

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Agradecimientos

Autoridades

Milciades Concepción
Ministro de Ambiente

Ligia Castro de Doens
Directora Nacional de Cambio Climático
Coordinadora del Proyecto

Israel Torres
Jefe del Departamento de Adaptación y Resiliencia

Autores

Adriana Calderón, Nicole Francisco, René López

Colaboradores

Yahaira Cárdenas

Agradecimiento

Dirección de Información Ambiental, MiAmbiente
Gerencia de Hidrometeorología, ETESA
Ministerio de Economía y Finanzas
Departamento de Mitigación, MiAmbiente

Reconocimiento

Belén Guevara, Doris Hidalgo, Edna Flores, Gustavo Riperto, Enilda Medina, Jorlenis Vargas, Katherine Martinez, Lorena Vanegas, Mabel Zúñiga, María Laura Herrera, Maribel Pinto, Priscila Riquelme, Roberto De La Cruz, Veronica Rodriguez.

Créditos de Imágenes

Imágenes propiedad del Ministerio de Ambiente.

Año de Publicación

2021





Abreviaciones

- CEPAL** Comisión Económica para América Latina y el Caribe
-
- DCC** Dirección de Cambio Climático
-
- DIAM** Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente
-
- ETESA** Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.
-
- FAO** Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
-
- IPCC** Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por sus siglas inglés)
-
- MEF** Ministerio de Economía y Finanzas
-
- MINSA** Ministerio de Salud
-
- PCP** Precipitación
-
- TMP** Temperatura

Contenido

[Abreviaciones](#)

[1. Introducción](#)

[2. Área de Estudio](#)

[3. Datos y Métodos](#)

[3.1 Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático](#)

[3.2 Construcción de un Índice Espacial de Vulnerabilidad](#)

[3.2.1 Indicadores de Vulnerabilidad](#)

[3.2.2 Agregación de Indicadores](#)

[4. Resultados](#)

[5. Conclusiones](#)

[6. Limitaciones y recomendaciones](#)

[Referencia](#)

[s Anexo 1](#)

[Anexo II](#)



1. Introducción

Los impactos producto del cambio climático son evidentes, y es uno de los grandes desafíos que enfrenta la humanidad del siglo XXI. La temperatura media mundial aumentó 0.85 °C de 1880 a 2012 y hay indicios de que las últimas tres décadas han sido progresivamente más cálidas y con los registros más altos de temperaturas en los últimos 1400 años [1]. Según la NOAA, la temperatura media mundial de la superficie terrestre y oceánica en enero de 2020 fue de 1.14 °C más alta, por encima de la media del siglo XX, siendo el enero más cálido registrado en récord. En la región centroamericana se evidencian aumentos de temperatura, acidificación de los océanos que resulta en blanqueamiento de corales, cambios en los patrones de precipitación y la subida del nivel de mar [2].

Panamá no se escapa de esto y principalmente es vulnerable ante los efectos del cambio climático, evidenciando desastres producto de amenazas hidro-climáticas como inundaciones, temporada seca más prolongada, que resultan en impactos negativos sobre importantes actividades económicas como la agricultura, el funcionamiento del Canal interoceánico, la producción de energía, las infraestructuras, etc. [3].

Sumado a esto, el país presenta una alta desigualdad social, que combinada con los efectos del cambio climático pone a sus pobladores en una doble desigualdad y desventaja para enfrentar los impactos [4].

Está bien aceptado que el cambio climático tendrá consecuencias mucho más perjudiciales en los países en desarrollo en comparación con los desarrollados, lo que se debe principalmente a que la capacidad de responder a esos cambios es reducida en los países en desarrollo. Además, parece claro que la vulnerabilidad al cambio climático está estrechamente relacionada con la pobreza,

ya que estos grupos presentan una capacidad reducida de responder eficazmente a los estímulos climáticos [5]. Según Cepal, 2020, [4] Panamá cuenta con un nivel de vulnerabilidad al cambio climático “severo” al año 2030, resultando inevitable y urgente la implementación de medidas de adaptación que reduzcan esas vulnerabilidades.

Para alcanzar una adaptación eficiente, es imprescindible identificar los posibles impactos y prepararse con los mejores mecanismos de adaptación. Por lo tanto, es importante abordar el concepto de vulnerabilidad de una manera integrada para entender aquellos elementos que sitúan en riesgo (riesgo de desastre y riesgo climático) a una población, un sistema productivo o un ecosistema. En un gran número de literatura sobre vulnerabilidad al cambio climático, esta se compone por tres variables: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, siendo estos los conceptos centrales para el análisis y la comprensión de los impactos por cambio climático, que juntos proporcionan un marco que vincula la sensibilidad biofísica, los factores socio-económicos y la capacidad de una comunidad de responder ante las consecuencias de estos cambios.

La evaluación, análisis y mapeo de la vulnerabilidad al cambio climático es la base para un desarrollo sostenible inclusivo y resiliente, que tiene el potencial de poner en evidencia una integración de diferentes factores que definen la vulnerabilidad al cambio climático. En muchos casos, los análisis de vulnerabilidad son sinónimos de evaluaciones espaciales, debido a que la comprensión de este concepto y sus componentes constituyen altos grados de heterogeneidad espacial y temporal [6]. El despliegue de información visual acerca de puntos críticos o los llamados “hotspots” tienen el potencial de sustentar políticas de

mitigación y adaptación, planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, además de apoyar eficazmente la gestión de riesgos [7]. Los mapas han demostrado ser herramientas útiles y fáciles de interpretar por los diferentes usuarios, proporcionando una base de evidencia y cimentar discusiones sobre el desarrollo y priorizar la asignación de recursos. [8]

La integración de datos espaciales y el análisis espacial se han convertido en herramientas estándar para evaluar la vulnerabilidad [9]. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y su Programa sobre Prioridades de Investigación sobre vulnerabilidad, Impactos y Adaptación (PROVIA) [10], destacan la medición y mapeo de la vulnerabilidad como primera línea de acción para apoyar la toma de decisiones en materia de adaptación.

Debido a lo antes mencionado, este estudio se centra en un análisis de la vulnerabilidad espacial a nivel nacional. Este trabajo analiza los elementos biofísicos y sociales como factores geográficos que determinan la vulnerabilidad. Se recopilaron datos relevantes y disponibles, se agregaron los indicadores que componen la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa y se procesaron con el uso de sistemas de información geográfico con el fin de desplegar un mapa de categorías relativas a la vulnerabilidad por cambio climático.

Los resultados del estudio pretenden desplegar de forma sencilla la vulnerabilidad nacional al cambio climático en Panamá para servir como un primer insumo a los planificadores y tomadores de decisiones nacionales, provinciales y municipales, de las diferentes instituciones que inciden en la planificación del territorio con el fin de destinar un desarrollo sostenible inclusivo y resiliente ante la variabilidad y el cambio climático. A continuación, se presenta la descripción del área de estudio, la metodología, y los indicadores utilizados.

2. Área de Estudio

La República de Panamá es un país intertropical localizado entre los 8° 58' N latitud y 79°32'W longitud, con una extensión territorial de 75,417 km², limitando al Norte con el Mar Caribe, a Sur con el océano Pacífico, al Este con la República de Colombia y al este con la República de Costa Rica. El país cuenta con una población estimada al 2018 de 4,176, 869 [11], con una división administrativa de 10 provincias, 5 comarcas indígenas, las cuales están divididas en 81 distritos y 679 corregimientos.

El territorio panameño comprende un clima tropical uniforme durante todo el año con una estacionalidad determinada por los patrones de precipitación dividiendo el clima panameño en estación seca y lluviosa. Los valores de temperatura promedio anual oscilan entre los 23 y 27°C, con máximas de hasta 33°C para las áreas costeras, y en mayores altitudes puede descender hasta los 16°C. La temperatura en el Istmo se define principalmente por la topografía del territorio donde esta aumenta alrededor de 0.56°C por cada 100 m de altitud [12]. Por otro lado, las precipitaciones varían entre los 1,500 y 3000 mm al año, con variaciones de acuerdo con las regiones, topografías y vertientes oceánicas, para el lado Caribe las precipitaciones son mayores que en la vertiente del Pacífico.



3. Datos y Métodos

3.1 Análisis de Vulnerabilidad al Cambio Climático

Para el presente ejercicio, se emplea el concepto utilizado por el IPCC en su Cuarto Informe de Evaluación, en donde la vulnerabilidad es el grado en que un sistema es susceptible o incapaz de hacer frente ante los efectos adversos del cambio climático. La vulnerabilidad es una función del carácter, la magnitud, y la tasa de variación climática a la que está expuesto un sistema, representada así, por tres elementos: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa [13] [14] [15]. En ese sentido, la exposición es interpretada por el peligro al que se está expuesto o “la naturaleza y el grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas”, la sensibilidad describe las condiciones humanas existentes que agravan la exposición, y la capacidad adaptativa es el potencial que tiene un sistema de implementar medidas de adaptación eficaces que minimicen el riesgo producto de los impactos, para aprovechar sus oportunidades, o hacer frente a sus consecuencias [16].

Por lo tanto, para analizar la vulnerabilidad se deben identificar no solo los peligros a los que se está expuesto, sino también la resiliencia y el potencial de respuesta efectiva que tiene un sistema. Los primeros componentes de exposición y sensibilidad representan los impactos, y la capacidad adaptativa, es la medida que en que se pueden reducir los daños y pérdidas por impactos conocidos. En consecuencia, la vulnerabilidad es los impactos potenciales (I) menos la capacidad adaptativa (CA) que se muestra en la siguiente ecuación:

$$V=I-CA$$

$$V=(S+E)-CA$$

Donde V es la Vulnerabilidad, S, es la sensibilidad, E es la exposición y CA, es la Capacidad Adaptativa.



3.2 Construcción de un Índice Espacial de Vulnerabilidad

El método más utilizado de los estudios de vulnerabilidad climática emplea métodos de agregación de indicadores basado en una construcción de índice [17]. Para la construcción de un índice de vulnerabilidad a nivel nacional se utilizaron una serie de indicadores para cada uno de los elementos que componen el concepto de vulnerabilidad. El proceso involucra los siguientes pasos: (1) se obtuvieron datos geoespaciales de los indicadores en diferentes formatos y resoluciones; (raster, polígonos y puntos, a nivel de distrito, corregimiento,) (2) se procedió a convertir todas las capas de información a la resolución más gruesa, en este caso, el dato de escenarios de cambio climático sobre las anomalías de precipitación y temperatura, a una resolución de aproximadamente 1 km por cuadrícula, se realizaron pasos de interpolación, reclasificación, extracción (3) luego, se normalizaron cada una de las variables y finalmente (4) se agregaron los índices de cada uno de los componentes de vulnerabilidad en un rango de 0 – 1.



A continuación, se presenta más detalladamente los pasos para realizar la normalización de valores, los indicadores utilizados y su representación para la vulnerabilidad.

3.2.1 Indicadores de Vulnerabilidad

Para este estudio se recopilaron los datos a los que se tuvieron acceso, aquellos que ya tenían información geoespacial y en otros casos se elaboró la data geográfica digital.

Componente	Indicadores	Formato Original	Fuente
Exposición	Vulnerabilidad Costera	Vector	MiAmbiente-DIAM
	Frecuencia de Inundaciones	Vector	MiAmbiente-DCC
	Anomalías de PCP al año 2050 bajo el escenario RCP 8.5	Raster	MiAmbiente-DCC
	Anomalías de TMP al año 2050 bajo el escenario RCP 8.5	Raster	MiAmbiente-DCC
	Tierra Seca Degradada	Vector	MiAmbiente-IAM
	Días Secos Consecutivos	Punto	ETESA - DCC
Sensibilidad	Días Consecutivos de Lluvia	Punto	ETESA - DCC
	Áreas Deforestadas	Punto	MiAmbiente-DCC
	Áreas Protegidas	Vector	MiAmbiente-DIAM
Capacidad Adaptativa	Distancia a Carreteras	Vector	MiAmbiente-DIAM
	Distancia a Centros de Salud	Punto	MINSA
	Pobreza general por Corregimiento en %	Vector	MEF

a) Exposición

Escenarios de Cambio Climático – Anomalías de precipitación y temperatura en comparación con línea base 1981 - 2014

El indicador de anomalías de temperatura y precipitación indica las áreas donde se proyectan cambios en relación con el periodo de referencia 1981-2014. Se calculó un promedio de las anomalías para precipitación y temperatura entre 8 Modelos de Circulación Global: CCSM4, CNRM-CM5, GISS-E2-R, HadGEM-ES, MIROC5, MRI-CGCM3, MPI-ESM-LR, NorESMI-M, para el año 2050 y utilizando los forzamientos radiactivos RCP 8.5.



Modelo	Institución	País
CCSM4	NCAR – National Centre for Atmospheric Research	Estados Unidos
CNRM-CM5	Centro Nacional de Investigaciones Meteorológicas	Francia
GISS-E2-R	NASA-GISS - Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA	Reino Unido
MIROC5	Instituto de Investigación Atmosférica y Oceánica (Universidad de Tokio), Instituto Nacional de Estudios Ambientales y Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología Marina-Terrestre	Japón
MRI-CGCM3	Instituto de Investigaciones Meteorológicas	Japón
MPI-ESM-LR	Instituto de Meteorología Max Planck	Alemania
NorESMI-M	Centro del Clima Noruego	Noruega

Para los valores de vulnerabilidad, las anomalías de temperatura fueron clasificados así: cuanto mayor sea la anomalía más vulnerable es. Para los valores de anomalías en las precipitaciones se consideraron como vulnerables aquellos valores positivos y negativos en comparación al periodo histórico estudiado 1980 -2015. Es decir, mientras mayor sea la anomalía mayor la vulnerabilidad, para los cambios negativos, igualmente, se consideró una alta vulnerabilidad. Esto se debe al hecho de que ambas anomalías positivas y negativas, tienen el potencial de causar impactos de diferentes maneras; por ejemplo, una región puede ser vulnerable a inundaciones debido a un aumento en las precipitaciones o sequías, en el caso de una disminución de las precipitaciones [18] [19]. Este enfoque entonces, representa una vulnerabilidad alta para ambos casos de condiciones de cambio elevado, como lo son el aumento y la disminución en las precipitaciones en base al periodo estudiado.

Vulnerabilidad Costera

El dato espacial de vulnerabilidad costera se pudo obtener de la Dirección de Información Ambiental del Ministerio de Ambiente (DIAM). El dato consiste en un mapa con características categóricas entre vulnerabilidad costera. Esta capa está definida principalmente por las características topográficas que hacen vulnerable al territorio ante los efectos por ascenso del nivel del mar. Estas zonas son el resultado del análisis de los criterios de selección como características físicas del relieve, población entre otros, los que finalmente generaron unidades de exposición en ambas vertientes.

Frecuencia de Inundaciones

La frecuencia de inundaciones fue obtenida de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático [12]. La metodología utilizada para la construcción de este mapa se basó en la utilización de datos de inundaciones de la página desinventar.org en donde se señalaron 5 categorías de acuerdo al número de inundaciones por distrito. En donde los distritos con más eventos de inundación reciben una puntuación más alta y los distritos con menos reportes de inundaciones presentan un número menor. Cabe señalar que se pueden generar nuevos datos de riesgos de inundaciones de acuerdo con las características físicas del territorio, el comportamiento de las lluvias y las cuencas más susceptibles a crecidas. Para este estudio se omitió crear este nuevo dato y se utilizó la categorización presentada.

Tierras Seca y Degradadas

La información de tierras secas y degradadas indica los suelos del territorio sujetos a procesos de sequías y degradación. Esto permite identificar a aquellas áreas del territorio nacional que se encuentran degradadas, y que son más susceptibles a cambios climáticos y ambientales, ya que presentan una resistencia disminuida que puede agravar los desastres. La restauración de suelos degradados depende de su actitud, tipo de suelo, índice de vulnerabilidad al cambio climático y el uso que se le pudiera dar. En función de ellos se selecciona las soluciones basadas en la naturaleza y pueden ser no viables para la realización de prácticas agroforestales o adaptación basada en naturaleza. Este indicador fue obtenido de la base de datos geográfica de DIAM. Para más información sobre este indicador se puede consultar el Atlas de Tierras Degradadas disponible en <https://www.sinia.gob.pa/index.php/atlas-ambientales>.



Períodos de Sequía - Días Secos Consecutivos

Para el indicador de sequías se utilizaron 28 estaciones meteorológicas (Anexo 1) con datos de lluvia proporcionados por ETESA. Se utilizó la herramienta RCLim tool para el cálculo de índices climáticos por estación y se obtuvieron resultados de aquellas estaciones que tenían una media más alta de días secos consecutivos por año para el período de estudio 1988-2019. Este parámetro climático indica una mayor propensión a períodos de sequía en donde la relación con la vulnerabilidad es que en donde las regiones tengan períodos más largos de sequías son más vulnerables.

Días Consecutivos de Lluvia

Este componente indica los días seguidos en donde la precipitación es mayor a 1 milímetro de lluvia, incidiendo en una mayor vulnerabilidad ante eventos de lluvia que pueden desencadenar en inundaciones por saturación de suelos, entre otras diversas condiciones cuando la lluvia es seguida en el tiempo. La persistencia de condiciones húmedas puede llegar a tener un impacto en la agricultura y la seguridad alimentaria, ya que los efectos acumulativos pueden ser devastadores para distintos medios de vida. Este dato fue obtenido al igual que el indicador de sequías, mediante el procesamiento de datos de lluvia de 28 estaciones meteorológicas proporcionadas por ETESA en donde se calcularon una serie de índices climáticos con la herramienta RCLIM tool.

b) Sensibilidad

Cambio de Uso Forestal - Deforestación

Se determinaron las áreas en donde hubo deforestación. Esencialmente, este indicador considera la relevancia de los servicios ecosistémicos que proveen los bosques. El argumento se basa es que el mantenimiento de las áreas de cobertura boscosa hace que el territorio esté menos expuesto a los efectos del cambio climático debido a los servicios ambientales asociados como el control de la temperatura, la calidad del aire y agua, resistencia de suelos ante inundaciones, etc [20]. Como resultado, las regiones donde hubo un cambio de uso de suelo forestal fueron consideradas con una vulnerabilidad alta en comparación con las áreas donde no hubo cambio de uso de suelo forestal. Los datos fuente provienen del Mapatón 2017, realizado por MiAmbiente/ DCC y FAO en donde el año de referencia es el 2000. Este dato identificó los usos de suelos mediante imágenes satelitales con puntos de parcelas, que representan un área en el territorio. Para este trabajo se utilizaron las siguientes categorías de cambio: FC (Forest – Crop) de bosque a cultivo, FG, (Forest – Grass) de bosque a pastizal, FS (Forest - Settlements) de bosque a asentamiento y FW (Forest – Wetland) de bosque a humedal.

Áreas Protegidas

Se utilizaron las áreas protegidas como un indicador de sensibilidad ecológica ya que éstas tienen una alta vulnerabilidad por ser regiones ricas en biodiversidad y altamente sensibles ante cambios climáticos y ambientales en comparación con las áreas no protegidas. Este dato fue obtenido por DIAM actualizado al año 2019.

Pobreza General en % por corregimiento

Para los datos socioeconómicos se utilizaron datos proporcionados por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a nivel de corregimiento, que reflejan los niveles de pobreza y desigualdad por ingreso al año 2015, estos indicadores de pobreza están expresadas en proporciones respecto a la población total de cada corregimiento. La relación con la vulnerabilidad respecto a la pobreza general, se razona que mientras más alto el índice, mayor es la vulnerabilidad al cambio climático, debido a que la vulnerabilidad incrementa cuando la población no está educada, cuando se carecen de servicios básicos como salud y saneamiento que resultan en la disminución de la capacidad de respuesta ante desastres. Las tasas altas de pobreza están asociadas a una mayor sensibilidad a los peligros climáticos.

c) Capacidad Adaptativa

Distancia a vías de comunicación terrestre

Para los datos de infraestructura terrestre, se utilizaron las redes viales de la República de Panamá proporcionadas por DIAM, y se calcularon diferentes rangos de distancia a nivel nacional. Mientras menor sea la distancia a vías de infraestructura, se infiere que la capacidad adaptativa es mayor debido a que el desarrollo de la economía de una comunidad es más alto, trayendo consigo beneficios sociales para diversos sectores como lo son la agricultura y el turismo. También, una infraestructura de carreteras resistente, es vital en el momento de desastres producto de variables hidrometeorológicas en donde los esfuerzos de ayuda son facilitados si las comunidades son accesibles vía terrestre para un eficiente despliegue de emergencia, disminuyendo los tiempos de respuesta. En cuanto al rango de este indicador, se infiere que una distancia mayor a una red vial significa una menor capacidad adaptativa y por ende una menor vulnerabilidad.

Servicios de Salud

Datos de locación de hospitales fueron georreferenciados con fuente del "Listado de Instalaciones de Salud año 2019" del Ministerio de Salud Panamá. El acceso a servicios de salud es primordial en el contexto tanto como de sensibilidad como de capacidad adaptativa. Por ende, el acceso a servicios e infraestructura de salud se utiliza como la distancia que se tiene para acceso a estos centros en donde la vulnerabilidad es alta mientras más lejos se esté de un hospital, o mientras más servicios de salud, mayor es la capacidad adaptativa de los asentamientos humanos. Para este ejercicio, se toma en cuenta el acceso a la salud de infraestructura tanto como medida de capacidad de adaptación en donde las regiones con mayor acceso podrán tener una capacidad de respuesta más ventajosa frente a impacto climáticos

Se debe tomar en cuenta que, para los hospitales, no se realizó un estudio exhaustivo de las instalaciones y capacidad de cada centro, personal, tecnologías, laboratorios, equipamiento, lo cual puede incidir altamente en la seguridad en tiempos de emergencia, afectando la capacidad de respuesta ante damnificados por eventos de desastre.

3.2.2 Agregación de Indicadores

Para la obtención de cada elemento que compone la vulnerabilidad, se agregaron los indicadores geo procesados y normalizados de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa con un mismo nivel de influencia, es decir, cada indicador tiene una relevancia igualitaria. Las fórmulas fueron utilizadas para las capas que componen los indicadores y se presentan a continuación:

$$E = \frac{APP_n + APN_n + AT_n + VC_n + TD_n + FI_n + DSC_n + DHC_n}{\sum in} \quad 1$$

(1) En donde E es el componente de Exposición, APP son las Anomalías de Precipitación Positivas, APN son las Anomalías de Precipitación Negativas, AT son la Anomalías de Temperatura, VC es la Vulnerabilidad Costera, TD son la Tierras Degradadas, FI e la Frecuencia de Inundaciones, DSCson los días secos consecutivos, DHC son los días húmedos consecutivos, n es el valor normalizado, y $\sum in$ es la sumatoria total de los indicadores.

$$S = \frac{AP_n + DF_n}{\sum in} \quad 2$$

(2) S es el componente de Sensibilidad AP son las Áreas Protegidas, DF es el indicador de Deforestación, y n es el valor normalizado.

3

$$CA = \frac{PG_n + AC_n + ACS_n}{\sum in}$$

(3) CA es la Capacidad Adaptativa, PG es la Pobreza General, AC es el acceso a carreteras, ACS es el Acceso a Hospitales y n es el valor normalizado.

Para la obtención final del mapa de vulnerabilidad, el mismo se generó a partir de la agregación sucesiva de los indicadores que componen la sensibilidad, la exposición y la capacidad adaptativa, en un rango de 0 – 1 en dónde 0 representa una baja vulnerabilidad y 1 alta.

4

$$IV = \frac{E_n + S_n + CA_n}{\sum in}$$

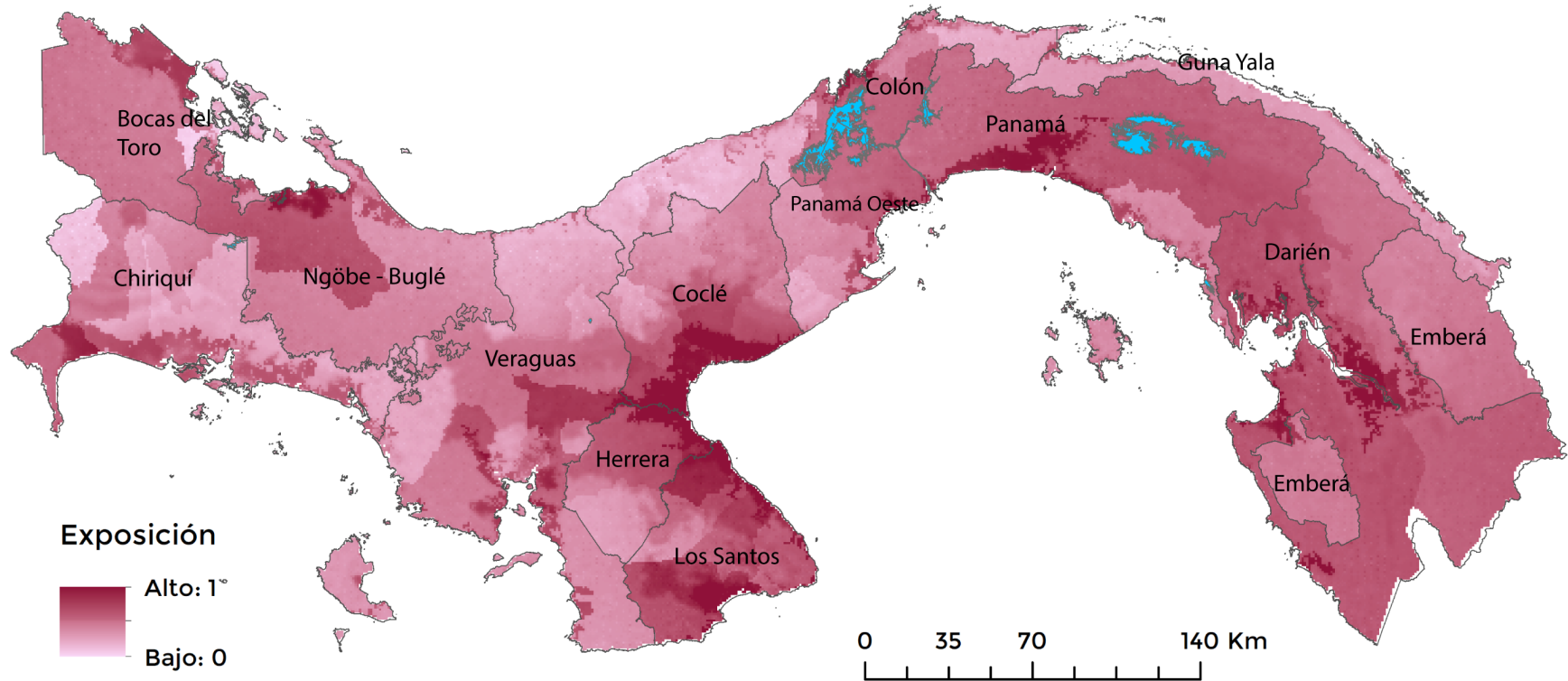
(4) Donde IV representa el Índice de Vulnerabilidad, E_n es la Exposición normalizada, S_n es el componente de Sensibilidad Normalizado y CA_n e la Capacidad Adaptativa normalizada dividida por las tres variables.



4. Resultados de Índice de Vulnerabilidad

Primero, presentamos los resultados de cada componente de vulnerabilidad. Los resultados indican la combinación de factores de exposición (mapa 1), en donde se puede apreciar que las zonas con un color acentuado como lo son las costas del Pacífico Occidental, Central y Oriental, y el Caribe Occidental y Oriental presentan una exposición elevada debido a la vulnerabilidad asociada por ascenso del nivel del mar. Así mismo, las provincias de Bocas del Toro, Comarca Ngäbe, provincia de Panamá, Comarca Guna Yala, Panamá y Darién presentan condiciones de exposición alta ante una mayor frecuencia de inundaciones. Para la zona del Arco seco, también se refleja una vulnerabilidad, resultado de las tierras degradadas y los días secos consecutivos, posicionándolo como vulnerable, sobre todo ante condiciones climáticas

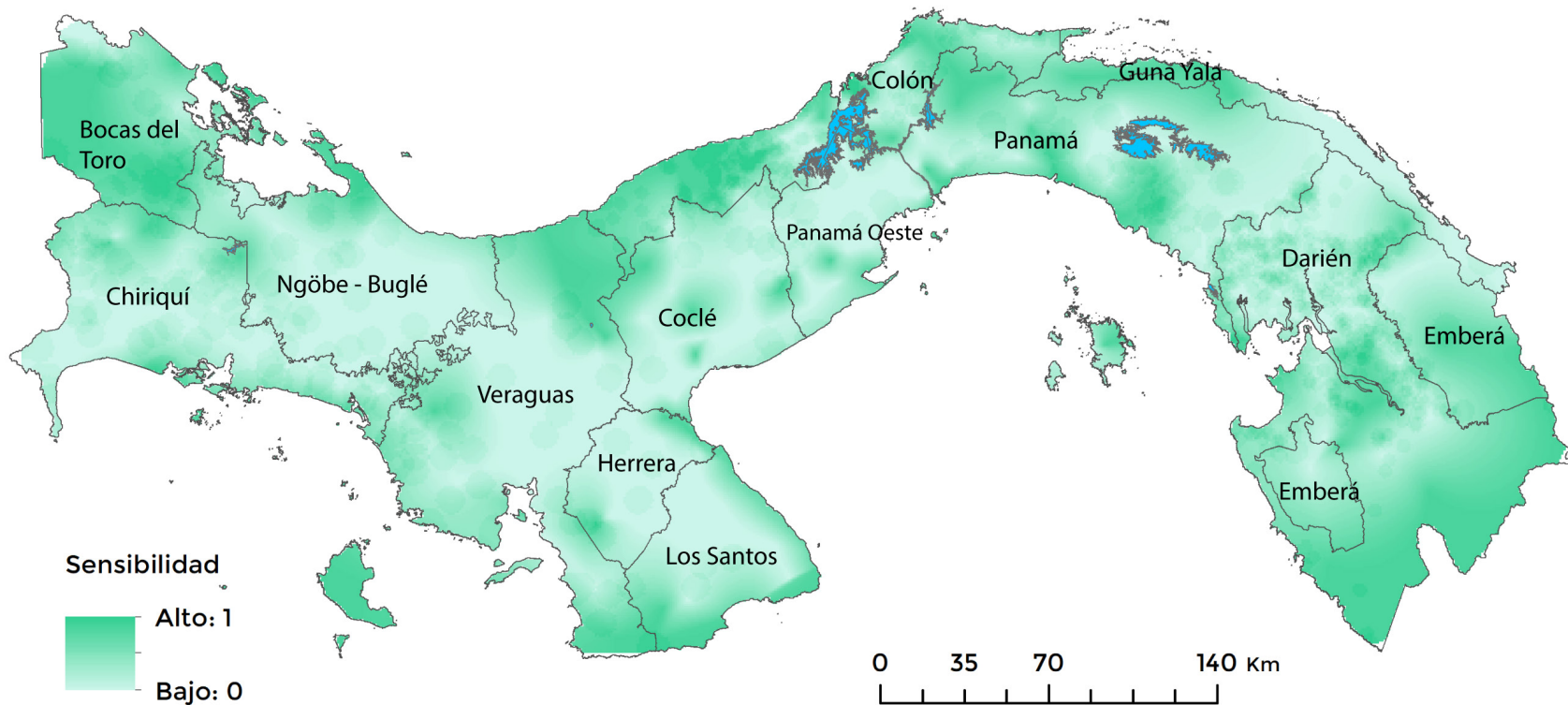
Mapa 1: Exposición al Cambio Climático en la República de Panamá



Para el componente de sensibilidad (mapa 2) y como los indicadores que se tomaron en cuenta fueron las variables de deforestación y áreas protegidas, se pueden apreciar las siguientes áreas como sensibles: la provincia de Bocas del Toro y su límite con Chiriquí, que además de ser una de las áreas protegidas más importantes; el Parque Internacional La Amistad, presenta cierto grado de deforestación. La zona norte de Coclé, Veraguas y el occidente de la provincia de Colón que presentan un porcentaje de área protegida y en donde también se ha presentado deforestación. Áreas protegidas como lo son el Parque Nacional Chagres en la cuenca del canal, la Isla de Coiba, el área silvestre en Narganá en la comarca de Guna Yala, así como también una alta sensibilidad para la Provincia de Darién y las comarcas Emberá donde no solo cuentan con importantes áreas protegidas, sino que también han sido afectadas por deforestación. Es reconocido que las zonas protegidas de la selva tropical húmeda son vulnerables al cambio climático y a estresores sociales y económicos que pueden influir negativamente en ellas [21].

Las áreas protegidas desempeñan un papel fundamental en la contribución a la mitigación y la adaptación, tanto como a escala global como local, manteniendo servicios esenciales que proporcionan estos ecosistemas, en donde su presencia aumenta la resiliencia y disminuye la vulnerabilidad frente al cambio climático. Por otro lado, la deforestación es uno de los principales contribuyentes al cambio climático, estos cambios de uso de suelo son la segunda fuente antropogénica de emisiones de dióxido de carbono y esta práctica amenaza la biodiversidad y los servicios naturales que estos proporcionan, para el caso de Panamá es vital conservar la cobertura boscosa y una de las medidas de adaptación puede llevar a la extensión de áreas protegidas y boscosas ya que los bosques tropicales son el hogar de la mayoría de la biodiversidad del planeta y donde las estrategias de adaptación deben dar máxima prioridad para asegurar las tierras y aguas dentro de ecosistemas boscosos y protegidos.

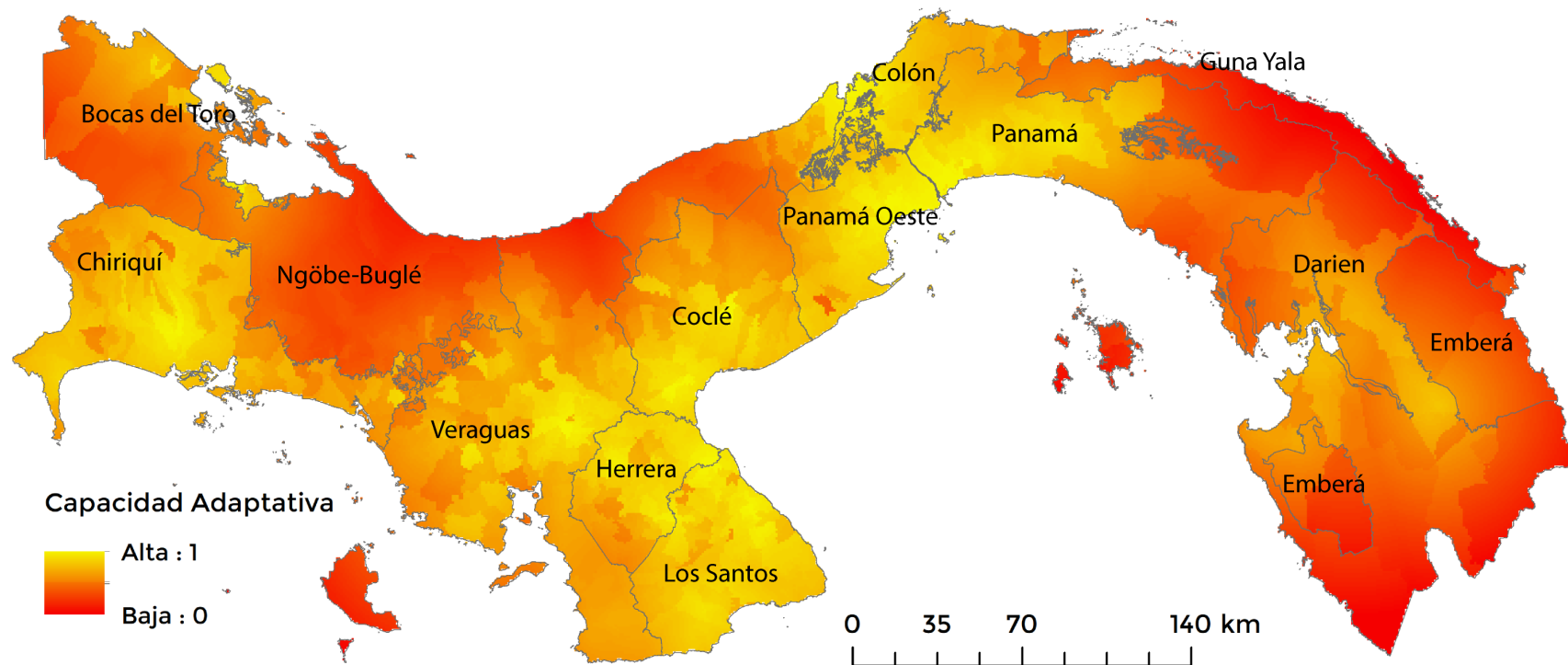
Mapa 2: Sensibilidad al Cambio Climático República de Panamá



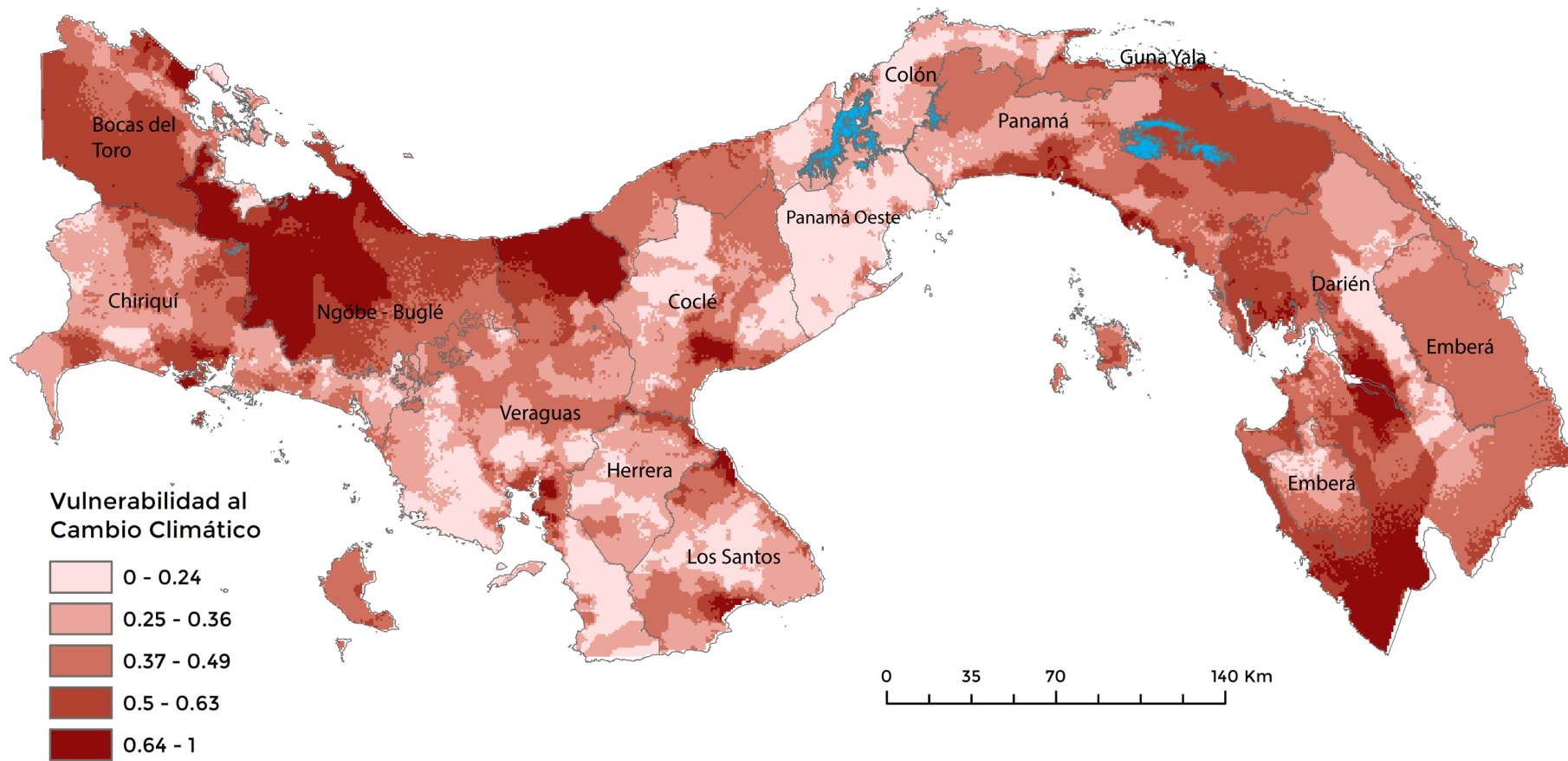
Finalmente, y como se muestra en el mapa (3) para el componente de capacidad adaptativa, se puede inferir que las regiones con una mayor pobreza tienen una capacidad de respuesta reducida. Las zonas catalogadas con la menor capacidad de adaptarse al cambio climático son la provincia de Bocas del Toro, algunas áreas de la Provincia de Chiriquí y Veraguas, la totalidad de la comarca de Ngäbe Buglé, algunas áreas de la zona sur-oeste de Veraguas, regiones norte de Coclé y el oeste de Colón, al igual que la comarca de Guna Yala, comarca Emberá y la provincia de Darién. Se puede destacar que las zonas con mayor capacidad adaptativa son la provincia de Panamá y las provincias centrales de Herrera y Los Santos.

Es importante resaltar que se espera que el cambio climático incremente la pobreza rural [22], para el caso panameño las áreas con menor capacidad adaptativa son las comarcas indígenas, territorios principalmente rurales, estas características contribuyen y aumentan la desigualdad social a la que ya se está expuesta, poniendo a los pobladores en una doble desigualdad, ya no solo social y económica, sino que también altamente vulnerables al cambio climático. Según CEPAL (2020) [23], se espera que, en el ámbito rural, la pobreza extrema aumente como resultado del cambio climático. El cambio climático, junto con los cambios de los ciclos económicos, puede afectar el poco avance logrado en contra de la pobreza. En general, las comunidades con alta pobreza son más vulnerables a los impactos negativos del cambio climático, cuando su contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero, deforestación, contaminación de aguas, es menor que la de los grupos de mayores ingresos, lo que indica que los grupos de altos ingresos deben contribuir a superar la brecha de desigualdad e impulsar una adaptación priorizada en estas áreas.

Mapa 3: Capacidad Adaptativa al Cambio Climático en la República de Panamá



Mapa 4: Vulnerabilidad al Cambio Climático



Según los resultados finales (mapa 4) y mediante la combinación de los diversos indicadores y componentes que representan la vulnerabilidad al cambio climático, las áreas con una mayor vulnerabilidad de entre 0.64 y 1 son:

- Provincia de Bocas del Toro
- Comarca de Ngöbe Buglé
- Norte de Veraguas
- Sur- Oeste de la provincia de Darién
- Comarca Kuna Yala
- Zona costera sur y este de la provincia de Los Santos
- Este costero de la provincia de Herrera
- Golfo de Montijo
- Zona costera sur de la provincia de Coclé
- Zona Costera de la comarca de Kuna Yala
- Zona Costera sur de la Provincia de Panamá

En el mapa (5) y con motivos de visualización se dividieron los valores en 4 categorías de Alta a Baja Vulnerabilidad. Así como también en el mapa (6) se realizó una estadística zonal para el valor máximo que representa cada uno de los 671 corregimientos en 5 categorías (como complemento a este documento se presenta una tabla de Excel los valores para cada uno de los corregimientos). Algunos de los corregimientos con valores máximos arriba de 0.70 son el corregimiento de La Gloria y Valle del Riscó en Bocas del Toro, casi la totalidad de los corregimientos en la comarca Ngäbe Buglé con valores por encima de 0.80 en Bisira, Kankintú, Calante, Río Chiriquí, Emplanada de Chorchá, Gwaribiará, Cañaverál, Man Creek, Chiriquí Grande. Para la provincia de Chiriquí, corregimientos como Los Ángeles, Boca del Monte, Hornito, Gualaca tienen valores máximos por encima de los 0.70, y corregimientos mayores a los 0.60 como Cerro Punta, Jaramillo, Caldera, Nueva California, Rovira y Palmira. En Veraguas con valores por encima de los 0.70 están los corregimientos como Calovébora, Río Luis, Gatú y Ponuga. En Coclé corregimientos como Natá, Cañaverál, Coclé con valores > a 0.70. En la comarca de Guna Yala, el corregimiento de Narganá con valores máximos por encima de 0.70. En la provincia de Darién

corregimientos de Chepigana, Río Iglesias, Jaqué, Camongantí, Tucutí con valores por encima de 0.70. En la provincia de Panamá los corregimientos de Las Garzas, Santa Cruz de Chinina, Unión Santeña, resultaron en valores máximos por encima de 0.70. Y finalmente para las provincias de Los Santos corregimientos como Tonosí, El Cacao, Isla de Cañas con valores máximos mayores a 0.70.

Provincia	Corregimiento	Índice
Bocas del Toro	La Gloria	0.74
	Valle del Riscó	0.70
	Nance de Riscó	0.66
	Guabito	0.64
	Las Delicias	0.63
Comarca Ngöbe - Buglé	Bisirá	1.0
	Kankintú	0.89
	Calante	0.89
	Río Chiriquí	0.88
	Emplanada de Chorchá	0.87
	Gwaribiará	0.87
	Cañaverál	0.87
	Man Creek	0.85
	Chiriquí Grande	0.84
	Chiriquí	Los Ángeles
Boca del Monte		0.75
Hornito		0.73
Gualaca		0.71
Cerro Punta		0.69
Jaramillo		0.67
Caldera		0.66
Nueva California		0.63
Rovira		0.62
Palmira		0.62

Provincia	Corregimiento	Índice
Veraguas	Calovébora	0.90
	Río Luis	0.77
	Gatú	0.73
	Ponuga	0.72
	El Alto	0.67
	Río Grande	0.66
	San Juan	0.63
Los Santos	Isla de Cañas	0.80
	El Cacao	0.77
	Tonosí	0.71
Herrera	Sabana Grande	0.64
	Parita	0.63
	El Rincón	0.63
Coclé	Cañaveral	0.87
	Coclé	0.79
	Natá	0.77
	El Coco	0.68
	Las Huacas	0.67
	El Palmar	0.67
Herrera	El Cacao	0.77
	El Coco	0.68
Panamá	Santa Cruz de Chichina	0.74
	Las Garzas	0.71
	Unión Santeña	0.98
	Pedregal	0.67
	Pasiga	0.65
	Chepo	0.64
	Pacora	0.63
	Don Bosco	0.63
	Colón	San Juan
Cristobal Este		0.56
Comarca Guna Yala	Narganá	0.72

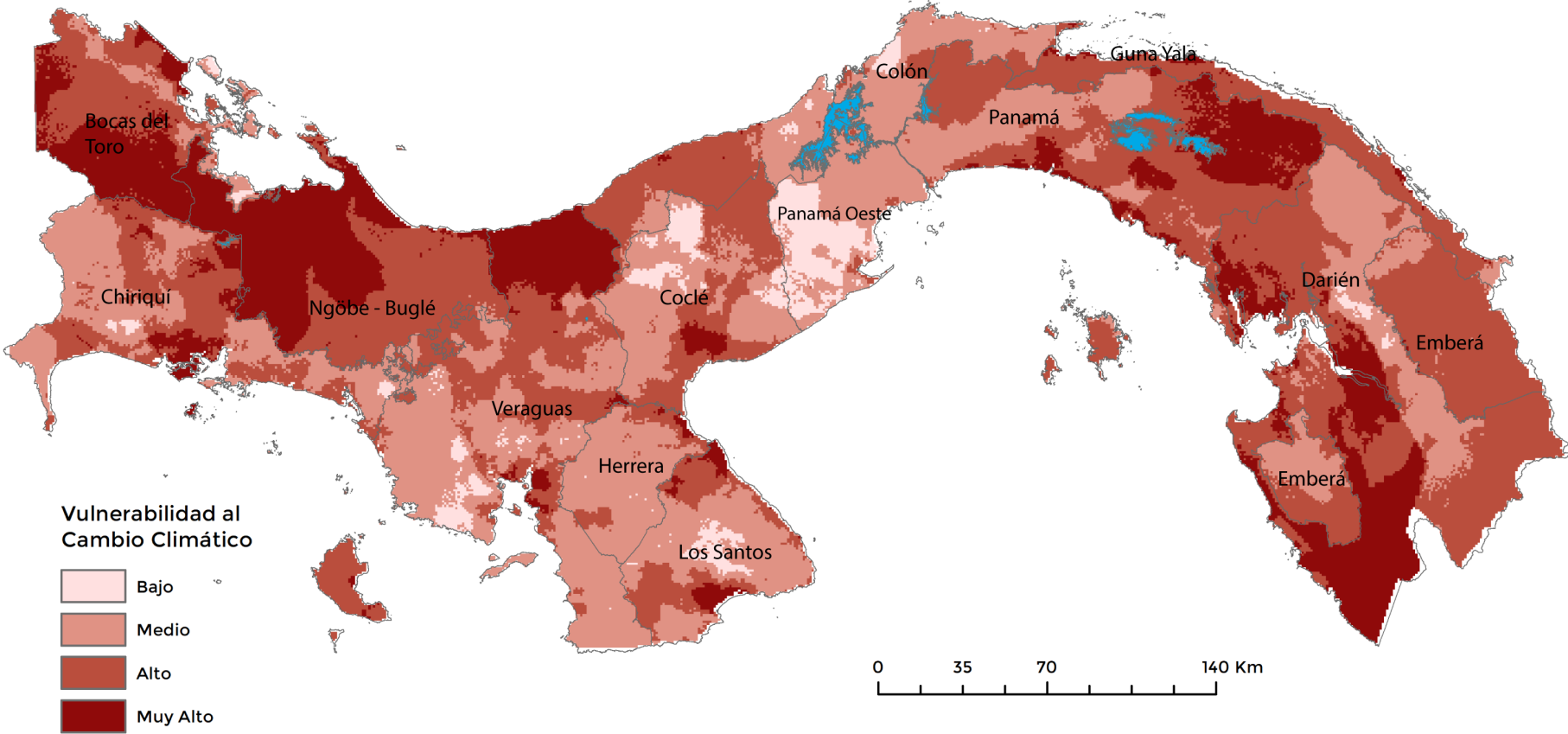
Provincia	Corregimiento	Índice
Darién	Río Iglesias	0.83
	Camogantí	0.82
	Jaqué	0.78
	Chepigana	0.76
	Tucutí	0.70
	Río Congo	0.69
	Cucunatí	0.68
	Puerto Piña	0.65
	Taimatí	0.63

Los resultados por corregimiento nos indican una línea de acción para priorizar las acciones en adaptación en estos lugares. Indicadores como las áreas protegidas, la vulnerabilidad por el aumento del nivel del mar, la frecuencia de inundaciones, jugaron un papel importante al ser combinados. La capacidad adaptiva puede ser uno de los componentes más importantes sobre todo cuando en Panamá se refleja una desigualdad económica social lo largo del territorio.

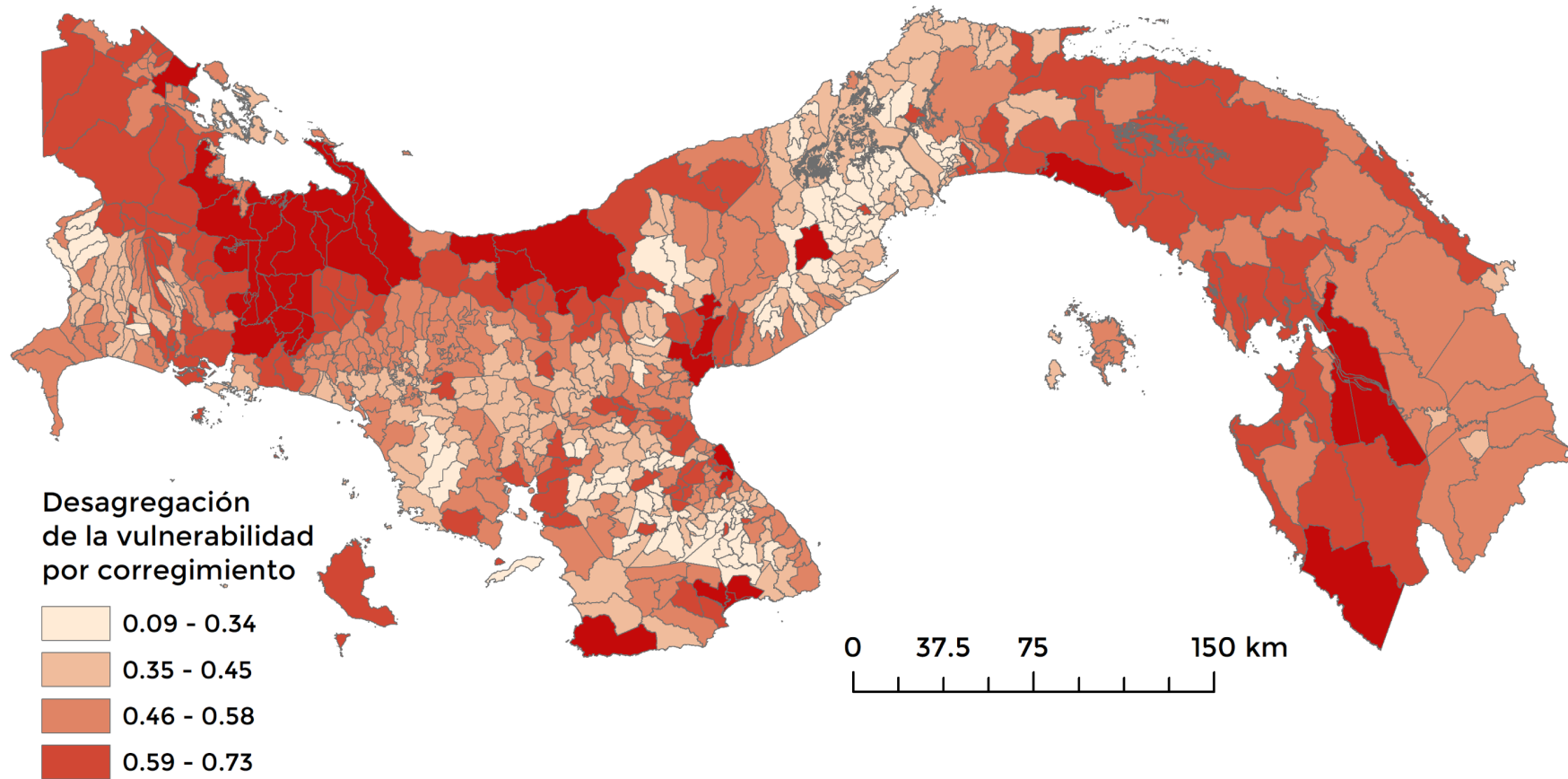
Los datos de escenarios de cambio climático parecen no influir significativamente, esto puede ser ya que este indicador es un dato continuo y no categórico y talvez, para próximos análisis se deban categorizar aquellas áreas con una anomalía mayor de cambio a futuro. Se debe entender que, aunque varias áreas del territorio no expresan niveles altos de vulnerabilidad no quiere decir que no estén expuestos a ciertos riesgos climáticos, y esto es debido a que los indicadores utilizados no representan algún tipo de amenaza identificada para una zona en específico, como es el caso de Panamá Oeste, Herrera Colón, Coclé, Panamá y zonas de Chiriquí que no presentan altos valores.

Adicionalmente, los impactos que traerán consigo el cambio climático son difíciles de medir y proyectar a futuro, más aún cuando para la ciencia es y será desafiante proyectar la frecuencia e incidencia de eventos extremos, por lo cual los esfuerzos pueden ser dirigidos en la erradicación de la pobreza, el acceso a agua, educación, atención médica de calidad, infraestructura resistente, en donde una capacidad fortalecida es igual a una menor vulnerabilidad al cambio climático.

Mapa 5: Vulnerabilidad al cambio climático por categoría



Mapa 6: Desagregación de la vulnerabilidad por Corregimiento en la República de Panamá



5. Conclusiones

Como base para la identificación de zonas vulnerables, el análisis aquí presente, demuestra cómo una integración de diferentes factores de exposición y su relación socio-ambiental en el contexto de adaptación al cambio climático puede ser implementada. Las principales contribuciones del presente documento son la utilización y generación de una serie de indicadores adaptados a los potenciales riesgos del Istmo ante el cambio climático y su combinación, para el despliegue de información de vulnerabilidad indicativa y general a nivel nacional.

Los resultados han demostrado que las áreas vulnerables se encuentran principalmente en las zonas comarcales del territorio, lo que resalta una capacidad adaptativa reducida, y que mejorando las condiciones sociales y económicas se estará incrementando la resiliencia de las comunidades, disminuyendo entonces, su vulnerabilidad. Los riesgos a futuro tienen un alto nivel de incertidumbre, es por eso que apuntar a construir ciudades y medios de vida a prueba de una serie de cadena de impactos probables, puede ser una de las acciones clave.

Además, esta metodología puede utilizarse como una guía piloto para realizar evaluaciones de vulnerabilidad a escala local, que permitan conocer de manera más precisa y eficazmente los diversos riesgos que enfrentan los sistemas sociales y ambientales de un territorio. El análisis profundo de los riesgos climáticos, más la participación del público local, tienen el potencial de generar resultados que abran camino a una adaptación apropiada, con base a las necesidades específicas del entorno, en donde el entendimiento de una amplia gama de impactos probables y sus interacciones es fundamental.

Finalmente, se reconoce que el cambio climático, los sistemas naturales y su relación con el ámbito social, son temas complejos, que la vulnerabilidad es generada por múltiples procesos y estresores del sistema ambiental y social, y que su cuantificación es un reto. Es por esto que el desarrollo económico y social debe redirigirse a crear comunidades autosostenibles, resistentes y resilientes, ante una serie de escenarios probables a ocurrir.



6. Limitaciones y recomendaciones

Hay una serie de elementos importantes a considerar cuando se construye un índice de vulnerabilidad combinando diversos factores relacionados al cambio climático. El primero recae en que se asume que todos los indicadores tienen la misma representatividad y que las interacciones entre sí son iguales, cuando la relación entre indicadores es dependiente de la naturaleza de cada componente y su afectación a un entorno específico [17] [24]. Por ejemplo, para este estudio se utilizaron diversos indicadores como frecuencia de inundaciones y vulnerabilidad costera, en este caso, un aumento del nivel del mar en una región específica, combinado con una frecuencia de inundaciones alta, tiene una mayor relación entre ambos componentes que juega un papel importante en términos de vulnerabilidad, mientras que su interacción con otros elementos podría ser menor. Al igual que la representatividad de ciertos indicadores puede tener una mayor influencia para ciertas actividades de la economía.

Así mismo, se consideró que ambos escenarios de anomalías de lluvia, un aumento y una disminución de la misma, juega un papel de vulnerabilidad alta, cuando para cada caso las vulnerabilidades pueden disminuir el riesgo de otros componentes como la susceptibilidad a inundaciones o a periodos de sequía, y/o también se desconoce el comportamiento de eventos extremos. Más aún, estos elementos tienen diversos impactos sobre las cadenas productivas y de la economía, como lo son el turismo y la agricultura en donde una profundización de cada riesgo y sus interacciones es necesaria.

Los resultados del mapeo de la vulnerabilidad son producto de los indicadores utilizados, todos presentan diversas escalas las cuales pueden dar lugar a que ciertos componentes tengan una mayor representatividad en el territorio [25] como lo son aquellos de los que se obtuvo data por distrito. También, los datos varían de entre categóricos y continuos donde en el caso de la presente agregación tuvo como consecuencias que fueran más influyentes en los mapas finales aquellos que solo tenían dos categorías, 0 y 1, como es el caso de la vulnerabilidad costera, las tierras degradadas y las áreas protegidas. Además, el desarrollo de nuevos escenarios de cambio climático está sucediendo a nivel nacional con un nuevo set de proyecciones para la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático, así como también nuevos escenarios socioeconómicos están siendo desarrollados por el IPCC para su 6° Informe de Evaluación, por lo cual los análisis de vulnerabilidad deben ser actualizados, utilizando los datos más recientes en el campo de la ciencia del clima y sus cambios.

Ninguna metodología por sí sola podrá captar y proyectar con un grado de confiabilidad alto las dimensiones de la vulnerabilidad en múltiples escalas y facetas [5]. Es por esto, que el marco para analizar la vulnerabilidad requiere de métodos y técnicas de modelación que desplieguen cada una de las características de la vulnerabilidad con respecto a cada sistema y las interacciones individuales con los diversos riesgos asociados al cambio climático. Se deben realizar evaluaciones extensas y exhaustivas con los mejores datos disponibles para comprender las perturbaciones en

cada contexto y al nivel local mínimo [26] . Esto infiere que un mapa de vulnerabilidad a nivel nacional puede servir para apuntar la generalidad de la vulnerabilidad y los lugares expuestos de acuerdo a los indicadores utilizados, pero se requerirá un análisis profundo con visitas a campo que corroboren los estudios en oficina con el fin de desarrollar respuestas de adaptación apropiadas. Para concluir, y aunque la comunidad científica haya venido desarrollando una comprensión extensa de los cambios en el clima, es aún un desafío comprender y modelar eventos extremos climáticos, los cuales son casi siempre, aquellos con el mayor potencial de derivar en pérdidas y daños considerables, más aún, cuando no existe instalada una capacidad de respuesta adecuada. Así mismo, hay vacíos en el entendimiento del desempeño de los extremos climáticos a futuro, también muy poco ha sido logrado para comprender la dinámica futura de los sistemas humanos y su influencia en la vulnerabilidad futura [27]. Es evidente que en la tierra y los sistemas naturales son más dinámicos y complejos de lo que se pueda proyectar en un mapa [17], y es por esto que la cartografía de vulnerabilidad necesitará reconocer las conexiones dinámicas entre los indicadores, así como los vínculos entre diversas escalas [28].

Referencias

- [1] Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V.R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J.A., Clarke, L., Dahe, Q., Dasgupta, P. and Dubash, N.K., 2014. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 151). Ipcc.
- [2] Magrin, G. et al., 2014. "Central and South America", Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Volume II: Regional Aspects, V. Barros y otros (eds.), Cambridge, Cambridge University Press.
- [3] Galindo, L.M., Samaniego, J., Alatorre, J.E., Ferrer, J. and Reyes, O., 2014. Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América Latina y el Caribe: Una visión ambiental de largo plazo.
- [4] Bárcena Ibarra, A., Samaniego, J., Peres, W. and Alatorre, J.E., 2020. La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?.
- [5] Srivastava, A., 2015. Report on the patterns of disaster risk reduction actions at local level. Vulnerability to climate change & variability: An investigation into macro & micro level assessments—A case study of agriculture sector in Himachal Pradesh, India. - Informe sobre las pautas de las medidas de reducción de los riesgos de desastre a nivel local. Vulnerabilidad al cambio y la variabilidad climáticos: Una investigación sobre las evaluaciones a nivel macro y micro: un estudio de caso del sector agrícola en Himachal Pradesh, India.
- [6] Preston, B.L., Yuen, E.J. and Westaway, R.M., 2011. Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks. Sustainability Science, 6(2), pp.177-202. – Poniendo la vulnerabilidad al cambio climático en un mapa: Una revisión de enfoques, beneficios y riesgos Ciencia Sostenible.
- [7] López-Carr, D., Pricope, N.G., Aukema, J.E., Jankowska, M.M., Funk, C., Husak, G. and Michaelsen, J., 2014. A spatial analysis of population dynamics and climate change in Africa: potential vulnerability hot spots emerge where precipitation declines and demographic pressures coincide. Population and Environment, 35(3), pp.323-339. - Un análisis espacial de la dinámica de la población y el cambio climático en África: surgen puntos calientes de vulnerabilidad potencial en los que la disminución de las precipitaciones coincide las presiones demográficas. Población y medio ambiente.
- [8] Füssel, H.M. and Klein, R.J., 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. Climatic change, 75(3), pp.301-329. – Evaluaciones de la vulnerabilidad al cambio climático: Pensamiento Conceptual evolutivo. Cambio Climático.
- [9] De Sherbinin, A., Chai-Onn, T., Jaiteh, M., Mara, V., Pistolesi, L., Schnarr, E. and Trzaska, S., 2015. Data integration for climate vulnerability mapping in West Africa. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4(4), pp.2561-2582. - Integración de datos para la cartografía de la vulnerabilidad climática en África occidental. Revista Internacional de GeoInformación.
- [10] PROVIA, 2013: PROVIA Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change. Consultation document, United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya, 198 pp. - Guía para evaluar la vulnerabilidad, los impactos y la adaptación al cambio climático. Documento de consulta, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- [11] CEPAL – United National Department of Economics and Social Affairs - World Population Prospects – Population Division population.un.org Visitado el 9 de noviembre de 2020. - Departamento de Economía y Asuntos Sociales de las Naciones Unidas - Perspectivas de la Población Mundial - División de Población.

- [12] Ministerio de Ambiente, 2018. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Panamá. Disponible en: https://www.pa.undp.org/content/panama/es/home/library/environment_energy/tercera-comunicacion-nacional-sobre-cambio-climatico.html. Visitado el 15 de noviembre de 2020.
- [13] Kienberger, S., Borderon, M., Bollin, C. and Jell, B., 2016. Climate change vulnerability assessment in Mauritania: reflections on data quality, spatial scales, aggregation and visualizations. - Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en Mauritania: reflexiones sobre la calidad de los datos, las escalas espaciales, la agregación y las visualizaciones.
- [14] Becker, D., Renner, K. and Schneiderbauer, S., 2014. Assessing and Mapping Climate Change Vulnerability with the Help of GIS: Example of Burundi. *GI_Forum*, pp.101-104. - Evaluación y mapeo de la vulnerabilidad al cambio climático con la ayuda de los SIG: Ejemplo de Burundi.
- [15] Feyissa, G., Zeleke, G., Gebremariam, E. and Bewket, W., 2018. GIS based quantification and mapping of climate change vulnerability hotspots in Addis Ababa. *Geoenvironmental Disasters*, 5(1), p.14. - Cuantificación y cartografía basadas en SIG, de los puntos críticos de vulnerabilidad al cambio climático en Addis Abeba. Desastres geoambientales.
- [16] Yusuf, A.A. and Francisco, H., 2009. Climate change vulnerability mapping for Southeast Asia. - Cartografía de la vulnerabilidad al cambio climático en el sudeste asiático.
- [17] De Sherbinin, A., Bukvic, A., Rohat, G., Gall, M., McCusker, B., Preston, B., Apotsos, A., Fish, C., Kienberger, S., Muhonda, P. and Wilhelmi, O., 2019. Climate vulnerability mapping: A systematic review and future prospects. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(5), p.e600. - Cartografía de la vulnerabilidad climática: Una revisión sistemática y perspectivas a future.
- [18] Darela Filho, J.P., Lapola, D.M., Torres, R.R. and Lemos, M.C., 2016. Socio-climatic hotspots in Brazil: how do changes driven by the new set of IPCC climatic projections affect their relevance for policy?. *Climatic change*, 136(3-4), pp.413-425. - Puntos calientes socio-climáticos en Brasil: ¿cómo afectan los cambios impulsados por el nuevo conjunto de proyecciones climáticas del IPCC a su relevancia para la política?. Cambio climático.
- [19] Torres, R.R., Lapola, D.M., Marengo, J.A. and Lombardo, M.A., 2012. Socio-climatic hotspots in Brazil. *Climatic change*, 115(3-4), pp.597-609. - Los puntos calientes socio-climáticos de Brasil. Cambio climático.
- [20] Menezes, J.A., Confalonieri, U., Madureira, A.P., Duval, I.D.B., Santos, R.B.D. and Margonari, C., 2018. Mapping human vulnerability to climate change in the Brazilian Amazon: the construction of a municipal vulnerability index. *PloS one*, 13(2), p.e0190808. - Cartografía de la vulnerabilidad humana al cambio climático en la Amazonia brasileña: la construcción de un índice de vulnerabilidad municipal.
- [21] Tabor, K., Hewson, J., Tien, H., González-Roglich, M., Hole, D. and Williams, J.W., 2018. Tropical protected areas under increasing threats from Climate Change and deforestation. *Land*, 7(3), p.90. - Las zonas tropicales protegidas están cada vez más amenazadas por el cambio climático y la deforestación.
- [22] Mendelsohn, R.O. and Dinar, A., 2009. Climate change and agriculture: an economic analysis of global impacts, adaptation and distributional effects. Edward Elgar Publishing. - El cambio climático y la agricultura: un análisis económico de los efectos mundiales, la adaptación y los efectos distributivos.
- [23] Bárcena Ibarra, A., Samaniego, J., Peres, W. and Alatorre, J.E., 2020. La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?.

[24] Abson, D.J., Dougill, A.J. and Stringer, L.C., 2012. Using principal component analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, 35(1-2), pp.515-524. - Utilización del análisis de los componentes principales para la elaboración de mapas de vulnerabilidad socioecológica con gran cantidad de información en el África meridional.

[25] De Sherbinin, A.M., 2014. Mapping the unmeasurable? Spatial analysis of vulnerability to climate change and climate variability. - ¿Mapeando lo inmedible? Análisis espacial de la vulnerabilidad al cambio climático y la variabilidad del clima.

[26] McCusker, B., Essam, T. and Conley, J. 2016. Spatial policymaking: Using large, public datasets to illustrate spatial patterns of human vulnerability in Niger. *Proceedings of the 13th International Conference on Social Implications of Computers in Developing Countries*. Negombo, Sri Lanka. May 2015. - La elaboración de políticas espaciales: Utilización de grandes conjuntos de datos públicos para ilustrar las pautas espaciales de la vulnerabilidad humana en el Níger. *Actas de la 13ª Conferencia Internacional sobre las Implicaciones Sociales de las Computadoras en los Países en Desarrollo*.

[27] Lutz, W. and Muttarak, R., 2017. Forecasting societies' adaptive capacities through a demographic metabolism model. *Nature Climate Change*, 7(3), pp.177-184. - Previsión de la capacidad de adaptación de las sociedades mediante un modelo de metabolismo demográfico. *Naturaleza Cambio climático*.

[28] Jurgilevich, A., Räsänen, A., Groundstroem, F. and Juhola, S., 2017. A systematic review of dynamics in climate risk and vulnerability assessments. *Environmental Research Letters*, 12(1), p.013002. - Un examen sistemático de la dinámica de las evaluaciones de los riesgos y la vulnerabilidad climática. *Cartas de Investigación Ambiental*.





Anexo 1

Estaciones Meteorológicas Utilizadas para los Indicadores de Días Consecutivos de Lluvia y Días Secos Consecutivos para el período 1988 -2019 generados con la herramienta RCLIM Tool. Datos obtenidos de la Dirección de Hidrometeorología de ETESA en julio de 2020.

ID	Nombre	Elevación
91-026	Changuinola Sur	400
93-002	Aeropuerto Bocas	2
97-001	Calovébora	10
102-009	Bajo Grande	2300
105-005	Toabré	200
105-007	San Lucas	30
108-017	Los Naranjos	1200
108-018	Paja de Sombrero	388
108-023	David	27
113-001	Icacal	11
114-010	Ojo de Agua	358
118-002	Cañazas	200
120-002	Santiago	80
121-006	Mulatupo	2
122-006	Chepo(esc. granja)	680
126-005	Pedasí	47
126-010	Valle Rico	173
128-001	Los Santos	16
130-002	Parita	43
132-006	Laguna La Yeguada	640
132-033	Santa Fe	463
134-004	El Cope	400
144-002	Tocumen (ETESA)	18
150-002	Chiman	30
162-001	Garachiné	10

Anexo 2

Lista de Hospitales utilizados para el Indicador de Acceso a Infraestructura de Salud

ID	ID	Nombre	Nombre	Elevación
Hospital de Bocas del Toro	Bocas del Toro	Bocas del Toro	Isla Colón	MINSA
Hospital de Changuinola	Changuinola	Changuinola	Changuinola	CSS
Hospital de Almirante	Changuinola	Almirante	Almirante	CSS
Hospital Regional de Chiriquí Grande	Chiriquí Grande	Rambala	Rambala (P)	CSS
Hospital Rafael Estévez	Aguadulce	Aguadulce Cabecera	Cabecera	CSS
Hospital Aquilino Tejeira	Penonomé	Penonomé Cabecera	Penonomé	MINSA
Complejo Hospitalario Dr. Manuel Amador Guerrero	Colón	Barrio Sur	Barrio Sur	CSS
Hospital Dionisio Arrocha	Barú	Puerto Armuelles Cabecera	Puerto Armuelles	CSS

ID	ID	Nombre	Nombre	Elevación
Hospital José Domingo de Obaldía	David	David Cabecera	El Varital	Patronato
Hospital Regional Dr. Rafael Hernández	David	San Pablo Viejo	San Pablo Viejo	CSS
Hospital San Jose de la Palma	Chepigana	La Palma	La Palma	MINSA
Hospital El Real	Pinogana	El Real	El Real	MINSA
Hospital Yaviza (Manuel Nieto)	Pinogana	Yaviza	Yaviza	MINSA
Hospital Cecilio Castellero	Chitré	Chitré Cabecera	Chitré	MINSA
Hospital Gustavo Nelson Collado	Chitré	Llano Bonito	Llano Bonito	CSS
Hospital Sergio Nunez	Ocú	Ocú Cabecera	Ocú	MINSA
Hospital Joaquín P. Franco	Las Tablas	Las Tablas	Las Tablas	MINSA

ID	ID	Nombre	Nombre	Elevación
Hospital Regional Anita Moreno	Los Santos	Los Santos	Santa Ana	MINSA
Hospital Tonosí	Tonosí	Tonosí	Tonosí	MINSA
Hospital Luis H Moreno	Macaracas	Macaracas	Macaracas	MINSA
Hospital Regional de Chepo	Chepo	Chepo	Chepo	CSS
Hospital Nicolás A Solano	La Chorrera	Playa Leona	Playa Leona	MINSA
Hospital Hogar De La Esperanza	Arraiján	Veracruz	Veracruz	CSS
Hospital Santo Tomas	Panamá	Calidonia	Calidonia	Patronato
Hospital Del Niño	Panamá	Calidonia	Calidonia	Patronato
Hospital Dr. Arnulfo A. Madrid	Panamá	Bella Vista	Bella Vista	CSS

ID	ID	Nombre	Nombre	Elevación
Hospital De Especialidades Pediátricas Omar Torrijos Herre	Panamá	Pueblo Nuevo	Pueblo Nuevo	CSS
Hospital Oncológico	Panamá	Ancón	Ancón	Patronato
Hospital Regional Irma Tzanetatos	Panamá	Tocumen	24 de diciembre	CSS
Hospital San Judas Tadeo (Dra. Susana Jones Cano)	San Miguelito	Jose D de Espinar	La Pulida	CSS
Hospital San Miguel Arcangel	San Miguelito	Victoriano Lorenzo	El Bosque	MINSA
Hospital Santiago Luis Chicho Fábrega	Atalaya	San Antonio	San Antonio	MINSA
Hospital Santiago Luis Chicho Fábrega	Atalaya	San Antonio	San Antonio	MINSA
Hospital Santiago Luis Chicho Fábrega	Atalaya	San Antonio	San Antonio	MINSA

ID	ID	Nombre	Nombre	Elevación
Hospital Francisco Javier De Cañazas	Cañazas	Cañazas	Cañazas	MINSA
Hospital Dr. Ezequiel Abadía	Soná	Soná	Soná	CSS
Hospital Marvel Iglesias (Ailigandi)	Kuna Yala	Aligandí	Aligandí	MINSA
Hospital Mulatupu Sarandi (Inabagu)	Kuna Yala	Tubualá	Sasardí Nuevo	MINSA
Hospital General Oriente Chiricano	San Félix	San Félix	San Félix	MINSA