

Estrategias de adaptación al cambio climático en el sector agrícola colombiano

Climate change adaptation strategies in the colombian agricultural sector



<https://cu-id.com/2377/v29n3e03>

 Laura Camila Bernal Sánchez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

RESUMEN: Se analizó cómo es el actual desarrollo económico de Colombia en el sector agrícola, puesto que en este se desarrolla una de las actividades económicas con más problemáticas y con una gran expectativa de crecimiento. Además, se identificaron acciones basadas en la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) que deberían implementarse en el sector público y privado para la potencialización del sector agrícola, de modo que éste obtenga un mayor impacto en el mercado nacional e internacional. La metodología utilizada fue descriptiva y se desarrolló a partir de datos estadísticos, ambientales, sociales y económicos que puedan inferir en los actores analizados. Por otra parte, se describieron los impactos que generan los fenómenos climáticos y el déficit en el desarrollo de la infraestructura vial del país, lo cual a su vez provoca un incremento en los costos de producción, que producen un aumento en las importaciones y una dependencia en los alimentos de otros países. Finalmente, se identificarán las políticas públicas del sector agrícola que tienen como objetivo el crecimiento del sector y la mitigación de las problemáticas que este presenta, asimismo se realizó un análisis de cómo estas apoyadas en la planeación estratégica pueden ser más eficientes.

Palabras Clave: Agricultura, Políticas Públicas, Planeación Estratégica, Sostenibilidad y Desarrollo Económico.

ABSTRACT: The current economic development of Colombia in the agricultural sector was analyzed, since it is one of the economic activities with the most problems and with high growth expectations. In addition, actions based on Research, Development and Innovation (R+D+i) were identified that must be implemented in the public and private sectors for the empowerment of the agricultural sector, so that it can have a greater impact in national and international markets. The methodology used was descriptive and was developed based on statistical, environmental, social and economic data that can be inferred about the actors analyzed. On the other hand, the impacts generated by climatic phenomena and the deficit in the development of the country's road infrastructure were described, which in turn causes an increase in production costs, resulting in an increase in imports and dependence on food from other countries. Finally, the public policies of the agricultural sector aimed at the growth of the sector and the mitigation of its problems will be identified, and it will be analyzed how these policies, supported by strategic planning, can be more efficient.

Key words: Agriculture, Public Policies, Strategic Planning, Sustainability and Economic Development.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) realizada en el 2019, Colombia tiene un área sembrada o plantada que hace referencia a la superficie en la cual se deposita la semilla, equivalente al 4,7% del territorio nacional y un área cosechada o área en edad productiva que es la superficie de la cual se obtuvo producción equivalente al 3,4 % del territorio nacional, así que al hacer la relación, se puede determinar que del total del área sembrada, el 27,6% no representó una producción real.

En consecuencia, los cultivos logran verse afectados por los efectos del cambio climático, el cual se ha convertido en una realidad cada vez más presente y hace referencia a “un cambio de clima atribuido de forma directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición

de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 2013).

La alteración de la atmósfera mundial se da principalmente por el aumento en la emisión de gases efecto invernadero (GEI) y de acuerdo el Instituto de Hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM et al., 2022) en el informe BUR 3, las actividades de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra corresponden al 59,1% del total de emisiones que genera el país, además se resalta que este grupo de actividades es el único en el que se realiza una absorción del 7,8% de emisiones de GEI, de las cuales el 28% es absorbido por las tierras de cultivo. Por esta razón, es importante analizar el sector agrícola ya que podría disminuir el crecimiento total de las emisiones de GEI.

Autor para correspondencia: lcbernals@udistrital.edu.co

Recibido: 13/05/2023

Aceptado: 26/06/2023

Conflicto de intereses: El autor no presenta conflicto de interés.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Considerando que Colombia por sus características geográficas, ambientales, económicas y sociales puede llegar a presentar una alta vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático, es necesario analizar los impactos que genera este fenómeno en el sector agrícola, así como las estrategias de adaptación que se han implementado y que se pueden implementar para un mayor impacto en el mercado haciendo uso de la investigación, desarrollo e innovación a través de las políticas públicas.

La agricultura colombiana ha tenido un papel importante en el desarrollo del país a través de las últimas tres décadas, de acuerdo con análisis gráfico del Atlas de la Complejidad Económica. Sin embargo, el desarrollo del país se ha enfocado en otros sectores económicos llevando a que este sector disminuya progresivamente su participación en el PIB total. De manera que se realiza un modelo multiecuacional en donde se determina el nivel de impacto de la producción del sector agropecuario y del gasto en la inversión en investigación y desarrollo frente a los ingresos totales del país.

MÉTODOS

Inicialmente, se realizó una revisión sistemática de artículos primarios de carácter científico relacionados con los impactos del cambio climático en la agricultura, estrategias de adaptación al cambio climático y análisis económico del sector agrícola colombiano, de los cuales 8 cumplieron con los criterios establecidos. Posteriormente, se examinó en las bases de datos de entidades oficiales a nivel nacional, principalmente del IDEAM, con el fin de obtener información actualizada sobre emisiones de GEI del sector agrícola y proyecciones de impactos del cambio climático en diferentes zonas del país. Seguido de esto, se procedió a revisar las políticas nacionales en materia de cambio climático de las cuales se precisaron dos que tenían relación directa con el sector agrícola y una con el sector transporte.

Finalmente, para la construcción del modelo se realizó en la plataforma de R Studio Cloud basado en fuentes secundarias, siendo la primera del Banco de la República, de la cual se obtuvieron las variables del PIB total y del PIB del sector agropecuario; la segunda del Banco Mundial, en el que se consiguió el porcentaje del gasto en investigación y desarrollo del país y la tercera, del Departamento de Agricultura de EE., de donde se obtuvo la base de datos de Productividad Agrícola Internacional (IAP, por sus siglas en inglés) de la cual se extrajo la variable TFP (Total Factor Productivity), que mide la cantidad de producción agrícola.

El desarrollo del método fue en base de la función de regresión muestral [1] y para analizar el impacto de las variables independientes sobre la dependiente, se formuló el modelo con estructura LOG-LOG [2], el cual se describe a continuación:

$$Y = \beta_0 \pm \beta_1 * X_1 \pm \beta_2 * X_2 \pm \beta_3 * X_3 + e \quad [1]$$

$$LPIB = \beta_0 \pm \beta_1 * LPIBAGRI \pm \beta_2 * LTFP \pm \beta_3 * LINI + e \quad [2]$$

De acuerdo, con la fórmula [2] se describe *LPIB* como los ingresos totales del país y se define como la variable dependiente, el β_0 como el intercepto, *LPIBAGRI* hace referencia a los ingresos del país que corresponden a las actividades de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, *LTFP* que corresponde a la producción agrícola a partir del conjunto combinado de las variables de mano de obra, tierra, capital y recursos materiales empleados en la producción agrícola y *LINI* que hace referencia al porcentaje del PIB correspondiente al gasto en investigación y desarrollo del país.

RESULTADOS

El Cambio climático presenta diversos efectos, en conformidad con [FONADE & IDEAM \(2013\)](#), el aumento de la temperatura es uno de ellos, este efecto puede ocasionar una disminución significativa del rendimiento de los cultivos puesto que, en altas temperaturas el proceso de fotosíntesis se ve detenido. También, afirman que se reducirían las relaciones mutualistas entre las plantas y los polinizadores naturales, como producto de la concentración de CO₂ en la atmósfera.

A nivel nacional, de acuerdo con [IDEAM et al., \(2015\)](#), se tiene como escenario para el año 2100 el incremento gradual de la temperatura media anual en 2.14 °C, en el cual los mayores aumentos se darán del año 2071 a 2100 en los departamentos de Arauca, Vichada, Vaupés y Norte de Santander, en donde se verían afectados cultivos como el del café, arroz, maíz, entre otros; cabe resaltar que los impactos del cambio climático en el país no se darán de la misma manera en todas las regiones, de forma que mientras en unas regiones aumenta la temperatura y disminuye la precipitación (Fenómeno del Niño), en otras aumenta la precipitación (Fenómeno de la Niña).

Otro efecto que se puede presentar según [Lau et al., \(2011\)](#) es una precipitación más errática, en donde afirman que, en proyección, “el 36% de los productos agrícolas enfrentarán aumentos en la precipitación de más del 3% en, por lo menos, el 60% de las áreas cultivadas” (p.2). De acuerdo con el IDEAM en el siglo XXI, en las regiones Andina y del Caribe el volumen decrecería entre un 15% y 36%, y en la región Pacífica pasaría el efecto contrario. Este efecto puede llegar a incrementar los costos de producción debido a que se puede aumentar la proliferación de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos acrecentando los costos derivados del uso de agroquímicos que puedan combatirlas. Asimismo, el 63% de los agroquímicos vendidos son de carácter altamente peligrosos para

el medio ambiente y el ser humano por lo que afectan significativamente a los agricultores causándoles problemas en la salud y a los ecosistemas afectando sus dinámicas y funcionamiento como lo puede ser el aumento de la desertificación del suelo, por lo cual se contemplarán costos adicionales por concepto de salud de trabajadores y por restauración de las propiedades fisicoquímicas del suelo (Valbuena *et al.*, 2021).

Al presentarse cambios de temperatura y precipitación, se altera el equilibrio de los ecosistemas por lo que se generan otros impactos como el retroceso de páramos, que afecta directamente la capacidad de abastecimiento de agua ya que de este ecosistema dependen los acueductos del país; también el aumento de la desertificación y erosión de los suelos del país producto del aumento de la temperatura en conjunto con el cambio de uso del suelo (Trujillo, 2018). En definitiva, en este contexto en donde se realizan prácticas agropecuarias intensivas que pueden conllevar a la pérdida de bienes y servicios ambientales que brindan los diferentes ecosistemas, es importante llevar a cabo un análisis de costo-beneficio que le permita a los agricultores considerar la implementación de estrategias de adaptación como una oportunidad para maximizar sus utilidades.

A los efectos anteriores, se les aplicaban inicialmente estrategias de mitigación, sin embargo, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) reconoce que los impactos del cambio climático no se pueden prevenir en su totalidad, es decir, aunque se haya avanzado con dichas estrategias, estas no previenen totalmente los efectos y es por ello que se deben plantear estrategias de adaptación a los impactos que no se pueden mitigar. Por ende, las estrategias de adaptación desde un enfoque de política climática, se definen como un proceso previsto y diseñado que tiene como objetivo la reducción del daño o las afectaciones que resulten del cambio climático (Vargas, 2021).

Las actividades agrícolas extensivas generan externalidades negativas ya que realizan una emisión de GEI producto de sus actividades, sin embargo, las estrategias de adaptación al cambio climático en el sector pueden llegar a convertir las externalidades en positivas reduciendo o absorbiendo estas emisiones. De acuerdo con Altieri, *et al.*, (2011) algunas estrategias implementadas en diferentes áreas del mundo incluyen el uso de la diversidad genética local, en donde lo que se busca es una siembra simultánea de diversas variedades locales que sean más resistentes y tengan la capacidad de adaptarse a las características de su entorno; así como los sistemas de agroforestería y mulching, explicando el primero como la siembra y presencia de árboles en las parcelas agroforestales que mitigan los efectos de variaciones climáticas ya que protegen los cultivos al reducir la temperatura, la velocidad del viento, la exposición directa al sol y la evapotranspiración; por otro lado, el mulching es

el proceso de sembrar especies de cobertura o aplicar materia vegetal al suelo para reducir los niveles de radicación y mantener la humedad del suelo. Igualmente, se podrían nombrar estrategias como la prevención de plagas por medio de mecanismos de regulación biológica, el incremento de materia orgánica de los suelos a través del uso de abonos verdes, entre otras.

Asimismo, desde la innovación en relación con las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) es fundamental para el crecimiento del sector agrícola la implementación de este tipo de tecnología ya que genera mayor certeza en la toma de decisiones y por ende se vuelve más eficiente el sector. De acuerdo con Rambauth Ibarra (2022), “el uso de TIC basadas en plataformas digitales, Big Data, Analítica e Internet de las cosas, contribuye al uso racional de los recursos, aumento en la productividad y en la rentabilidad de la misma” (p.35). Es por ello que como lo afirma Ojeda (2022), la agricultura 4.0 en Colombia permitirá desarrollar productos agrícolas sostenibles mediante la cultura de datos y uso de TIC, además esta agricultura comprende la implementación y uso de sensores que permiten por ejemplo controlar la distancia de la siembra, la cantidad de agua o fertilizante que requieren los suelos, las plagas que afectan a los cultivos, etc. Actualmente, se cuentan con aplicaciones desarrolladas por AGROSAVIA muy útiles y de fácil acceso para los pequeños agricultores como lo es el Sistema IRAKA, el cual brinda información de suelos y su relación con cultivos de la región andina.

Las estrategias de adaptación para los sectores públicos y privados deben enmarcarse en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2023-2026, el cual se propone potenciar la agricultura por medio de la inversión en I+D+I. Es así como el PND busca generar proyectos productivos que dispongan de tecnología, riego, extensión agropecuaria, financiamiento y vías terciarias, también presenta acciones orientadas a que la población rural se pueda mantener en el sistema educativo con el fin de fortalecer la agricultura campesina, además propone la adopción de una ley de agroecología hacia la transición de la agricultura convencional a la producción agroecológica para aumentar la productividad del suelo, reducir la degradación ambiental y aumentar la resiliencia climática.

De esta manera, se han venido implementando políticas públicas que tienen como objetivo abordar los efectos que representa el cambio climático en el país como son el Decreto No.298 De 2016 por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA) y en el que se establece que, como marco de actuación del sistema, se tomará el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), entre otras herramientas. Enfatizando en el sector agrícola, mediante la Resolución Número 000355 De 2021, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural adopta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecua-

rio (PIGCCS), en donde se tiene como fin primordial la orientación para la implementación de medidas de mitigación de GEI y adaptación del cambio climático, teniendo el marco de los acuerdos internacionales como el Acuerdo de París y las políticas nacionales como la Ley 1931 de 2018 (Ley de Cambio Climático).

Un sector que ha tenido una relación estrecha con la agricultura es el sector transporte, el cual ha sido vulnerable al cambio climático debido a que las vías del país no cuentan con la resistencia a los eventos climáticos extremos que se pueden llegar a presentar. En consecuencia, el [Ministerio de Transporte, \(2014\)](#) con el apoyo técnico de E3 Ecología, Economía y Ética, y GSD PLUS S.A.S, desarrolló el Plan Vías-CC: vías compatibles con el clima, en el que se presentan los impactos de la variabilidad climática en las vías principales del país del año 2010-2011 así como las proyecciones de la temperatura hasta el año 2100 relacionadas con las posibles afectaciones a la infraestructura vial primaria; también muestra los retos y oportunidades del sector vial y la estrategia de adaptación, la cual se enfoca en 5 ejes entre los que se encuentra las vías adaptadas con innovación y la actualización normativa del sector; esta estrategia busca ser implementada en su totalidad para el año 2040. En el Plan se resalta que involucra la gestión del riesgo contemplando al cambio climático como amenaza, asimismo, busca implementar este análisis de riesgo del cambio climático en el Programa Vial de Cuarta Generación de Concesiones (4G).

Finalmente, respecto al comportamiento del sector agropecuario, de acuerdo con el análisis realizado por [Martínez et al. \(2022\)](#), este sector tiene una participación del 6.3% en el PIB entre los años 2005-2020 y presenta unas tasas de crecimiento positivas, por lo que se establece que el sector es estable a través del tiempo. Además, en el análisis con respecto a la balanza comercial, se determina que la balanza comercial agropecuaria es superavitaria lo que se traduce en que hay mayores exportaciones del sector que importaciones, lo que se explica debido a que los bienes importados para la agricultura son menos costosos que la economía en conjunto y representan un 13% de las importaciones totales. Debido a eso, se realizó el modelo con el fin de obtener las relaciones de impacto de las variables independientes sobre las dependientes. La fórmula obtenida del modelo se presenta a continuación:

$$\text{LogPIB} = 11.297 + 0.277 * \text{LogPIBAGRI} - 0.297 * \text{LogTFP} + 0.348 * \text{LogINI} + 0.95$$

Se evidencia que entre el PIB total (variable dependiente) y la producción agrícola hay una relación inversa, es decir, si aumenta en 1% el PIB la producción agrícola disminuirá en 0.297% sin embargo, entre la variable dependiente y las variables del PIB agropecuario y del gasto en investigación y desarrollo se evidencia una relación directa.

```
Call:
lm(formula = LPIB ~ LPIBAGRI + LTFP + LIDI, data = M1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.031845 -0.005992  0.004179  0.010779  0.023687

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 11.29678    0.51413   21.973 4.64e-11 ***
LPIBAGRI     0.27779    0.06145    4.521 0.000701 ***
LTFP        -0.29695    0.21320   -1.393 0.188949
LIDI         0.34771    0.08127    4.278 0.001072 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01855 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9502,    Adjusted R-squared:  0.9377
F-statistic: 76.31 on 3 and 12 DF,  p-value: 4.38e-08
```

Figura 1. Impacto sobre el PIB total. Fuente: Cálculos con base en el Banco de la República, Banco Mundial y del Departamento de Agricultura de EE.

El modelo de acuerdo con la [figura 1](#) presenta una probabilidad de explicar los ingresos del país en un 81.10%, por lo cual es un modelo significativo. Igualmente, bajo la prueba estadística t de Student, el modelo es significativo al 80% de confianza. También, se determinó que la variable de *IDI* es relevante al 99.99%.

CONCLUSIONES

Para el sector agrícola es fundamental la adaptación al cambio climático a través de estrategias provenientes de la investigación, el desarrollo y la innovación, sin embargo, se debe buscar la forma en la que los pequeños y medianos agricultores pueden tener acceso a estas estrategias, puesto que muchos de ellos no cuentan con la capacidad financiera, tecnológica y de conocimientos técnicos para poder implementarlas.

De la misma forma, se debe incrementar el gasto en la investigación y el desarrollo enfocado en el sector agrícola para aumentar la accesibilidad a la información climatológica con el fin de minimizar las pérdidas de los cultivos provenientes del aumento de la temperatura y de la precipitación en las diferentes regiones del país. También, se deben promover los espacios de alfabetización digital para que los agricultores logren adquirir los conocimientos y capacidades necesarias para manejar las herramientas tecnológicas que ya se tienen y que se utilizan para la adaptación al cambio climático.

Con respecto a las políticas públicas, estas deben definirse con una visión prospectiva que permita la disminución de la vulnerabilidad de los agricultores frente a los impactos del cambio climático, es de suma importancia tener una planeación estratégica para la formulación de estas políticas en donde se contemple además de las proyecciones de los efectos, las necesidades sociales, los conflictos internos, las desigualdades socioeconómicas y los valores culturales de cada zona del país.

Finalmente, la agricultura es un sector fundamental para el desarrollo económico, social y ambiental del país, es por ello que si bien cuenta con desafíos para la

adaptación al cambio climático también tiene oportunidades que permiten un incremento de sus utilidades y una ampliación de su mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, Miguel A y Nicholls, C. (2011). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *Revista de Agroecología LEISA*, 24(4), 5-8. <https://archive.foodfirst.org/wp-content/uploads/2016/01/leisa-cambioclimatico.pdf>.
- CMNUCC. (2013). United Nations Climate Change Portal. *Choice Reviews Online*, 50(07), 50-3868-50-3868. <https://doi.org/10.5860/choice.50-3868>.
- FONADE, F. financiero de proyectos de desarrollo, & IDEAM, I. de hidrología meteorología y estudios ambientales. (2013). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sector. *Cambios Climáticos*, 0-49. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>.
- IDEAM, Fundación Natura, PNUD, MADS, DNP, C. (2022). INFORME DEL INVENTARIO NACIONAL DE GASES EFECTO INVERNADERO 1990-2018 Y CARBONO NEGRO 2010-2018 DE COLOMBIA. *Tercer Informe Bienal de Actualización de Cambio Climático*, BUR 3. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/AnnexBUR3COLOMBIA.pdf>.
- IDEAM Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales. (n.d.). *Escenarios de Cambio Climático*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/escenarios-cambio-climatico>.
- IDEAM, PNUD, MADS, DN, & CANCELLERÍA. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para los Tomadores de Decisión- Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. In *Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022964/documento_nacional_departamental.pdf.
- Lau, C., Jarvis, A., & Ramirez, J. (2011). Agricultura Colombiana: Adaptación al Cambio Climático. *CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 1, 4. http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/02/politica%7B_%7Dsintesis1%7B_%7Dcolombia%7B_%7Dcambio%7B_%7Dclimatico.pdf.
- Martínez, A. M., Tordecilla, L., Rodríguez, M., & Grandett, L. M. (2022). ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DEL SECTOR AGROPECUARIO COLOMBIANO: PERÍODO 2005- 2020. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 9(1), 42-51. <http://www.scielo.org.bo/pdf/riarn/v9n1/2409-1618-riarn-9-01-38.pdf>.
- Resolución Número 000355 De 2021, 4 (2021). <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCIÓNNO.000355DE2021.pdf>.
- Decreto No.298 De 2016, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 17 (2016). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/1.-Decreto-298-de-2016.pdf>
- Ministerio de Transporte. (2014). *PLAN VÍAS-CC: vías compatibles con el clima*. 78. https://www.ani.gov.co/sites/default/files/u789/plan_vias_cc_vias_compatibles_con_el_clima.pdf.
- Ojeda, A. (2022). Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 9-18. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>.
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción agrícola. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34-38. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.04>.
- Trujillo, A. (2018). La Fauna Silvestre como Componente de Variación en Escenarios de Cambio Climático. *Ecología y Cambio Climático En Ecosistemas de Alta Montaña En Colombia*. <https://www.academia.edu/download/58689721/ecologia-cambio-climatico-ecosistemas-alta-montana-colombia3.pdf#page=12>.
- Valbuena, D., Cely-Santos, M., & Obregón, D. (2021). Agrochemical pesticide production, trade, and hazard: Narrowing the information gap in Colombia. *Journal of Environmental Management*, 286(March). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112141>.
- Vargas, M. (2021). Adaptación al cambio climático: definición, sujetos y disputas. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 28, 30. <https://doi.org/1390-6631>.