

Bosque y selvas: los maestros de las lluvias

Forest and jungles: the masters of rain

Alan García-Lira^{13, 14}
José Bernardino Castillo-Caamal¹⁵
Jorge Santos-Flores¹⁷
Jesús Francisco Escalante-Euan¹⁵
Jorge Carlos Milán-Carrillo¹⁵

Resumen

Se presentan inicialmente algunas de las creencias de las poblaciones y civilizaciones de la antigüedad sobre que o quienes tenían el poder sobre el fenómeno de la lluvia y en su momento como creían se les propiciaba. El avance de las formas de pensar llevaron al renacimiento y hasta la sociedad actual pasando por el método científico, la razón y el uso de modelos principalmente matemáticos, los diversos resultados apuntan a la importancia de los árboles que forman selvas densas y bosques que ayudan a crear sistemas biológicos que en conjunto con los vientos trabajan para dar las condiciones previas a la lluvia. Así periódicamente las lluvias influidas por nuestros bosques nos proveen el líquido indispensable, el agua.

13 Cuerpo académico de Competitividad e Innovación Tecnológica. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán

14 Autor para correspondencia: glira595@gmail.com

15 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.



Palabras Clave: Lluvia, formación, bosques, selvas.

Abstract.

Initially, some of the beliefs of ancient populations and civilizations about who or what had power over the phenomenon of rain and how they believed it was induced are presented. The advancement of ways of thinking led to the Renaissance and up to modern society, passing through the scientific method, reason, and the use of mainly mathematical models. The various results point to the importance of trees that form dense jungles and forests, as they help create biological systems that, together with the winds, work to provide the conditions necessary for rain. Thus, periodically, the rains influenced by our forests provide us with the indispensable liquid, water.

Keywords: rain, generation, rainforest, jungle.

Introducción

La humanidad desde el período agrícola reconoció la importancia de los cuerpos de agua y de las lluvias para su alimentación y su subsistencia, igualmente ha tenido varias creencias la causa de las lluvias, al paso del tiempo y con variaciones entre grupos y las civilizaciones.

Antes de la era cristiana, diversas culturas del mundo tenían creencias y mitologías que explicaban la formación de la lluvia. Estas creencias estaban profundamente arraigadas en su comprensión del mundo natural y en la relación con sus deidades.

El interés por el tema surgió de la investigación realizada el Gobierno del Estado de Yucatán a través de la paraestatal “Fábrica de Postes de Yucatán” al formular el proyecto de apoyo en el diseño y pruebas de una estufa ecológica o ahorradora de leña para reducir el impacto de usar la leña como combustible para mejorar la salud de la población rural, entre la información sobre sustentabilidad resaltó la relación directa de la cubierta vegetal con obtener ciclos de lluvias y se hallaron indicios de que tener árboles en abundancia y la compañía de variada vegetación se asocia con profusión de las lluvias. Se tuvo a bien acopiar más información enfocada a la generación de las lluvias,

que en este año se consolida al describir una ruta de la formación del conocimiento sobre cambios en atmósfera y clima, en particular para la precipitación pluvial, durante el periodo histórico de la humanidad.

También se comentan las observaciones recientes que otorgan otro nivel de protagonismo a los árboles, bosques y selvas en la variación de los niveles de lluvias en la región donde se encuentran.

Algunas creencias sobre la creación de la lluvia en la antigüedad.

Culturas mesoamericanas: en las civilizaciones prehispánicas de Mesoamérica, como los aztecas y mayas, la lluvia era considerada un regalo de los dioses. Por ejemplo, Tlaloc, el dios mexica de la lluvia, era adorado y se le ofrecían sacrificios para asegurar buenas cosechas y lluvias abundantes. Entre los mayas la lluvia era vista como un elemento vital para la agricultura y la supervivencia (1).

En el Imperio Inca en Sudamérica la lluvia era fundamental para la agricultura, y su dios principal relacionado con este fenómeno era Inti, el dios del sol. Aunque Inti se asociaba sobre todo con el sol, los incas veneraban a Pachamama, la madre tierra, responsable de la fertilidad de la tierra y de las lluvias, tenían ceremonias para invocar la lluvia y asegurar buenas cosechas, creyendo que la lluvia era un regalo divino que debía ser agradecido (2).

Creencias en la antigua India la lluvia era asociada con Indra, el dios de la lluvia y la guerra. Se le invocaba para que trajera lluvias durante la temporada de monzones, crucial para la agricultura (3).

Creencias en la antigua China donde la lluvia era considerada un fenómeno controlado por deidades. Uno de los dioses más importantes relacionados con la lluvia era Tian, el cielo, que era visto como una fuerza que podía enviar lluvias para fertilizar la tierra. Los antiguos chinos realizaban rituales y sacrificios para apaciguar a los dioses y asegurar lluvias adecuadas (4).

En diversas culturas y tribus antiguas, la lluvia se atribuía a la influencia de los bosques y selvas, considerados sagrados y vitales para la vida. Estas creencias reflejaban una profunda conexión con la naturaleza y el reconocimiento de la importancia de los ecosistemas en el ciclo del agua. Culturas indígenas de América, como los pueblos nativos de la Amazonía, creían que los bosques y selvas eran entidades vivas que



inflúan en el clima y la lluvia. Por ejemplo, se pensaba que los espíritus de la selva podían enviar lluvia a través de rituales y ofrendas. (5)

Imperio Romano. En la antigua Roma, la religión y la mitología jugaban un papel crucial en la explicación de los fenómenos naturales, incluidas las lluvias. Los romanos creían en una variedad de dioses y espíritus que controlaban diferentes aspectos de la naturaleza. Júpiter, el dios supremo, era considerado el controlador del cielo y el clima, incluyendo las lluvias. Los rituales y sacrificios eran comunes para apaciguar a estos dioses y asegurar buenas cosechas y condiciones climáticas favorables. Posteriormente irían cediendo en los cultos mencionados y con el emperador Constantino el cristianismo tomaría el lugar de religión oficial (6).

En la Edad Media de Europa, las explicaciones sobre las lluvias y otros fenómenos naturales estuvieron muy influenciadas por la religión cristiana. Se creía que las lluvias eran una manifestación de la voluntad divina. Las oraciones y las procesiones religiosas eran prácticas comunes para pedir lluvias en tiempos de sequía. Además, los santos, como San Isidro Labrador, eran invocados para interceder ante Dios y traer lluvias (7).

En las variadas culturas antiguas se puede observar que hay un enfoque en seres superiores o dioses con poder para generar las lluvias tanto en Europa como en Asia y en el continente americano, en todos ellos se consideraba pedir mediante ceremonias y ofrendas que se concediese la lluvia para contar con agua para beber, agricultura y uso para cocinar y la limpieza. Se halló que hay comunidades con otra visión e las causas que consideran que los mismos elementos de la naturaleza como la vegetación, los árboles, lagos son animados y con algunos comportamientos de tipo humano, en ocasiones sus guardianes y por tanto se les debe reconocer su poder sobre los recursos y pedir permiso de usar estos, en forma limitada, luego agradecer cuando hay abundancia o es evidente que los reponen.

Posterior a la edad media de Europa, será evidente el inicio de los cambios al estudiar más los fenómenos como la formación de lluvias, se podrá ir a un entendimiento de que elementos son importantes y como interactúan, desde una forma razonada.

El desarrollo de observación y experimentos para entender el proceso que produce las lluvias.

En los párrafos siguientes, se irán delineando el desarrollo en la humanidad de una obtención más racional del conocimiento de los fenómenos diversos relacionados con el ciclo de agua, en particular. Se relacionan los avances en la comprensión y conocimientos humanos sobre las lluvias y su formación. En épocas más cercanas se fue dando un cambio de paradigma en el estudio de la naturaleza y los métodos usados para comprenderla e interactuar con ella y hurgar en las probables causas.

En el Renacimiento y la Ilustración, hubo un cambio significativo hacia explicaciones más científicas y racionales de los fenómenos naturales. Los avances en la meteorología y la física comenzaron a ofrecer explicaciones basadas en la observación y el análisis científico René Descartes y otros filósofos y científicos de la época empezaron a estudiar la atmósfera y los procesos que conducen a la formación de las lluvias, alejándose de las explicaciones puramente religiosas o mitológicas.

La Ilustración surgió como respuesta al absolutismo y a las creencias por fe fomentadas por las religiones. Se fue ponderando el uso de la razón, la ciencia y la educación, basados en la observación y la experiencia documentada. El ir separando la iglesia del estado buscó reducir la influencia de las religiones, para dar preferencia al razonamiento con un enfoque desde el humanismo del Renacimiento y la incipiente Revolución Científica con importante soporte en la obra previa de René Descartes. La llamada Ilustración alcanzó su apogeo en el siglo XVIII, y se extendió a la primera parte del siglo XIX donde estableció un cambio de perspectiva, que marcó el inicio de una comprensión más moderna y científica, de los fenómenos naturales y entre estos del clima y sus cambios.

La ciencia y su método se establecieron con formalidad, internacionalmente sus resultados se usaron cada vez más en la validación de modelos, ingeniería, desarrollo de tecnologías y se aceleró el entendimiento y la modelación de fenómenos y su uso en la vida diaria. Se presentan algunos estudios empíricos y científicos de importancia en relacionar las lluvias y su fortaleza con elementos del entorno y en el siglo XX investigaciones sobre las causas de la formación de lluvias, en los párrafos siguientes.



1850-1900. Europa: durante este período, se realizaron estudios sobre la relación entre la deforestación y la disminución de las precipitaciones, sugiriendo que los bosques juegan un papel crucial en la formación de lluvias. 1930-1940. Estados Unidos: con investigaciones sobre la "teoría de la lluvia" que proponían que la evaporación de los cuerpos de agua y la vegetación eran factores determinantes en la formación de nubes y, por ende, de lluvias. 1950-1960. Brasil: Estudios en la cuenca del Amazonas que demostraron que la evapotranspiración de los bosques tropicales contribuye significativamente a la formación de lluvias en la región. 1970-1980. África: Investigaciones sobre el impacto de la vegetación en el clima local, mostrando que las áreas con mayor cobertura forestal experimentan más precipitaciones debido a la regulación del ciclo del agua. 1990-2000. Global: Se desarrollaron modelos climáticos que integraron la influencia de los bosques en el ciclo hidrológico, sugiriendo que la pérdida de bosques podría llevar a una disminución de las lluvias en diversas regiones del mundo (8).

Estos dos siglos y los estudios mencionados corresponden con el crecimiento de la población de humana, la revolución industrial, luego la revolución tecnológica, llegando a los inicios de la sociedad del conocimiento en los países considerados más desarrollados. En la secuencia se logra observar el mejoramiento de la comprensión y del modelado del proceso de formación de lluvias, la adición de más elementos explicativos, pasando desde el considerar la evaporación en la superficie de los cuerpos de agua (mares, ríos, lagos, presas), a una mayor injerencia de los humanos, seguido de la aparición de modelos donde se añade la formación de lluvias por la transpiración de humedad desde áreas con densidad elevada de árboles y otros crecimientos de vegetación (con el papel de la evapotranspiración que proveen).

Es válido resaltar la importancia para la humanidad y la vida en el planeta de evitar mayor desertificación, siendo importante continuar preservar la cantidad y madurez de los bosques y selvas actuales, y trabajar al futuro cercano en incrementar el área poblada por estos tipos de cubierta vegetal.

Las nuevas teorías sobre la formación de lluvias.

Se han propuesto nuevas teorías en relación con la formación de lluvias en al finalizar el siglo XX. Una de las más destacadas sugiere que *los bosques juegan un papel crucial en el control del movimiento de las precipitaciones*. Esta teoría desafía las ideas convencionales que solo vinculaban a los bosques con la generación de lluvias, y busca describir de manera más adecuada la naturaleza de esta relación y sus causas subyacentes. Se ha observado que la *deforestación a gran escala* puede ocasionar una disminución en la cantidad de precipitaciones, lo que resalta la importancia de los ecosistemas forestales en el ciclo del agua y en el clima regional (9).

Se presenta una mejor descripción a continuación. Los árboles almacenan y filtran la lluvia a través de sus hojas, su tronco y sus raíces evitando que lleguen sólidos diversos a ríos, mares y acuíferos, mantenerlos sanos garantiza la circulación del agua sobre la Tierra y facilita la filtración del agua bajo la superficie. (10)

Los bosques y selvas en conjunto realizan la llamada evapotranspiración que es la coexistencia de la transpiración de fluidos dentro de la planta al ajustar poros (estomas) de sus hojas y otras superficies y la evaporación del agua desde superficies húmedas de la planta, añade la del suelo, lodos y zonas con acumulación de agua. Respecto del agua que se recibe por lluvias llegan a devolver como vapor, a la atmósfera cerca del 70% y ahora se conoce que generan mayor humedad que otros entornos, incluyendo los océanos. Esta humedad la que, bajo unas condiciones concretas de presión atmosférica y de temperatura, intensifica la aparición de precipitaciones en la zona. (10, 11,12).

Desde otros datos aseguran desde el Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR), gran parte de la lluvia que cae sobre el planeta está vinculada con los bosques. Sin embargo, existen múltiples mecanismos y procesos involucrados que todavía se desconocen en profundidad. (10)

El proceso de la formación de nubes requiere que el vapor de agua en el aire ya saturado se condense (o congele si hay temperaturas más bajas) según la temperatura, presencia de núcleos de condensación (partículas en aerosol, motas que proveen superficies donde ocurra



la condensación), cuando hay muchos de estos núcleos disponibles la condensación llega a presentarse aún que la humedad no sea tan elevada, esto les hace muy importantes (13)

En años recientes se han logrado conocer que forma los núcleos y su procedencia en algunas regiones, aquí se relata el caso de los bosques amazónicos donde se detectaron núcleos de tipo biológico, por ejemplo, polen y esporas de hongos. Dado que se ha demostrado que estas pequeñas partículas atmosféricas tienden a aumentar su tamaño con la deposición de compuestos orgánicos volátiles (COV) parcialmente foto-oxidados, al crecer se vuelven más eficaces en la recolección de agua líquida o hielo iniciando (sembrando) nubes en el cielo. Se estimó que el 90% de los COV tienen un origen biológico. El isopreno es el más abundante, mejor caracterizado y lo producen ciertas plantas cuando están sometidas a estrés de calor. Muchas especies de árboles emiten isopreno, pero las hierbas no lo hacen. Es notoria la capacidad del isopreno para aumentar la cubierta de nubes mediante el aumento de núcleos de condensación durante los períodos de estrés por calor, que reduce las temperaturas y estimula la lluvia como regulador del clima. Otro COV estudiado son bacterias de las hojas que puede levantar el viento y permiten la formación de hielo a temperaturas relativamente elevadas. Esta investigación es complicada pues hay más de cien tipos de COV en los bosques y llevará tiempo caracterizarles (13).

La evapotranspiración variará según la forma y tipo de cubierta forestal. Por lo general, un dosel más alto y un índice de área foliar más alto pueden resultar en una mayor evaporación por unidad de área. Básicamente, una plantación tendrá menos posibilidades de generar lluvia en comparación a un bosque natural con árboles y otras especies mantenidas en el tiempo. La teoría de la bomba biótica desarrollada por Anastassia Makaneva y Victor Gorshkov propusieron que la cobertura forestal influye en los gradientes de presión atmosférica generando corrientes de aire que llevan vientos de las costas hacia el interior de los continentes, que la lluvia en el interior de los continentes depende de estos vientos llevan humedad tierra adentro para compensar el agua que fluye a través de los ríos visibles y subterráneos hacia el mar. (13)

Los bosques mantienen la evapotranspiración y una humedad más alta que cualquier otro tipo de cobertura terrestre y evaporan más agua por unidad de superficie que el océano, asegurando fuerte condensación y los cimientos para patrones de aire hacia el interior de los continentes (donde hay amplias zonas con este tipo de cubierta vegetal). Estas interacciones basadas en dinámicas físicas, que pueden ser revisadas en la obra de 2007 de los autores arriba citados, son las que mantienen las grandes tormentas tropicales en el océano, al mismo tiempo que permiten altas tasas de lluvia en el interior del Amazonas .(13)

Los resultados al avanzar la ciencia han pasado desde descripciones de las observaciones, a relacionar las lluvias con la presencia de ciertos elementos y la concentración de estos para los fenómenos atmosféricos y la formación y fortaleza de las lluvias, muy recientemente a obtener resultados que señalan factores principales y apuntan a causas para la formación de las condiciones para las lluvias.

Los avances presentados han sido usados en los modelos de meteorología y se han incluido en modelos de esa rama del conocimiento para mejorar la predicción del clima y las posibilidades de ocurrencia de lluvias, según las zonas geográficas.

Refinando las explicaciones de los procesos necesarios para que se desarrollen las lluvias, según se puede observar en la Figura 1, ha resultado de importancia formar una base de instrumentos de observación de conocimientos obtenidos desde la observación de grupos de casos de precipitaciones de agua del cielo, las zonas donde ocurren éstas, realizar análisis por diversas metodologías y en o más reciente los modelos y análisis desde las matemáticas para iniciar el entendimiento del papel activo de las grandes zonas de cubierta vegetal la importancia de la presencia de gran cantidad de árboles y de otra vegetación, un conjunto de biomasa para humidificar los vientos que les circulan logrando crear condiciones para las lluvias incluyendo que aportan partículas biológicas y elementos bioquímicos al aire y promueven condensación del agua, nubosidad y por tanto a elevar la probabilidad de las lluvias. Las selvas son una causa, son como maestros para la generación de las lluvias, en especial al interior de los continentes.



Figura 1. Variaciones en el entendimiento humano sobre la generación de la lluvia. (Elaboración propia creada con apoyo de I.A., Copilot).

Se puede afirmar que los bosques y selvas sí son maestros de la generación de las lluvias. Lo son tanto en la formación de aire húmedo y nubes, como en dar dirección a las regiones donde ocurrirá la precipitación pluvial.

También se ha percibido que el efecto de los cambios en la nubosidad se llega a traducir en variaciones en la precipitación pluvial (14,15). Al obtener suficientes resultados de las hoy investigaciones se tendrán mejores modelos, con mayor integración, como se presenta la Figura 2. Para las siguientes décadas, entre lo más relacionado con este tema se observan nuevos objetos de investigación como son las interacciones de elementos, la dependencia del contexto y la escala de los cambios, pues aún es vaga la comprensión sobre la influencia de la evaporación, transpiración, las cubiertas vegetales, la convección de los vientos para el desarrollo de los aerosoles y de las nubes

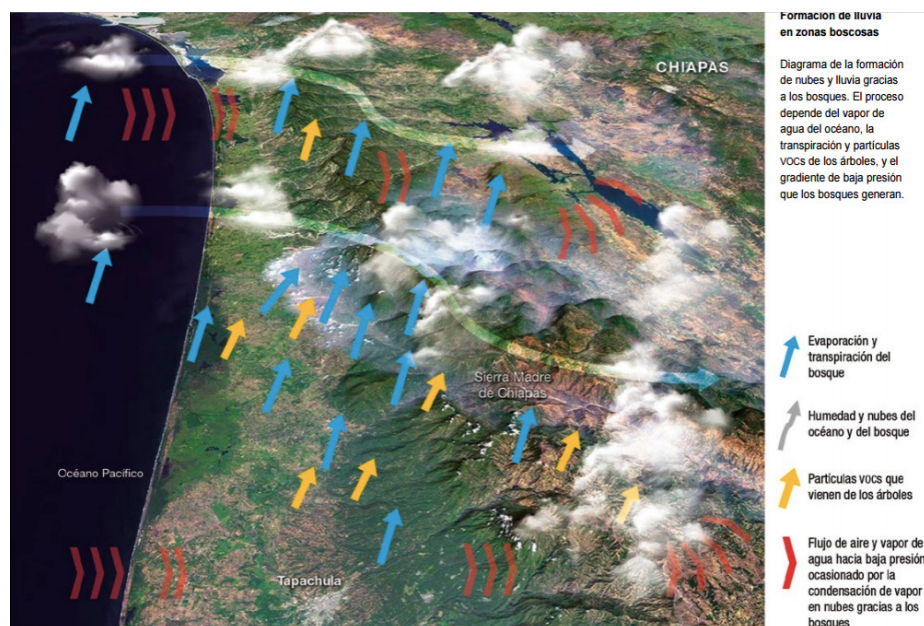


Figura 2. Formación de las lluvias en las zonas boscosas (16).

Conclusiones.

Las creencias sobre la formación de lluvias en las culturas antiguas estaban íntimamente ligadas a sus deidades y a las necesidades de la agricultura y el pastoreo, reflejando una conexión profunda entre lo divino y lo natural, incluyendo en Europa y luego en el continente americano el ingreso de la cultura de reinos de religión católica y posteriormente de otras formas de cristianismo.

Desde el siglo XIX se empezó a corroborar que la destrucción de los bosques y selvas llegando a la deforestación se relaciona directamente con cambios en patrones de lluvias, con tendencia a su disminución, y ha llevado más de dos siglos llegar a una mejor comprensión de este fenómeno biometereológico.

La ruta de la formación y el enriquecimiento de los conocimientos en el tema de este artículo ha pasado por ligar algunos fenómenos y atribuirles las causas, iniciando por ligarlos a entidades materiales y otras sobrehumanas. En siglos cercanos a nosotros a relacionar cambios y otros fenómenos buscando entendimiento, luego a aplicar el método científico y los análisis con instrumentos colectando datos para la aplicación de las matemáticas y tener explicaciones de por qué las lluvias. Con la aplicación de sistemas de computación, ahora mismo



sigue aumentando la cantidad de variables involucradas en los modelos matemáticos usados.

Los árboles que forman selvas y bosques son vitales para que regrese el vital líquido a la tierra y mares. Los resultados consultados indican que con menos bosques y selvas menores disminuyen las lluvias en cada región. Es indispensable mantener suficientes bosques densos, para asegurar la vida, la actual naturaleza y claramente nuestra supervivencia.

Referencias

1. Contel, J. Los dioses de la lluvia en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana*. 2009. XVI (96) 20-5
2. Fernández, I. Illapa: el dios inca de la lluvia y el trueno. (internet). Consultado el 17/09/2024 disponible en: <https://lateologia.com/mitologia/incaica/illapa/>
3. Los dioses de la naturaleza en India: Una mirada a las deidades asociadas (internet) 2017 (consultado el: 5/10/2024). Disponible en: <https://tajmahalindia.es/india/dioses-asociados-con-la-naturaleza-en-india/>
4. Admin. Dioses y diosas de la Antigua China. (internet) 2017 (citado 27/10/2017, consultado 06/10/2024). Disponible en: <https://chinaantigua.com/dioses/#:~:text=Dios%20del%20trueno.%20Lei%20Kung%20tiene%20la%20cabeza>
5. Los Bosques y los Pueblos Indígenas: Un Vínculo Milenario que Exige Nuestra Protección. (Internet). (consultado 06/10/2024) disponible en: <https://bosquesdelmundo.com/los-bosques-y-los-pueblos-indigenas/>
6. Wasson, D. L. "Religión romana." Traducido por Cardozo, A *World History Encyclopedia*. (Internet). 2013 (citado 13/11/2013, consultado 06/10/2024). Disponible en: <https://www.worldhistory.org/trans/es/1-10552/religion-romana/>
7. Tatay J. El polémico y fecundo diálogo entre la teología y la ecología. *EC [Internet]*. 2/06/2020 [citado 24/10/2024];95(373):315-46. Disponible en: <https://revistas.comillas.edu/index.php/estudioseclesiacos/article/view/11934>
8. Academia Lab. Historia del estudio del clima. *Enciclopedia*. (Internet). 2024 (Consultado 24/10/2024). Disponible en: <https://academia-lab.com/enciclopedia/historia-del-estudio-del-clima/>
9. Hance, J. Una nueva teoría que sostiene que los bosques controlan el movimiento de las precipitaciones podría revolucionar a la meteorología moderna (Internet). 2010 (Actualizado 28/06/2010, consultado 17/10/2024). Disponible en: <https://news.mongabay.com/2010/01/una-nueva-teoria->



que-sostiene-que-los-bosques-controlan-el-movimiento-de-las-precipitaciones-podria-revolucionar-a-la-meteorologia-moderna/

10. Aquae Fundación. ¿Realmente los árboles atraen la lluvia? (internet) 10/06/2022. consultado el 23/09/2024 disponible en <https://www.fundacionaquae.org/arboles-atrae-lluvia/>
11. Calder IR. The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Resources Management. c2005. 2nd ed. London: Earthscan.
12. Savenije HHG. The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary. *Hydrological Processes*. 2005. 18: 1507–1511.
13. Gygli B., Benohr J. Bomba biótica: El rol de los bosques en atraer la lluvia, (entrevista a Dr. Douglas Sheil), (internet) 05/07/2022 (consultado 10/09/2024) disponible en <https://endemico.org/el-rol-de-los-bosques-en-atraer-la-lluvia/>
14. [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. 2007. Cambridge (United Kingdom): Cambridge University Press. (18 /02 /2009, consultado 10/09/2024)- disponible en www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm)
15. Sheil, D., Murdiyarso, D., How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis, *BioScience*, 2009. 59(4); 341–47, disponible en: <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.4.12>
16. Fernández Molina D., Andrade Torres J.L., Cejudo Espinosa E. Los árboles ¿verdaderos dioses de la lluvia.?.. *BIODIVERSITAS*. 2020 152 7 – 11. Consultado 10/20/2024, disponible en https://www.researchgate.net/publication/348235965_LOS_ARBOLES_VERDADEROS_DIOSES_DE_LA_LLUVIA