



Capítulo VIII



EL Cacao y el cambio climático: una visión de la distribución potencial en los años 2050 y 2070

Carlos Mauricio Trujillo Torres²⁰

²⁰ Biólogo, M.Sc. (t). Docente tiempo completo, Corporación Unificada Nacional de Educación Superior CUN, Carlos_trujillo@cun.edu.co

La Educación Superior como Escenario de Reconciliación Territorial desde la Agroforestería Climáticamente Inteligente

Una Estrategia para el Desarrollo Rural y el Fortalecimiento
de una Cultura de Paz en los Municipios de Tumaco y Ricaurte
del Departamento de Nariño



Resumen

La distribución de cada especie es el resultado de su interacción con el ambiente; cualquier modificación ambiental puede desencadenar cambios en su distribución. Poder determinar la distribución de un organismo es un proceso complejo que involucra el conocimiento profundo de cada especie y la interacción con el ambiente. Sin embargo, actualmente se ha desarrollado una serie de herramientas informáticas que permiten realizar modelos probabilísticos de distribución mediante el uso de algoritmos y modelos matemáticos que relacionan las variables ambientales con registros de presencia y/o ausencia de la especie. El cacao, *Theobroma cacao* es una especie de interés agrícola con alto valor comercial en Colombia; los diferentes planes de gobierno, particularmente el del departamento de Nariño, realiza inversiones con el fin de mejorar la producción y comercialización del cacao. Por lo tanto, es necesario identificar el área probable de la presencia de la especie y el impacto de factores ambientales como el cambio climático, para generar estrategias que ayuden a mitigar su efecto.

El presente estudio generó, mediante el programa MAXENT, modelos de distribución probabilística utilizando el programa de la especie en dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y RCP 8.5) para los años 2050 y 2070. Los resultados indican que existe un descenso del área probable de distribución entre los años 2050 y 2070 bajo el escenario de forzamiento radiactivo medio; sin embargo, en este escenario se presenta la mayor cantidad de área potencial de presencia de la especie 248.085 Km² en 2050 y 214.949 Km² en 2070. Para el caso de Nariño, en el escenario de radiación media (RCP 4.5) de 2070, se encuentra el valor más alto de área con potencial ocupación con un total de 11.335 Km², el 31,7 % del territorio departamental; esto permite evidenciar que el cacao puede establecerse como una alternativa para el desarrollo económico de la región pacífico del departamento.

Introducción

Cacao en Colombia y Nariño

El cacao *Theobroma* es una especie de uso agrícola con alto valor comercial; en Colombia es un cultivo con valores de producción elevado; se calcula que en 2017, existían 97.118 ha de cacao sembradas en todo el territorio colombiano, destacándose los departamentos de Antioquia (12.963 ha; 13 %), Tolima (8.685 ha; 9 %), Huila (7.551 ha; 8 %), Santander (7.121 ha; 7 %) y Cesar (6.662 ha; 7 %). Por su parte, el departamento de Nariño ocupó el octavo lugar en Colombia, con 5.056 ha, correspondientes al 5 % del total de hectáreas sembradas. En el año 2017 se reportó un total de 83.055 ha cosechadas y Antioquia (10.473 ha; 13 %), Santander (7.825 ha; 9 %), Tolima (7.244 ha; 9 %), Huila (6.711 ha; 8 %) y Cesar (6.220 ha; 7 %) representaron el 46 % del total de hectáreas cosechadas en Colombia. Nariño ocupó el noveno lugar a nivel nacional en cuanto a cosecha, y en 2017 se reportó un total de 4.400 ha, que representan 5 % del total nacional. La producción promedio de cacao en Colombia es de 42.500 toneladas (t) anuales, y pasó de un total de 27.669 t en 2007 a un total de 55.126 t en 2017, lo que representa un crecimiento de casi el 100 % de la producción nacional; actualmente, 28.157 t, que representan el 50 % del total nacional, es producido por los departamentos de Antioquia, Santander, Tolima, Huila y Norte de Santander; Nariño representa tan solo el 3 % de la productividad nacional con 1.803 t.

A pesar de la representación de tan solo el 3 % de la producción nacional, es importante reconocer que el crecimiento de la producción de cacao en el departamento desde 2007 a 2017 es de más del 700 %, reportándose 219 t en 2007 y 1.803 t en 2017 (Figura 44). Este crecimiento responde a la necesidad de encontrar cultivos alternativos a los ilícitos y a la generación de políticas nacionales y regionales que impulsan y priorizan el desarrollo de proyectos productivos alrededor del cacao; así, en los últimos tres planes de desarrollo departamental, *Adelante Nariño* (2008-2011), *Nariño Mejor* (2012-2015) y *Nariño Corazón del Mundo* (2016-2019), aparece el cacao

como producto o cadena productiva priorizada, en especial para la zona pácífica del departamento.

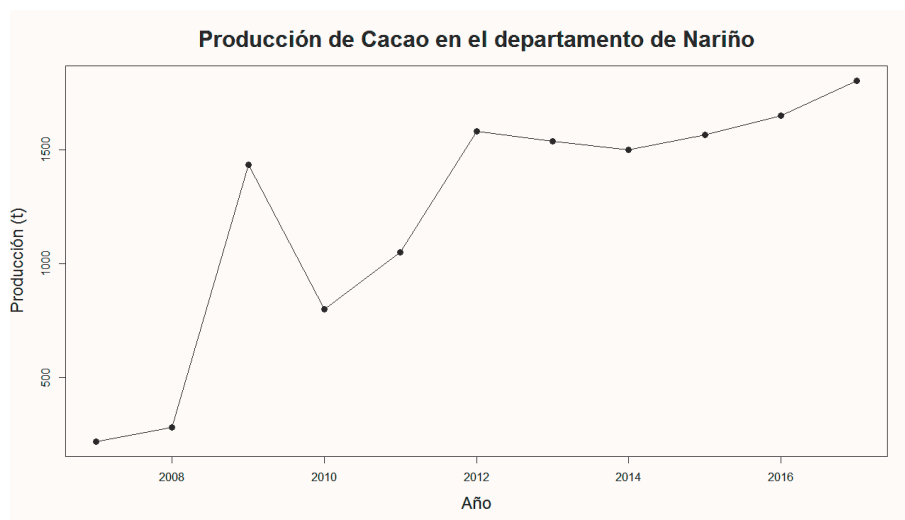


Figura 44. Producción de cacao (t) en el departamento de Nariño para el periodo de 2007 a 2017.

En 2017 en el departamento de Nariño, la producción de cacao se centró en su mayoría en los municipios de Policarpa (310 t; 17 %), El Rosario (269 t; 15 %), Roberto Payán (248 t; 14 %), el Charco (173 t; 10 %) y Barbacoas (163 t; 9 %); se reportó que para el mismo año, solo el 7 % del total de producción fue exportado hacia Bélgica y los Países Bajos, y para finales de 2017 e inicios de 2018 fue necesaria la importación de aproximadamente 37 t provenientes de Perú y Ecuador, lo cual sugiere que el consumo local supera la producción, y que la cadena de exportación de cacao es deficiente.

La distribución de las especies y el efecto del cambio climático

El área de distribución de una especie es definida como la sección del espacio geográfico donde ocurre una especie e interactúa con el ecosistema, de manera no efímera (Zunino y Palestrini 1991). Se ha definido que la distribución de las especies

está compuesta por el espacio geográfico (i.e., espacio en donde está presente una especie) y el espacio ambiental (i.e., conjunto de condiciones ambientales en donde una especie puede sobrevivir). Es importante identificar el espacio geográfico que ocupa una especie, porque permite tener una visión general de sus características ecológicas, biológicas y evolutivas (Maciel-Mata, Manríquez-Morán, Octavio-Aguilar y Sánchez-Rojas, 2015; Connallon y Sgrò 2018; Pulliam 2002); y a su vez, posibilita identificar áreas de conservación, evaluar cambios ambientales que afectarán a las especies e identificar áreas con potencial uso agrícola. Sin embargo, el área de distribución de una especie es dinámica y se puede ampliar, reducir y desplazar, lo cual hace que su identificación sea una labor compleja (Maciel-Mata et al., 2015; Peterson, 2001; Pounds, Fogden y Campbell, 1999).

La dinámica de la distribución de las especies está determinada por el cambio de las condiciones bióticas (i.e., todos los organismos vivos y sus interacciones; plantas, animales, hongos, etc.) y abióticas (i.e., todo lo referente a lo no vivo y sus interacciones; orografía, clima, latitud, altitud, etc.); en particular, por los factores biológicos, ecológicos y biogeográficos (Zunino y Zullini, 2003). Uno de los factores importantes que determinan la distribución de las especies está relacionado con las condiciones climáticas de determinado espacio geográfico; la temperatura y la humedad influyen de manera directa en el desempeño fisiológico, reproductivo, comportamental y, por ende, en la presencia o ausencia de una especie en determinado espacio geográfico (Peterson, 2001; Phillips, Dudík y Schapire, 2004; Soberon y Peterson, 2005; Zunino y Palestrini 1991). Las condiciones climáticas, a su vez, están relacionadas con la interacción de factores como el forzamiento radiativo (i.e., la cantidad de radiación solar que ingresa y sale de la tierra), la altitud, latitud, distancia a los océanos y sus corrientes y a la presencia de cuerpos de agua (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014; Brenes y Saborío, 2005; Barros, 2006).

En los últimos años existe un constante cambio en las condiciones climáticas. Castaño y el Instituto de Hidrología,

Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2002) sostienen que para el territorio nacional hay un aumento aproximado de 0.71 °C desde 1960 a 2010, reportándose temperaturas promedio de 22.36 °C en la década de 2000 a 2010. En cuanto a la lluvia, se ha dado un incremento de 24.1 mm entre 1960 y 2010, evidenciándose un incremento total de 178.5 mm en la década de 2000 a 2010. Este aumento de la temperatura y de la cantidad de lluvia está acompañado de eventos meteorológicos extremos (*i.g.*, tormentas, ciclones, huracanes, sequías, entre otros.), aumento del nivel del mar, pérdida de glaciares y acidificación de los océanos (Frich et al., 2002; Trenberth, 2011; IPCC, 2014). Estos cambios son atribuidos a procesos internos naturales y cambios antropogénicos, particularmente al incremento de la población, los procesos de industrialización y el uso de energías renovables en periodos de tiempo prolongados, lo que ha generado un incremento de emisión de GEI (*i.e.*, gases tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación), provocando cambios acelerados de las condiciones climáticas (IPCC, 2014) y por ende un cambio en la distribución de las especies.

Con el fin de poder obtener información de los cambios en el clima futuro, existen escenarios de probabilidad de las condiciones existentes. En este sentido, diversas fuentes han utilizado algoritmos matemáticos para simular procesos climáticos naturales y de esa manera estimar flujos de energía entre las diferentes capas de la tierra. Uno de los aspectos utilizados para la generación de escenarios de clima futuro es el de las emisiones de GEI, relacionados con el forzamiento radiativo y que han permitido generar proyecciones del clima futuro. Desde el año 2007 se ha trabajado con escenarios denominados vías representativas de concentración o RCP, que involucran la cantidad de emisión de gases, uso de suelos y concentraciones de ozono y aerosoles (Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM, 2008; IPCC, 2014; Moss et al., 2010). El IPCC tiene como referencia, cuatro RCP, los cuales consideran el forzamiento radiativo probable para el año 2100. Dentro de los cuatro escenarios se incluye uno de mitigación, con forzamiento muy bajo (RCP 2.6),

dos con forzamiento radiativo medio (RCP 4.5 y RCP 6.5) y uno con alto forzamiento radiativo (RCP 8.5).

Distribución actual y futura del cacao

Como se mencionó previamente, establecer la distribución de las especies es una tarea compleja y requiere de información extensa y precisa. Sin embargo, la aparición de sistemas de información geográfica y avances en la informática han permitido desarrollar herramientas que hacen posible identificar la distribución de las especies. Una de las herramientas utilizadas es el modelamiento de la distribución potencial de las especies; estos modelos están basados en fundamentos o algoritmos matemáticos que permiten, mediante la información de presencia y/o ausencia de las especies, y condiciones bióticas o abióticas del espacio geográfico, generar bajo un modelo prode, la probabilidad de la distribución de las especies (Arreola, 2013, citado por Guadarrama, 2017). Estudios previos con modelos de distribución de especies han sido desarrollados bajo escenarios con diferentes condiciones climáticas; específicamente, se ha utilizado escenarios de diferente forzamiento radiativo para los años de 2050 y 2070, estudios que han permitido evaluar el impacto del clima en la distribución de las especies y de esta manera generar información básica para la mitigación de los efectos de cambio climático en el planeta.

Teniendo en cuenta que el Plan de desarrollo departamental de Nariño para el periodo 2016-2019 *“Nariño corazón del mundo”* ha planteado políticas claras para el fortalecimiento de la cadena productiva del cacao y en los acuerdos subregionales este producto está priorizado, los principales proyectos del plan de desarrollo están enmarcados en mejorar la productividad, aumentar y mejorar las hectáreas sembradas e implementar tecnologías para la producción agroindustrial, optimizando los sistemas de riego y drenaje. Sin embargo, existen factores ambientales que resulta relevante evaluar, para tener en cuenta en las políticas y planes de priorización de las cadenas productivas del departamento. Especialmente, es importante evaluar los efectos del cambio climático global en la distribución espacial del cacao en el

departamento de Nariño; por lo tanto, el presente estudio evaluó el área actual de distribución del cacao y el cambio de ésta bajo dos de los cuatro escenarios bioclimáticos (RCP 4.5 y RCP 8.5) para los años 2050 y 2070.

Metodología

Con el fin de evaluar la distribución del cacao en Nariño, se realizó una búsqueda de información de presencia de la especie *T. cacao* en la base de datos ‘Global Biodiversity Information Facility’ (GBIF), la cual contiene información sobre biodiversidad; particularmente, reportes geo referenciados de la presencia de diferentes especies. Adicionalmente, se hizo una descarga de los escenarios climáticos RCP 4.5 y RCP 8.5 de los años 2050 y 2070 de la página *Worldclim* con una resolución de 30s. Posteriormente, se elaboró un modelamiento de la distribución probable del cacao, utilizando el algoritmo MAXENT; se obtuvo un total de diez réplicas o modelos, con 10.000 puntos y salida log-log; se elaboró, adicionalmente, gráficas de *Jackknife* para medir la importancia de las variables con 75 % de datos de entrenamiento y 25 % de prueba para evaluar los modelos. El modelo relacionó los registros de presencia de las especies con 19 variables bioclimáticas (Tabla 12). Estos modelos fueron evaluados con el valor del área bajo la curva, la cual es una representación gráfica que relaciona la proporción de observaciones de presencia predichas adecuadamente y la proporción de observaciones de ausencias predichas incorrectamente para todos los umbrales (Pearson, 2010). Finalmente, se calculó el cambio del área de distribución potencial del cacao para Colombia y el departamento de Nariño para los años 2050 y 2070, bajo los dos escenarios climáticos.

Tabla 12. *Variables bioclimáticas propuestas por Hijmans, Cameron, Parra, Jones y Jarvis (2005)*

Convención	Tipo de variable	Unidades
Bio_1	Temperatura promedio anual	°C * 10
Bio_2	Rango medio diurno	°C * 10

Convención	Tipo de variable	Unidades
Bio_3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) *100	
Bio_4	Estacionalidad en temperatura (desviación estándar * 100)	
Bio_5	Temperatura máxima del periodo más caliente	°C * 10
Bio_6	Temperatura mínima del periodo más frío	°C * 10
Bio_7	Rango anual de temperatura (BIO5–BIO6)	°C * 10
Bio_8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso	°C * 10
Bio_9	Temperatura promedio en el trimestre más seco	°C * 10
Bio_10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso	°C * 10
Bio_11	Temperatura promedio en el trimestre más frío	°C * 10
Bio_12	Precipitación anual	Mm
Bio_13	Precipitación en el periodo más lluvioso	Mm
Bio_14	Precipitación en el periodo más seco	Mm
Bio_15	Estacionalidad de la precipitación (coef. de variación)	
Bio_16	Precipitación en el trimestre más lluvioso	Mm
Bio_17	Precipitación en el trimestre más seco	Mm
Bio_18	Precipitación en el trimestre más caluroso	Mm
Bio_19	Precipitación en el trimestre más frío	Mm

Las figuras de desplazamiento de forzamiento radioactivo en Colombia 2050-2070 y Modelos probabilísticos de la distribución de T. cacao corresponden a datos producidos en este estudio utilizando el programa MAXENT y ArcGis 10.3.1 con mapa base de la capa Veredas de Colombia tomada de Community Maps_EsriColombia 2016 Copyright Text: OCHA Colombia, DANE, Esri Colombia, Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas-UARIV, Defensoría del Pueblo, Departamento para la prosperidad Social, Consejería DDHH Presidencia de la República, Unidad

Resultados

Los modelos de distribución potencial para la especie *T. cacao* realizados para Colombia y Ecuador muestran que el escenario que influye negativamente en el área de distribución es el RCP 8.5 del año 2050, escenario en el cual solo se reporta 154.728 Km² que corresponden al 9 % del total de territorio de los dos países; los restantes tres escenarios muestran entre el 13 % y el 15 % teniendo como principal zona de distribución, las zonas de la costa y piedemonte pacífico de los dos países (Tabla 13).

Tabla 13. *Área con condiciones climáticas favorables para la presencia de T. cacao en Colombia y Ecuador bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5 para los años 2050 y 2070*

Escenario/año	Presencia Km ²	Porcentaje	Ausencia Km ²	Porcentaje
RCP 4.5/2050	248.085	15,2 %	1.386.365	84,8 %
RCP 8.5/2050	154.728	9,5 %	1.479.722	90,5 %
RCP 4.5/2070	220.768	13,5 %	1.413.682	86,5 %
RCP 8.5/2070	214.949	13,2 %	1.419.501	86,8 %

Al hacer una comparación directa entre los escenarios RCP 4.5 de los años 2050 y 2070, se evidencia un descenso en el área de distribución potencial de la especie, lo que podría indicar que este escenario de forzamiento radiactivo medio tiene efectos negativos y, aunque la diferencia podría no ser significativa, existe un descenso de aproximadamente 27.317 Km² que representa un descenso de 1,7 en el porcentaje del territorio total. Al evaluar los escenarios con mayor cantidad de forzamiento radiactivo RCP 8.5 se evidenció que existe un aumento del territorio con probabilidad de presencia de la especie, aumentando aproximadamente 60.000 Km² un 3,7 % de aumento del área (Tabla 13). A pesar de que existe una expansión del territorio con probabilidad de ser ocupado, el área se desplaza hacia latitudes superiores, reduciendo el área en

el Ecuador y aumentando la probabilidad de presencia hacia la costa pacífica de Colombia (Figura 45).

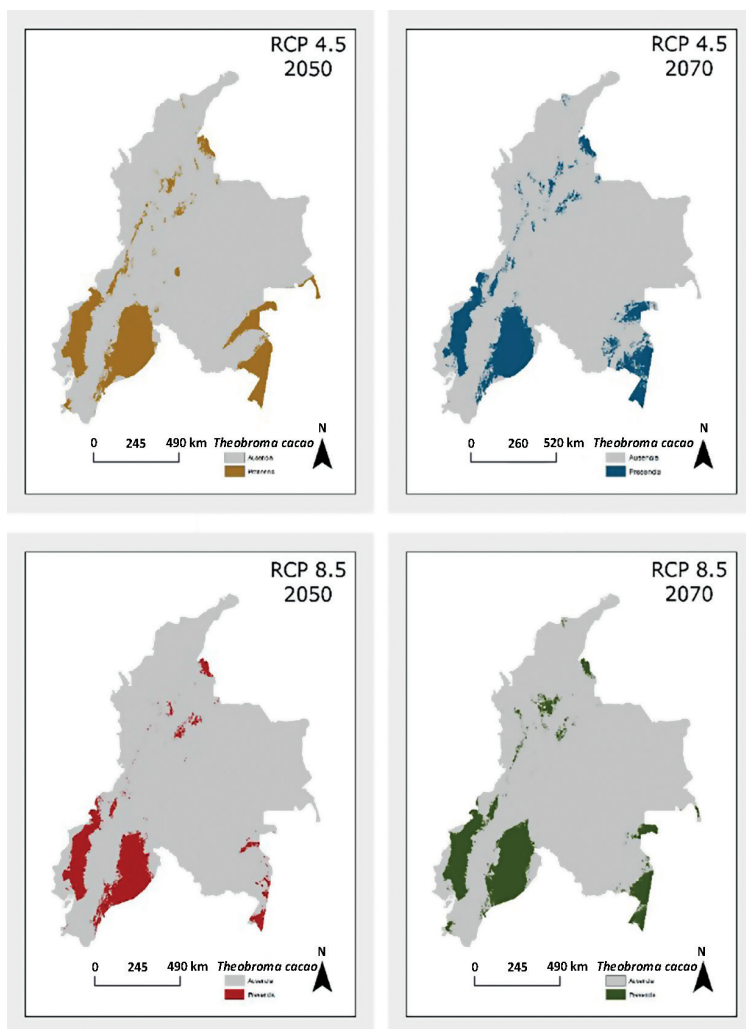


Figura 45. Desplazamiento de forzamiento radioactivo en Colombia 2050-2070.

Fuente: Elaboración propia (Carlos Mauricio Trujillo Torres).

Al evaluar la distribución de *T. cacao* para el departamento de Nariño bajo los escenarios de cambio climático, se pudo

observar que el escenario con menor probabilidad de presencia de la especie es el RCP 4.5 del año 2050, en el que el 18,1 % del territorio (6.476 Km²) tiene potencial climático para la siembra de *T. cacao*. No obstante, bajo este mismo escenario, para el año 2070, el incremento del área con potencial distribución de la especie es de 4.859 Km² llegando al 31,7 % del total del territorio; esto hace que bajo este escenario, se presente la mayor cantidad de área con condiciones climáticas adecuadas para la presencia de la especie. En el caso del escenario RCP 8.5, en el año 2050 y 2070 se observa una estabilidad en cuanto al área con potencial uso de siembra de la especie, teniendo para 2050 un total de 9.593 Km² que corresponden al 26,9 % del total del territorio y para el año 2070 un total de 9200 Km² que corresponden al 25,8 % del total del territorio (Tabla 14).

Tabla 14. Área con condiciones climáticas favorables para la presencia de *T. cacao* en el departamento de Nariño bajo los escenarios RCP 4.5 y 8.5 para los años 2050 y 2070

Escenario/año	Presencia Km ²	Porcentaje	Ausencia Km ²	Porcentaje
RCP 4.5/2050	6.476	18,1 %	29.227	81,9 %
RCP 8.5/2050	9.593	26,9 %	26.11	73,1 %
RCP 4.5/2070	11.335	31,7 %	24.368	68,3 %
RCP 8.5/2070	9.200	25,8 %	26.503	74,2 %

Para el departamento de Nariño se puede identificar tres zonas con potencial presencia del cultivo; para la zona de la costa pacífica se encuentra el mayor potencial de presencia de la especie en los municipios de Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, con una probabilidad de presencia hacia la zona amazónica del municipio de Ipiales y en la zona de cordillera en los municipios de Leiva, Los Andes, El Rosario, Policarpa, la Llanada (Figura 46). Estos modelos probabilísticos de la distribución de *T. cacao* demuestran que es una especie con alto potencial en el departamento, que las condiciones climáticas son adecuadas para su presencia y que bajo estos escenarios de cambio climático, el porcentaje del

área del departamento con potencial uso para el cultivo de la especie es alto, no siendo inferior al 18 % del total del territorio y alcanzando casi un tercio del mismo.

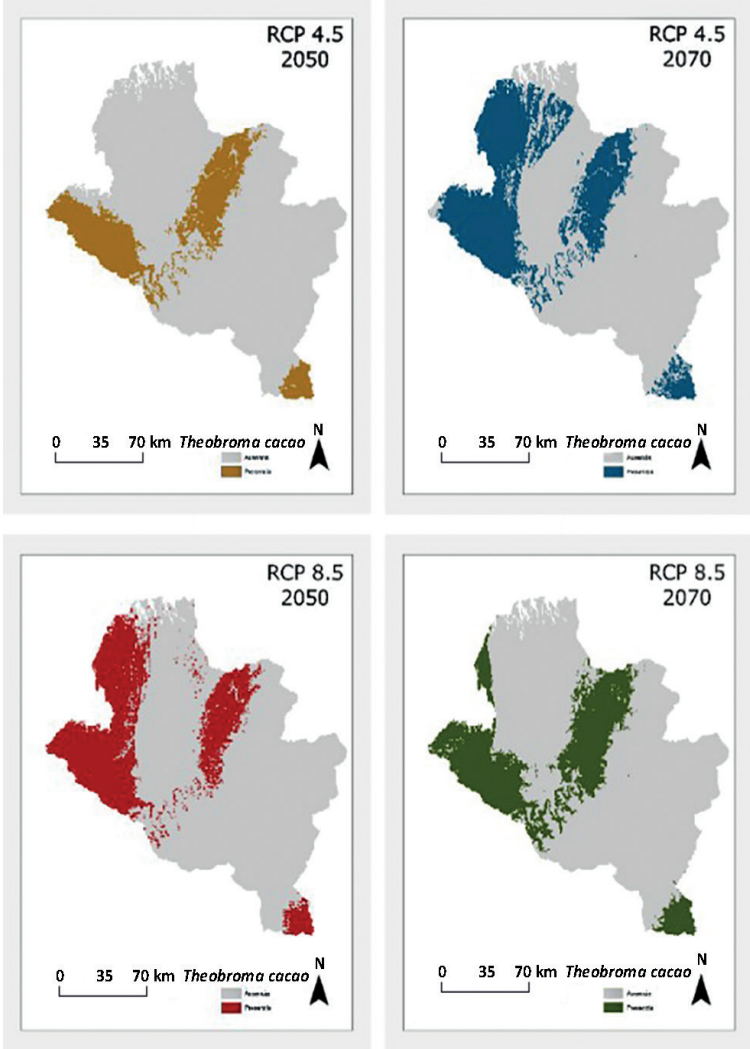


Figura 46. Modelos probabilísticos de la distribución de T. cacao.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Los modelos de distribución potencial de especies son una herramienta que contribuye a realizar planes para mitigar los efectos del cambio climático y que pueden ayudar a seleccionar cultivos con resistencia a modificaciones ambientales drásticas. Este estudio muestra que al tener en cuenta solo las variables climáticas, el área de distribución potencial del cacao podría no verse reducida significativamente; sin embargo, como ya se mencionó, las variables bioclimáticas no son las únicas que se debe evaluar para determinar el área potencial de distribución.

Tanto Ecuador como Colombia deben establecer planes de investigación sobre efectos del cambio climático sobre sus productos agrícolas, especialmente el cacao. Ecuador tiene como base económica este producto en algunas de sus regiones, y como se demostró, Colombia viene aumentando la producción del mismo; por lo tanto, las inversiones por parte de los gobiernos de turno deben tener como insumo, estudios para justificar dicha inversión, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de los cultivos ante el cambio climático (Lau, Jarvis y Ramírez, 2011).

Este estudio da indicios de los posibles efectos del cambio climático; aun así, quedan muchas preguntas por resolver en cuanto a la resistencia a variaciones extremas y excesivas del clima, la productividad del cacao con condiciones extremas, el efecto de variables adicionales a las climáticas en la distribución y producción del cacao.

Evaluar experimentalmente y simular condiciones de temperaturas extremas para determinar aspectos fisiológicos del cacao podría aportar datos sobre la resistencia y producción del cacao ante estas condiciones.

Referencias

- Barros, V. (2006). *El cambio climático global*. Buenos Aires, Argentina: Libros del Zorzal.
- Brenes, A. y Saborío, V. (1995). *Elementos de climatología: su aplicación didáctica a Costa Rica*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Castaño, C. e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2002). Páramos y ecosistemas Alto Andinos de Colombia en condición HotSpot y Global Climatic Tensor. Bogotá, D.C.: IDEAM.
- Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM. (2008). Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Recuperado de <http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Ecosistemas/54.pdf>
- Connallon, T. & Sgrò, C. (2018). In Search of a General Theory of Species' Range Evolution. *PLOS Biology*, 16(6).
- Frich, P., Alexander, L., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein, A., y Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, 19(3), 193-212. Doi: 10.3354/cr019193
- Guadarrama, C. (2017). Identificación de brotes de descortezadores en el "Área de protección de flora y fauna del nevado de Toluca" (Trabajo de Grado). Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67862/Identificacion%20de%20brotes%20de%20descortezadores%20en%20APFFNT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces of global land areas. *International Journal of Climatology* 25, 1965-1978.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for policymakers. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf
- Lau, C., Jarvis, A. y Ramírez, J. (2011). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático. CIAT, Políticas en Síntesis No. 1. *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia*.
- Maciel-Mata, C., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P. y Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 25(2), 3-19. Doi: 15.15174/au.2015.690
- Moss, R., Edmonds, J., Hibbard, K., Manning, M., Rose, S., Van Vuuren, D. ..., Wilbanks, T. (2010). *The next generation of scenarios for climate change research and assessment*. *Nature*, 11(463), 747-756.
- Pearson, R. (2010). Species' Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Recuperado de https://www.amnh.org › LinC3_SpeciesDistModeling
- Peterson, T. (2001). Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor*, 103(3), 599-605.
- Phillips, S., Dudík, M. & Schapire, R. (2004). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings on the Twenty-First International Conference on Machine Learning*, 655-662.
- Pounds, J., Fogden, M. & and Campbell, J. (1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature*, 398, 611-615.
- Pulliam, H. (2002). On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters* 3(4), 349-361. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00143.x>

- Soberon, J. & Peterson, T. (2005). Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.
- Trenberth, K. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47, 123-138.
- Zunino, M y Zullini, A. (2003). Biogeografía: *La dimensión espacial de la evolución*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Zunino, C. y Palestrini, C. (1991). El concepto de especie y la biogeografía. *Anales de Biología*, 17, 85-88.