Factores que provocan cambios en el Bosque Nacional El Yunque y sus servicios ecosistémicos: Perpectivas de grupos participantes diez años después

Tania López Marrero y L. Annie Hermansen-Báez

Introducción

Los servicios ecosistémicos—los beneficios que los ecosistemas brindan a las personas y a otros organismos—son el resultado de diversos procesos y funciones de los ecosistemas. La prestación y disponibilidad de los servicios ecosistémicos dependen no solo de los procesos y funciones del ecosistema, sino también de las políticas públicas, regulaciones, manejo y acciones humanas que alteran los procesos del ecosistema y, por tanto, los servicios ecosistémicos. Comprender los factores que provocan cambios en un ecosistema y en los servicios que provee es fundamental para diseñar intervenciones a distintos niveles que promuevan los efectos positivos y minimicen los negativos. Además, evaluar las perspectivas de las personas interesadas (*stakeholders*) sobre los factores que causan dichos cambios es esencial para identificar áreas comunes de acuerdo y así promover el diálogo y el desarrollo de estrategias, además de identificar posibles lagunas de información sobre el tema.

En esta hoja informativa, presentamos los resultados de entrevistas llevadas a cabo con personas de diferentes grupos en cuanto a sus opiniones y perspectivas en relación a los impulsores de cambio en el Bosque Nacional de El Yunque (El Yunque, en adelante) y sus servicios ecosistémicos. También comparamos los resultados a los datos recopilados entre 2009 y 2010 durante la primera fase del proyecto El Yunque y sus servicios ecológicos (López Marrero y Hermansen-Báez, 2011a), cuando los factores que inciden en los servicios ecosistémicos de El Yunque fueron identificados por los diferentes participantes del proyecto (López Marrero y Hermansen-Báez 2011b). Estos resultados pueden ayudar a los administradores forestales y otras partes interesadas a

desarrollar y poner en práctica iniciativas para apoyar los servicios ecosistémicos de El Yunque.

Recopilación de datos sobre las perspectivas de los participantes acerca de los impulsores de cambio en El Yunque y sus servicios ecosistémicos

Se realizaron entrevistas individuales con personas de diferentes grupos de interés para documentar y comparar sus opiniones y perspectivas sobre los factores que causan cambios en el Yunque y sus servicios ecosistémicos. Los grupos participantes incluyen científicos que trabajan en El Yunque, administradores forestales de El Yunque, planificadores municipales de los municipios dentro de los cuales se encuentra El Yunque y líderes comunitarios y residentes que viven en comunidades adyacentes a El Yunque (véase López Marrero y Hermansen-Báez 2025 para una descripción de la segunda fase del proyecto). Algunas entrevistas se realizaron en persona, mientras que otras se llevaron a cabo por teléfono o videoconferencia debido a la pandemia de COVID-19. Los datos se recopilaron entre 2019 y 2021.

Al igual que en la primera fase del proyecto (2009–2010), la definición de impulsor de cambio fue provista a cada participante al inicio de la entrevista. Un impulsor de cambio se define como cualquier factor humano o natural que provoca cambios en un ecosistema y sus servicios, sea de manera directa o indirecta (Millenium Ecosystem Assessment 2003). Luego, se le presentó el listado de impuldores de cambio generada durante la primera fase del proyecto (López Marrero y Hermansen-Báez 2011b, véase **Tabla 1**). Se les pidió que revisaran la lista e identificaran los impulsores de cambio que consideraban persistentes durante la última década (entre la primera y la segunda fase del proyecto). También se les pidió que añadieran otros impulsores de cambio que, en su opinión, influyeron en los servicios ecosistémicos de El Yunque durante ese mismo período.

Hallazgos principales

Impulsores de cambio negativos que influyen los servicios ecosistémicos de El Yunque

- Los impulsores de cambio negativos más mencionados durante la primera fase del proyecto fueron el cambio de la cobertura de terreno (con especial atención a la expansión urbana), la disposición inadecuada de desperdicios sólidos, la falta de conocimiento, los disturbios naturales y la falta de fondos (y su efecto en todas las operaciones forestales) (**Figura 1**). Todos los grupos participantes mencionaron estos factores (**Tabla 2**).
- Algunos impulsores de cambio fueron mencionados exclusivamente por algunos grupos durante la primera fase del proyecto. Estos incluyeron la extracción excesiva del agua, el cambio climático, la investigación científica, la hidromodificación, la falta de planes de uso de terrenos y las torres de telecomunicaciones.
- Algunos de los factores de cambio negativos más mencionados durante la primera fase del proyecto se consideraron persistentes durante la segunda. Entre ellos, los más mencionados fueron la falta de fondos, la falta de conocimiento y el cambio de cobertura de terreno (**Figura 1**, **Recuadro 1**). Todos los grupos mencionaron estos factores (**Tabla 2**).
- Durante la segunda fase del proyecto, todos los grupos identificaron disturbios naturales relacionadas principalmente con el paso de los huracanes Irma y María en 2017 y sus efectos en el bosque. Algunos, sin embargo, también reconocieron el efecto positivo que dichos disturbios tienen en el bosque, sobre todo al largo plazo. Además, se mencionaron los impactos de las sequías en el bosque como un disturbio importante y en aumento.
- Durante la segunda fase del proyecto, el uso del bosque y el cambio climático también fueron factores de cambio negativos identificados por

Tabla 1. Listado de impulsores de cambio negativos y positivos generada durante la primera fase del proyecto. Esta lista fue utilizada en las entrevistas de la segunda fase.

Impulsor negativo	Descripción
Cambio de cobertura de terreno	Cambios en la vegetación o material que cubre la superficie terrestre en la periferia de El Yunque, con énfasis en el cambio de cobertura urbana
Falta de conocimiento	Falta o poco conocimiento de los servicios ecosistémicos de El Yunque y de cómo las acciones humanas afectan la capacidad del ecosistema para proveer dichos servicios
Factores institucionales	Manejo forestal, regulaciones y toma de decisiones a nivel institucional
Incumplimiento de planes de uso de terreno	Incumplimiento o pobre ejecución de los planes de uso de terrenos existentes
Falta de fondos	Falta o escasez de fondos para llevar a cabo las operaciones diarias, aumentar el personal para la gestión forestal y el mantenimiento de las instalaciones
Disposición de desperdicios sólidos	Disposición inadecuada de desperdicios sólidos en zonas forestales, ríos o a lo largo de las carreteras
Uso del bosque	Uso inadecuado y excesivo del bosque, con énfasis en la cantidad de personas y vehículos en El Yunque durante algunas épocas del año
Introducción de especies	Introducción de especies exóticas, invasoras y domésticas
Actividades ilícitas	Falta de seguridad, vandalismo, graffiti y uso de vehículos todo terreno dentro del bosque
Remoción de especies	Remoción de plantas, animales y especies acuáticas
Disturbios naturales	Efectos negativos (sobre todo a corto y medio plazo) de disturbios como huracanes, deslizamiento de terrenos y sequías
Falta de plan de uso de terrenos	Falta de planes de uso de terreno exhaustivos y actualizados
Torres de telecomunicaciones	Presencia de torres de telecomunicaciones en El Yunque
Cambio climático	Cambios en el clima local, regional y global y en los patrones climáticos
Uso de agua	Sobreextracción y uso excesivo del agua
Hidromodificación	Cambio de los cauces naturales de los ríos
Investigación científica	Prácticas de investigación llevadas a cabo en el pasado—como las pruebas de los efectos radiactivos en los bosques—y los posibles efectos negativos percibidos en los bosques y las personas
Impulsor positivo	**Descripción**
Área protegida	Estado de protección de El Yunque y las leyes, regulaciones y designaciones especiales asociadas
Recreación	Visita al bosque, recreación pasiva y activa
Participación comunitaria	Participación comunitaria en audiencias públicas, campañas de limpieza y elaboración de planes, entre otros
Disturbios naturales	Efectos positivos (sobre todo a largo plazo) de los disturbios sobre los bosques y los procesos forestales, con especial mención a los huracanes
Investigación y educación	Investigación científica y social sobre El Yunque, junto con esfuerzos de educación, transferencia de conocimientos y concienciación ambiental sobre El Yunque, sus servicios y los factores que influyen en los mismos
Planes existentes de uso de terrenos	Planes de uso de terrenos existentes en El Yunque y sus alrededores
Colaboración interagencial	Colaboración entre agencias federales, estatales y municipales
Reforestación	Reforestación natural e inducida por el ser humano en El Yunque y sus alrededores
Adquisición de terrenos	Adquisición de terrenos alrededor de El Yunque con fines de conservación

La descripción de cada impulsor de cambio no se basa en ninguna descripción preestablecida; fueron generadas por las autoras basadas en el contexto del proyecto y en las descripciones de los participantes durante la recolección de datos.

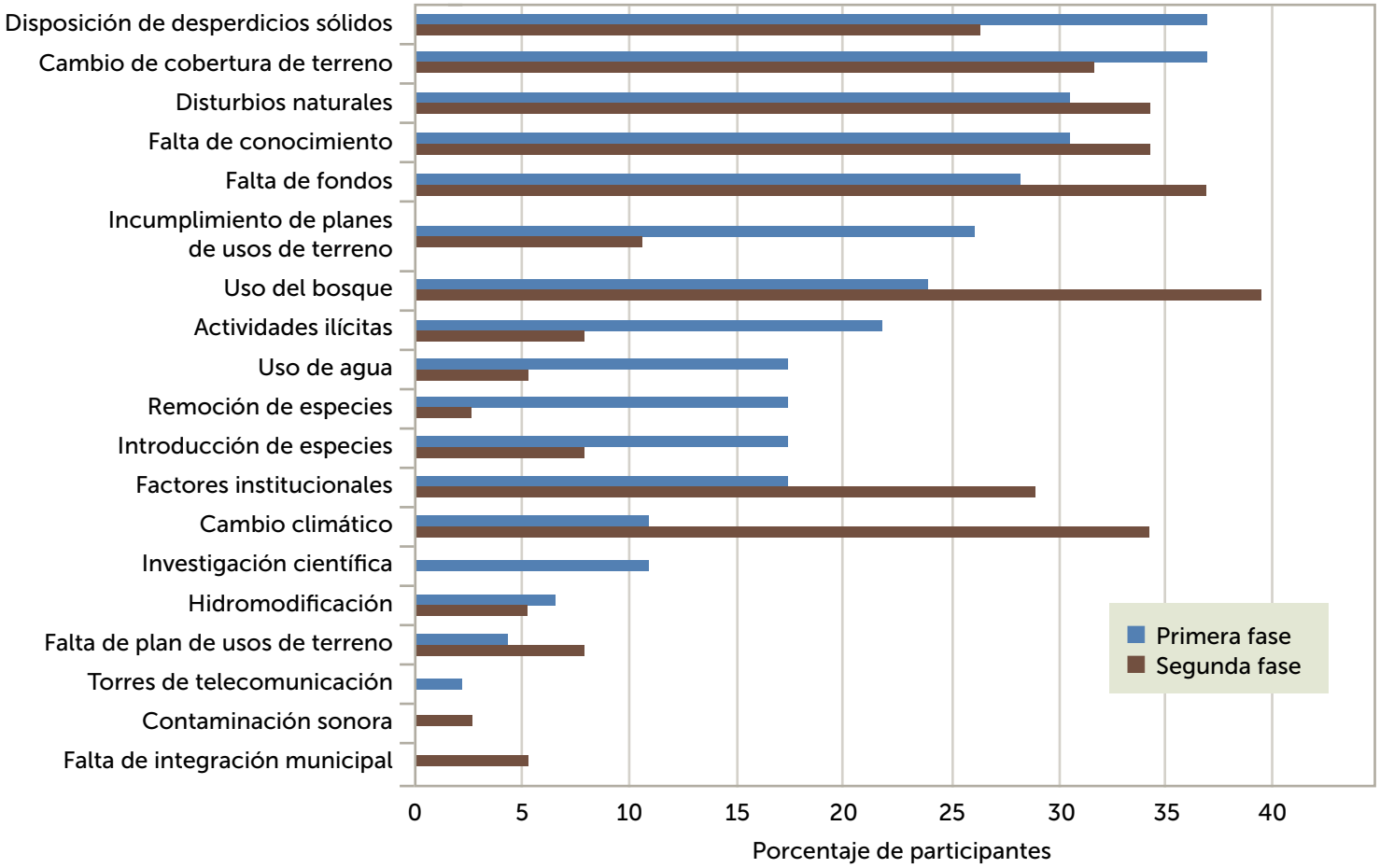
todos los grupos. El aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación se consideraron factores asociados al cambio climático.

- Los factores institucionales (como el manejo forestal, las regulaciones y la toma de decisiones a nivel institucional) fue otro factor mencionado con frecuencia durante la segunda fase del proyecto.
- La falta de integración del gobierno municipal con agencias gubernamentales (estatales y federales) y otras organizaciones y la contaminación sonora fueron impulsores de cambio negativos adicionales mencionados por los entrevistados; los miembros de la comunidad mencionaron estos implusores.

Impulsores de cambio positivos que influyen los servicios ecosistémicos de El Yunque

- Los impulsores de cambio positivos más mencionados durante la primera fase del proyecto fueron el estado de protección de El Yunque, la participación comunitaria y la investigación y educación (**Figura 2**). Todos los grupos mencionaron estos factores (**Tabla 3**).
- La participación comunitaria y la investigación y educación fueron los impulsores positivos más identificados durante la segunda fase del proyecto (**Figura 2**). Éstos fueron mencionados por todos los grupos (**Tabla 3**).

Figura 1. Factores de cambio negativos que influyen en El Yunque y sus servicios ecosistémicos, según mencionados por los participantes durante la primera y la segunda fase del proyecto.



El porcentaje (eje de x) se basó en 46 y 38 participantes durante la primera y la segunda fase del proyecto, respectivamente.

Tabla 2. Impulsores de cambio negativos que influyen en El Yunque y sus servicios ecosistémicos según identificados por los participantes durante la primera (▲) y la segunda fase (■) del proyecto.

Impulsor de cambio	Grupo participante							
	Científicos		Administradores de El Yunque		Planificadores municipales		Residentes comunitarios	
Cambio de cobertura de terreno	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Falta de conocimiento	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Factores institucionales	▲	■	▲	■	▲		▲	■
Incumplimiento de planes de uso de terreno	▲	■	▲	■	▲	■	▲	
Falta de fondos	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Disposición de desperdicios sólidos	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Uso del bosque	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Introducción de especies	▲	■	▲	■	▲	■	▲	
Actividades ilícitas	▲	■	▲	■	▲		▲	
Remoción de especies	▲	■	▲		▲		▲	
Disturbios naturales	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Falta de plan de uso de terrenos	▲			■		■		■
Torres de telecomunicaciones				■			▲	
Cambio climático	▲	■	▲	■		■		■
Uso de agua	▲	■	▲			■	▲	
Hidromodificación	▲	■	▲					
Investigación científica					▲		▲	
Falta de integración municipal								■
Contaminación sonora								■

La mención de grupo implica que por lo menos una persona del grupo mencionó el impulsor de cambio.

Recuadro 1. Cobertura del terreno urbano alrededor del Bosque Nacional El Yunque

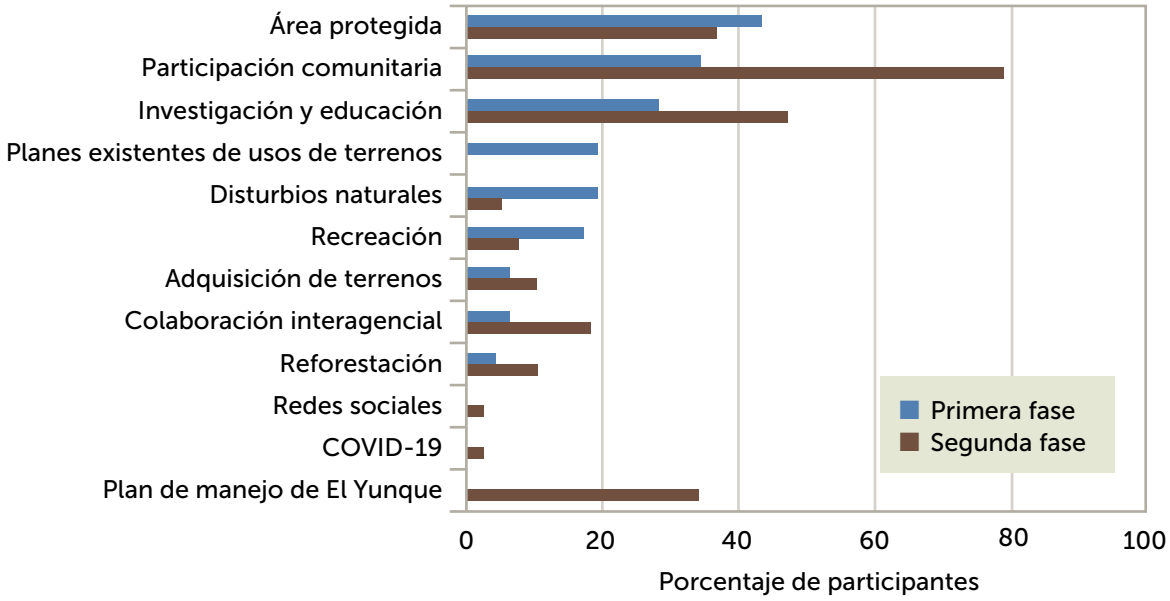
El cambio de cobertura de terreno, específicamente la expansión urbana, fue mencionado como un factor negativo que consistentemente afecta a El Yunque y a sus servicios ecosistémicos. En el año 2023, las áreas construídas ocuparon 7,890 hectáreas (2,083 cuerdas), o el 10% del área de los ocho municipios que contienen alguna porción de El Yunque dentro de sus límites (López Marrero y Hermansen-Baez 2024).

Aunque la expansión urbana alrededor de El Yunque disminuyó entre 2010 y 2023 (en comparación con el periodo 1998 al 2010), su efecto en la alteración de los procesos y funciones del ecosistema y la fragmentación del paisaje siguen siendo motivo de preocupación, al igual que la posible futura expansión urbana y sus implicaciones para el bosque y sus servicios ecosistémicos.

Foto: Antonio González Toro

Expansión urbana alrededor de el Boque Nacional El Yunque.

Figura 2. Factores de cambio positivos que influyen en El Yunque y sus servicios ecosistémicos, según mencionados por los participantes durante la primera y la segunda fase del proyecto.



El porcentaje (eje de x) se basó en 46 y 38 participantes durante la primera y la segunda fase del proyecto, respectivamente.

Tabla 3. Impulsores de cambio positivos que influyen en El Yunque y sus servicios ecosistémicos según identificados por los participantes durante la primera (▲) y la segunda fase (■) del proyecto.

Impulsor de cambio	Grupo participante							
	Científicos		Administradores de El Yunque		Planificadores municipales		Residentes comunitarios	
Área protegida	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Recreación	▲		▲	■	▲	■	▲	■
Participación comunitaria	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Disturbios naturales	▲	■	▲	■	▲		▲	■
Investigación y educación	▲	■	▲	■	▲	■	▲	■
Planes existentes de uso de terreno	▲		▲		▲		▲	
Colaboración interagencial	▲	■	▲	■		■		■
Reforestación	▲			■				■
Adquisición de terrenos	▲	■	▲	■		■		■
Plan de manejo de El Yunque		■		■		■		■
COVID-19		■						
Redes sociales				■				

La mención de grupo implica que por lo menos una persona del grupo mencionó el impulsor de cambio.

- La participación comunitaria fue relacionada con un cambio mencionado por los entrevistados durante la segunda fase del proyecto: el Plan de Manejo de los Terrenos y Recursos de El Yunque (aprobado en 2019). Todos los grupos reconocieron el plan de manejo como un impulsor positivo.
- En cuanto a la investigación, se mencionaron experimentos que ayudan a mejorar la comprensión de los efectos de disturbios en las funciones de los bosques tropicales (**Recuadro 2**). También se mencionaron iniciativas educativas llevadas a cabo por distintos grupos. Aunque los participantes reconocieron que los esfuerzos de educación y transferencia de conocomiento han aumentado, hicieron hincapié en la necesidad de seguir educando y concienciando sobre El Yunque, sus servicios ecosistémicos y los factores que influyen en dichos servicios.
- Durante la segunda fase del proyecto, algunos grupos mencionaron el COVID-19 y el uso de las redes sociales como nuevos impulsores de cambio positivos, además de la aprobación del plan de manejo. En el caso de COVID-19, el entrevistado que mencionó dicho factor hizo referencia a la reducción en la cantidad de personas que visitaron a El Yunque durante la pandemia y a la disminución en el impacto en el bosque que, según su opinión, ocurre cuando muchas personas lo visitan.

Conclusión

Los grupos participantes mencionaron diferentes factores que influyen a El Yunque y sus servicios ecosistémicos, tanto negativa como positivamente. El uso excesivo del bosque, el cambio climático, la falta de fondos, la falta de conocimiento, los disturbios naturales, los cambios en la cobertura de terreno y los factores institucionales son algunos de los factores que, según todos los participantes, influyen negativamente. La participación comunitaria, la investigación y la educación y la aprobación del nuevo plan de manejo de El Yunque figuran entre los factores positivos. El hecho de que se reconocieran estos impulsores ofrece una oportunidad de diálogo entre las partes interesadas sobre lo que podría hacerse para minimizar los efectos negativos y maximizar los positivos. Sin embargo, el reconocimiento de un impulsor no significa necesariamente que las personas comprendan cómo ese impulsor influye a los ecosistemas y sus servicios. En este sentido, es necesario intercambiar información y aumentar los conocimientos sobre los mecanismos relacionados a dichos procesos.

Conocer las opiniones y perspectivas de los personas sobre los factores que influyen a El Yunque y sus servicios ecosistémicos es importante para identificar los conocimientos existentes, las áreas de acuerdo y desacuerdo y las posibles lagunas y necesidades de información. Esto ayuda a identificar acciones e intervenciones necesarias y a desarrollar y aplicar estrategias para apoyar los servicios de los ecosistemas de El Yunque. También ayuda a identificar temas para facilitar el diálogo, promover el aprendizaje social en y entre los grupos interesados, e informar el manejo y la toma de decisiones a diferentes niveles. Además, ayuda a identificar los temas en los que es necesario desarrollar conocimientos y transferir información sobre los diferentes factores y acciones que influyen en el bosque, en sus funciones y, en consecuencia, en los servicios que provee.

Recuadro 2. Investigación y educación en el Bosque Nacional El Yunque

El Bosque Nacional El Yunque, también conocido como el Bosque Experimental de Luquillo, es reconocido por su larga historia de investigación (Harris y otros 2012; Wood y otros 2019).

La investigación fue uno de los impulsores de cambio más mencionados por los participantes como un factor que influye positivamente a El Yunque ya que aumenta los conocimientos sobre las funciones de los ecosistemas del bosque. Tres experimentos en curso fueron mencionados como unos que mejoran el entendimiento de los efectos de disturbios en las funciones de los bosques tropicales: el Canopy Trimming Experiment (González y otros 2014; Shiels y González 2014), el Throughfall Exclusion Experiment (Bouskill y otros 2013; Wood y Silver 2012; Wood y otros 2019) y el Tropical Responses to Altered Climate Experiment (Kimball y otros 2018; Wood y otros 2019).

Junto con la investigación, los participantes identificaron la educación como otro impulsor de cambio positivo en El Yunque; también se señaló que las iniciativas educativas han aumentado en la última década. Dos ejemplos mencionados fueron las iniciativas de la organización no gubernamental Amigos de El Yunque (https://www.amigosdelyunque.org/) y el Luquillo Long Term Ecological Research Schoolyard Program (https://schoolyard.lter.network/), un programa de colaboración entre la Universidad de Puerto Rico y el Servicio Forestal de Estados Unidos. Estas iniciativas ofrecen experiencias de inmersión en la naturaleza, formación y oportunidades de investigación relacionadas con El Yunque, la ecología forestal y temas socioambientales a educadores, estudiantes y otros grupos. Combinan la ciencia y el arte con la exploración, el aprendizaje, la discusión, la comunicación y la creatividad.

Foto: Maxwell Farrington / TRACE website

Vista aérea de una de las parcelas experimentales del Tropical Responses to Altered Climate Experiment (TRACE). TRACE estudia los procesos interactivos entre el cambio climático y los disturbios provocados por huracanes en bosques tropicales. (forestwarming.org)

Foto: Noelia Báez Rodríguez

Experiencia de inmersión en la naturaleza coordinada por la Fundación Amigos de El Yunque.

Photo: John Bithorn

Experiencia educativa y de investigación con estudiantes de escuela coordinado por el Programa Luquillo Long Term Ecological Research Schoolyard.

Referencias

Bouskill, N.J.; Chien Lim, H.; Borglin, S. [y otros]. 2012. Pre-exposure to drought increases the resistance of tropical forest soil bacterial communities to extended drought. International Society for Microbial Ecology. 7: 384-394. https://doi.org/10.1038/ismej.2012.113

González, G.; Lodge, D.J.; Richardson, B.A. [y otros]. 2014. A canopy trimming experiment in Puerto Rico: The response of litter decomposition and nutrient release to canopy opening and debris deposition in a subtropical wet forest. Forest Ecology and Management. 332: 32-46. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.024

Harris, N.L.; Lugo, A.E.; Brown, S. [y otros] (Eds.). 2012. Luquillo Experimental Forest: Research History and Opportunities. Experimental Forests and Ranges EFR-1. Washington, D.C: USDA Forest Service. 152 p.

Kimball, B.A.; Alonso-Rodríguez, A.M.; Cavaleri, M.A. [y otros]. 2018. Infrared heater system for warming tropical forest understory plants and soils. Ecology and Evolution. 8: 1932-1944. https://doi.org/10.1002/ece3.3780

López Marrero, T.; Hermansen-Báez, L.A. 2025. El Yunque y sus servicios ecosistémicos: El proyecto una década después. [Hoja informativa]. USDA Forest Service, Región 8. 5 p.

López Marrero, T.; Hermansen-Báez, L.A. 2024. Expansion of Urban Land Cover around El Yunque National Forest: 1998 to 2023. [Hoja informativa]. USDA Forest Service, Región 8. 4 p.

López Marrero, T.; Hermansen-Báez, L.A. 2011a. El Yunque Ecosystem Services: A Participatory Research Approach. [Hoja informativa]. USDA Forest Service, Región 8. 4 p.

López Marrero, T.; Hermansen-Báez, L.A. 2011b. Participatory Listing, Ranking, and Scoring Ecosystem Services and Drivers of Change. [Guía]. USDA Forest Service, Región 8. 8 p.

Millennium Ecosystem Assessment. 2003. Ecosystem and human well-being: a framework for assessment. Washington, DC: Island Press. 245 p.

Shiels, A.B.; González, G. 2014. Understanding the key mechanisms of tropical forest responses to canopy loss and biomass deposition from experimental hurricane effects. Forest Ecology and Management. 332: 1-10. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.04.024

Wood, T.; González, G.; Silver, W. [y otros]. 2019. On the Shoulders of Giants: Continuing the Legacy of Large-Scale Ecosystem Manipulation Experiments in Puerto Rico. Forests. 10(3): 210. https://doi.org/10.3390/f10030210

Wood, T.E.; Silver, W.L. 2012. Strong spatial variability in trace gasdynamics following experimental drought in a humid tropical forest. Global Biogeochemical Cycles. 26: GB3005. https://doi.org/10.1029/2010GB004014

Agradecimientos

Agradecemos a Antonio González Toro por la revisión de esta hoja informativa y a Raghu Consbruck por su diseño y formato. Esta publicación forma parte de un proyecto de investigación y divulgación científica subvencionado por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

Cómo citar esta publicación

López Marrero, T.; Hermansen-Báez, L.A. 2024. Factores que provocan cambios en el Bosque Nacional El Yunque y sus servicios ecosistémicos: Perpectivas de grupos participantes diez años después. [Hoja informativa]. USDA Forest Service, Región 8. 9 p.

Para obtener información adicional

Si desea obtener más información o aclarar alguna duda, puede comunicarse con Tania López Marrero vía tania.lopez1@upr.edu.