

Observatorio Medioambiental

ISSN: 1139-1987

<http://dx.doi.org/10.5209/OBMD.85273>EDICIONES
COMPLUTENSE

El Cambio Climático y sus efectos en la Economía de la Región de América Latina y el Caribe

Yemelín Contreras Cabral¹

Recibido: 8 de septiembre del 2022 / Enviado a evaluar: 12 de septiembre del 2022 / Aceptado: 12 de diciembre del 2022

Resumen. La presente investigación analiza el impacto del cambio climático en el PIB de la región de América Latina y el Caribe. El análisis se hace a través de un modelo estadístico de regresión multivariable considerando las variables climatológicas de temperatura, precipitación y superficie forestal. Asimismo, a fin de evaluar el comportamiento del modelo respecto al crecimiento poblacional, se incluye el indicador de población total del Banco Mundial. Para realizar el modelo de regresión se utilizaron los datos históricos comprendidos entre los años 2000 y 2020. Los resultados obtenidos permiten concluir que existe una alta correlación entre las variables climatológicas escogidas y el crecimiento económico de la región.

Palabras clave: Cambio climático; temperatura; PIB; América Latina y el Caribe.

[en] Climate Change and its effects on the Economy of the Latin American and Caribbean Region

Abstract. This research analyzes the impact of climate change on the GDP of the Latin American and Caribbean region. The analysis is done through a statistical model of multivariable regression considering the climatological variables of temperature, precipitation and forest area. Likewise, in order to evaluate the behavior of the model with respect to population growth, the total population indicator of the World Bank is included. To carry out the regression model, historical data between the years 2000 and 2020 were used. The results obtained allow us to conclude that there is a high correlation between the chosen climatological variables and the economic growth of the region.

Keywords: Climate change; temperature; GDP; Latin America and the Caribbean.

¹ Instituto Tecnológico de Santo Domingo (República Dominicana).

E-mail: yemelinc@gmail.com

[fr] Le changement climatique et ses effets sur l'économie de la région de l'Amérique latine et des Caraïbes

Résumé. Cette recherche analyse l'impact du changement climatique sur le PIB de la région Amérique latine et Caraïbes. L'analyse se fait à travers un modèle statistique de régression multivariable prenant en compte les variables climatologiques de température, de précipitations et de superficie forestière. De même, afin d'évaluer le comportement du modèle vis-à-vis de la croissance démographique, l'indicateur de population totale de la Banque mondiale est inclus. Pour réaliser le modèle de régression, nous avons utilisé des données historiques entre les années 2000 et 2020. Les résultats obtenus nous permettent de conclure qu'il existe une forte corrélation entre les variables climatologiques choisies et la croissance économique de la région.

Mots-clés: Changement climatique; Température; PIB ; Amérique latine et Caraïbes.

Cómo citar. Contreras Cabral, Y. (2022). El Cambio Climático y sus efectos en la Economía de la Región de América Latina y el Caribe. *Observatorio Medioambiental*, 25, 133-152.

Sumario. 1. Introducción. 2. Marco teórico. 2.1. Evolución de la problemática medioambiental en la región. 2.2. Efectos del cambio climático en la economía de América Latina y el Caribe. 2.3. Relación entre el cambio climático y el crecimiento económico. 3. Metodología. 4. Resultados. 4.1. Análisis exploratorio. 4.2. Análisis de regresión. 5. Conclusiones. 6. Referencias bibliográficas.

1. Introducción

La Tierra desde sus orígenes ha experimentado diferentes episodios de cambios en el clima como consecuencia de erupciones volcánicas, variaciones en la radiación solar y cambios en los movimientos de rotación y traslación del planeta (Fahey et al., 2017); sin embargo, diversos estudios demuestran que más de la mitad del incremento observado en la temperatura media de la Tierra desde mediados del siglo XIX, tiene un origen antropogénico, motivado en gran medida por la quema excesiva de combustibles fósiles, la tala y quema de bosques con fines agrícolas, el consumo excesivo de la población, el uso de fertilizantes sintéticos y la generación de estiércol por la producción ganadera (IPCC, 2014; IPCC 2020; IPCC, 2021; NOAA 2019).

En términos económicos se afirma que el cambio climático constituye una externalidad negativa a nivel global (Stern, 2007), y que para el año 2030 de no ser abordado correctamente por los países, más de 132 millones de personas corren el riesgo de pasar a vivir en niveles de pobreza (Banco Mundial, 2021a).

En el caso específico de la región de América Latina y el Caribe, a pesar de que esta ha registrado históricamente una contribución menor en los niveles de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (CEPAL, 2015), constituye una de las zonas más afectadas por el cambio climático (OMM, 2021a), y de alcanzar un aumento de 2,5 °C en su temperatura para el año 2050, los costos económicos podrían suponer entre el 1,5% y el 5% del PIB regional (CEPAL, 2015). Asimismo, el desarrollo de estrategias para mitigar los efectos negativos del cambio climático le representaría a la región un costo anual de \$100 mil millones de dólares durante los próximos 30 años (BID, 2021). Estas proyecciones aunadas a los altos niveles de

pobreza y desigualdad que vive en términos generales la población latinoamericana agudizan el panorama socioeconómico y aminoran las expectativas de mejora de los países que conforman la región.

De este modo, la presente investigación pretende exponer la problemática medioambiental que enfrentan América Latina y el Caribe, y por medio de un modelo de regresión multivariable, determinar si existe alguna relación entre los datos históricos de temperatura, precipitación, superficie forestal y población con el indicador macroeconómico del PIB, durante el periodo de tiempo comprendido entre los años 2000 y 2020. Esto, con la finalidad de poder determinar si en realidad los efectos del cambio climático tienen o no alguna incidencia en el crecimiento económico de los países de la región.

2. Marco teórico

2.1. Evolución de la problemática medioambiental en la región

Los conceptos de calentamiento global y cambio climático iniciaron a investigarse a finales del siglo XIX cuando por primera vez en 1896 el sueco Svante Arrhenius expuso en un artículo científico que a medida que se queman combustibles fósiles como el carbón, se incrementa la concentración de dióxido de carbono atmosférico, y como consecuencia, también aumenta la temperatura media del planeta a través del efecto invernadero. Este incremento en la temperatura del suelo y de los océanos implica una serie de consecuencias fatales, como son: incremento del nivel del mar, reducción de las precipitaciones, sequía extrema, pérdida de cobertura boscosa, hambruna, desarrollo de nuevas enfermedades, alta migración y fenómenos climatológicos más extremos y frecuentes (NASA, 2022). Provocando con ello, impactos importantes en las actividades agropecuarias e industriales, la productividad de la fuerza laboral, la infraestructura, y en consecuencia en las economías de los países (Rozenberg y Hallegatte, 2016).

a. Temperatura

Desde 1960 a 1990, América Latina y el Caribe registraron un aumento en la temperatura de 0,1 °C por década (CEPAL, 2015), sin embargo, de 1991 a 2021 la tasa media de aumento en la temperatura alcanzó los 0,2 °C por década, manteniendo así una tendencia indudable al calentamiento en la región. En ese sentido, estudios sugieren que la temperatura media en la subregión de México y América Central (0,27 °C), incrementó más rápido entre 1991 y 2001 que, en las subregiones del Caribe y América del Sur, donde por década las temperaturas aumentaron en promedio 0,24 °C y 0,26 °C, respectivamente (OMM, 2022).

Las proyecciones climáticas estiman que antes de finalizar el presente siglo, la temperatura de la región incrementará en promedio entre 1,6 °C y 4 °C, variando según la región y la estación del año (CEPAL, 2015). Siendo las subregiones de América del Sur tropical y el Caribe, las zonas donde se pronostican las temperaturas medias más altas, comparadas con las proyecciones de temperaturas de México y el Cono Sur del continente (Almeida, J. et al. 2020).

b. Precipitaciones y sequía

Aproximadamente el 90% de las tierras fértiles de ALC son de secano (Wani, 2009), no obstante, los déficits de precipitación en varias zonas de la región son particularmente graves. En la subregión del Caribe, varios de sus territorios forman parte de la lista de países con mayor estrés hídrico en el mundo, como consecuencia del afectado régimen pluviométrico que los ha llevado a tener menos de 1,000 m³ de recursos de agua dulce per cápita (OMM, 2021b).

En el caso de América del Sur, específicamente en el sur de la Amazonia y la región del Pantanal, se registró en el 2020 la peor sequía de los últimos 60 años, y en 2021 se registraron cambios en los niveles de precipitación de entre un -20% y un -60% en la región central y meridional de Chile, y de entre un -30% y un -50% en los Andes suroccidentales de Perú.

Se prevé que, en el suroeste de América del Sur, América Central y el Amazonas, aumente la gravedad e intensidad de los episodios de sequía, y que merme la humedad del suelo, convirtiendo estas subregiones en zonas más secas, como resultado de la disminución en el régimen pluviométrico (Masson-Delmotte et al., 2021). Las proyecciones de los niveles de precipitación estiman que hacia el 2100, Centroamérica experimentará variaciones entre -22% y un 7% en su régimen pluviométrico, siendo así la zona que se verá más afectada junto a el Caribe; mientras en América del Sur las proyecciones son más heterogéneas, aunque con niveles de confianza bajos (CEPAL, 2015).

c. Nivel del mar y desastres naturales

Entre los años 1993 y 2020, el nivel del mar ha aumentado en un promedio mundial 3,3 mm por año, mientras que en la región de ALC se ha registrado un aumento superior de 3,6 mm anuales (OMM, 2021b), manteniendo en el 2021 un ritmo mayor que la media mundial (OMM, 2022). De la elevación observada entre 1970 y 2010, el 75% ha sido atribuido directamente al calentamiento de los océanos y al derretimiento de los glaciares, y por tanto a la influencia antropogénica (IPCC, 2014). De 1980 a 2020, los glaciares de los Andes tropicales, han perdido un 30% de su superficie, manteniendo un balance de masas negativa, equivalente a -0,97 m en agua al año durante 1990 y 2020 (OMM, 2022).

Para el 2100 se estima que se podría llegar a registrar un incremento de 30 a 60 cm en el nivel del mar, de mantenerse el calentamiento global por debajo de los 2°C, o en caso contrario, el incremento pudiera ser de 60 a 110 cm a nivel global (IPCC, 2019a). Con un aumento de la temperatura de 1,5 °C, los habitantes afectados por las crecidas aumentarían entre un 100% y un 200% en Colombia, Brasil y Argentina, mientras que, en Ecuador y Perú, aumentaría en un 300% y un 400% respectivamente (OMM, 2022).

Otro problema al que se ve enfrentado ALC es la incidencia de los desastres naturales por su ubicación geográfica (UNISDR, 2015). En el 2021, la temporada de huracanes del Atlántico fue la tercera más activa desde que se tienen registros, con 21 tormentas nombradas y 7 huracanes, así como la sexta temporada consecutiva con actividad de huracanes tropicales por encima del promedio desde el año 2016 (OMM, 2022). En ese mismo año, las precipitaciones extremas aunadas a las crecidas de los ríos, las inundaciones y los deslizamientos de tierra, ocasionaron grandes pérdidas para la región (UNDRR, 2021). Tal fue el caso de los estados de Bahía y Minas Gerais, ubicados en el noreste de Brasil, donde las crecidas y deslizamientos de tierra generaron pérdidas estimadas en 3.100 millones de dólares (OMM, 2022).

En tal sentido, América Latina y el Caribe es la segunda región más propensa a los desastres naturales en todo el mundo (OCHA, 2020), registrando la mediana de daños económicos por desastres naturales más alta a nivel global (0,18% del PIB por evento) (EMT-DAT, s.f). Entre los años 1998 y 2017 ocurrieron en la región uno de cada cuatro desastres registrados a nivel mundial, y de los 1.786 eventos registrados, el 93% fueron atribuidos a un origen climatológico. En cuanto al impacto económico, la totalidad de eventos naturales registrados entre 1998 y 2017 en la región ALC representaron el 53% del total de pérdidas económicas registradas mundialmente como consecuencia de fenómenos climáticos (UNDRR, 2021).

d. Superficie forestal

Entre los años 1990 y 2020 la región ha disminuido su superficie boscosa, perdiendo especialmente una parte importante de sus bosques naturales (CEPAL, 2021). De 1990 a 2016, ALC redujo en 9,68% su superficie forestal, registrando la mayor pérdida de cobertura forestal y superando a la región del África Sub-Sahariana (PNUD, 2020). Mientras que de 1990 a 2020, la región registró una pérdida total de 138 millones de hectáreas, equivalente a la mitad de la superficie terrestre de Argentina y a un poco más de la superficie total de Perú (CEPAL, 2021).

Centroamérica es una de las subregiones más afectadas, registrando una reducción de un 26% en su cobertura forestal para el año 2016, al pasar de 27 millones a 20 millones de hectáreas, siendo los países más afectados, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. Se estima que esta disminución en la cobertura boscosa se tradujo en una reducción en la capacidad de retención de carbono de 2.316 millones de toneladas de CO₂, es decir, de un 24% aproximadamente entre los años 1990 y 2015 (Bárcena et al., 2020).

Otra causa cada vez más común de que se reduzca la superficie forestal de la tierra son las olas de calor y la sequía que generan en muchas ocasiones incendios forestales de gran magnitud. En 2021 se produjeron incendios forestales en toda América del Sur. Solo en la región brasileña del Pantanal, se estima que los incendios forestales quemaron más de 1.950.000 hectáreas, mientras que, en la provincia de Quispicanchi en Perú, durante un único incendio forestal se quemaron 2.200 hectáreas de cubierta vegetal (OMM, 2022).

Asner, G., Loarie, S. y Heyder, U. (2010) estimaron que, en el Amazonas ante los efectos propios del cambio climático y la deforestación de las tierras para fines agrícolas, el 81% de esta subregión es susceptible a sufrir un cambio de vegetación acelerado. Mientras que en México y América Central se estima que el cambio climático pudiera afectar negativamente entre el 63 y el 66% de los bosques tropicales húmedos. Sin embargo, en un estudio más reciente realizado por Favero A., Sohngen, B. y Parker W. (2022) se prevé que para finales del presente siglo aumente la superficie de los bosques tropicales, y que solamente sufran daños los bosques templados, cuya superficie se estima pudiera reducirse entre un 33 y un 47%.

2.2.Efectos del cambio climático en la economía de América Latina y el Caribe

A fin de abordar los efectos sociales y económicos que conlleva el cambio climático en el gasto público y el PIB de los países de la región, nos enfocaremos en este acápite en los siguientes temas: sector agropecuario, seguridad alimentaria y pobreza; sanidad pública e infraestructura estatal.

a.Sector agropecuario, seguridad alimentaria y pobreza

Dentro de los efectos que genera el cambio climático, uno de los más preocupantes es su impacto en la cadena de producción y alimentación, como consecuencia de la acidificación de los océanos, las precipitaciones extremas y la sequía, que conllevan un deterioro en la calidad de los mares y suelos (NOAA, 2019).

En el 2019, el IPCC en su Informe Especial sobre el Cambio Climático y la Tierra, manifestó que la región de América Latina y el Caribe podría experimentar para 2046-2050 una reducción del 6% en la producción de 11 grandes cultivos mundiales, comparado al nivel alcanzado entre los años 1996-2005 (IPCC, 2019b).

El sector primario desempeña un papel importante en la economía de ALC. El 6,9% del PIB de la región corresponde al sector agrícola (Banco Mundial, 2021a), y en más de 20 países representa entre el 5 y el 18% de su PIB nacional (Banco Mundial, 2020a). Asimismo, el sector primario aporta aproximadamente entre el 10% y el 15% de la totalidad de empleos (Figura 2) (Morris et al, 2020).

Un estudio publicado por Fomby, T., Ikeda, Y. y Loayza, N. en 2013 titulado “The Growth Aftermath of Natural Disasters”, indica que el PIB de los países se pueden ver afectados en -1% por sequías extremas y en -0,9% por tormentas. De igual

manera, ante el incremento en el número, frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos, se estima que cada año se pierden alrededor de 23 millones de años de vida laboral a nivel mundial (OIT, 2018).

Kjellstrom et al. (2019) en su artículo “Workplace Heat: An increasing threat to occupational health and productivity”, manifestaron que para el 2030 más del 2% del total de horas trabajadas en el mundo podrían perderse por las fuertes olas de calor. Esta disminución en la productividad se estima que supondría una pérdida en la región de aproximadamente 2,5 millones de empleos a tiempo completo. América del Sur perdería cerca de 1,6 millones de empleos, mientras que el Caribe y América Central y México, perderían 100.000 y 800.000 empleos respectivamente; siendo los sectores más afectados la agricultura y ganadería, que concentró en el 2012 al 16% de la población ocupada (CEPAL, 2015), así como también, la construcción y la venta informal ambulante, al ser estos trabajos desempeñados mayormente al aire libre (OIT, 2020).

b. Salud Pública

Está comprobado que el aumento de la temperatura de nuestro entorno tiene una estrecha relación con la posibilidad de desarrollar nuevas enfermedades respiratorias, circulatorias, renales y cutáneas, y que además contribuye a la propagación de enfermedades transmitidas por vectores, como lo son el dengue y la malaria (Moreno, 2006; Rocque et al., 2021).

De la totalidad de muertes anuales entre el 8% y el 23% son atribuibles al ambiente a nivel global (Espinal, 2019). En el año 2012, alrededor de 7 millones de personas fallecieron por enfermedades relacionadas con la contaminación del aire, siendo el principal riesgo ambiental para la salud pública (OMS, 2015). Solo en América Latina, se estima que más de 150 millones de personas habitan en ciudades que superan los niveles recomendados en las Guías de Calidad del Aire de la OMS (OPS, 2022).

Se ha evidenciado que los problemas ambientales ejercen un impacto sobre los agentes económicos de los países, generando un costo externo, que es asumido en un gran porcentaje por los presupuestos de los estados (Marrero, 2012). Esto sin duda agudiza la vulnerabilidad de ALC, donde el presupuesto destinado por los estados para salud pública se sitúa muy por debajo del gasto medio de los países desarrollados. A modo de ejemplo, en el 2017, el gasto total en salud de ALC representó el 6,6% del PIB, mientras que el resto de los países miembros de la OCDE tuvieron en promedio un gasto del 8,8% de su PIB (OCDE/Banco Mundial, 2020).

Se estima que, ante el aumento inminente en el nivel de temperatura de la Tierra, para los años 2030 y 2050 se registrarán 250.000 muertes adicionales cada año por los efectos del cambio climático, y que para el año 2030 el costo por daños directos a la salud se situará entre 2.000 y 4.000 millones de dólares por año (OMS 2021). Aunque, de aplicarse programas orientados a aminorar las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta como el metano y el hollín, se estima que se

podiera reducir el calentamiento global en 0,5 °C para 2050, lográndose disminuir 2,4 millones de muertes cada año (OMS, 2015).

c. Infraestructura

Uno de los efectos del cambio climático son los daños a las infraestructuras de los países (Cavallo et al, 2020), asociados especialmente a la cantidad, frecuencia e intensidad de los desastres naturales (OIT, 2018). Las infraestructuras en los sectores de energía eléctrica, agua y saneamiento, transporte y telecomunicaciones, suelen estar ubicadas en zonas expuestas a eventos naturales, por lo que sufren daños al momento de producirse fenómenos de esta naturaleza (Hallegate et al., 2019), y representan una parte importante de la destrucción de activos (Cavallo et al, 2020).

Entre los años 1970 y 2019 como se puede visualizar en la Figura 3, se han triplicado los desastres naturales en la región, y con ello los daños a carreteras, edificios, maquinarias, equipos y cultivos han pasado de representar 7.400 millones de dólares a alcanzar los 102.000 millones de dólares en daños entre los años 2000 y 2009 (Cavallo et al, 2020).

Desde el año 2000, solo en daños por inundaciones (desastre natural más común en la región), América Latina y el Caribe han enfrentado pérdidas económicas que superan los 1.000 millones de dólares. Durante los años 2000 y 2019, se registraron 75 terremotos que ocasionaron una pérdida aproximada de 54.000 millones de dólares en daños (OCHA, 2020). En algunos territorios, eventos de esta magnitud les han supuesto a países casi la totalidad de su PIB. Tal es el caso, de Dominica, que en el año 2015 ante el paso de la tormenta tropical Erika, presentó daños que ascendieron a 483 millones de dólares, equivalentes a casi el 90% del PIB del país (Banco Mundial, 2015).

Se estima que para 2050 las inundaciones ante un incremento del nivel del mar de 20 cm podrían suponerles a las 22 ciudades costeras de mayor extensión de América Latina y el Caribe una pérdida media anual de 940 millones de dólares, mientras que, ante un aumento del nivel del mar de 40 cm, la pérdida económica ascendería a la suma de 1.200 millones de dólares (Hallegate et al., 2013). El Caribe es especialmente vulnerable ante estos cambios, pues más del 50% de su población vive a lo largo de la costa y aproximadamente el 70% en ciudades costeras (Reyer et al., 2017). Se estima que ante el incremento del nivel del mar (excluyendo los daños asociados a fenómenos meteorológicos), y la falta de accionar por parte de los gobiernos a fin de mitigar los efectos del cambio climático, los países que conforman esta subregión registrarían pérdidas anuales en infraestructura de aproximadamente 22.000 y 46.000 millones de dólares para 2050 y 2100, respectivamente (Bueno et al., 2008).

2.3. Relación entre el cambio climático y el crecimiento económico

Larraín y Sachs (2004) han definido el crecimiento económico como el aumento sostenido del producto de una economía durante varios años o décadas. Este crecimiento se mide comúnmente en trimestres o años a través del PIB, que representa el valor total de la producción corriente de bienes y servicios finales dentro de un territorio en concreto. La evidencia científica disponible sustenta que el cambio climático ha sido impulsado desde la época industrial por la concentración de emisiones antropogénicas de GEI, como resultado fundamentalmente del crecimiento económico y poblacional que han acumulado los países a lo largo de los años (IPCC, 2014).

Existen diversos estudios que evidencian que las condiciones climáticas tienen un impacto en el crecimiento económico de los países. Dell, M., Jones, B. y Olken, B. (2008) realizaron un estudio en el que utilizando la variación anual de la temperatura y de las precipitaciones entre los años 1950 y 2003, examinaron el impacto del cambio climático en la actividad económica a nivel global, y resumieron sus hallazgos principales en tres puntos.

En primer lugar, el incremento en los niveles de temperatura disminuye sustancialmente el crecimiento económico de los países pobres, mientras que en los países ricos el efecto es muy bajo. En segundo lugar, el incremento en los niveles de temperatura reduce las tasas de crecimiento de los países pobres, y no solamente el nivel de producción. Y, en tercer lugar, el incremento en los niveles de temperatura genera diversos efectos en las economías de los países pobres, al provocar una disminución en la producción agrícola, la producción industrial y la inversión, así como también crea o agudiza la inestabilidad política y social. Por lo que concluyen que, si a futuro los efectos del cambio climático reflejan el comportamiento evaluado históricamente, de por cada 1 °C de aumento en la temperatura, se reduce el crecimiento económico en promedio en un 1,1%, el impacto económico en los países pobres sería importante.

En ese marco, en el 2015, Burke, M., Hsiang, S. y Miguel, E. realizaron un modelo econométrico que concluía que existe una relación parabólica entre el crecimiento económico expresado en el indicador macroeconómico del PIB y la temperatura media de los países, con un punto óptimo de 13 °C. En sus ecuaciones demostraban como a medida en que la temperatura media incrementa hasta llegar a su punto óptimo, se genera un crecimiento económico en los países con bajas temperaturas, mientras que, en los países calientes, se genera el efecto inverso, a mayor temperatura, menor crecimiento económico. En ese sentido, para el 2100 estimaron que los ingresos medios del 40% de los países más pobres experimentarían una disminución en un 75%, de ser comparado con un escenario sin los efectos del cambio climático, mientras que el 20% de los países más ricos presentarían ligeras ganancias.

Por otro lado, en el artículo de investigación publicado en 2018 por Kompas, T., Van P., y Nhu T., se muestra el impacto que supondría el incremento de la

temperatura media en el PIB de 139 países en tres escenarios diferentes. Los autores utilizan los valores del PIB de 2017 como año base y estiman que de no aplicarse un plan de adaptación por parte de los países para mitigar los efectos del cambio climático y evitar sobrepasar los 2 °C (que implica una pérdida en el PIB para 2100 de 5.659,47 mil millones al año), las pérdidas globales en el PIB para 2100 ante un calentamiento global de 3 °C ascenderían a aproximadamente 9.593,71 mil millones de dólares, equivalente al 3% del PIB mundial de 2100, mientras que, de experimentarse un incremento en la temperatura media global de 4 °C, las pérdidas globales aumentarían significativamente a 23.149,18 mil millones de dólares, equivalente al 7% del PIB mundial estimado para 2100.

En el caso de la región de América Latina y el Caribe estiman que, ante un incremento de 2 °C, el PIB registraría una pérdida de 259,82 mil millones de dólares anuales, mientras que, con 3 °C y 4 °C, la pérdida sería de 576,65 y 1.371,81 mil millones de dólares anuales, respectivamente.

3. Metodología

A fin de estudiar la posible relación entre el PIB y los efectos del cambio climático se empleó un análisis de regresión multivariable, utilizando el programa estadístico STATA. Se ha escogido el modelo estadístico de regresión lineal múltiple, ya que nos permitirá analizar la relación existente entre la variable de criterio o de respuesta (variable dependiente, Y) y cuatro variables predictoras o explicativas (variables independientes, x1, x2, x3, x4), así como predecir de forma aproximada el valor del PIB ante cambios en una de las variables independientes. Se estima el modelo incluyendo efectos fijos para cada país, a fin de tener en cuenta características que afectan al PIB de cada país y que son constantes a lo largo del tiempo.

Una vez estimado el modelo de regresión, obtenemos el estadístico t de Student con el objetivo de evaluar la significancia estadística de los coeficientes de cada variable, y así determinar cuáles variables explicativas son estadísticamente significativas ($p < 0,05$) dentro del modelo. A su vez, también se obtiene el estadístico F, donde se establece la hipótesis nula de que las variables consideradas son independientes en su conjunto. Si $p < F$, se rechaza dicha hipótesis, y se concluye que las variables son dependientes, es decir, que guardan relación entre sí.

La variable dependiente del modelo es el Producto Interno Bruto (PIB) a precios actuales del Banco Mundial. Como principales variables independientes, que miden los efectos del cambio climático se han incluido las variables climatológicas de temperatura, precipitación y superficie forestal obtenidos en el banco de datos del Banco Mundial. Finalmente, para evaluar el comportamiento del modelo respecto al crecimiento poblacional se ha utilizado también como variable independiente el indicador de población total del Banco Mundial.

Para ajustar el modelo de regresión se utilizaron las variables climatológicas, económicas y demográficas previamente mencionadas durante el periodo

comprendido entre el 2000 y 2020, tomando en cuenta solamente a 15 países de la región de América Latina y el Caribe. Del total de países, 12 representan las mayores economías de la región ALC (Grupo I) y 3 representan las menores economías de la región ALC, exceptuando las Antillas Menores (Grupo II). Dentro del Grupo I están Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, México, Perú, Puerto Rico y República Dominicana; mientras que del Grupo II, se han considerado a Haití, Jamaica y Nicaragua. Dando como resultado una muestra de 315 observaciones.

De igual modo, antes de proceder a realizar el análisis de regresión, con el objetivo de evaluar las tendencias registradas entre los años 2000 y 2020 en las diferentes variables climatológicas y demográficas consideradas, se empleó un análisis exploratorio, cuyos resultados se plasmarán más adelante.

1. Variable dependiente

Para los fines de este análisis, se utilizó como variable dependiente el PIB nominal o también conocido como PIB a precios actuales¹⁰, que es un indicador económico que representa el valor agregado o monetario de la producción total de bienes y servicios en un país durante un periodo de tiempo determinado (OCDE, 2021). Se optó por utilizar el PIB a precios actuales como indicador macroeconómico, pues su comportamiento nos permite constatar si la economía de un país o de una región crece (PIB aumenta) o decrece (PIB disminuye) ante ciertas circunstancias.

2. Variables independientes

Como variables independientes se emplearon las variables meteorológicas de temperatura media (expresada en grados Celsius), precipitación (expresada en milímetros de lluvia) y superficie forestal (expresada como porcentaje de la superficie terrestre total). Se optó por utilizar otras variables diferentes a la temperatura, ya que estudios confirman que hay una relación prácticamente lineal entre la temperatura y los niveles medios de precipitación. Asimismo, estudios realizados desde los años 1880 han relacionado estrechamente la precipitación con la superficie forestal o cobertura boscosa. Por último, se escogió como cuarta variable independiente el indicador demográfico de población total¹⁴ por su evidente incidencia en la evolución del PIB.

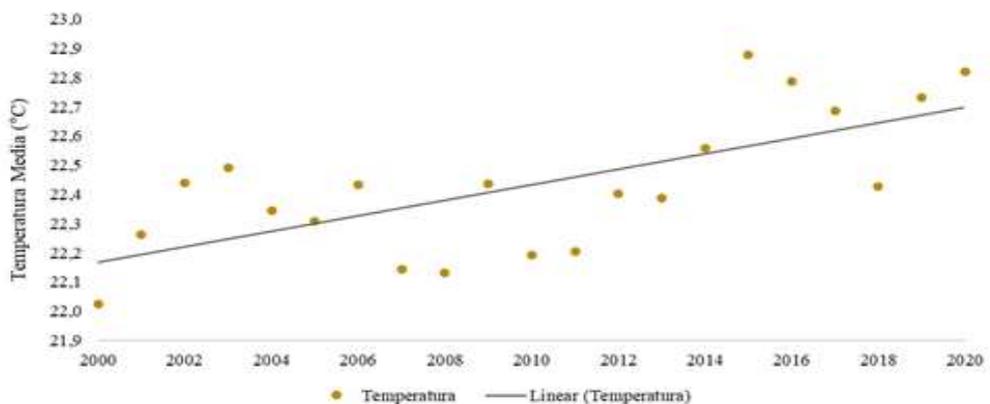
4. Resultados

4.1. Análisis exploratorio

Al realizar el análisis exploratorio de las variables climatológicas podemos observar lo siguiente:

-Temperatura media: Entre los años 2000 y 2020 la temperatura media en la región de ALC no muestra un comportamiento lineal, sin embargo, si se puede apreciar que tiene una tendencia alcista a través de los años (Figura 1).

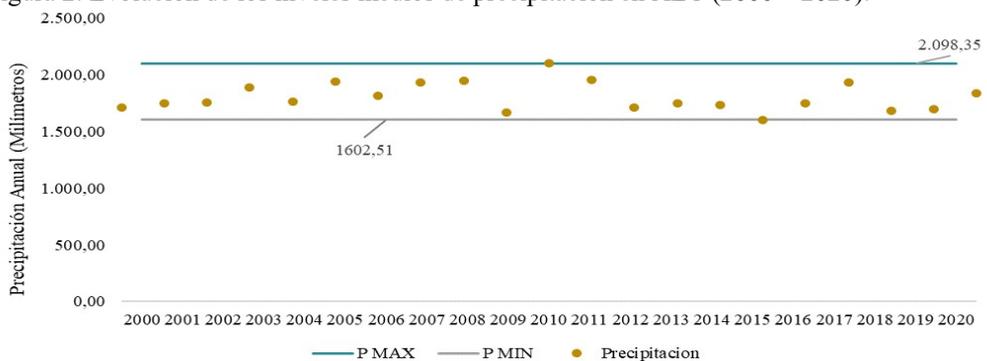
Figura 1. Evolución de la temperatura media en ALC (2000 – 2020).



Fuente: Elaboración propia a partir del Climate Change Knowledge Portal del Banco Mundial (s.f.).

-Precipitación: Entre los años 2000 y 2020 los niveles medios de precipitación en la región de ALC se ha mantenido entre los 2.100 y 1.600 milímetros (Figura 2).

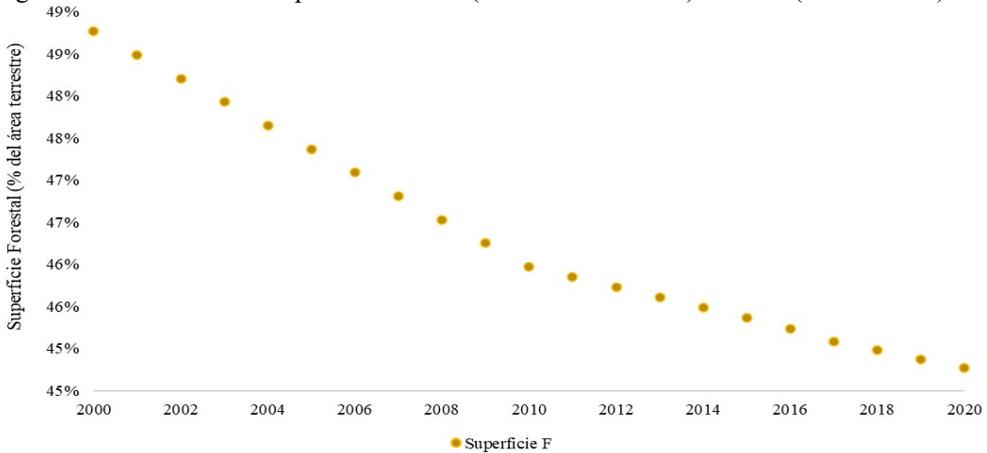
Figura 2. Evolución de los niveles medios de precipitación en ALC (2000 – 2020).



Fuente: Elaboración propia a partir del Climate Change Knowledge Portal del Banco Mundial (s.f.).

-Superficie forestal: Entre los años 2000 y 2020 la superficie forestal total de la región de ALC muestra una clara tendencia a la baja a lo largo de los años (Figura 3).

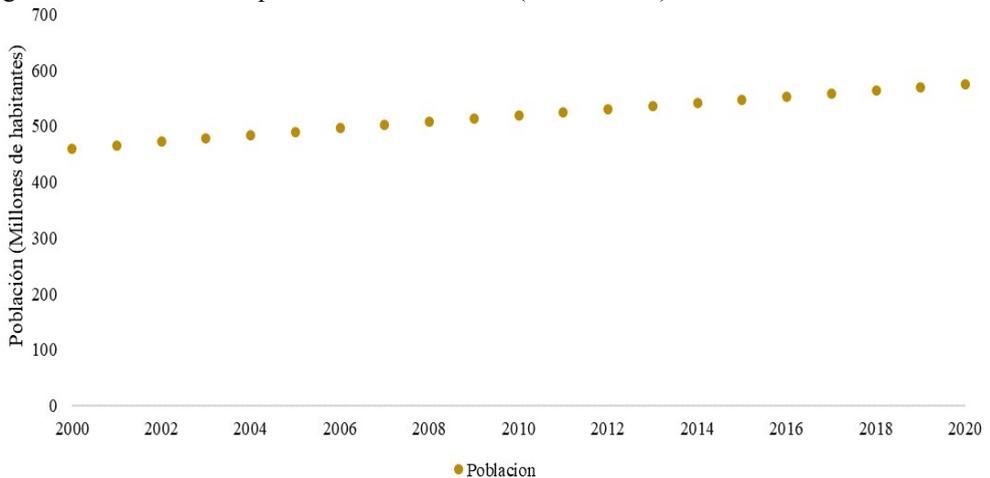
Figura 3. Evolución de la superficie forestal (% del área terrestre) en ALC (2000 – 2020).



Fuente: Elaboración propia a partir del banco de datos del Banco Mundial (s.f.).

-Población: Entre los años 2000 y 2020 la población de la región de ALC muestra una tendencia al alza cada año. Esta variable a diferencia de la temperatura, si ha tenido un comportamiento lineal, y, por tanto, una pendiente menos pronunciada (Figura 4).

Figura 4. Evolución de la población total en ALC (2000 – 2020).



Fuente: Elaboración propia a partir del banco de datos del Banco Mundial (s.f.).

Con un resultado de 0,8325 de R2 o coeficiente de determinación, podemos afirmar que hay una correlación fuerte, y que por ende existe una influencia apreciable de las variables climatológicas y demográficas consideradas sobre el crecimiento económico de la región de ALC, expresado en el indicador del PIB. Además, con la prueba F de significancia general constatamos que $p < F$. Por tal razón, rechazamos la hipótesis nula de independencia, y podemos concluir que existe una relación de dependencia entre las variables consideradas en el modelo.

Figura 6. Resultados modelo de regresión expresado en logaritmos.

```

xtreg ln_pibpc precipitacionanual superficieforestal ln_temp poblacion_num year,fe
Fixed-effects (within) regression                Number of obs   =       315
Group variable: codigo_num                      Number of groups =        15

R-sq:                                           Obs per group:
  within = 0.7243                               min =           21
  between = 0.0188                              avg =           21.0
  overall = 0.0658                              max =           21

corr(u_i, Xb) = -0.6472                        F(5,295)        =       155.00
                                                Prob > F         =       0.0000
    
```

ln_pibpc	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
precipitacionanual	1.24e-06	.0000423	0.03	0.977	-.0000821	.0000845
superficieforestal	-.9879136	.5953833	-1.66	0.098	-2.159651	.1838235
ln_temp	-2.345248	.8937126	-2.62	0.009	-4.104109	-.5863878
poblacion_num	-5.49e-09	3.55e-09	-1.54	0.124	-1.25e-08	1.50e-09
year	.0578586	.0025951	22.30	0.000	.0527514	.0629658
_cons	-113.7516	4.700762	-24.20	0.000	-123.0028	-104.5003
sigma_u	1.0607296					
sigma_e	.20612026					
rho	.96361394	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(14, 295) = 223.08 Prob > F = 0.0000

Fuente: Elaborado en el software estadístico de STATA.

Por otro lado, los valores de la prueba t de Student, nos permiten concluir que los coeficientes de regresión que aparecen como significativos en el modelo son la superficie forestal ($p=0,022$), la temperatura media ($p=0,029$) y la población total ($p=0,000$). En ese sentido, la relación existente entre las variables climáticas de temperatura media y superficie forestal con el PIB es inversa, confirmando, que el aumento de estas variables ejerce un efecto negativo en el crecimiento económico de los países.

En el caso de la temperatura, los resultados nos indican que, ante el aumento de 1 °C en la temperatura media, el PIB se ve reducido en 64.047,51 millones de dólares. Mientras que por cada 1% que reduzca la superficie forestal de ALC, el PIB disminuye en 917.201,60 millones de dólares.

Para examinar los efectos en términos porcentuales (elasticidades) de incrementarse la temperatura media de la región en 2,5 °C, manteniendo constante el resto de las variables independientes, hemos estimado un segundo modelo ajustando la temperatura en logaritmo, y la variable dependiente (PIB) en términos per cápita y logaritmo. Pasamos ambas variables a logaritmos con el objetivo de cumplir el supuesto de normalidad en la distribución de las variables, y de aportar mayor estabilidad a nuestro modelo. A su vez, los efectos marginales obtenidos son más fáciles de interpretar, ya que son efectos porcentuales.

En este caso, al estimar en logaritmos, el coeficiente de la variable temperatura media es la elasticidad, que mide cuánto cambia el PIB per cápita en porcentaje al cambiar en un 1% la temperatura. En ese sentido, vemos que el coeficiente de la temperatura es -2,3452, lo que significa que ante el aumento en un 1% en la temperatura media de ALC, el PIB experimentaría una disminución del 2,34%. Por tanto, ante un aumento de 2,5 °C (equivalentes a un incremento de 11,14%) para el 2050, el PIB disminuiría en un 26,13% aproximadamente. Mientras que ante un aumento de 4 °C (equivalentes a un incremento de 17,83%) para 2100, el PIB registraría una disminución de 41,81% aproximadamente. Estos incrementos son enormemente significativos.

5. Conclusiones

A pesar de que el costo total por los efectos que trae consigo el cambio climático no se pueden predecir con precisión como afirman diferentes autores (Builes-Jaramillo y Poveda-Jaramillo, 2008; Galindo et al, 2022), el impacto que ejerce el incremento de la temperatura media de la Tierra, y con ello la reducción en los niveles de precipitación, el aumento de episodios de sequía, el incremento del nivel del mar y la incidencia de los desastres naturales, sobre las economías de los países es totalmente innegable.

En América Latina y el Caribe hay una tendencia alcista en los niveles de temperatura, y ante la alta correlación que tiene con el PIB, se puede afirmar que el cambio climático supone un impacto importante en el gasto público y el crecimiento económico de la región tanto en la actualidad como en el mediano y largo plazo.

Las proyecciones sobre el potencial impacto de este fenómeno en la economía de ALC son de entrada bastante alarmantes, sin considerar que en la realidad los impactos proyectados en el PIB pudieran ser aún más graves, pues eventos como la desaparición de un ecosistema o la deforestación de los bosques, no han sido cuantificados monetariamente, ni incluidos en ninguna de las estimaciones econométricas realizadas hasta el momento (Galindo et al, 2022). Aun así, se estima

que, de mantenerse la tendencia hacia el alza, con un aumento de la temperatura de 2,5 °C, el PIB de la región registre una pérdida de 26,13% para 2050, y de 41,81% para 2100.

Esta situación aunada al actual déficit fiscal y los niveles de pobreza a los que se ven enfrentados estos países genera un escenario desfavorable en materia de desarrollo económico y sostenible para la región. Sin embargo, en la actualidad contrario a los compromisos convenidos en el Acuerdo de París son pocos los países que han logrado desarrollar estrategias y proyectos de I+D que le permitan mitigar el impacto que genera el calentamiento global en sus economías. En tal sentido, las principales limitantes a la cual se ven enfrentados es la falta de financiación (IPCC, 2021), y la alta inversión que supone el desarrollo de proyectos de innovación, construcción y readaptación de infraestructuras públicas para una región con niveles de ingreso bajo y medio (Banco Mundial, 2021a). Es por ello, que la colaboración económica y técnica de países desarrollados hacia la región es de vital importancia, a fin de que puedan readaptar sus modelos productivos y cumplir con los ODS planteados.

Así pues, a modo de conclusión, podemos afirmar que la necesidad de implementar estrategias que contribuyan a reducir los impactos del cambio climático en ALC es cada vez más crucial, pues en caso contrario la región pudiera experimentar alzas en su deuda y gasto público, y un posible decrecimiento económico que conllevaría una agravación en los niveles de desigualdad y disparidad económica entre sus habitantes presentes y entre las generaciones futuras.

6. Referencias bibliográficas

- Almeida, J. et al. (2020). Vulnerability to Climate Change and Economic Impacts in the Agriculture Sector in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank; 1985. <http://dx.doi.org/10.18235/0002580>
- Asner, G. et al. (2010). Combined effects of climate and land-use change on the future of humid tropical forests. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00133.x>
- Banco Mundial. (2015). Dominica Lost Almost All its GDP due to Climate Change. <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/12/01/dominica-lost-almost-all-gdp-climate-change>
- Banco Mundial. (2021a). La pobreza y la prosperidad compartida 2020. Un cambio de suerte. Washington, DC: Banco Mundial. <https://www.worldbank.org/en/publication/poverty-and-shared-prosperity>
- Bárcena, A. et al. (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción? Libros de la CEPAL, N° 160 (LC/PUB.2019/23-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.

- BID. (2021). América Latina y el Caribe tiene la oportunidad de evitar una catástrofe climática. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/america-latina-y-el-caribe-tiene-la-oportunidad-de-evitar-una-catastrofe-climatica/>
- Bueno, R. et al. (2008). The Caribbean and climate change. The costs of inaction. Stockholm Environment Institute—US Center Global Development and Environment Institute, Tufts University.
- Builes-Jaramillo, L. y Poveda-Jaramillo, G. (2008). Relación directa entre el aumento de las temperaturas medias anuales con el crecimiento de la población y el producto interno bruto (PIB) en el Valle de Aburrá, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo* 2008; 27 (2): 212-21.
- Burke, M., et al. (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, 527, pp. 235-239.
- Cavallo, E. et al. (2020). De estructuras a servicios El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://flagships.iadb.org/es/DIA2020/de-estructuras-a-servicios>
- CEPAL. (2015). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Naciones Unidas. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37310-la-economia-cambio-climatico-america-latina-caribe-paradojas-desafios-desarrollo>
- CEPAL. (2021). Temas estadísticos de la CEPAL. La pérdida de los bosques de América Latina y el Caribe 1990–2020: evidencia estadística. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47151-la-perdida-bosques-america-latina-caribe-1990-2020-evidencia-estadistica>
- Dell, M. et al. (2008). Climate change and economic growth: Evidence from the last half-century. National Bureau of Economic Research. Working Paper No. 14132. <https://www.nber.org/papers/w14132>
- Fahey, D.W. et al. (2017). Physical drivers of climate change. Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Vol. I. Eds. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 73-113. dx.doi.org/10.7930/J0513WCR
- Favero, A. et al. (2022). Climate change and timber in Latin America: Will the forestry sector flourish under climate change? *Forest Policy and Economics*, Volume 135, 2022, 102657, ISSN 1389-9341. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102657>.
- Galindo, L. et al. (2022). ¿Cuánto costará lograr los objetivos del cambio climático en América Latina y el Caribe? Documento de trabajo del BID; 1310. <http://dx.doi.org/10.18235/0004021>
- Hallegate, S. et al. (2013). Future flood losses in major coastal cities. *Nature Clim Change* 3, 802–806 (2013). <https://doi.org/10.1038/nclimate1979>
- Hallegate, S. et al. (2019). Lifelines: Tomando acción hacia una infraestructura más resiliente. Cuadernillo del resumen. Banco Mundial, Washington, DC. Licencia: Creative Commons de Reconocimiento CC BY 3.0 IGO. <http://hdl.handle.net/10986/31805>
- IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

- IPCC. (2019b). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- IPCC. (2020). El cambio climático y la tierra. <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- IPCC. (2021). Cambio Climático 2021: Bases Físicas. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Kompas, T. et al. (2018). The Effects of Climate Change on GDP by Country and the Global Economic Gains from Complying with the Paris Climate Accord. *Earth's Future*, 6, 1153–1173. <https://doi.org/10.1029/2018EF000922>
- Larraín, F. y Sachs J. (2004). *Macroeconomía en la Economía Global*. Buenos Aires: Pearson Education, 2002.
- Marrero, M. et al. (2012). La medición de costos de salud atribuibles a cambios en la calidad ambiental. *Rev. Med. Electrón.* vol.34 no.6 Matanzas. Recuperado el 11 de agosto de 2022 desde http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1684-18242012000600010&script=sci_arttext&tlng=en
- Masson-Delmotte, V. et al. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2021. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- NASA. (2022). How do we know climate change is real? Recuperado el 08 de agosto de 2022 de <https://climate.nasa.gov/evidence/#:~:text=In%201896%2C%20a%20seminal%20paper,Earth's%20atmosphere%20to%20global%20warming.>
- NOAA. (2019). Climate change impacts. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate/climate-change-impacts>
- OCDE/Banco Mundial. (2020). *Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/740f9640-es>.
- OCHA. (2020). *Desastres naturales en América Latina y el Caribe*. <https://reliefweb.int/report/world/desastres-naturales-en-am-rica-latina-y-el-caribe-2000-2019>
- OMM. (2021a). *El estado del clima en América Latina y el Caribe 2020*. https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=21927#.Ycxt1mjMK5c
- OMM. (2021b). *El 2020 es uno de los tres años más cálidos registrados*. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-2020-es-uno-de-los-tres-a%C3%B1os-m%C3%A1s-c%C3%A1lidos-registrados>
- OMM. (2022). *El estado del clima en América Latina y el Caribe 2021*. <https://public.wmo.int/es/estado-del-clima-en-am%C3%A9rica-latina-y-el-caribe-0>
- OMS. (2015). La OMS insta a los países a proteger la salud contra el cambio climático. Recuperado el 15 de agosto de 2022 desde https://www.who.int/es/news/item/17-11-2015-who-calls-on-countries-to-protect-health-from-climate-change#:~:text=*Actualizada%20el%2018%20de%20noviembre,desnutrici%C3%B3n%20entre%202030%20y%202050.
- OPS. (2022). *Calidad del aire*. Recuperado el 14 de agosto de 2022 desde <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- PNUD. (2020). *Latinoamérica y el Caribe: Riqueza Natural y Degradación Ambiental en siglo XXI*. PNUD LAC C19 PDS No. 14 B. Recuperado el 12 de agosto de 2022 desde

- <https://www.undp.org/es/latin-america/publications/latinoam%C3%A9rica-y-el-caribe-riqueza-natural-y-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-siglo-xxi>
- Reyer, C. et al. (2017). Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Reg Environ Change* 17, 1601–1621 (2017). <https://doi.org/10.1007>
- Rozenberg, J. y Hallegatte, S. (2016). The Impacts of Climate Change on Poverty in 2030 and the Potential from Rapid, Inclusive, and Climate-Informed Development (November 9, 2015). World Bank Policy Research Working Paper No. 7483, Available at SSRN:<https://ssrn.com/abstract=2688381>
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- UNDRR. (2021). Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe. <https://www.undrr.org/es/rar-reporte-regional-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastre-en-america-latina-y-el-caribe>
- UNISDR. (2015). Annual Report 2015. 2014-15 Biennium Work Programme Final Report. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. Recuperado el 15 de agosto de 2022 desde <https://www.undrr.org/publication/unisdr-annual-report-2015>
- Wani, S.P. et al. (2009). Rainfed Agriculture – Past Trends and Future Prospects. Recuperado el 9 de agosto del 2022 desde <https://books.google.es/books>