

Pautas para integrar la vulnerabilidad climática en los planes regionales de ordenamiento territorial en República Dominicana¹

Alejandro Herrera-Moreno²

²Programa EcoMar, Inc., Sarasota 121, Bella Vista, Santo Domingo, República Dominicana
Sitio web: <https://programaecomar.com/> Correo electrónico: proecomar@gmail.com

Resumen. Se ofrecen pautas para integrar la vulnerabilidad climática en el diagnóstico territorial del Plan Regional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial a través de un ejercicio de superposición de capas que relaciona espacialmente el mapa de la división del país en diez regiones de desarrollo, basada en consideraciones geográficas, socioeconómicas y culturales, con otros mapas que describen componentes del contexto físico-natural (clima, geología e hidrología), riesgos (sequía, inundaciones, huracanes o incendios forestales), características de la zona costera-marina o situación con la frontera haitiana. Esta aproximación permite combinar factores de gestión, ambientales y climáticos que explican la vulnerabilidad regional a la vez que aporta información esencial para el diagnóstico.

Abstract. Guidelines to integrate climate vulnerability in the territorial diagnosis of the Regional Land Use and Development Plan, are offered, through a layer overlapping exercise that spatially relates the country's map division into ten planning regions, based on geographic, socioeconomic and cultural considerations, with other maps that describes components of the physical-natural environment (climate, geomorphology, hydrology and watersheds), risks (drought, floods, hurricanes or forest fires), characteristic of the coastal-marine zone and situation to the Haitian border. This approach allows to combine management, environmental and climatic factors that explain the regional vulnerability while providing essential information for the territorial diagnosis.

Palabras claves: Cambio climático, adaptación, municipios, planificación regional
Key words: Climate change, adaptation, municipalities, regional planning.

INTRODUCCIÓN

Los planes regionales de ordenamiento territorial constituyen una escala intermedia de la planificación en República Dominicana entre los planes nacionales y municipales. Al resumir los diferentes aspectos de la planificación territorial de una región dicho plan ofrece lineamientos a los municipios que la integran para la formulación de sus Planes Municipales de Ordenamiento Territorial (PMOTs). De hecho, la guía metodológica para la formulación del plan municipal explica que a la hora de realizar sus diagnósticos territoriales los municipios deben tomar del plan regional la información de usos de suelo definidos desde ese nivel (p.ej. áreas protegidas, planes de cuenca o actividades económicas aprobadas desde el nivel nacional) así como considerar las relaciones y el impacto de la dinámica ambiental, social, económica, espacial y cultural de los territorios próximos de la región que influyen y condicionan su desarrollo (MEPyD/DGODT, 2016).

¹ Para citar este trabajo: Herrera-Moreno, A. (2020) Pautas para integrar la vulnerabilidad climática en los planes regionales de ordenamiento territorial en República Dominicana. *Reporte de Investigación del Programa EcoMar*, 20(2): 1-21.

Si consideramos que el país cuenta con diez regiones de planificación y desarrollo (Decreto 710-04), mientras que los municipios suman 158 (mas el Distrito Nacional) y solo unos pocos cuentan con planes de ordenamiento territorial (PMOTs) en diferente grado de formulación e implementación, la elaboración de planes regionales territoriales parece una estrategia razonable que a corto o mediano plazo ofrecería la base para impulsar el ordenamiento municipal en sus regiones de acción. La reciente experiencia del proyecto para la formulación de un Plan Regional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PRODT) en siete provincias del suroeste del país (Azua, Barahona, Bahoruco, Elías Piña, Independencia, Pedernales y San Juan) trae a la actualidad la importancia de la planificación regional (DGODT/MEPyD, 2019).

Sin embargo, el plan de ordenamiento territorial, a cualquier escala, ya no es concebible sin que el tema de la adaptación climática esté incorporado, no como algo colateral, sino como un contenido intrínseco del documento, integrado a través de los propios instrumentos de la planificación (Herrera-Moreno, 2018). Quiere esto decir que el PRODT debe contar con conceptos abarcadores de las amenazas del cambio climático y las vulnerabilidades regionales que guíen a los municipios en la búsqueda de sus vulnerabilidades particulares para la adopción de las medidas de adaptación pertinentes. El presente trabajo ofrece pautas para integrar la vulnerabilidad climática en la planificación regional en República Dominicana, un complemento necesario a la *Guía metodológica del Plan Regional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial* (MEPyD/DGODT/SDRAC, 2020).

REGIONES DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO

La propuesta de anteproyecto de ley de ordenamiento territorial y uso del suelo define a la región como la unidad territorial integrada por dos o más provincias que posee cierta homogeneidad fisiográfica y cultural que le otorga una identidad propia y que la distingue de otras unidades (DGODT/MEPyD, 2018). Como ya comentamos, República Dominicana cuenta con diez regiones de planificación y desarrollo (Tabla 1) establecidas por el Decreto 710-04 atendiendo a consideraciones geográficas, socioeconómicas y culturales. Esta división cuenta con su cartografía dentro de la división político-administrativa (Figura 1) de la Oficina Nacional de Estadística (ONE, 2020) y ofrece un marco adecuado para los procesos de planificación a esta escala.

Tabla 1. Macroregiones, regiones de planificación y desarrollo y provincias. Fuente: Decreto 710-04. Las áreas han sido calculadas sobre la base del shapefile de regiones de ONE (2020).

Macroregión	Región	Área (km ²)	Provincia
Norte	Cibao Norte	5,454.6	Españat, Puerto Plata y Santiago
	Cibao Sur	4,470.5	La Vega, Monseñor Nouel y Sánchez Ramírez
	Cibao Noreste	4,146.1	Duarte, María Trinidad Sánchez, Salcedo y Samaná
	Cibao Noroeste	4,877.6	Dajabón, Montecristi, Santiago Rodríguez y Valverde
Sur	El Valle	4,759.3	Elías Piña y San Juan
	Enriquillo	6,796.3	Bahoruco, Barahona, Independencia y Pedernales
	Valdesia	5,561.3	Azua, Peravia, San Cristóbal y San José de Ocoa
Sureste	Higuamo	5,174.7	Hato Mayor, Monte Plata y San Pedro de Macorís
	Ozama	1,393.2	Distrito Nacional y Santo Domingo (este, oeste y norte)
	Yuma	5,435.9	El Seibo, La Altagracia y La Romana

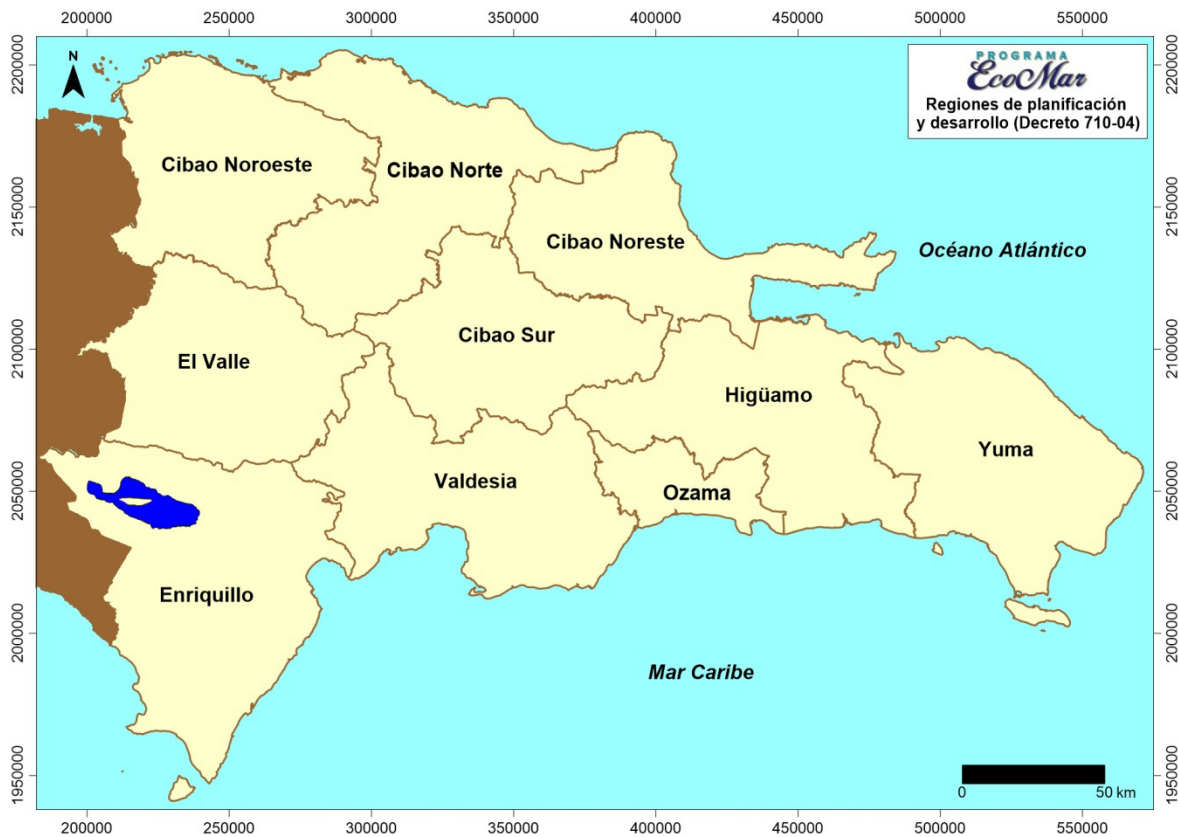


Figura 1. Regiones de planificación y desarrollo de República Dominicana. Fuente: ONE (2020).

ENTENDIENDO LA VULNERABILIDAD CLIMÁTICA REGIONAL

En los siguientes apartados iremos explicando como el mapa de la división del país en diez regiones de planificación y desarrollo puede irse superponiendo con otros mapas temáticos que ayudan a explicar la vulnerabilidad climática de cada región, bien sea a través de componentes del contexto físico-natural que la condicionan (clima, geomorfología, hidrología o zona costera) o de las propias amenazas y riesgos conocidos (inundaciones, sequía, huracanes o incendios forestales). Como veremos, esta aproximación permite combinar en una misma región factores de gestión, ambientales y climáticos que explican la vulnerabilidad a la vez que aporta información esencial para el diagnóstico.

Situación del clima regional

El diagnóstico territorial, en su componente ambiental, debe describir la situación actual y futura de la temperatura y la precipitación de la región ante las amenazas del cambio climático, a partir de datos históricos y actuales de la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET, 2020) y los escenarios climáticos de la Tercera Comunicación Nacional (CATHALAC, 2015). El *Atlas climático de República Dominicana* (JICA/ONANET, 2004) ofrece una excelente cartografía de la distribución de la temperatura y la precipitación en el período 1971-2000 con mapas de promedios (Figura 2), máximos, mínimos y variaciones estacionales que pueden adecuarse para elaborar una cartografía regional de gran efecto, como se ejemplifica para la región Enriquillo (Figuras 3 y 4).

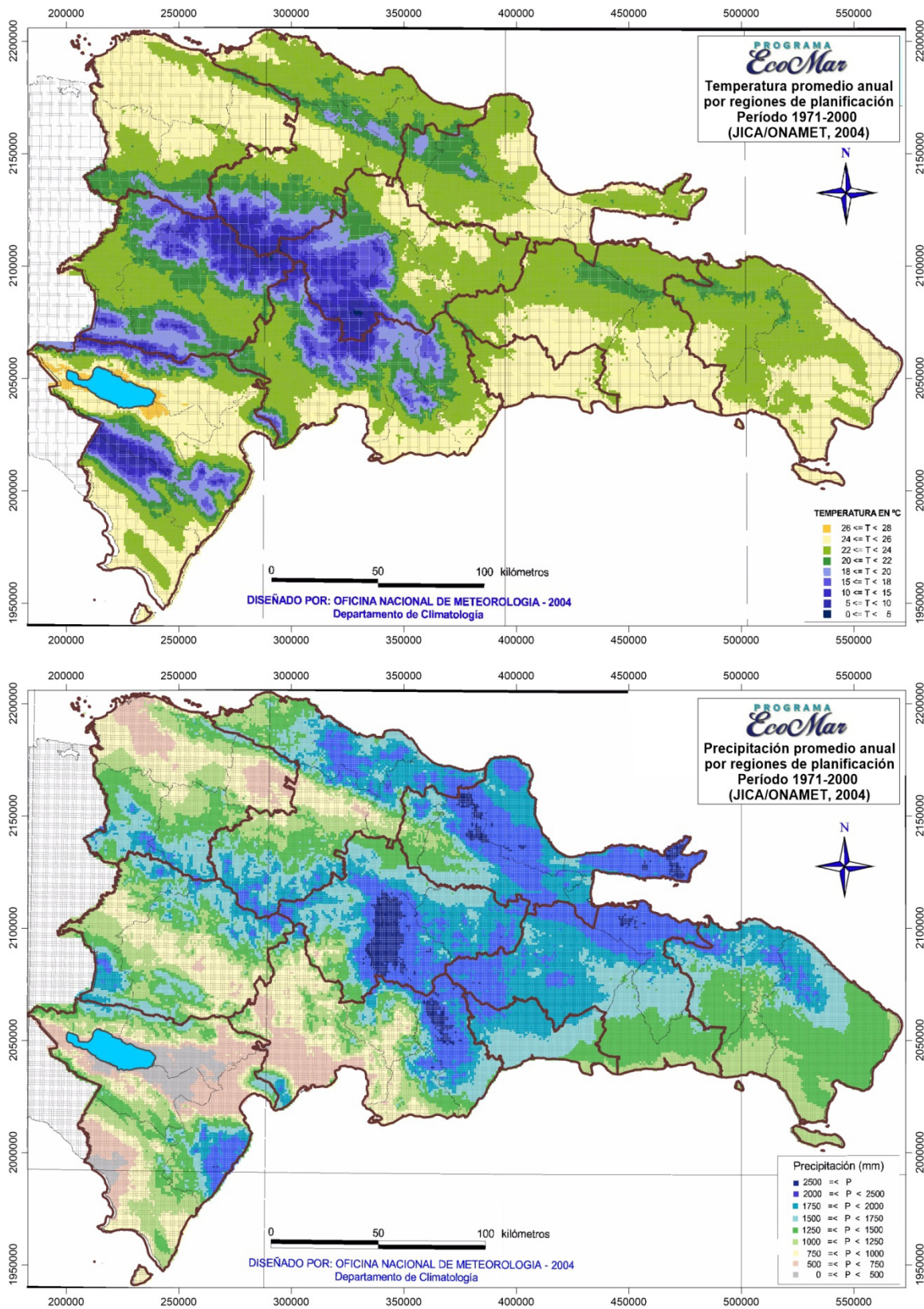


Figura 2. Superposición del mapa de regiones de desarrollo con el mapa de distribución de la temperatura (arriba) y el de precipitación (abajo) media anual. Fuentes: ONE (2020) y JICA/ONANET (2004).

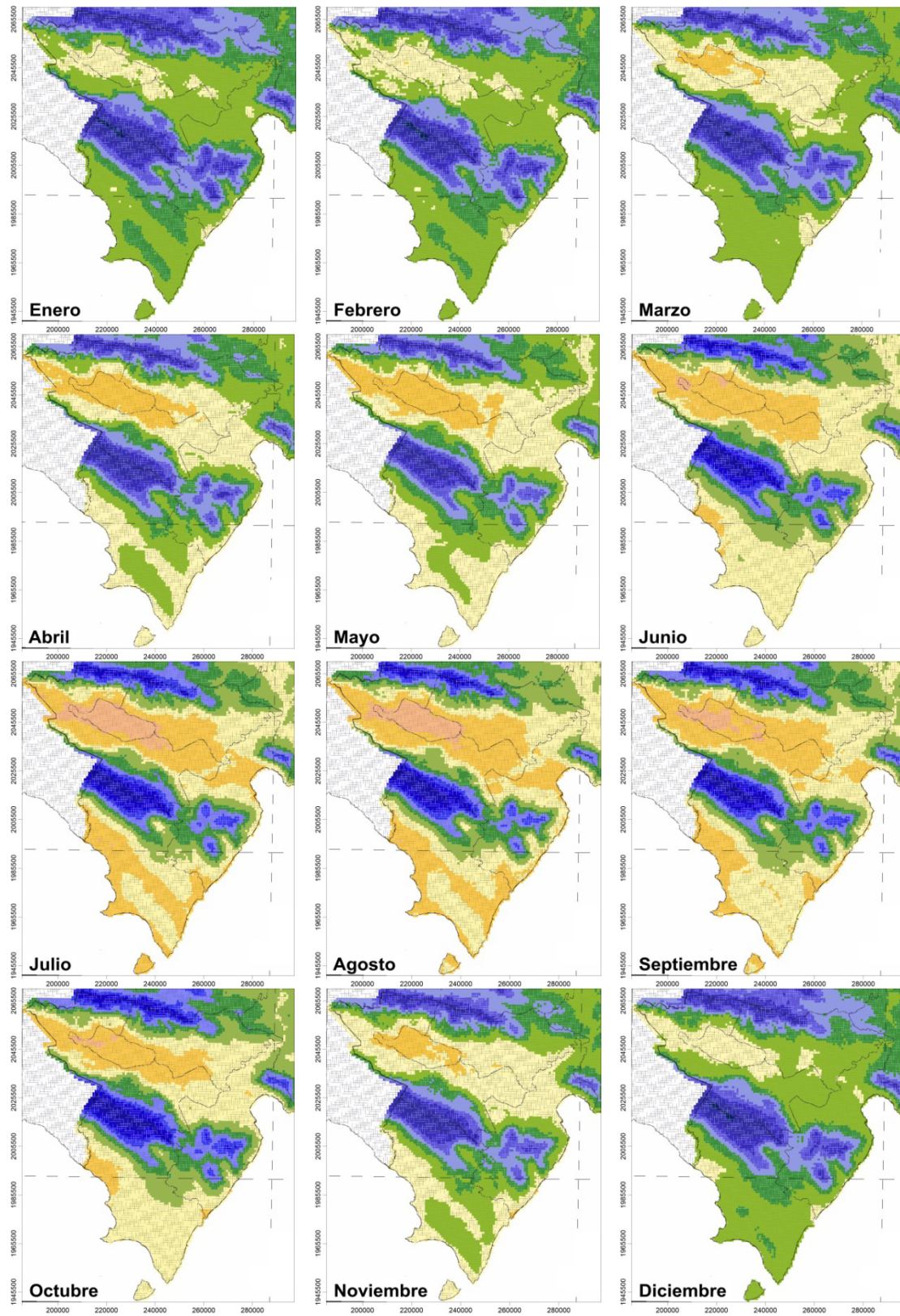


Figura 3. Presentación cartográfica de la variación estacional de la temperatura en la región Enriquillo. La escala de colores es la misma de la Figura 2. Fuente: Adaptado de JICA/ONAMET (2004).

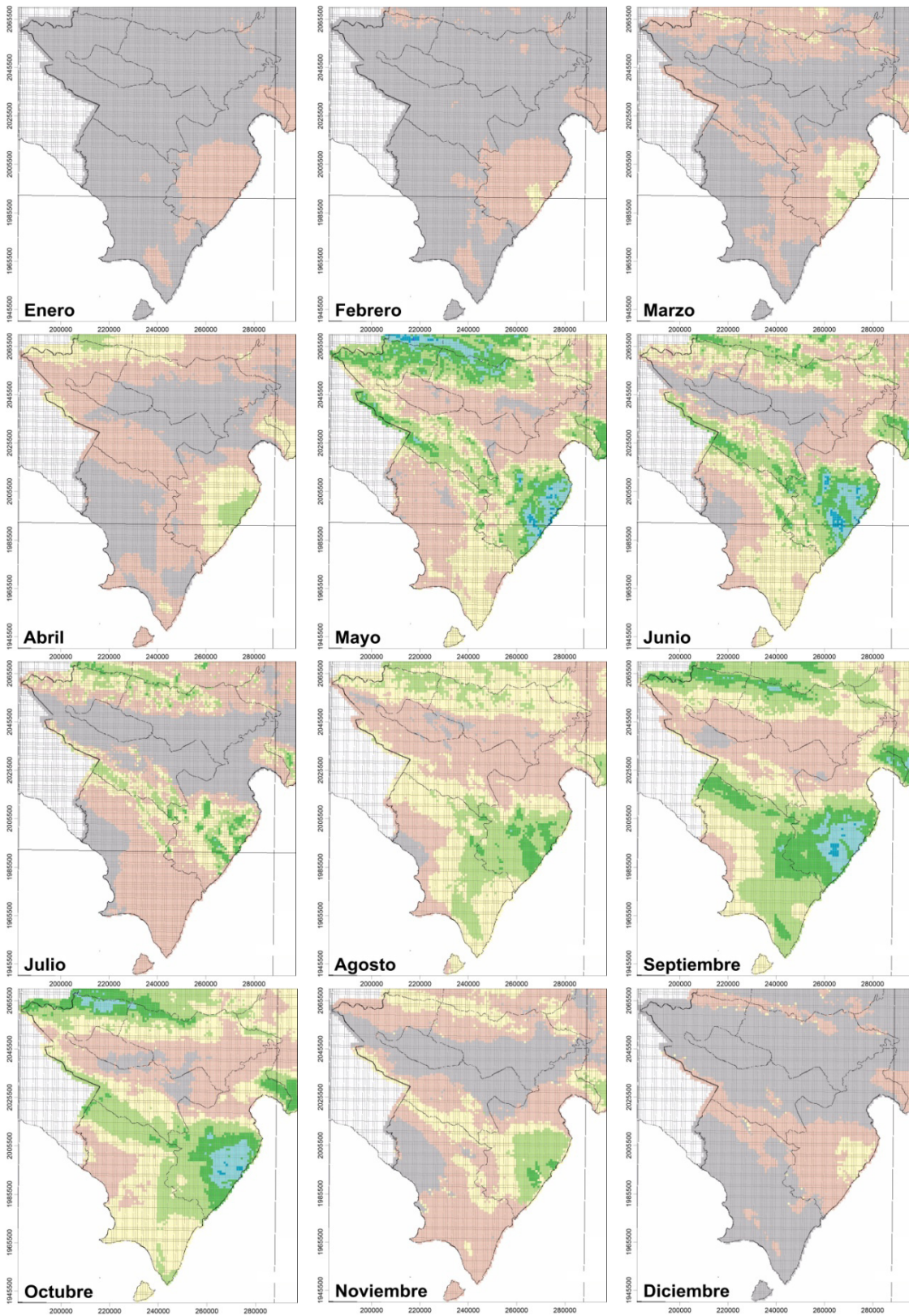


Figura 4. Presentación cartográfica de la variación estacional de la precipitación en la región Enriquillo. La escala de colores es la misma de la Figura 2. Fuente: Adaptado de JICA/ONAMET (2004).

Contexto geomorfológico e hidrológico regional

Las geoformas de la superficie terrestre en todo su espectro de variación, desde las grandes y ondulantes elevaciones de las cordilleras y sierras hasta las planicies y zonas bajas de valles, llanuras y hoyas, condicionan las inundaciones de una región, de ahí que la geomorfología del territorio sea un elemento fundamental al tratar la vulnerabilidad climática. Las formas del relieve y sus procesos guardan también relación con los deslizamientos e incluso con los incendios forestales (Vargas-Sanabria y Quesada-Román, 2018). República Dominicana está dividida en dieciocho regiones geomórficas que abarcan todas las expresiones de su complejo relieve (Tabla 2). El mapa de la OEA (1967) ofrece una síntesis precisa de la geomorfología nacional (Figura 5) muy conveniente para conocer las formaciones de cada región, a ser complementado con el modelo topográfico digital (Figura 6). Otros mapas geomorfológicos, como las hojas topográficas o los de intervalos de pendientes, resultan más convenientes al trabajar a escala municipal.

Tabla 2. Regiones geomórficas de República Dominicana. Fuente: OEA (1967).

Región geomórfica	
Cordillera Central ²	Península de Samaná
Cordillera Oriental ³	Península Sur de Barahona
Cordillera Septentrional	Promontorio de Cabrera
Hoya de Enriquillo	Sierra de Bahoruco
Llanos costeros del Atlántico ⁴	Sierra de Martín García
Llanura Costera del Caribe	Sierra de Neiba
Llanura de Azua	Sierra de Yamasá
Llanuras costeras de Miches y Sabana de la Mar	Valle de San Juan
Los Haitises	Valle del Cibao ⁵

La geomorfología (en su combinación estratégica con la hidrología) juega un rol decisivo en la configuración de la cuenca hidrográfica cuya delimitación viene dada precisamente por la línea de las cumbres (también llamada divisoria de las aguas) desde donde corre el agua hacia abajo conformando todo el sistema de drenaje. La cuenca hidrográfica es por tanto una unidad geográfica e hidrológica, que abarca toda el área de influencia de un río principal y sus afluentes, desde su nacimiento a su desembocadura, bien sea al mar (cuencas exorreicas) como ocurre con la mayoría de los ríos dominicanos o a un lago (cuenca endorreica) como ocurre con los cursos que drenan al lago Enriquillo. A los efectos de incorporar el tema hidrológico en la planificación regional resulta conveniente el mapa de la OEA (1967) que divide el país en catorce distritos hidrográficos (Tabla 3) bajo el criterio de cuencas y zonas hidrológicas (Figura 7). Este mapa tiene el valor de la generalidad conceptual que requiere el abordaje regional pero debe ser complementado con el mapa de cuencas hidrográficas (INDHRI, 2020) que ofrece el detalle del área de drenaje de nuestros ríos principales (Figura 8). La cartografía regional debe completarse con otros mapas de cuencas, subcuencas y cuerpos de agua interiores (ríos, arroyos, cañadas, lagos y lagunas) del Ministerio de Medio Ambiente (MARENA, 2020).

² Incluye las sierras del Cibao y Ocoa, y los macizos Central y de Valle Nuevo.

³ Incluye el piedemonte y las valles intramontanos de Bonao, Constanza, Jarabacoa y Villa Altigracia.

⁴ Incluye las zonas bajas inmediatas al río Bajabonico, el oeste de su desembocadura y de Luperón; las llanuras de Puerto Plata, Río San Juan, Boba y Nagua, y el valle del Río Yásica.

⁵ Incluye los valles del Cibao (occidental y oriental) y el delta del Río Yuna.

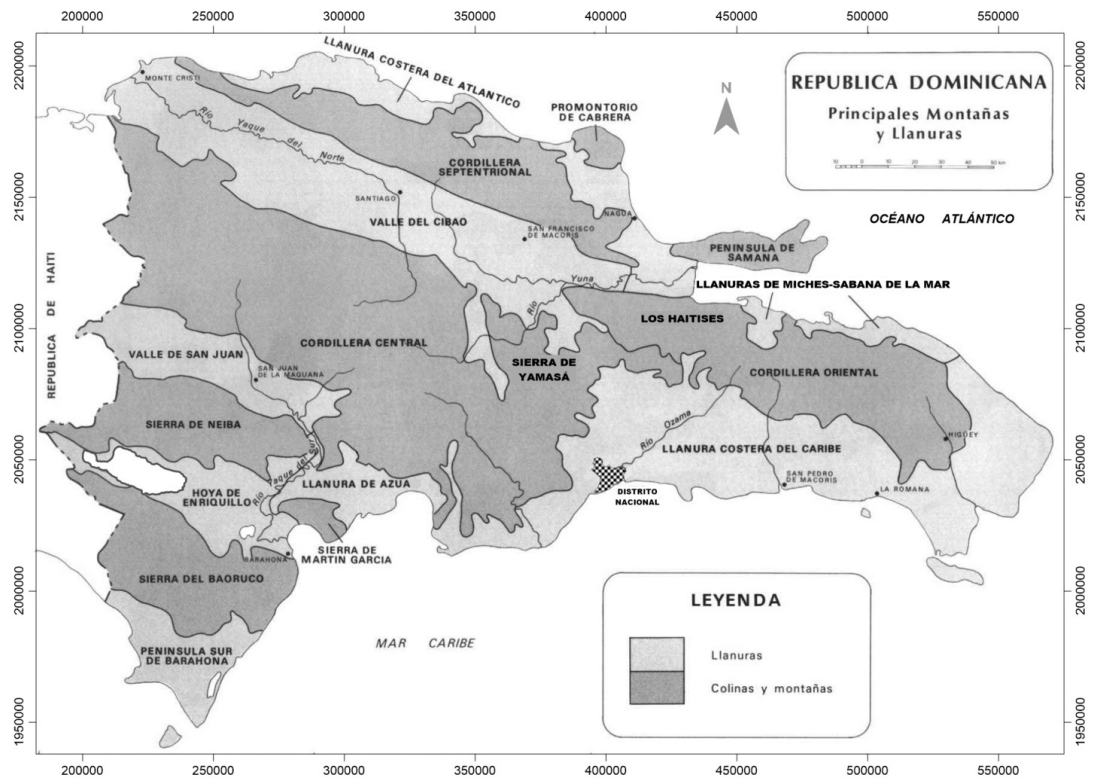


Figura 5. Regiones geomórficas de República Dominicana. Fuente: OEA (1967).

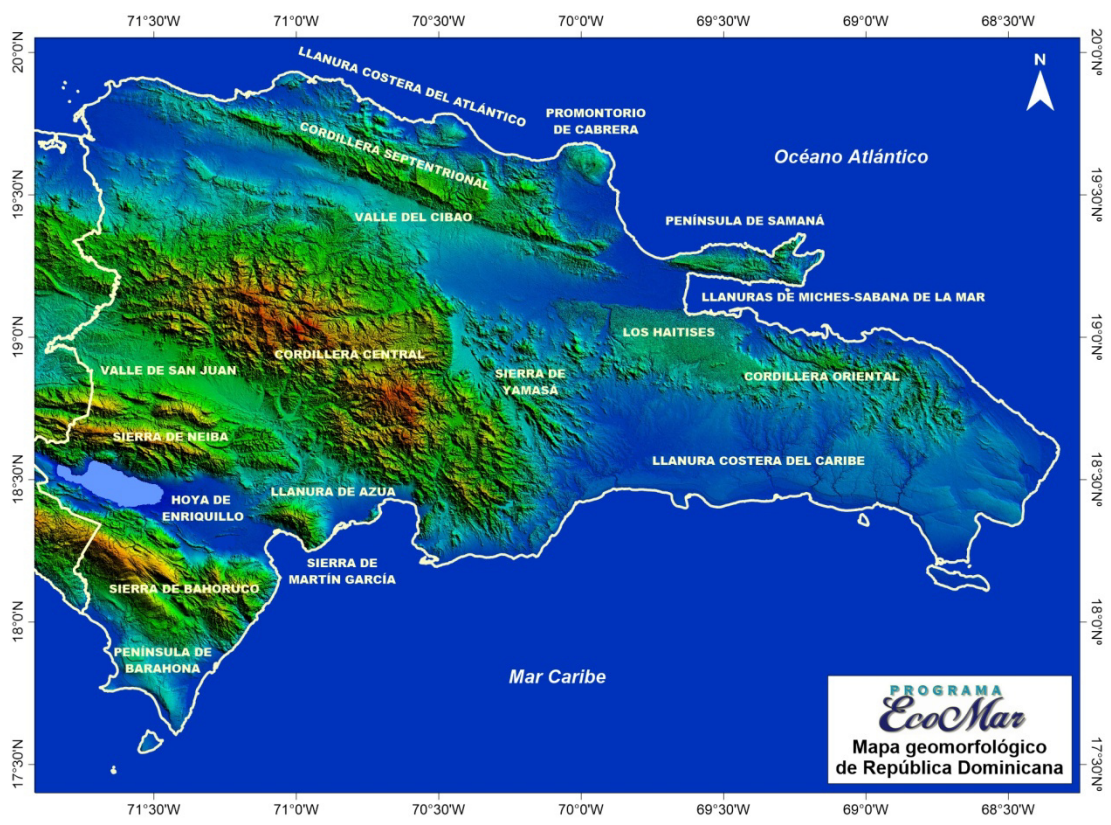


Figura 6. Modelo topográfico digital de República Dominicana. Fuente: SRTM (2000).

Tabla 3. Distritos hidrográficos de República Dominicana. Fuente: OEA (1967).

Distrito hidrográfico	
Cuenca del Río Artibonito	Zona de Azua, Bani y San Cristóbal
Cuenca del Río Dajabón	Zona de Higüey
Cuenca del Río Ozama	Zona de la Costa Norte
Cuenca del Río Yaque del Norte	Zona de la Sierra de Bahoruco
Cuenca del Río Yaque del Sur	Zona de Miches y Sabana de la Mar
Cuenca del Río Yuna	Zona de Península de Samaná
Hoya del Lago Enriquillo	Zona de San Pedro de Macorís y La Romana

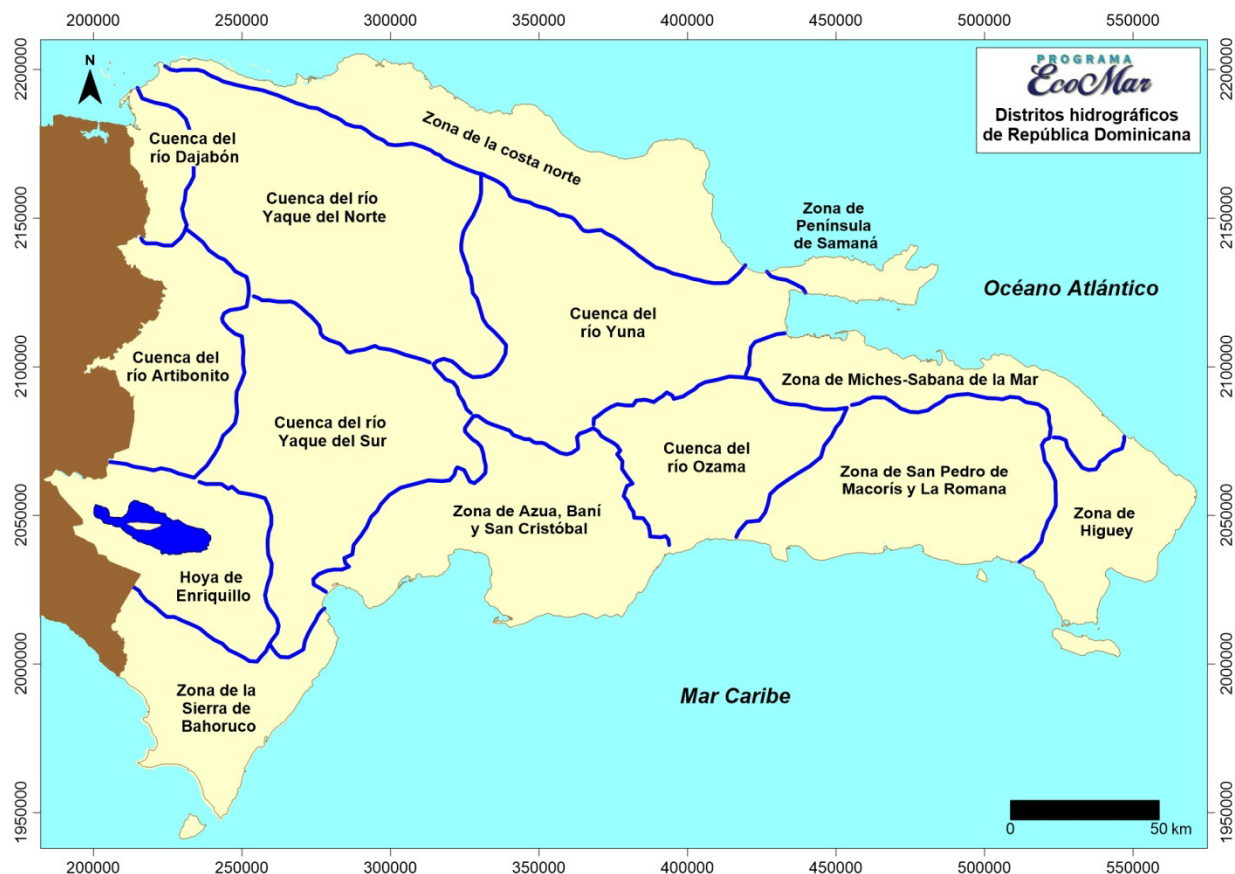


Figura 7. Distritos hidrográficos de República Dominicana. Fuente: OEA (1967).

A manera de resumen y para facilitar la búsqueda de la información correspondiente a cada región, elaboramos a través de métodos de clasificación jerárquica (Herrera- Moreno, 2000) la matriz del Apéndice 1 donde puede observarse rápidamente la situación geomorfológica-hidrológica de cada región, donde radica su vulnerabilidad a inundaciones. Así, por ejemplo, el contexto geomorfológico de la región Cibao Noroeste abarca los sistemas montañosos de las cordilleras Central y Septentrional y las zonas bajas del valle del Cibao, con la cuenca del río Yaque del Norte como principal escenario de las inundaciones. Por otra parte, el contexto geomorfológico de la región Enriquillo incluye la Hoya de Enriquillo, entre las sierras de Neiba y Bahoruco, donde la cuenca de drenaje del lago es el área principal de inundaciones; y la llanura de Oviedo-Pedernales, al sur de esta última, con inundaciones en la cuenca del río Pedernales y zonas bajas costeras.

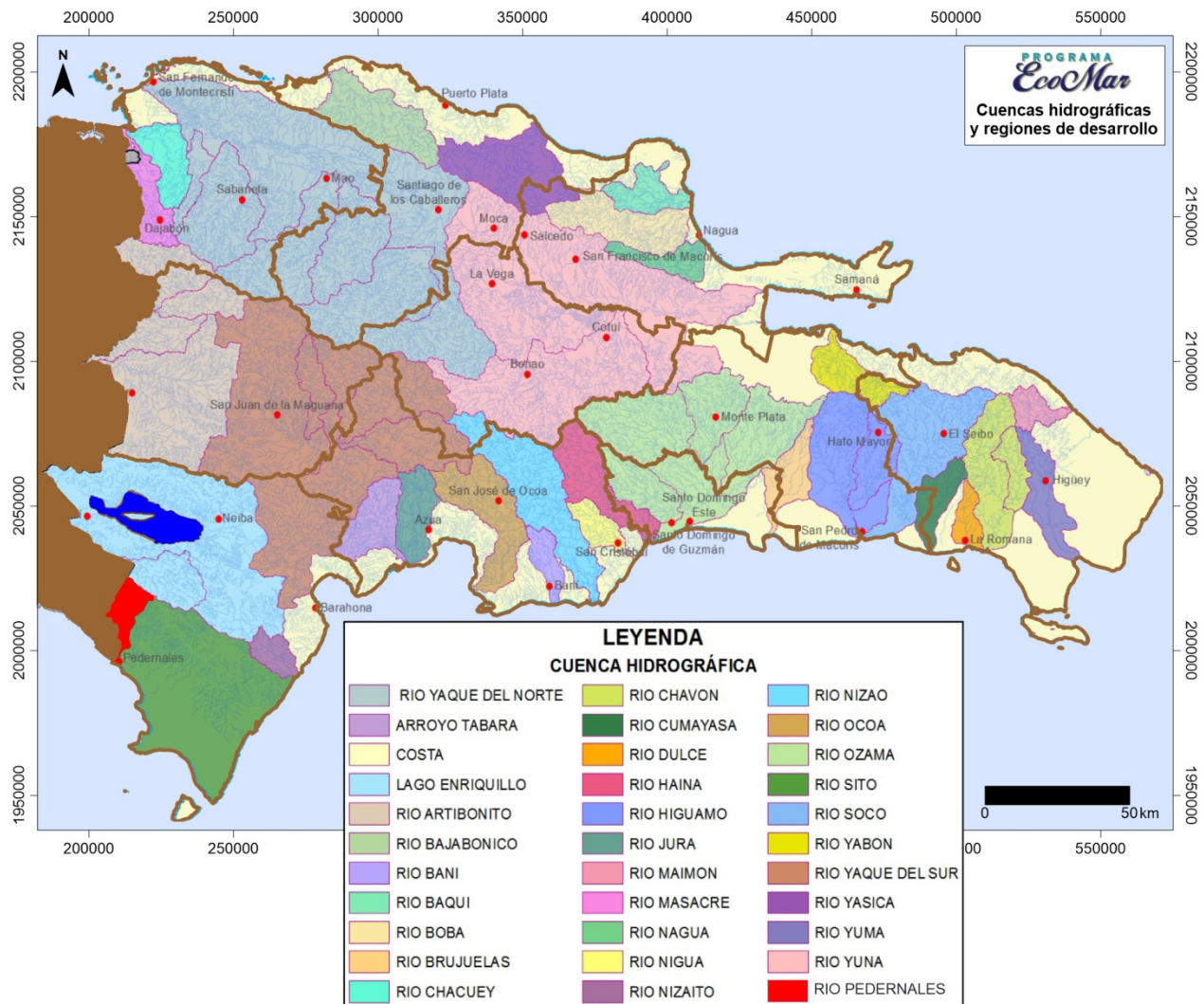


Figura 2. Superposición del mapa de regiones de desarrollo con el mapa de cuencas hidrográficas. Fuentes: Ampliado a partir de INDHRI (2020) y MARENA (2020).

Amenazas e impactos climáticos a nivel regional

La información climática, geomorfológica, hidrológica y de cuencas hidrográficas de la región debe completarse con la cartografía de amenazas y riesgos, comenzando por las inundaciones (pluviales, fluviales o costeras⁶) que afectan a más de un 20 % del territorio nacional (MARENA, 2020). Es esencial conocer las áreas inundables de nuestra región y los cuerpos de agua involucrados (Figura 9). También es de interés la ubicación de presas y embalses para evaluar el riesgo potencial de inundación catastrófica sobre núcleos poblacionales u objetivos estratégicos de la región localizados aguas abajo.

⁶ Tipos de inundaciones: i) pluviales, cuando el terreno se satura y el agua de lluvia excedente se acumula durante horas o días, hasta que se evapora y el terreno recupera su capacidad de infiltración, ii) fluviales que son un evento natural y recurrente para un río como resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan su capacidad de carga, desbordan su cauce y anegan las tierras adyacentes (llanuras de inundación) y iii) costeras que ocurren durante las tormentas donde el efecto combinado de la baja presión (que provoca sobre elevación del nivel del mar) y el viento persistente hacen que el mar penetre tierra adentro.

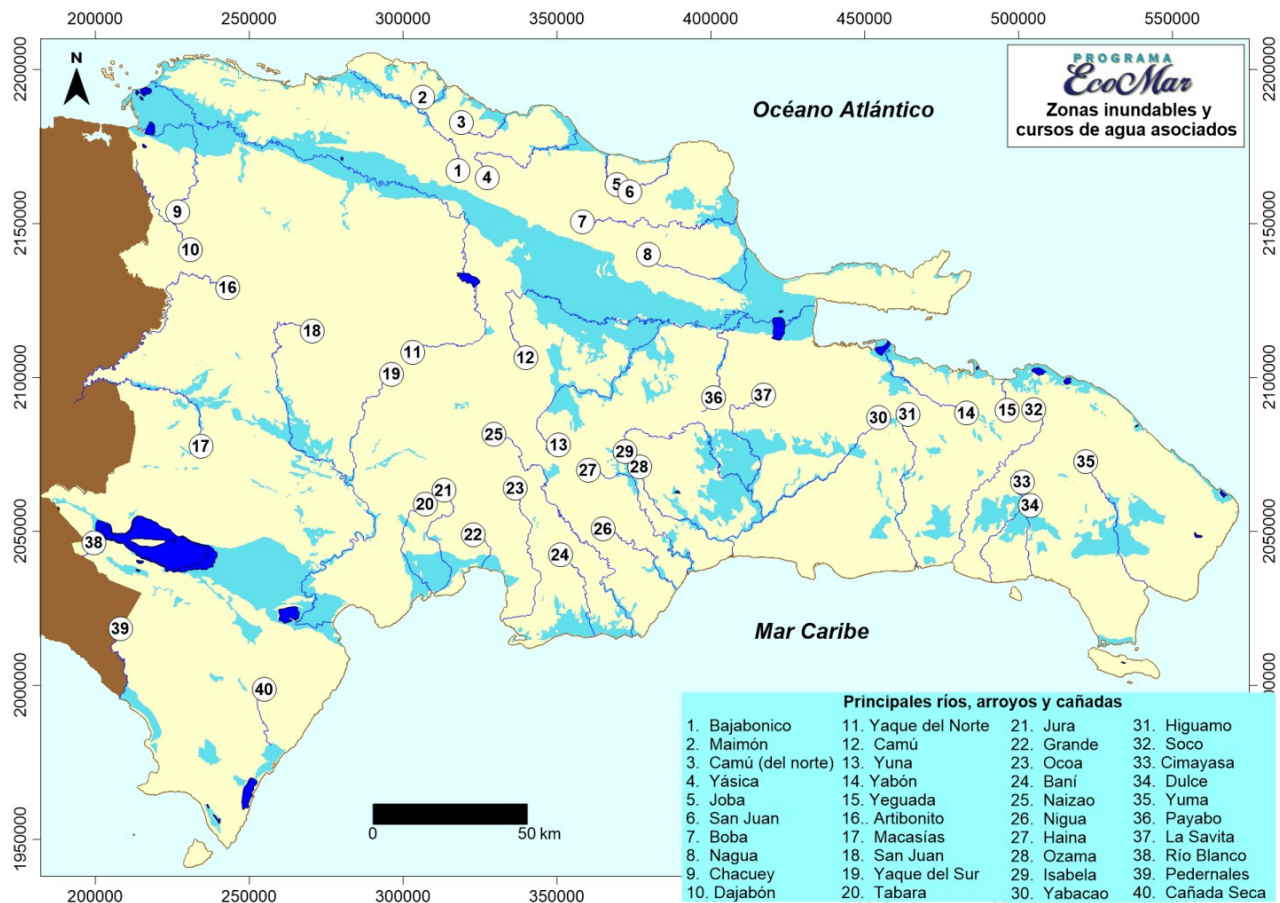


Figura 9. Zonas inundables y principales cuerpos de agua involucrados. Fuente: Elaborado a partir de las capas de hidrología e inundaciones de MARENA (2020).

Otra amenaza importante es la sequía, que puede evaluarse a través del índice de aridez (Verbist *et al.*, 2010) si bien la cartografía más reciente y completa es la de Izzo *et al.* (2010) que dividen el país en nueve clases climáticas basadas en el índice de humedad de Thornthwaite (1948). Según esta clasificación, el 54% del territorio se caracteriza por un clima semiseco o seco lo cual tiene implicaciones importantes ante el escenario de reducción de precipitaciones. En el contexto de la sequía son relevantes los incendios forestales que cuentan con algunos mapas (MARENA, 2020), aunque es preferible construir una cartografía propia a partir de los datos del poder radiativo del fuego (en inglés “FRP: Fire Radiative Power”)⁷ que pueden descargarse *en línea* (NASA/EOSDIS, 2020).

Cuando analizamos los puntos del poder radiativo del fuego entre el 2000 al 2020 por regiones (Figura 11) se observa que los eventos de mayor intensidad han ocurrido en el suroeste sobre la cordillera Central y las sierras de Bahoruco y Neiba por incendios forestales y de la agricultura informal. Otros puntos intensos sobre la región Ozama se relacionan más con los incendios de vertederos municipales e improvisados en una zona de alta densidad y controles ambientales poco efectivos.

⁷ Tasa de energía liberada por unidad de tiempo (en megavatios). Su identificación y cuantificación mediante teledetección es la forma más práctica de medir la energía liberada por la quema de biomasa al aire libre por incendios forestales o quemas de la agricultura de subsistencia o de la basura en los vertederos.

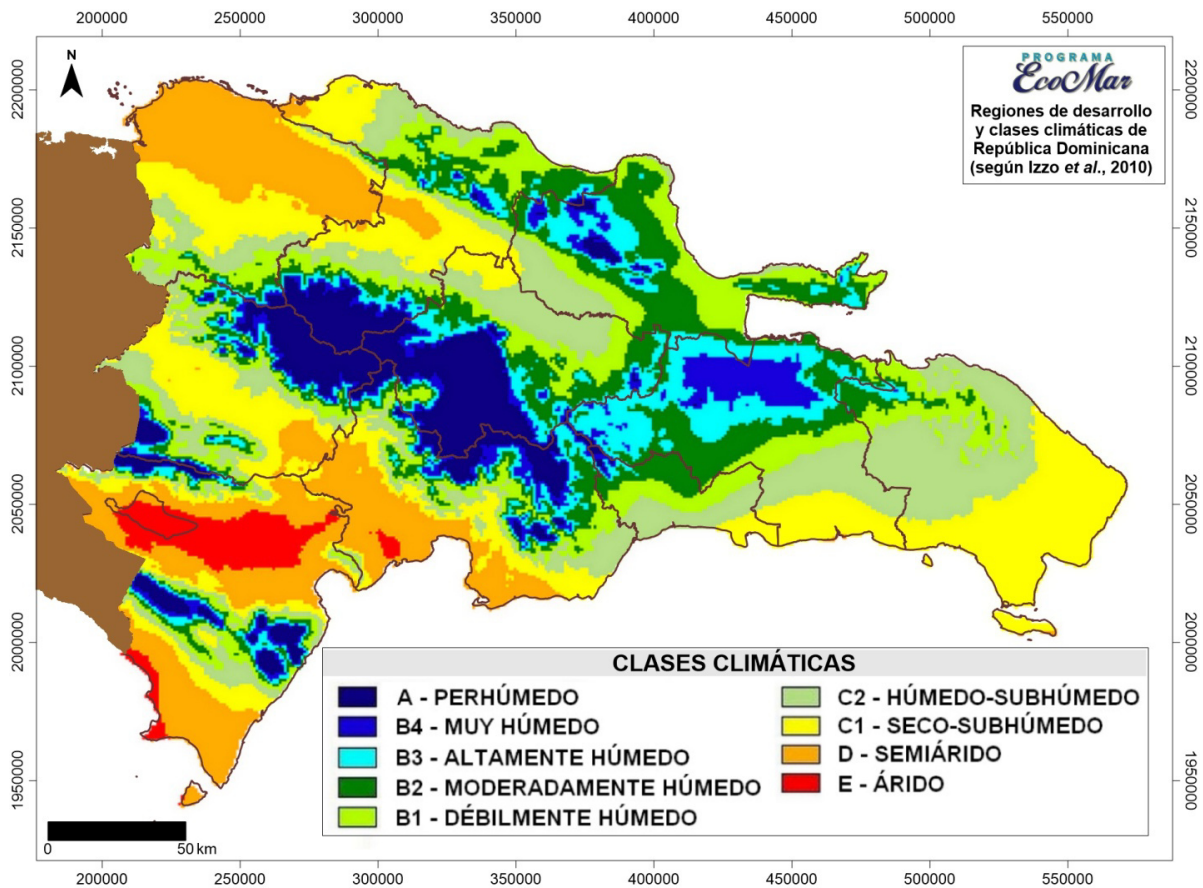


Figura 11. Superposición del mapa de clases climáticas de República Dominicana y las regiones de desarrollo. Fuente: Izzo *et al.* (2010) y ONE (2020).

La zona costera y marina

Producto del calentamiento global la zona costera está amenazada por el ascenso del nivel del mar (Bamber *et al.*, 2019) y el incremento de la intensidad de los huracanes (Knutson *et al.*, 2010) con mayor oleaje de tormenta, que en el contexto de una mayor elevación incrementaría el alcance de la penetración del mar en zonas bajas. De las diez regiones de desarrollo, dos no tienen costas pero las ocho restantes están expuestas -en mayor o menor grado- a estas amenazas según la longitud que exponen y su posición respecto a la entrada de los eventos meteorológicos extremos (Figura 13).

Las costas sur, este y noreste son las de mayor riesgo (BID, 2010). Ello señala como regiones más vulnerables a Enriquillo, Valdesia, Ozama, Higuamo (en San Pedro de Macorís) y especialmente Yuma (en La Altagracia y La Romana) que expone la mayor longitud de costa a la dirección de los vientos y el oleaje predominantes (Figura 14). Si se quiere refinar la información acerca de las depresiones, tormentas, ciclones y huracanes que han impactado cualquier región la información puede obtenerse fácilmente *en línea* en el sitio de huracanes de la NOAA (2020). Al tratar la zona costera, el diagnóstico debe incorporar otros elementos que inciden en la vulnerabilidad como el tipo de costa (p. ej. playas o costas rocosas), su grado de protección respecto al viento y el oleaje (por su orientación o la presencia de barreras arrecifales) o la amplitud de la plataforma insular.

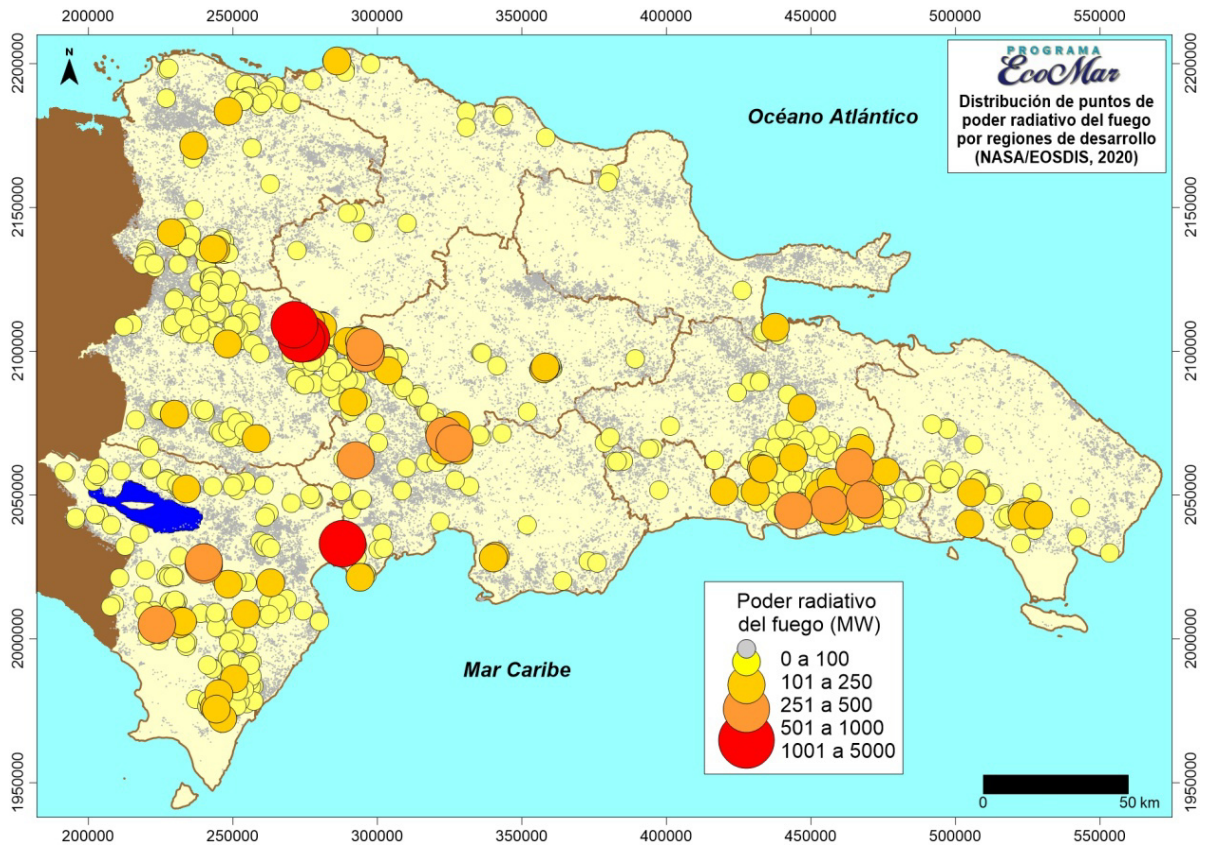


Figura 12. Puntos de incendios detectados en República Dominicana a partir de los datos del poder radiativo del fuego (FRP) entre el 2000 al 2020. Fuente: NASA/EOSDIS (2020).

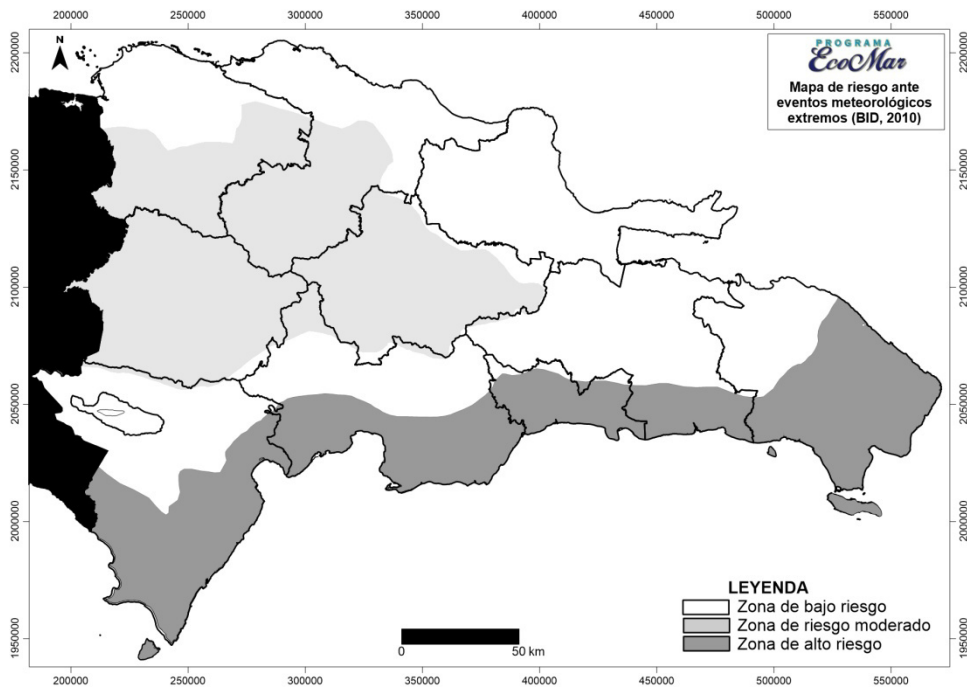


Figura 13. Superposición del mapa de regiones de desarrollo con el mapa de riesgos ante eventos meteorológicos extremos. Fuentes: Elaborado a partir del mapa del BID (2010) y ONE (2020).

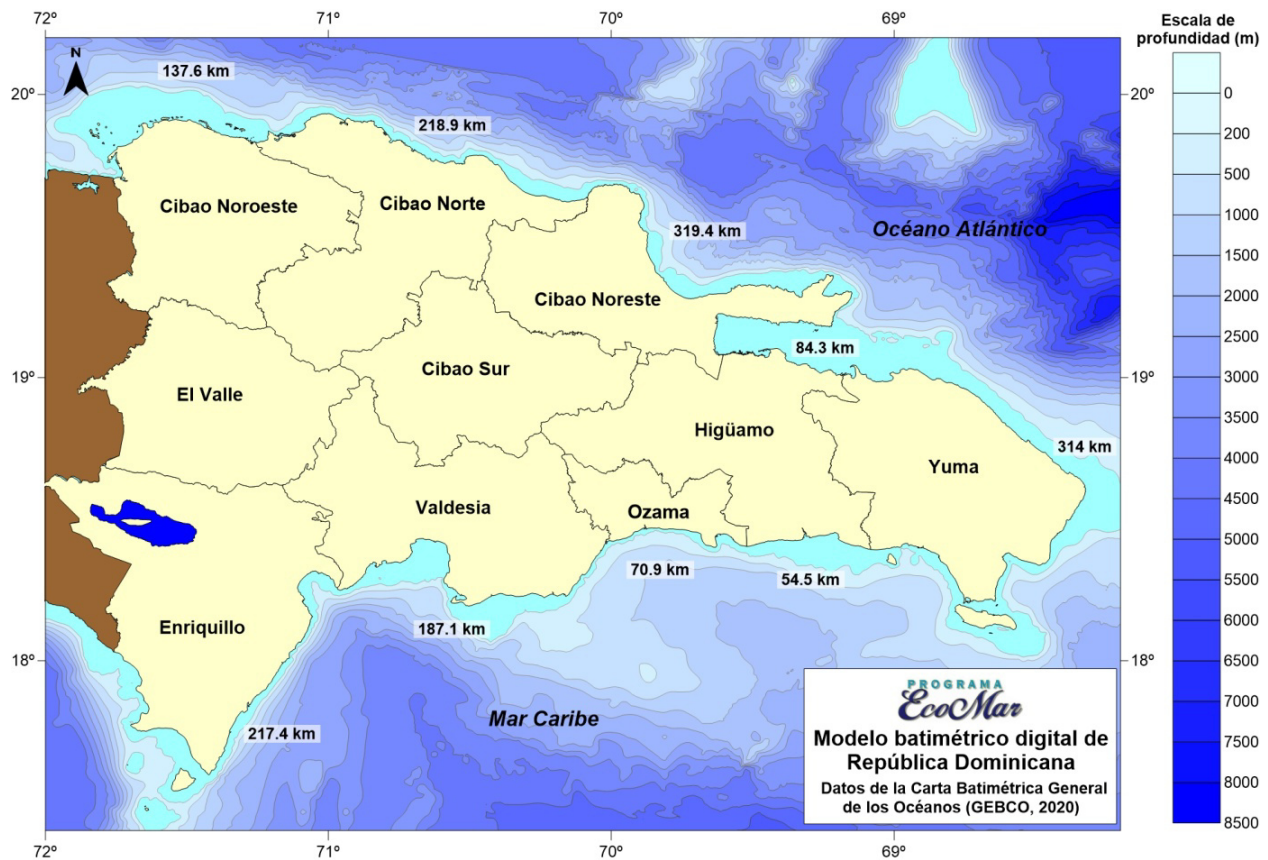


Figura 14. Características de la zona costera y marina en relación con las regiones de planificación costeras. Los números indican la longitud de costa. Fuente: Elaborado a partir de datos de GEBCO (2020).

La frontera dominico-haitiana

Tres regiones de desarrollo son fronteras: Cibao Noroeste, El Valle y Enriquillo, con 90.7, 154.4 y 142.9 km de frontera, respectivamente. La planificación regional debe considerar las vulnerabilidades en los 388 km de frontera, tanto por impactos climáticos (p. ej. inundaciones transfronterizas⁸) como ambientales (no climáticos) que exacerbaban los efectos del clima (p.ej. la contaminación). El PRODT incorpora a la Unidad de Estudios de Políticas Económicas y Sociales del Caribe (UESPEC) al Equipo Técnico Intrainstitucional para la coordinación de trabajos en la frontera (MEPyD/DGODT/SDRAC, 2020).

Aquí, es relevante destacar que República Dominicana y Haití comparten cinco cuencas hidrográficas (Tabla 4). En las cuencas de los ríos Dajabón, Artibonito y Pedernales, los cursos principales nacen en territorio dominicano, se adentran en territorio haitiano y/o recorren la frontera, mientras reciben afluentes que nacen en Haití (Libón, Cavalier, Louciane o Guayamouc) o en Dominicana (Joca, Tocino o Macasías), creándose múltiples subcuencas. La cuenca del lago Azuei (Étang Saumâtre en francés) se adentra en territorio dominicano en su región oeste, mientras que la parte suroeste de la cuenca del lago Enriquillo ocupa parte de Haití, donde recibe las aguas del río Soliette (Figura 15).

⁸ PNUMA (2013) utiliza este término para referirse a las precipitaciones en territorio haitiano que causan inundaciones en territorio dominicano o viceversa.

Tabla 4. Cuencas transfronterizas y regiones de planificación y desarrollo. CO. Cibao Noroeste, EV. El Valle y EN. Enriquillo. Fuentes: Datos de los acuíferos transfronterizos de MARENA (2017).

Cuenca	Área de la cuenca (km ²)			Regiones		
	Haití	Dominicana	Total	CO	EV	EN
Río Artibonito	6,978	2,622	9,600	X	X	
Río Dajabón	422	320	742	X		
Río Pedernales	153	174	327			X
Lago Enriquillo	194	3,306	3,500			X
Lago Azuei	675	115	790			X

Además de las vulnerabilidades climáticas a inundaciones y deslizamientos las cuencas compartidas la contaminación del agua es también un problema generalizado en la frontera en ambos países debido al manejo inadecuado de los residuos, y a un deficiente saneamiento y tratamiento de aguas residuales. Los ríos son utilizados en ambos lados como lugares para eliminación de residuos sólidos, lavanderías, baños y letrinas. Los mercados binacionales, mal organizados y con niveles bajos de saneamiento, producen grandes volúmenes de basura que llega a los cursos de agua. La contaminación del agua tiene un efecto sobre la salud pero esta se agrava cuando el agua se dispersa durante las inundaciones con consecuencias sanitarias y epidemiológicas (p.ej. contaminación de fuentes de agua o incremento de plagas o brotes de enfermedades).

VULNERABILIDAD CLIMÁTICA DE ENRIQUILLO: UN EJEMPLO

Finalmente, a manera de ejemplo, hemos preparado una ficha técnica preliminar para la región Enriquillo, con una secuencia de mapas temáticos (Figura 16) elaborados a partir de la cartografía presentada, que muestra como esta permite crear un panorama de la vulnerabilidad climática de una región a la vez que describir aspectos fundamentales del ambiente físico-natural que ayudan a ir construyendo el diagnóstico territorial.

Las regiones geomorfológicas fundamentales son las sierras de Neiba y Bahoruco, la hoya de Enriquillo y la llanura de Oviedo-Pedernales. Al este, una pequeña área de la sierra Martín García ocupa cerca de un 2% de la región. Los distritos hidrográficos presentes son la sierra de Bahoruco, la cuenca del río Yaque del Sur y la hoya del Lago Enriquillo. Las cuencas hidrográficas que se encuentran completas dentro de la región son las del lago Enriquillo y el río Pedernales. Parte de las cuencas media y baja del río Yaque del Sur ocupan un 13% de la región. Además de los cuerpos de agua principales mencionados, varios ríos, arroyos y cañadas fluyen de la sierras de Neiba y Bahoruco hacia la cuenca de drenaje del lago en la hoya de Enriquillo y otros fluyen de la sierra de Bahoruco al sur hacia la llanura de Oviedo-Pedernales, donde desaparecen en las calizas arrecifales de la Península Sur de Barahona.

El clima de la región está condicionado fuertemente por las particularidades geomorfológicas que imponen un gradiente térmico y pluviométrico. El factor principal que influye en la distribución de la precipitación es la orientación de las cadenas montañosas (orientadas del noroeste a sureste) que constituyen barreras orográficas contra los vientos alisios, que transportan masas de aire húmedo del Atlántico (Izzo *et al.*, 2010). Las zonas más húmedas se localizan en las zonas montañosas (sierras de Neiba y Bahoruco) donde los valores de la precipitación varían entre 1000 a 1750 mm.



Figura 15. Cuencas hidrográficas compartidas entre Haití y República Dominicana. Se indican los principales cuerpos de agua involucrados. Fuentes de las capas de las cuencas: Dajabón y Pedernales (PNUMA, 2013), Artibonito (OXFAM, 2007), lagos Azuei y Enriquillo (Romero Luna y Poteau, 2011).

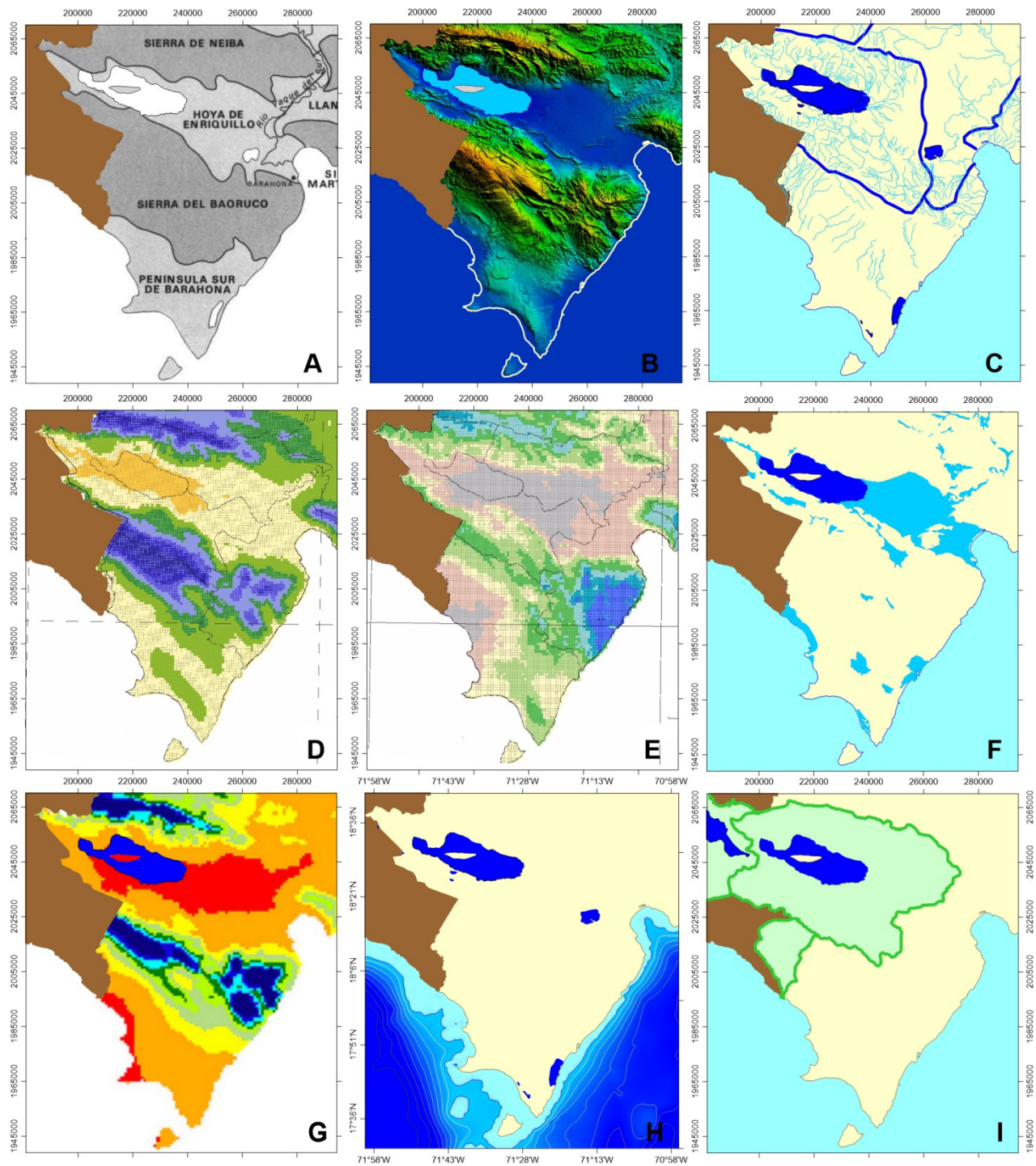


Figura 16. Ejemplo de construcción de las características físico-naturales y el panorama de vulnerabilidad climática de la región Enriquillo para el diagnóstico territorial regional del PRODT, a partir de la información cartográfica disponible. A. Regiones geomórficas, B. Modelo topográfico digital, C. Distritos hidrográficos, ríos, arroyos, cañadas, lagos y lagunas, D. Distribución de la temperatura promedio anual, E. Distribución de la precipitación promedio anual, F. Áreas de inundación, G. Clases climáticas, H. Zona costera, plataforma insular (hasta 200 m) y batimetría e I. Cuencas transfronterizas (Azuei, Enriquillo y Pedernales). Fuente: Cartografía del presente trabajo.

De manera contrastante, las condiciones áridas y semidesérticas caracterizan a la hoya de Enriquillo, con una gran reducción en la precipitación anual (en algunos casos a menos de 400 mm), y en consecuencia pronunciada aridez (Izzo *et al.*, 2010). Con el incremento de la altura sobre el nivel del mar hacia las sierras se observan menores promedios de temperatura (entre 15 a 20°C) que aumenta hacia las zonas bajas como la llanura Oviedo-Pedernales (22 a 24 °C) y más aún hacia la hoya de Enriquillo (24 a 28 °C).

En relación con las vulnerabilidades climáticas podemos decir que la región está sujeta a inundaciones en sus zonas bajas ante lluvias intensas, especialmente durante eventos meteorológicos extremos, por crecida y desbordamiento de lagos y ríos: i) lago Enriquillo, laguna Cabral y ríos que fluyen de la Sierra de Neiba hacia el Sur o de la Sierra de Bahoruco hacia el norte en los 3,400 km² de la cuenca de drenaje del lago en la hoya de Enriquillo en las provincias Bahoruco e Independencia, ii) laguna Cabral y ríos que fluyen hacia el sur de la Sierra Martín García, hacia el norte-noreste de la Sierra de Bahoruco y de la cuenca media y baja del Yaque del Sur en la provincia Barahona, iii) río Pedernales y sus afluentes en toda su cuenca y iv) ríos que fluyen de la Sierra de Bahoruco al sur hacia la llanura de Oviedo-Pedernales en la provincia Pedernales.

En el otro extremo de los cambios del clima, la región está expuesta a ciclos de sequías que la han afectado históricamente dada la naturaleza de gran parte del territorio, donde el 56% se ubica en las clases climáticas de árido y semiárido. Los escenarios climáticos para República Dominicana plantean que la precipitación total anual hacia el 2050 disminuirá un 15% en comparación con los valores históricos (1961-1990) y que las provincias del Sur y Oeste serán las más afectadas y la temporada de sequía (diciembre-abril) podrá intensificarse aún más hacia el 2050 (CATHALAC, 2015).

También está expuesta a la amenaza de ascenso del nivel del mar en 217.4 km de línea de costa de las provincias Barahona y Pedernales con inundaciones en zonas bajas (Cabo Rojo y entorno de la lagunas de Oviedo y Bucan de base) por oleaje de tormenta al paso de eventos meteorológicos extremos. La región se ubica en la zona de alto riesgo ciclónico que forma una franja al sur de República Dominicana, con una alta incidencia de entrada por la península de Barahona. Según datos de la NOAA (2020) entre 1878 al presente han pasado unos quince eventos meteorológicos extremos, incluyendo ocho huracanes, entre ellos el huracán Inés (1966), que alcanzó categoría 4 y ha pasado a la historia como uno de los más devastadores que ha tocado la costa sur dominicana.

La región tiene 142.9 km de frontera de las provincias Independencia (98.8 km) y Pedernales (44.1 km) En este espacio se comparten las cuencas de los lagos Azuei y Enriquillo, y del río Pedernales. Enriquillo ofrece un ejemplo significativo de catástrofes climáticas de origen transfronterizo. Entre los episodios más dramáticos de su historial está la riada de Jimaní en el 2004 por el desbordamiento del río Soliette (que nace en Haití y fluye hacia el lago Enriquillo como Arroyo Blanco en territorio dominicano) que causó inundaciones y deslizamientos con cientos de muertos y graves pérdidas materiales. Más recientemente, se observa con preocupación el continuo incremento de los flujos de agua dulce en las cuencas de los lagos Azuei y Enriquillo, que han provocando un aumento de las superficies lagunares, inundando los terrenos circundantes con graves consecuencias ambientales, sociales y económicas (PNUD, 2013).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las diez regiones de planificación y desarrollo establecidas por el Decreto 710-04 bajo consideraciones geográficas, socioeconómicas y culturales, que cuenta con su cartografía dentro de la división político-administrativa ofrece un marco adecuado para los procesos de planificación a esta escala.
2. Si consideramos que el país tiene diez regiones de planificación y desarrollo, mientras que los municipios suman 158 (mas el Distrito Nacional) y solo unos pocos cuentan con PMOTs en diferente grado de formulación e implementación, la elaboración de PRODTs parece una estrategia razonable que a corto o mediano plazo ofrecería la base para impulsar el ordenamiento municipal en sus regiones de acción.
3. El PRODT debe contar con conceptos abarcadores de las amenazas del cambio climático y las vulnerabilidades regionales que guíen a los municipios en la búsqueda de sus vulnerabilidades particulares para la adopción de las medidas de adaptación pertinentes.
4. La superposición del mapa de las regiones de planificación y desarrollo con la de otros mapas de componentes físico-naturales (clima, geomorfología o hidrología), riesgos (sequía, inundaciones, huracanes o incendios forestales), características de la zona costera-marina, situación con la frontera haitiana u otros, ayuda a visualizar las particularidades del territorio que condicionan su vulnerabilidad climática, a la vez que ofrece información valiosa para elaborar el diagnóstico territorial regional.
5. Siguiendo el mismo criterio de superposición de mapas y análisis de la información regional los planificadores pueden incorporar todos los mapas temáticos que necesiten para completar el contenido del diagnóstico, incluyendo aspectos de conservación (p.ej. áreas protegidas y ecosistemas), uso del suelo (p.ej. cobertura en sus diferentes categorías), socioeconómicos (p.ej. demografía o pobreza) u otros.
6. Nuestra experiencia práctica en talleres regionales de vulnerabilidad climática nos indica que para lograr óptimos resultados los participantes deben disponer de un juego de mapas temáticos impresos (como los aquí presentados) y una plantilla transparente con las regiones de planificación y desarrollo (todos en la misma escala) de manera que puedan hacer superposiciones y visualizar el contenido físico-natural, climático o ambiental de su región de planificación.⁹

REFERENCIAS

- Bamber, J., Oppenheimer, M., Kopp, R., Aspinnall, W. y Cooke, R. (2019). Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 116 (23): 11195–11200.
- BID (2010) División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Gestión de Riesgos Banco Interamericano de Desarrollo, de Desastres. *Indicadores de Riesgos de Desastres y Gestión de Riesgos*, 44 pp.

⁹ Para facilitar este proceso los mapas presentados en este trabajo están disponibles para cursos y talleres en el Programa EcoMar, Inc., tanto en formato GeoTIFF que permite su manejo en las diversas plataformas del Sistema de Información Geográfica como en imagen (JPG) para su impresión física.

- CATHALAC (2015) Informe final de simulación de escenarios climáticos. Proyecto Tercera Comunicación Nacional de la República Dominicana. Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe, 37 pp.
- DGODT/MEPyD (2018) Propuesta de anteproyecto Ley de ordenamiento territorial y uso del suelo. Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 34 pp.
- Herrera-Moreno, A. (Grupo inter-institucional¹⁰) (2018) *Guía metodológica para la elaboración del Plan Municipal de Adaptación Climática*. Consultoría para el Desarrollo de Capacidades Municipales en Cambio Climático con énfasis en Planificación Local para la Adaptación. Segunda Fase del Programa Regional de Cambio Climático América Latina y el Caribe, PNUD, Santo Domingo, 57 pp.
- Herrera-Moreno, A. (2000). La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Universidad INTEC/Programa EcoMar, Inc. Editorial Sanmenycar, Santo Domingo, 121 pp.
- INDHRI (2020) Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Sitio web: <https://indrhi.gob.do/>
- Izzo, M., Aucelli, P. P. C., Maratea, A., Méndez, R., Pérez, C., Roskopf, C. M. y Segura, H. (2010) A new climatic map of the Dominican Republic based on the Thornthwaite classification. *Physical Geography*, 32(5), 455-472.
- JICA/ONAMET (2004). Atlas Climático de la República Dominicana. Agencia de Cooperación Japonesa y Oficina Nacional de Meteorología.
- Knutson, T.R., McBride J.L., Chan J., Emanuel K., Holland G., Landsea C., Held I., Kossin J.P., Srivastava A. K. y Sugi, M. (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, 3: 157-163.
- MARENA (2020) Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana. Sitio web: <https://ambiente.gob.do/>
- MARENA (2017) Presentación de informes sobre el indicador mundial 6.5.2 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible República Dominicana, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 41 pp.
- MEPyD/DGODT (2016). Guía metodológica para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), República Dominicana, 104 pp.
- MEPyD/DGODT/SDRAC (2020) Guía metodológica del Plan Regional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial. Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo, Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial y Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo de Chile, Proyecto de Cooperación Triangular Chile-España-República Dominicana, 132 pp.
- NASA/EOSDIS (2019). Fire Information for Resource Management System (FIRMS). En: Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS). Sitio Web: <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms>
- NOAA (2020) NOAA Coastal Services Center, Historical Hurricane Track, National Oceanic & Atmospheric Administration. Disponible en: <http://hurricane.csc.noaa.gov/hurricanes/>
- OEA (1967) Reconocimiento y evaluación de los recursos naturales de República Dominicana. Estudio para su Desarrollo y Planificación. Organización de Estados Americanos, Washington, D.C. Estados Unidos.
- ONAMET (2020). Oficina Nacional de Meteorología. Sitio Web: <http://www.onamet.gov.do/>
- OXFAM (2007) Étude diagnostique synthétique de la partie basse du fleuve Artibonite (PBFA), Gestion intégrée du bassin versant binational de L'Artibonite: phase préparatoire, 111 pp.
- PNUD (2013) Plan estratégico de recuperación y transición al desarrollo para las zonas del lago Enriquillo Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Editora Búho. Santo Domingo, República Dominicana, 72 pp.
- PNUMA (2013) Haití-República Dominicana. Desafíos ambientales en la zona fronteriza. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 158 pp.
- Romero Luna E. J. y Poteau D. (2011) Water level fluctuations of Lake Enriquillo and Lake Saumatre in response to environmental changes. A Masters of Engineering Project presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Engineering, 42 pp.

¹⁰ La referencia indica la participación del autor al frente de un equipo técnico del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo Desarrollo Limpio y Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo para elaborar una guía complementaria a la *Guía metodológica para la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial*.

- SRTM (2000) Plano topográfico digital de alta resolución de República Dominicana. Programa Shuttle Radar Topography Mission, febrero 2000. Sitio web: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
- Thornthwaite, C. W. (1948) An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, Vol. 38, 55–94.
- Vargas-Sanabria D. y Quesada-Román A. (2018). Influencia geomorfológica en la vulnerabilidad a incendios forestales en el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales* 52(2): 1-15.
- Verbist K., Santibáñez F., Gabriels D. y Soto G. 2010. Atlas de zonas áridas de América Latina y el Caribe. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, 47 pp.

Apéndice 1. Regiones geomorfológicas (RG) y distritos hidrográficos (DH) en relación con las regiones de planificación y desarrollo: CN. Cibao Norte, CS. Cibao Sur, CNE. Cibao Nordeste, CNO. Cibao Noroeste, V. Valdesia, EV. El Valle, E. Enriquillo, Y. Yuma, H. Higuamo y O. Ozama.

	Regiones y distritos	CNO	CN	CNE	CS	EV	Y	O	H	V	E
DH	Cuenca del Río Dajabón	1	1								
DH	Cuenca del Río Yaque del Norte	1	1		1						
RG	Llanos costeros del Atlántico		1								
RG	Cordillera Septentrional		1	1							
RG	Valle del Cibao	1	1	1	1						
DH	Cuenca del Río Artibonito	1	1			1					
RG	Cordillera Central	1	1		1	1				1	
RG	Península de Samaná			1							
DH	Zona de la Península de Samaná			1							
RG	Promontorio de Cabrera			1							
DH	Zona de la Costa Norte			1							
RG	Los Haitises			1					1		
DH	Cuenca del Río Yuna			1	1				1		
DH	Zona de Miches-Sabana de la Mar			1			1		1		
RG	Sierra de Yamasá				1			1	1		
RG	Valle de San Juan					1				1	
DH	Zona de Azua, Bani y San Cristóbal				1					1	
RG	Llanura de Azua									1	
DH	Cuenca del Río Ozama							1	1		
RG	Cordillera Oriental						1		1		
RG	Llanura Costera del Caribe						1	1	1		
RG	Llanuras costeras de Miches-Sabana de la Mar						1		1		
DH	Zona de San Pedro de Macorís-La Romana						1	1	1		
DH	Zona de Higüey						1				
RG	Sierra de Martín García									1	1
RG	Sierra de Neiba					1				1	1
DH	Cuenca del Río Yaque del Sur				1	1				1	1
DH	Hoya del Lago Enriquillo										1
RG	Hoya de Enriquillo										1
DH	Zona de la Sierra de Bahoruco										1
RG	Sierra de Bahoruco										1
RG	Península Sur de Barahona										1