Importancia del Agua

El agua es un compuesto inorgánico de hidrógeno y oxígeno. El agua, aunque sin color, olor, ni sabor, es uno de los compuestos químicos más importantes.

Para algunos organismos, el agua representa hasta el 90% de su cuerpo, en el caso de los humanos, hasta 60% de nuestro cuerpo está compuesto por agua [1] (Imagen 1). El agua es esencial para que nuestro cuerpo pueda completar funciones esenciales como crecer y digerir alimentos. Es por esto por lo que debemos consumir hasta 3 litros de agua por día, eso sin contar el agua contenida en nuestros alimentos [1]. El agua es un componente indispensable para nuestro diario vivir. La utilizamos para limpiar y preparar nuestros alimentos. ¿Puedes pensar qué otros usos le damos al agua?

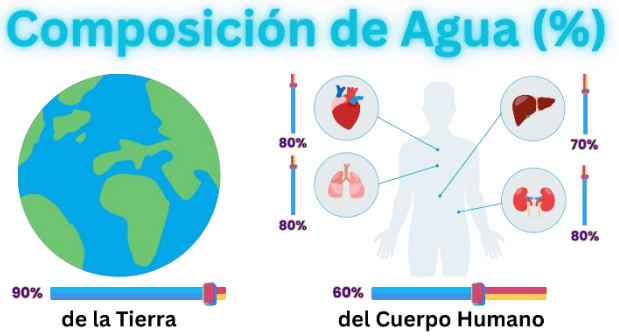

Imagen 1. La composición (en porcentaje) de agua del planeta tierra, el cuerpo humano y algunos de sus órganos. Información para crear la infografía del cuerpo humano tomada de Sissons (2020).

Imagen 2. Ejemplos de dónde podemos encontrar agua en sus diferentes estados de la materia.

Todos los organismos en el mundo necesitan agua para vivir. Es por eso por lo que el planeta tierra es el hogar perfecto para nosotros. La superficie del planeta tierra es 71% agua, y esta agua se puede encontrar en cualquiera de sus tres estados—sólido, líquido o gaseoso— (Imagen 2). Cerca del 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos [2].

Ciclo del Agua

Cuando hablamos del ciclo del agua, o ciclo hidrológico, nos referimos a la circulación del agua entre la atmósfera y la superficie de la tierra. El ciclo del agua es uno muy complejo y va a depender del ecosistema que se encuentre, sin embargo, se han identificado 3 fases principales de este ciclo (Imagen 3):

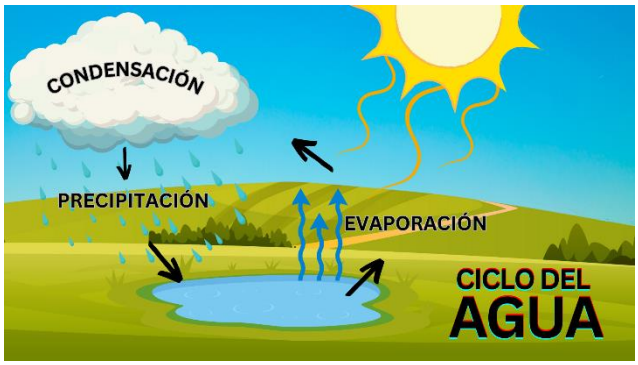

Imagen 3. El ciclo del agua de una forma simple.

1. **Evaporación:** Cuando el agua que se encuentra en la superficie de la tierra encuentra altas temperaturas, esta se evapora. Es decir, el agua pasa de su fase líquida a su fase gaseosa, ese gas de agua lo conocemos como vapor de agua. El vapor de agua se eleva hacia la atmósfera [3].
2. **Condensación:** El vapor de agua continúa elevándose hacia la atmósfera donde encuentra temperaturas más frescas. Al encontrar temperaturas más frescas, el vapor se condensa. Es decir, el agua pasa de su fase gaseosa a su fase líquida o sólida. Si el agua pasa a su forma líquida o sólida dependerá de que tan fría esté la atmósfera. Al condensarse, estas pequeñas partículas de agua comienzan a adherirse entre sí y/o a pegarse a otras partículas como polvo, formando las nubes [4, 5].

Los autores fueron apoyados en parte por las subvenciones de la Fundación Nacional de Ciencias DRL-2049061. Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la NSF.

3. **Precipitación:** Las partículas continúan adhiriéndose hasta que, debido a la fuerza de gravedad, se precipita. Es decir, que baja en forma de lluvia, nieve, granizo, etc. [4, 5].

Hoy en día el ciclo de agua no es entendido completamente por los científicos, pero continúan estudiándolo para entender cómo afecta el clima y a los organismos. En el Bosque Nacional de El Yunque hay científicos que se dedican a estudiar el ciclo del agua para comprender cómo este afecta los ecosistemas forestales, dentro y fuera del bosque, y cómo este ciclo se ve alterado por el cambio climático.

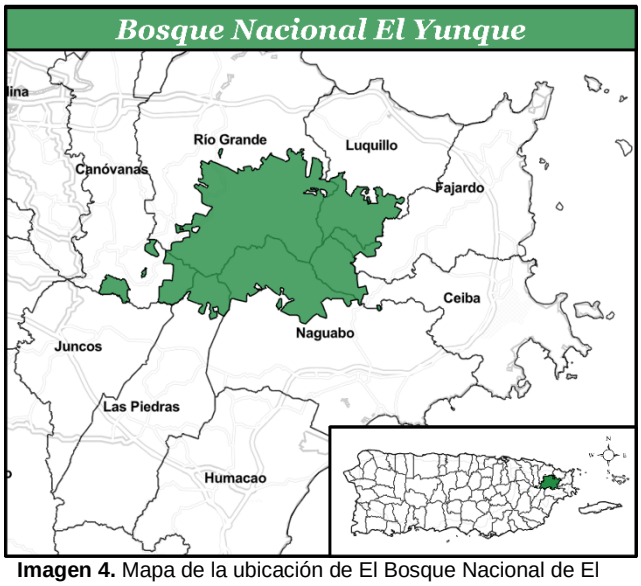

Imagen 4. Mapa de la ubicación de El Bosque Nacional de El Yunque en Puerto Rico.

Hidrología de El Yunque

El Bosque Nacional de El Yunque es un ecosistema lluvioso tropical complejo de gran importancia para los habitantes de Puerto Rico. El bosque ubicado en la Sierra de Luquillo, en el noreste de la isla grande del archipiélago, es el único bosque lluvioso tropical perteneciente al Sistema Nacional de Bosques de los Estados Unidos de América (EUA). La cobertura de El Yunque se extiende entre 8 municipios de Puerto Rico: Río Grande, Luquillo, Fajardo, Ceiba, Naguabo, Las Piedras, Juncos y Canóvanas [6] (Imagen 4).

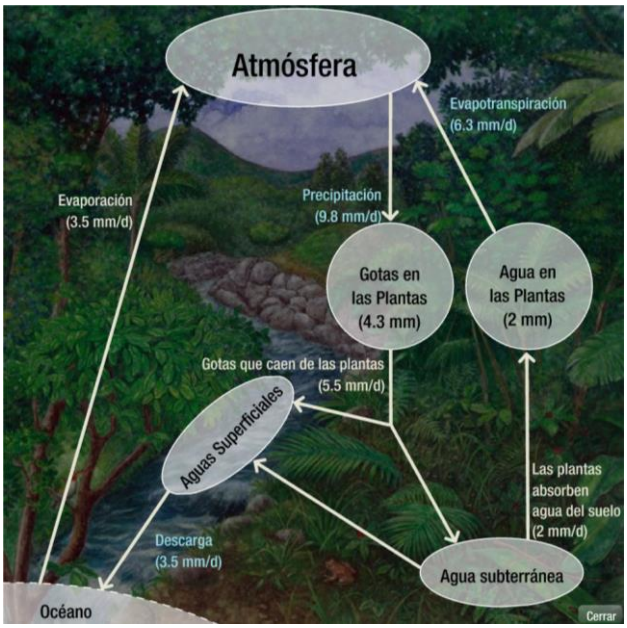

Imagen 5. Esquema del ciclo del agua en el Bosque Nacional de El Yunque.

En El Yunque habitan alrededor de 164 especies de animales y 1,000 especies de plantas, esto convierte al Yunque en uno de los bosques con mayor biodiversidad de EUA [6]. Además de ser un reservorio de biodiversidad, el bosque provee un sin número de servicios ecosistémicos[1], entre ellos su rol en el ciclo del agua. En El Yunque llueve un promedio anual de 3860 mm de agua (¡más de 100 billones de galones de agua!) [6]. En este bosque se originan 10 ríos, pero el 80% del agua se drena a través de 4 de estos: Río Blanco, Río Espíritu Santo, Río Grande de Loíza, y Río Mameyes. Entre un 60-65% del agua de lluvia en el bosque baja en escorrentías (e.g., ríos, aguas subterráneas, aguas dentro del suelo), la otra pasa a través de la evapotranspiración. El agua de las escorrentías de la Sierra de Luquillo, y por consecuente de El Yunque, es de las más limpias de la isla, y suple a un 20% de la población [6].

[1] Servicios ecosistémicos: Beneficios recibidos por los humanos de parte de ecosistemas saludables.

Los autores fueron apoyados en parte por las subvenciones de la Fundación Nacional de Ciencias DRL-2049061. Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la NSF.

Todas esas especies de plantas y animales dependen y contribuyen al ciclo del agua El Yunque (Imagen 5). Siendo un sistema complejo, el ciclo hidrológico va más allá de la precipitación y evaporación, si no que el agua se mueve en muchas direcciones. El agua no sólo se encuentra en las escorrentías, sino que hay agua sobre las plantas y en el aire. ¡El Yunque es un bosque húmedo tropical! El agua de El Yunque no permanece ahí, si no que viaja a través de la isla hasta llegar a nuestras comunidades y al océano.

Cambio Climático y el Ciclo del Agua

La evaporación del agua es uno de los componentes principales del ciclo del agua. La evaporación ocurre cuando la temperatura aumenta a un punto donde las moléculas de agua, al tener tanta energía, no pueden sostener la forma líquida y pasan a su forma gaseosa. Si la evaporación del agua es un efecto de un alza en la temperatura, ¿cómo responde el ciclo del agua al calentamiento global (cambio climático)?

Las alzas en temperatura debido al cambio climático han resultado en la intensificación del ciclo del agua [7]. Es decir, hay más evaporación y precipitación. Entonces, si hay más evaporación, los suelos se secan y hay más vapor de agua en la atmósfera. Los suelos secos se van volviendo más impermeables, resultando en inundaciones. El vapor de agua que resulta de la evaporación es la gasolina de los huracanes, resultando en huracanes más intensos [7].

Sequías

Cuando hablamos de una sequía nos referimos a una falta de precipitación que ha resultado en una escasez de agua [8]. Pero, ¿no está el calentamiento global aumentando la precipitación? Sí, pero el cambio climático también ha afectado los patrones del viento, y aunque está lloviendo más, la lluvia está cayendo en otros lugares. Entonces, debido a los cambios en los patrones del viento, algunas áreas están recibiendo menos lluvia. Es decir, algunas áreas sufren de sequías [9].

Imagen 6. Los tipos de sequía según la National Integrated Drought Information System (n.d.).

Imagen 7. Esquema de la formación de Huracanes (BBC News, 2013).

El monitoreo de las sequías es complicado, pues es difícil detectar el comienzo y final de las sequías [10]. Los efectos de las sequías también son difíciles de detectar, pues pueden variar dependiendo de la región, y pueden ocurrir de forma lenta. Los científicos han definido

Los autores fueron apoyados en parte por las subvenciones de la Fundación Nacional de Ciencias DRL-2049061. Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la NSF.

diferentes tipos de sequías (Imagen 6) para ayudar con la clasificación y detección de las sequías [10]. Junto con los huracanes, las sequías son uno de los efectos más devastadores del cambio climático.

Huracanes

Aunque a los científicos les falta mucho por descubrir acerca de la formación de huracanes, saben que dos cosas son los catalíticos del desconocido proceso: agua caliente y vientos constantes. Con el alza en temperatura por el cambio climático, las aguas del océano están más calientes de lo normal [11]. Además, los científicos esperan que el cambio climático afecte la velocidad y dirección de los vientos. Aunque todavía no están seguros de cómo y cuánto cambiaran los vientos, los científicos señalan la importancia de esto, pues los vientos afectan el proceso de evaporación y precipitación [12].

Cambio Climático y El Yunque

En El Yunque, los científicos proyectan, debido a las alzas en temperaturas por el calentamiento global, una disminución en la precipitación anual, lo que puede conllevar a largos periodos de sequía. También se espera que, aunque menos frecuentes, los huracanes serán más intensos [13]. La disminución en precipitación se debe a que el aumento en las temperaturas de El Yunque resulta en un cambio en la dirección y presión del aire, afectando la formación de nubes [14].

Imagen 8. Muestra los efectos que se espera que tenga el cambio climático en El Yunque (Jennings et al., 2013).

Los autores fueron apoyados en parte por las subvenciones de la Fundación Nacional de Ciencias DRL-2049061. Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la NSF.

Datos Sobre la Hidrología de El Yunque

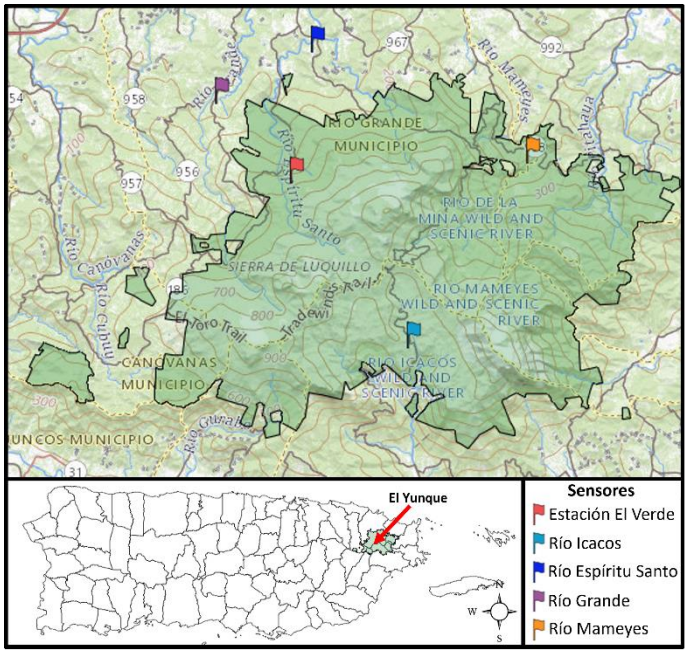

Imagen 9. Muestra la ubicación de los diferentes sensores utilizados para recopilar los datos disponibles en la plataforma CODAP.

Imagen 10. Ejemplo de una de las estaciones del USGS en el Río Cayaguas, San Lorenzo.

Los datos sobre la **hidrología y meteorología** de El Yunque fueron construidos a partir de datos recopilados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) en diferentes cuerpos de agua y datos recopilados por científicos de la Estación Experimental de El Verde en El Yunque. En el apéndice A encontrarás una descripción detallada de los datos de hidrología de El Yunque disponibles en la plataforma CODAP.

La USGS es una agencia federal que se dedica al estudio de diferentes áreas de la ciencia y al desarrollo de regulaciones. Muchos de los programas bajo esta agencia se dedican al monitoreo de fenómenos naturales. Entre estos programas encontramos el Instituto de Investigación de Recursos de Agua (WRRI, por sus siglas en inglés) que, entre otras cosas, monitorea el suministro de agua a través del monitoreo constante de los diferentes cuerpos de agua a través del uso de sensores (Imagen 10) colocados en diferentes puntos de los cuerpos de agua estudiados. Los datos recopilados por esta agencia son abiertos y están disponibles para el público.

Los científicos en la Estación Experimental de El Verde son parte del Luquillo Long Term Experimental Research (LUQ-LTER), una red de científicos que investigan en el Bosque Experimental de Luquillo. Cada científico en el LUQ-LTER tiene un interés y proyecto de investigación particular, pero colabora con las investigaciones e intereses particulares de los demás científicos de El Yunque. Este trabajo colaborativo ayuda al desarrollo de nuevo conocimiento a partir de una gran cantidad de datos. Además, el LUQ-LTER tiene un gran componente de alcance comunitario donde los científicos promueven la educación ambiental y científica, así como apoyar a las comunidades que residen en El Bosque. Los científicos del bosque usan diferentes técnicas para la recopilación de sus datos.

The Learning Partnership · FORWARDLEARNING · LUQUILLO Long Term Ecological Research · Universidad de Puerto Rico · TERC

Los autores fueron apoyados en parte por las subvenciones de la Fundación Nacional de Ciencias DRL-2049061. Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la NSF.

Referencias (Literatura)

[1] Water Science School. (2019b). *How much water is there on earth?*. U.S. Geological Survey. https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-thereearth#:~:text=The%20volume%20of%20all%20water,gallons%20(1%20trillion%20liters).
[2] Water Science School. (2019c). *The water in you: Water and the human body completed*. U.S. Geological Survey. https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-you-water-and-human-body
[3] Water Science School. (2019a). *Evaporation and the water cycle completed*. Evaporation and the Water Cycle . https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/evaporation-and-water-cycle
[4] National Geographic Society. (2023). *Precipitation*. National Geographic Education. https://education.nationalgeographic.org/resource/precipitation/
[5] Hitt, D. (2017). *What are clouds?*. NASA. https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-are-clouds-k4.html
[6] Quiñones, M., Parés, I. K., Gould, W. A., González, G., McGinley, K., & Ríos, P. (2018). Chapter 2: Water. In El Yunque National Forest Atlas (pp. 27–30). U.S. Department of Agriculture.
[7] UCAR Center for Science Education. (2023). The Water Cycle and Climate Change. UCAR Center for Science Education. https://scied.ucar.edu/learning-zone/climate-change-impacts/water-cycle-climate-change
[8] National Drought Mitigation Center. (2023). Drought basics. National Drought Mitigation Center. https://drought.unl.edu/Education/DroughtBasics.aspx
[9] Met Office. (n.d.). Effects of climate change. Met Office. https://www.metoffice.gov.uk/weather/climate-change/effects-of-climatechange#:~:text=Changes%20to%20the%20global%20climate%20and%20weather%20events&text=Warmer%20air%20can%20hold%20more,of%20changes%20in%20wind%20patterns.
[10] National Integrated Drought Information System. (n.d.). What is Drought. Drought.gov. https://www.drought.gov/what-isdrought/drought-basics
[11] Stillman, D. (2017). What are hurricanes?. NASA. https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-arehurricanes-k4.html
[12] Climate Signals. (n.d.). Surface wind speed change. Climate Signals. https://www.climatesignals.org/climate-signals/surface-wind-speed-change
[13] Jennings, L.N.; Treasure, E.A.; McNulty, S.G. (2013). *Climate Change and Your National Forest: Assessing the potential effects of climate change on the El Yunque National Forest* (peer reviewed fact sheet). U.S. Department of Agriculture.
[14] Comarazamy, D. E., & González, J. E. (2011). *Regional long-term climate change (1950–2000) in the midtropical Atlantic and its impacts on the hydrological cycle of Puerto Rico*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 116(D21).

Referencias (Imagenes)

[Imagen 1] Sissons, C. (2020). *What percentage of the human body is water?*. Medical News Today. https://www.medicalnewstoday.com/articles/what-percentage-of-the-human-body-is-water
[Imagen 6] National Integrated Drought Information System. (n.d.). What is Drought. Drought.gov. https://www.drought.gov/what-isdrought/drought-basics
[Imagen 7] BBC News. (2013). How do tropical storms form? BBC News [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=4xI1cqyUf74&t=23s
[Imagen 8] Jennings, L.N.; Treasure, E.A.; McNulty, S.G. (2013). *Climate Change and Your National Forest: Assessing the potential effects of climate change on the El Yunque National Forest* (peer reviewed fact sheet). U.S. Department of Agriculture.

Datos sobre Hidrología de El Yunque se encuentran aquí:

data.datajam.cloud

(Descripción completa de los datos en Metadatos)

Los autores fueron apoyados en parte por las subvenciones de la Fundación Nacional de Ciencias DRL-2049061. Todas las opiniones, hallazgos y conclusiones o recomendaciones expresadas en este material pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la NSF.