en el que Honduras se ubica de forma recurrente entre los países más afectados por eventos climáticos extremos tanto en el promedio de 30 años como muestra el cuadro 3.

Honduras y Nicaragua se ubican entre los diez países más afectados del mundo en el promedio de 30 años, lo que es consistente con los resultados de EAD/PIB de ciclones de este documento. Ambos países combinan una posición desfavorable en el ranking del CRI con el EAD relativo al PIB más alto de la región.

Además del daño esperado, también es útil conocer con qué probabilidad podría ocurrir al menos un evento en distintas ventanas de tiempo. El cuadro 4 muestra la probabilidad de que ocurra al menos un evento extremo de ciclón tropical en horizontes de 1 hasta 25 años, para cada país.

Cuadro 3: Ranking del Índice de Riesgo Climático (CRI) de Germanwatch, por país

País	Rank anual (edición más reciente)	Rank promedio 30 años	Categoría
Honduras	75	3	Muy alto
Nicaragua	109	8	Muy alto
Guatemala	60	17	Alto
El Salvador	72	36	Medio
República Dominicana	83	37	Medio
Costa Rica	31	78	Bajo

Fuente: Adil, Eckstein, Kuenzel & Schaefer (2026), Climate Risk Index 2026, Germanwatch. La categoría se asigna según el rank promedio de 30 años: Muy alto (posición 1–10), Alto (11–20), Medio (21–50), Bajo (posición 51 en adelante).

Cuadro 4: Probabilidad de al menos un evento extremo de ciclón tropical, por horizonte y país

Horizonte (años)	Honduras	Rep. Dominicana	Nicaragua	Guatemala	El Salvador	Costa Rica
1	6.4%	4.6%	3.7%	2.4%	2.2%	3.0%
2	12.4%	8.9%	7.2%	4.7%	4.4%	6.0%
4	23.2%	17.0%	13.8%	9.2%	8.6%	11.6%
8	41.0%	31.1%	25.8%	17.5%	16.5%	21.9%
12	54.7%	42.8%	36.0%	25.1%	23.6%	31.0%

Fuente: Elaboración propia

Las probabilidades correspondientes a eventos normales (más frecuentes y de menor magnitud) siguen el mismo patrón, con valores considerablemente más altos en todos los horizontes; su detalle completo, país por país, está disponible en la plataforma ClimaCARD. A continuación se presenta un ejemplo en el cuadro 4.

Finalmente, el cuadro 5 muestra por qué la agregación regional del riesgo de ciclones importa para elaborar estrategias de mitigación regional. Al respecto, al sumar de los eventos en escenarios P95 o P99 de cada país por separado sobreestima considerablemente el riesgo agregado, porque asume que todos los países sufren su año de estrés de forma simultánea. La estimación con correlación histórica permite establecer daños económicos a nivel de región cuando suceden eventos que afectan a varios países a la vez, aunque este dato se estima no está explícitamente presentado en la plataforma.

Cuadro 5: Riesgo regional agregado de ciclones tropicales, según escenario de agregación

Escenario de agregación regional	EAD (MUSD)	P95 (MUSD)	P99 (MUSD)
Suma simple de P95/P99 país por país (referencia, no válida como medida de riesgo)	432.9	13,784.7	27,229.2
Simulación regional bajo independencia entre países	448.0	2,563.2	6,045.3
Simulación regional con correlación histórica (IBTrACS)	469.9	2,684.5	6,761.7

Fuente: Elaboración propia

La utilidad de este dato radica en que podría ser aplicado bajo un principio de diversificación de riesgo, ya que entre varios países se reduce el capital de contingencia necesario respecto a lo que cada país debería mantener por separado, siempre que los riesgos no estén perfectamente correlacionados entre sí (Cummins & Mahul, 2009). Ghesquiere y Mahul (2007) formalizan este argumento específicamente para el caso de países soberanos expuestos a desastres naturales. Al mancomunar su riesgo en un mecanismo conjunto, los países reducen la volatilidad agregada y el costo de capital de contingencia frente a mantener reservas nacionales aisladas. En conjunto, estos resultados sugieren que un mecanismo de mancomunación regional de riesgo podría requerir un capital de contingencia sustancialmente menor que la suma de los requerimientos individuales de cada país, siempre que se diseñe reconociendo la correlación de impacto entre países vecinos ante un mismo sistema climático o fenómeno natural.

5 Usos y limitaciones

5.1 Usos de la plataforma

Los indicadores de ClimaCARD están pensados como insumo cuantitativo para distintos usos de política pública y financiamiento:

- Política fiscal ante desastres: dimensionamiento de reservas de contingencia y de la brecha de financiamiento ante escenarios de estrés (P95) y catastróficos (P99).
- Diseño de instrumentos de transferencia de riesgo: insumo cuantitativo para seguros paramétricos, bonos catástrofe o líneas de crédito contingente con organismos multilaterales.
- Mancomunación regional de riesgo: evidencia cuantitativa sobre el beneficio de diversificación de un fondo de contingencia regional frente a fondos nacionales aislados.
- Diálogo con financiamiento internacional: evidencia comparable y trazable de exposición al riesgo climático para respaldar solicitudes de financiamiento concesional o climático.
- Monitoreo comparativo entre países: seguimiento periódico de la evolución de la exposición y la vulnerabilidad relativa dentro de la región.

A estos usos se suma el seguimiento agroclimático de corto plazo que permite el ASI. Mientras los indicadores de EAD, probabilidad y escenarios catastróficos descritos arriba reflejan el riesgo de sequía de largo plazo con base en la historia de SPEI, el ASI permite a los usuarios de la plataforma observar si existe una condición de estrés agrícola en curso, lo cual resulta útil, por ejemplo, para contextualizar un episodio como El Niño mientras las fuentes históricas del modelo aún no lo reflejan en el EAD.

La plataforma ClimaCARD no debe usarse para predecir la ocurrencia, trayectoria o magnitud de un evento específico; sustituir evaluaciones o análisis de vulnerabilidad puntual de activos concretos, ni como proyección de riesgo climático futuro, dado que el modelo se basa en frecuencias históricas.

5.2 Limitaciones

La metodología que permite la construcción de la plataforma también presenta varias limitaciones tales como:

- No incorpora el cambio climático futuro. El modelo asume que las frecuencias históricas de eventos son representativas del riesgo futuro. Esta es una limitación inherente a todo modelo actuarial basado en datos históricos. Incorporar cambio climático requeriría proyecciones climáticas dinámicas específicas por peligro y país, fuera del alcance de esta primera versión.
- Dependencia de la cobertura y calidad de EM-DAT. Los daños reportados corresponden principalmente a daños directos sin diferenciar activos públicos o privados, o entre infraestructura y otros activos, lo que puede subestimar o sobrestimar pérdidas, en particular en sequías, donde el impacto registrado se concentra en el sector agrícola. Esto se mitiga parcialmente porque la frecuencia de los eventos no depende de EM-DAT, esta se estima de las otras fuentes (IBTrACS, USGS, SPEI) de modo que el sesgo de EM-DAT afecta la severidad estimada pero no la probabilidad de ocurrencia.
- Muestras pequeñas de eventos extremos. Con 2 a 4 eventos extremos por país, la incertidumbre sobre la severidad extrema sigue siendo considerable incluso robusteciendo la estimación con la experiencia regional.
- La correlación regional solo captura co-ocurrencia de frecuencia, no de severidad. El modelo correlaciona si un país tuvo o no un año de impacto, pero la magnitud de la pérdida de cada evento se sigue muestreando de forma independiente por país.

- Los umbrales físicos y radios de captura implican juicio de expertos. El umbral estándar de 64 nudos (huracán, criterio de la Organización Meteorológica Mundial) se reduce a 45 nudos para El Salvador, con un radio de captura ampliado, porque ese país no recibe impacto directo de ciclones en la cuenca del Atlántico Norte. Esta y otras calibraciones están documentadas explícitamente, pero introducen un grado de discrecionalidad. Estos criterios podrían cambiarse en revisiones posteriores.
- El módulo de correlación regional cubre solo ciclones. Sismos y sequías no están correlacionados entre países ni con ciclones en la simulación regional; el riesgo agregado multipeligro de la región no está, por tanto, totalmente cuantificado.
- Rezago de publicación de SPEIbase. La versión del índice SPEI-12 utilizada se actualiza con un rezago de uno a dos años, por lo que una sequía reciente puede no estar aún reflejada en el EAD estimado. Como monitoreo complementario, y no como insumo del modelo, la plataforma reporta de forma separada el ASI (FAO-GIEWS), que sí se actualiza cada diez días; al medir una variable distinta, vegetación, por lo tanto no es comparable directamente con el SPEI ni corrige el EAD ya estimado con esta fuente.

6 Consideraciones finales

ClimaCARD es una plataforma que presenta de forma sistemática y pública, una lectura comparable del riesgo de desastres naturales entre los seis países de la región CARD, construida sobre fuentes reconocidas internacionalmente y bajo una metodología actuarial estándar. Su principal aporte es, primero, ordenar información dispersa de tipo satelital, sismográfica, climática y de daños, para todos los países de la región en un solo lugar. Segundo, permitir analizar/comparar bajo mismos criterios metodológicos indicadores sobre daños, escenarios de estrés y probabilidades de ocurrencia.

Como todo ejercicio de esta naturaleza, sus resultados dependen de la calidad y cobertura de las fuentes que lo alimentan, y de supuestos estadísticos explícitos que se han documentado a lo largo de este texto. Su potencial utilidad como herramienta para la discusión de política fiscal, financiamiento y gestión de riesgo en la región son elementos sobre los cuales esta plataforma podrá seguir perfeccionándose en versiones futuras.

Referencias

[1] Adil, L., Eckstein, D., Kuenzel, V., & Schaefer, L. (2026). Climate Risk Index 2026 – Who suffers most from extreme weather events? Germanwatch.

[2] Clark, K. M. (1985). A formal approach to catastrophe risk assessment and management. Casualty Actuarial Society Discussion Paper Program, 62–103.

[3] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2026). EM-DAT: The international disaster database. UCLouvain. https://www.emdat.be

[4] Cummins, J. D., & Mahul, O. (2009). Catastrophe risk financing in developing countries: Principles for public intervention. World Bank.

[5] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2026). Agricultural Stress Index System (ASIS). Global Information and Early Warning System (GIEWS). https://www.fao.org/giews/earthobservation/

[6] Ghesquiere, F., & Mahul, O. (2007). Sovereign natural disaster insurance for developing countries: A paradigm shift in catastrophe risk financing (Policy Research Working Paper No. 4345). World Bank.

[7] Klugman, S. A., Panjer, H. H., & Willmot, G. E. (2012). Loss models: From data to decisions (4th ed.). Wiley.

[8] Knapp, K. R., Kruk, M. C., Levinson, D. H., Diamond, H. J., & Neumann, C. J. (2010). The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone data. Bulletin of the American Meteorological Society, 91(3), 363–376.

[9] Mak, S., Bingham, D., & Lu, Y. (2016). A regional compound Poisson process for hurricane and tropical storm damage. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 65(5), 677–703. https://doi.org/10.1111/rssc.12147

[10] Meiler, S., Vogt, T., Bloemendaal, N., Ciullo, A., Lee, C.-Y., Camargo, S. J., Emanuel, K., & Bresch, D. N. (2022). Intercomparison of regional loss estimates from global synthetic tropical cyclone models. Nature Communications, 13, Article 6156. https://doi.org/10.1038/s41467-022-33918-1

[11] R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

[12] U.S. Geological Survey. (2026). ComCat earthquake catalog. National Earthquake Information Center. https://earthquake.usgs.gov/data/comcat/

[13] Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multi-scalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7), 1696–1718.

Glosario

- ASI (Agricultural Stress Index / Índice de Estrés Agrícola): indicador satelital de FAO-GIEWS que mide el porcentaje de área de cultivo con vegetación estresada; se actualiza cada diez días y se reporta en ClimaCARD como monitoreo complementario de sequías.
- Ciclón: sistema de baja presión de origen tropical, con circulación organizada, vientos fuertes y lluvias intensas. Es huracán cuando alcanza 119 km/h (64 kt) de viento sostenido.
- Correlación regional: co-ocurrencia estadística de eventos entre países, estimada a partir del historial de sistemas que afectan a más de un país a la vez.
- CRI (Climate Risk Index) de Germanwatch: índice comparativo que ordena a los países según el impacto humano y económico histórico de eventos climáticos extremos.
- Distribución lognormal: distribución de probabilidad cuyo logaritmo sigue una distribución normal; en este contexto se utiliza para modelar severidades de pérdida, que son siempre positivas y con cola derecha larga.
- Distribución de Poisson (λ): distribución de probabilidad utilizada para modelar el número de eventos naturales que ocurren en un período determinado, dada una tasa promedio de ocurrencia λ (eventos por año).
- EAD (Expected Annual Damage / Pérdida Anual Esperada): promedio de largo plazo de la pérdida económica anual asociada a un peligro; equivale a la frecuencia esperada de eventos multiplicada por su severidad promedio.
- EM-DAT: base de datos internacional de desastres naturales y sus impactos humanos y económicos, mantenida por el CRED (UCLouvain).
- IBTrACS: archivo internacional de trayectorias e intensidad histórica de ciclones tropicales, mantenido por la NOAA.
- Modelo de riesgo colectivo (pérdidas agregadas): modelo actuarial estándar que representa la pérdida total de un período como la suma de un número aleatorio de eventos, cada uno con severidad aleatoria.
- P95 / P99: percentiles 95 y 99 de la distribución simulada de pérdidas anuales. El P95 representa la pérdida de un año de estrés (5% de probabilidad de ser superada); el P99, la de un año catastrófico (1% de probabilidad).
- Riesgo de cola (tail risk): riesgo asociado a eventos de baja probabilidad pero de impacto desproporcionadamente alto, que dominan los percentiles extremos (P95/P99) de una distribución de pérdidas.
- Sequía: período con déficit anormal de disponibilidad de agua identificado mediante el índice SPEI-12, que combina precipitación y evapotranspiración.
- Simulación de Monte Carlo: técnica que genera un gran número de escenarios aleatorios consistentes con parámetros establecidos a partir de un modelo contexto, para estimar la distribución completa de un resultado y su incertidumbre.

- SPEI-12: índice estandarizado de precipitación-evapotranspiración a escala de 12 meses, usado para identificar años de sequía severa.
- Terremoto: evento sísmico con potencial de generar daños y pérdidas económicas. La estimación considera la frecuencia y severidad de los eventos históricos registrados.
- USGS ComCat: catálogo sísmico del Servicio Geológico de los Estados Unidos.