



GUIA PARA PLAN DE MANEJO A ESCALA DE PAISAJE DE LA CUENCA DE RIO INABON

Nacimiento del río Inabón

INTRODUCCION

Este borrador final, presentado al Programa para la Custodia de Bosques Privados, División de Servicios Ecológicos y Forestales del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, es el resultado de un convenio de colaboración para el desarrollo de una guía para manejo a escala de paisaje en la cuenca hidrográfica del río Inabón al sur de Puerto Rico, que ese departamento acordó con la Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, Recinto de Ponce.

Sandra Molina Colón

Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico



RECONOCIMIENTOS

Esta guía para manejo de la cuenca de río Inabón es el producto de la colaboración entre distintos profesionales. Profesores del Colegio de Ciencias de los Departamentos de Biología y Química del recinto de Ponce de la Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico realizaron investigación conducente a obtener información sobre las condiciones actuales en la cuenca: la calidad de agua del río, la fauna y la flora, los vertederos clandestinos y los bosques privados. Estos son el Dr. Luis Álamo Nole, el Dr. Dallas Alston Wax, el profesor Piel Banchs Plaza, el profesor Edwin Carrasquillo Coriano y la profesora Mishelle Rivera Santos. Estudiantes sub-graduados y graduados colaboraron en las investigaciones. Reconozco a los administradores de la Vicepresidencia de Asuntos Académicos y del Colegio de Ciencias de la PUCPR por otorgar pago por horas extras o descarga a los profesores y a mi persona para poder cumplir con los acuerdos descritos en el convenio de colaboración entre la PUCPR y DRNA para el desarrollo esta guía. Personal del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, de la Junta de Planificación y del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical del USDA Forest Service (IITF) brindaron información oficial que fue utilizada en las distintas secciones en las que se describe la cuenca. Olga M. Ramos, Especialista en Sistemas de Información Geográfica de IITF, colaboró con el análisis geoespacial y construcción de los mapas a nivel de escala de paisaje.

Sinceramente,

Dra. Sandra Molina Colón
Catedrática
PUCPR, Ponce
29 de septiembre de 2019

Foto de portada es cortesía
del profesor Edwin Carrasquillo Coriano

INDICE

	Página
EL CONCEPTO DE PLAN DE MANEJO A ESCALA DE PAISAJE	1
META Y OBJETIVOS DEL PLAN	1
VISIÓN	1
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERÉS	2
ASUNTOS PRIORITARIOS Y PAISAJES DE PRIORIDAD DEL PLAN DE ACCIÓN FORESTAL DE PUERTO RICO APLICABLES A LA CUENCA	7
DEFINICIÓN DE BOSQUES PRIVADOS	12
GRUPOS DE INTERÉS Y COLABORADORES	13
AGENCIAS Y ORGANIZACIONES PRIVADAS SIN FINES DE LUCRO INVITADAS	28
CONDICIONES DESEADAS	29
RIESGOS	29
ÁREAS CON PRIORIDAD PARA CONSERVACIÓN DE DIVISIÓN DE PATRIMONIO NATURAL Y ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	36
CONDICIONES ACTUALES	37
PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES Y AGENCIA, ORGANIZACIÓN Y/O PERSONAL CORRESPONDIENTE	74
ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO	77
ASISTENCIA FINANCIERA PARA MANEJO Y CONSERVACIÓN DE ÁREAS BOSCOSAS	121
RETOS Y OPORTUNIDADES	125
ANEJOS	126
REFERENCIAS	130

LISTA DE ACRÓNIMOS

ADEA	Administración para el Desarrollo de Empresas Agropecuarias
BETN	Bosque Estatal de Toro Negro
CEIBA	Centro de Enseñanza e Investigación Biotecnología y Agrobiotecnología, PUCPR
CRIM	Centro de Recaudación de Impuestos Municipales
CSP	Comisión de Servicio Público
DE	Departamento de Educación
DRNA	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
ELA PR	Estado Libre Asociado de Puerto Rico
EPA	Environmental Protection Agency
EQIP	Programa de Incentivos para la Calidad Ambiental
ESRI	Environmental Systems Research Institute
EWP	Programa de Emergencia para la Protección de Cuencas
FAO	Food and Agriculture Organization of the USDA
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FSA	Farm Service Agency
FWS	US Fish and Wildlife Service
GIS	Geographic Information Systems
IRC	Institute of Regional Conservation
IUCN	International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
JCA	Junta de Calidad Ambiental
JP	Junta de Planificación
MAP	Municipio Autónomo de Ponce
NIPF	Non-Industrial Private Forest
Non-PRASA	Non-Puerto Rico Aqueduct and Sewage Authority
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NRCS	Natural Resources Conservation Service

LISTA DE ACRÓNIMOS (continuación)

OGPe	Oficina de Gerencia de Permisos
PUCPR	Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico
RCPP	Programa de Asociación Regional para la Conservación
USFWS	US Fish and Wildlife Service
USGS	United States Geological Survey

LISTA DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: US Geological Survey and ESRI World Street Maps 2019	3
Figura 2. Coberturas de terreno en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: IITF GTR-39 del PRGap. Gould <i>et al.</i> 2008	4
Figura 3. Porcentaje de las distintas coberturas de terreno de toda el área de la cuenca según calculado a partir de la fuente de datos: IITF GTR-39 del PRGap. Gould <i>et al.</i> 2008	5
Figura 4. Edad de los bosques en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico según datos del 2007. Fuente de datos: Kennaway y Helmer 2007 y Helmer <i>et al.</i> 2008	6
Figura 5. Áreas Críticas de Vida Silvestre dentro de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Datos provistos por la JP. Fuente de datos DRNA y USFWS 2017	9
Figura 6. Recursos hídricos y fisiografía (Cordillera Central, lomas y llano costero del sur) en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: IITF GTR-39 del PRGap. Gould <i>et al.</i> 2008	11
Figura 7. Cantidad fuegos por barrio de 2003 a 2011 en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Adaptado de Monmany <i>et al.</i> 2017. Fuente de datos: Departamento de Bomberos de Puerto Rico	12
Figura 8. Bosques privados no industriales con y sin propietario dentro de la cuenca del río Inabón en Puerto Rico. Fuente de datos: CRIM 2018. Catastro Digital de Puerto Rico: (a) parcelas al norte, (b) parcelas al noroeste, (c) parcelas al centro, y (d) parcela al sur	14
Figura 9. Área de cada tipo de bosque en los terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón	27
Figura 10 a-e. Riesgos naturales potenciales en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: JP, Bessett-Kirton <i>et al.</i> 2019, FEMA 2009, USGS y NOAA 2017	31
Figura 11. Áreas con Prioridad para Conservación de División de Patrimonio Natural y Áreas Naturales Protegidas en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: DRNA - División de Patrimonio Natural 2015 y Conservation, Protected Areas, Puerto Rico, 2016	36
Figura 12. Puntos para muestreo de calidad de agua (bacterias y metales) en el río Inabón, Puerto Rico	38

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

Título	Página
Figura 13. Coliformes y enterococos en río Inabón (col/100 mL). Datos promedio de dos fechas de muestreo en el 2018 (mayo 10 y junio 13). Puntos de muestreo por elevación (m) sobre el nivel del mar: 408 m, aguas arriba cerca de origen del río, en punto colindante con la parte sur de BETN; 262 y 195 m, aguas corriendo en elevaciones medias altas; 38 m, aguas corriendo en elevaciones medianas bajas; y 8 m, aguas quietas cerca de desembocadura	41
Figura 14. Coliformes (a) y enterococos (b) a lo largo del río Inabón, Puerto Rico. Ambas en unidades de col/100 mL. Media geométrica de dos fechas de muestreo en el 2018 (mayo 10 y junio 13) comparada con límites permitidos de la JCA (2016). Puntos de muestreo por elevación (m) sobre el nivel del mar	42
Figura 15. Variación en la concentración de Al (aluminio) desde junio 2017 hasta enero 2019 en muestras de agua en 11 puntos de muestreo a lo largo del río Inabón, Puerto Rico	45
Figura 16. Localización geográfica de los puntos donde se hicieron los censos de fauna en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico	47
Figura 17. Abundancia de las especies de aves confirmadas por avistamiento en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Censos de 43 visitas al campo en agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019. Especies endémicas ¹ . No se incluyen especies que no fueron cuantificadas	51
Figura 18. Curva de frecuencia relativa de los rangos de especies de aves confirmadas por avistamiento. Censos de 43 visitas al campo en agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019 en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico	52
Figura 19. Proximidad de los vertederos clandestinos con los puntos de muestreo de calidad de agua y de los censos de fauna en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico	69
Figura 20. Frecuencia relativa de los tipos de basura identificados en los vertederos clandestinos en distintas áreas de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico en las carreteras PR 511 y bajo la PR 52	72
Figura 21. Lugares potenciales para desarrollo ecoturístico en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico	120

LISTA DE TABLAS

Título	Página
Tabla 1. Terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Categorizados de acuerdo a si colindan directamente con BETN, y si están clasificados como bosque, protección de cuenca o de fauna protegida. Datos de Mapa Interactivo de Puerto Rico (MIPR) de la JP. Información de propietarios de terreno y dirección postal disponibles en el Catastro Digital del CRIM	18
Tabla 2. Terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Categorizados de acuerdo a si colindan directamente con BETN, y si están clasificados como bosque, protección de cuenca o de fauna protegida. Datos de Mapa Interactivo de Puerto Rico (MIPR) de la JP. Información de propietarios de terreno y dirección postal no disponibles en el CRIM. Latitud y longitud corresponde al centroide del polígono geográfico de cada terreno	23
Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua del río Inabón, Puerto Rico. Muestras de fechas distintas en el periodo comprendido desde junio 2017 hasta enero 2019	39
Tabla 4. Metales ($\mu\text{g/L}$) en puntos geográficos a lo largo del río Inabón Puerto Rico. Muestras de agua colectadas en distintas fechas durante el periodo comprendido entre junio 22 de 2017 hasta enero 29 de 2019	44
Tabla 5. Especies de aves confirmadas por avistamiento en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Especies ordenadas de mayor a menor frecuencia relativa. Censos de 43 visitas al campo durante agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019	47
Tabla 6. Abundancia de especies de aves endémicas confirmadas por avistamiento en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. No dato de abundancia significa que el ave solo identificada por su canto. Censos de 43 visitas al campo durante agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019	53
Tabla 7. Frecuencia relativa de especies de arañas, crustáceos, insectos, moluscos, peces y reptiles confirmadas por avistamiento. Censos de 43 visitas al campo durante agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019 en lugares de avistamiento dentro de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico	56
Tabla 8. Especies de árboles confirmadas en bosques privados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico: en pendientes altas y bajas, servidumbres en la ribera del río y a lo largo de carreteras	60

LISTA DE TABLAS (Continuación)

Título	Página
Tabla 9. Especies de árboles confirmadas en bosque privado en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico: en valle aluvial seco-húmedo, la servidumbre en la ribera del río y en el manglar ribereño	65
Tabla 10. Otras especies de plantas confirmadas en los bosques privados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico: arbustos, helechos, bejucos, herbáceas, yerbas y epífitas	66
Tabla 11. Descripción de vertederos clandestinos a lo largo de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Datos de octubre 12 y 27 de 2018	70
Tabla 12. Problemas identificados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Posibles soluciones y agencia de gobierno municipal y estatal; y/o programas federales que tendrían inherencia en las distintas situaciones	74
Tabla 13. Especies de árboles nativos que potencialmente pueden ser cultivadas en bosques privados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Recomendadas de acuerdo a su servicio, tamaño y crecimiento según se describen en la lista de Árboles Nativos de Puerto Rico que publica la organización Para La Naturaleza. Especies clasificadas de acuerdo a estatus de conservación. Nombre común en paréntesis	78
Tabla 14. Especies de árboles descritos en bosques vírgenes al sur y en laderas bajas y altas de la Cordillera Central de Puerto Rico (Little, Wadsworth y Marrero, 1967, revisada 2001) y tipo de hábitat (Lugo, 2005, en Joglar, editor)	86
Tabla 15. Plantas acuáticas nativas que podrían ser propagadas para proveer servicios ecológicos en río Inabón. Hidrófitas (acuáticas y ribereñas). Clasificación de presencia en agua: FAC= a veces presente, FACW=casi siempre acuática, OBL=acuática obligada. Adaptada de datos recopilados por Quiñonez Oquendo y Wagner-Vega para publicación de DRNA 2016	89
Tabla 16. Lista de árboles melíferos más comunes, nativos de Puerto Rico, o naturalizados (Little <i>et al.</i> 2001), que pueden sembrarse en la periferia de los terrenos privados y la ribera de ríos y quebradas	92
Tabla 17. Indicadores para poder diagnosticar la salud de los bosques privados. Adaptada de Forest Health Indicators (2002). Categorías de 3 a 0 en orden descendente	97
Tabla 18. Lista de aserraderos de Puerto Rico. Información tomada de http://edicionesdigitales.info/maderaspr/maderaspr/produccion.html	116

LISTA DE TABLAS (Continuación)

Título	Página
Tabla 19. Programas para la Conservación y Manejo de Terrenos Privados No-Industriales en Puerto Rico	121

LISTA DE ANEJOS

Título	Página
ANEJO I. Cuestionario 1: Problemas de los propietarios de terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón	126
ANEJO II. Cuestionario 2: Intereses de los propietarios de terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón	128

EL CONCEPTO DE PLAN DE MANEJO A ESCALA DE PAISAJE

El plan de manejo a escala de paisaje en la cuenca del río Inabón es una guía para la conservación de los bosques en propiedades privadas, atendiendo algunos de los asuntos y paisajes de prioridad identificados en el Plan de Acción Forestal de Puerto Rico; es un esfuerzo de colaboración para lograr los objetivos deseados y compartidos por los grupos de interés a través de la participación de la comunidad científica, agencias de gobierno, entidades privadas sin fines de lucro y los propietarios; y es un plan multisectorial, escrito para abordar problemas a nivel de paisaje que afectan a todos los componentes.

META Y OBJETIVOS DEL PLAN

Meta

La meta de este plan es manejar a escala de paisaje los bosques en terrenos privados en la cuenca del río Inabón, considerando los asuntos de preocupación de los propietarios y las oportunidades identificadas en el Plan de Acción Forestal de Puerto Rico.

Los bosques en terrenos privados serán descritos y evaluados para la conservación del paisaje natural, incluyendo la cubierta forestal y la red hidrográfica. El plan tiene pretende asesorar, influir y comprometer a los propietarios para tomar decisiones educadas respecto a los bosques y al río en sus terrenos, y vincular sus intereses a las prioridades de conservación programadas en el Plan de Acción Forestal.

Objetivos:

1. Permitir que las agencias públicas y organizaciones privadas puedan ejercer sus capacidades para atender los asuntos particulares sobre la conservación de los terrenos boscosos y del río.
2. Desarrollar la capacidad organizacional de los propietarios para que puedan apoderarse de los asuntos mutuos de preocupación y poder tomar decisiones educadas referentes a la conservación de los terrenos boscosos y del río dentro de su propiedad.
3. Crear un ambiente de confianza entre los propietarios de terrenos, las agencias y las organizaciones para tomar decisiones adecuadas.
4. Aumentar la colaboración entre los distintos propietarios de los terrenos privados para el logro de los objetivos mutuos.
5. Motivar a los propietarios para alcanzar los objetivos programados.
6. Aplicar el conocimiento científico en las estrategias de manejo a desarrollarse.
7. Hacer más eficiente la prestación de servicios por parte de las agencias públicas y privadas.
8. Que el plan sirva como modelo para otras cuencas hidrográficas en Puerto Rico.

VISIÓN

Alcanzar una amplia cobertura de bosques privados a lo largo de la cuenca, que proporcionen hábitat y alimento a la vida silvestre, que mejoren la calidad de los suelos y cuerpos de agua, y que sean considerados como lugares de alto valor para el disfrute y beneficio de ésta y futuras generaciones; todo

en armonía con el bienestar de las comunidades, los usos permitidos e intereses de los propietarios de terreno.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERÉS

Ubicación

La cuenca del río Inabón es de alrededor de 9868 ha y está localizada de norte a sur entre los municipios de Ponce y Juana Díaz (Figura 1). El río Inabón se origina a 951 m sobre el nivel del mar en el sur del BETN. Fluye de forma casi paralela a la PR-511 hacia el Mar Caribe, desembocando en el barrio Capitanejo, entre Ponce y Juana Díaz. Hacia el oeste del origen del río Inabón, también en el BETN, nace el río Anón. Éste fluye por el barrio Anón y se une con el río Inabón, justo al sur de la intersección PR-511 y PR-517, Camino Jurutungo del Barrio Anón. El río Guayo es tributario del río Inabón. Éste se origina en la Cordillera Central y corre de forma paralela al cauce del río Inabón hasta confluir ambos en la parte sur de la cuenca. Desde el punto de confluencia, el río Inabón discurre hacia el Mar Caribe en un solo cauce separando inicialmente el Barrio Sabana Llana de Juana Díaz del de Coto Laurel en Ponce.

Coberturas de terreno

En la cuenca hay varias coberturas de terrenos (Figura 2). Las principales coberturas para el 2003 son áreas de pastizales, matorral y bosque abierto, bosque secundario maduro y secundario joven (Figura 3). Las categorías de bosques incluyen bosques primarios y secundarios maduros, secundarios maduros, secundarios jóvenes, bosques ribereños, bosques y matorrales, y manglares. Los bosques primarios y secundarios maduros están mayormente en el Norte, mientras los secundarios jóvenes al Centro y Sur de la cuenca cerca de las áreas urbanas.

La edad de los bosques en el 2007 fluctuaba entre 1-9 hasta más de 63 años (Figura 4). Para ese año, los bosques privados con registro de propietario o no, eran bosques secundarios entre 10 a 49 años (Kennaway y Helmer 2007 y Helmer *et al.* 2008), por lo que su edad actual (2019) es entre 22 a 61 años. La mayoría de estos bosques privados están localizados cerca del río hacia el lado central y oeste de la cuenca. Hay otras grandes extensiones de terreno con bosques que son propiedades de corporaciones y compañías privadas, de entidades sin fines de lucro, de agencias de gobierno estatal, del municipio de Ponce y de la Diócesis de Ponce de la Iglesia Católica.

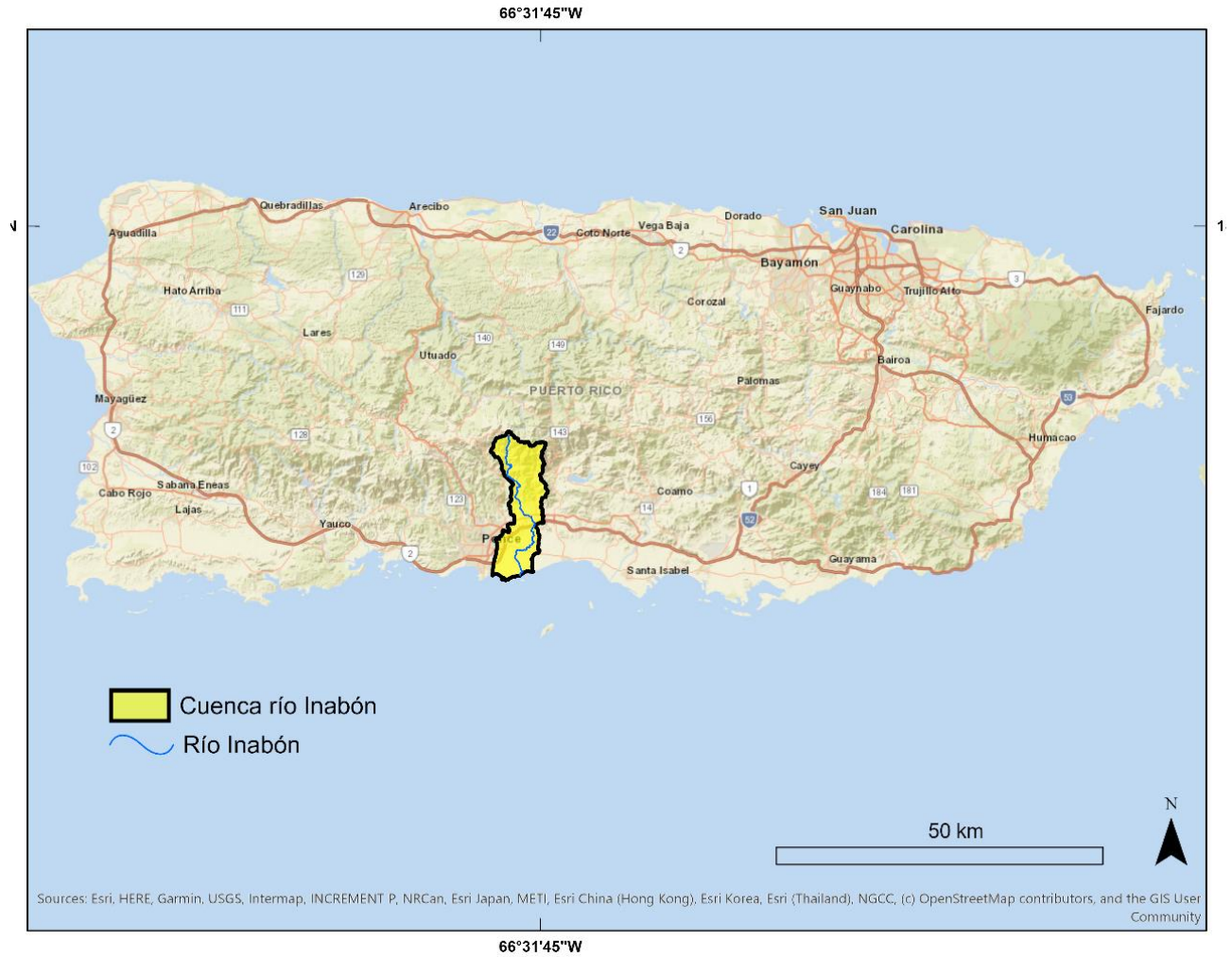


Figura 1. Cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: ESRI World Street Maps 2019

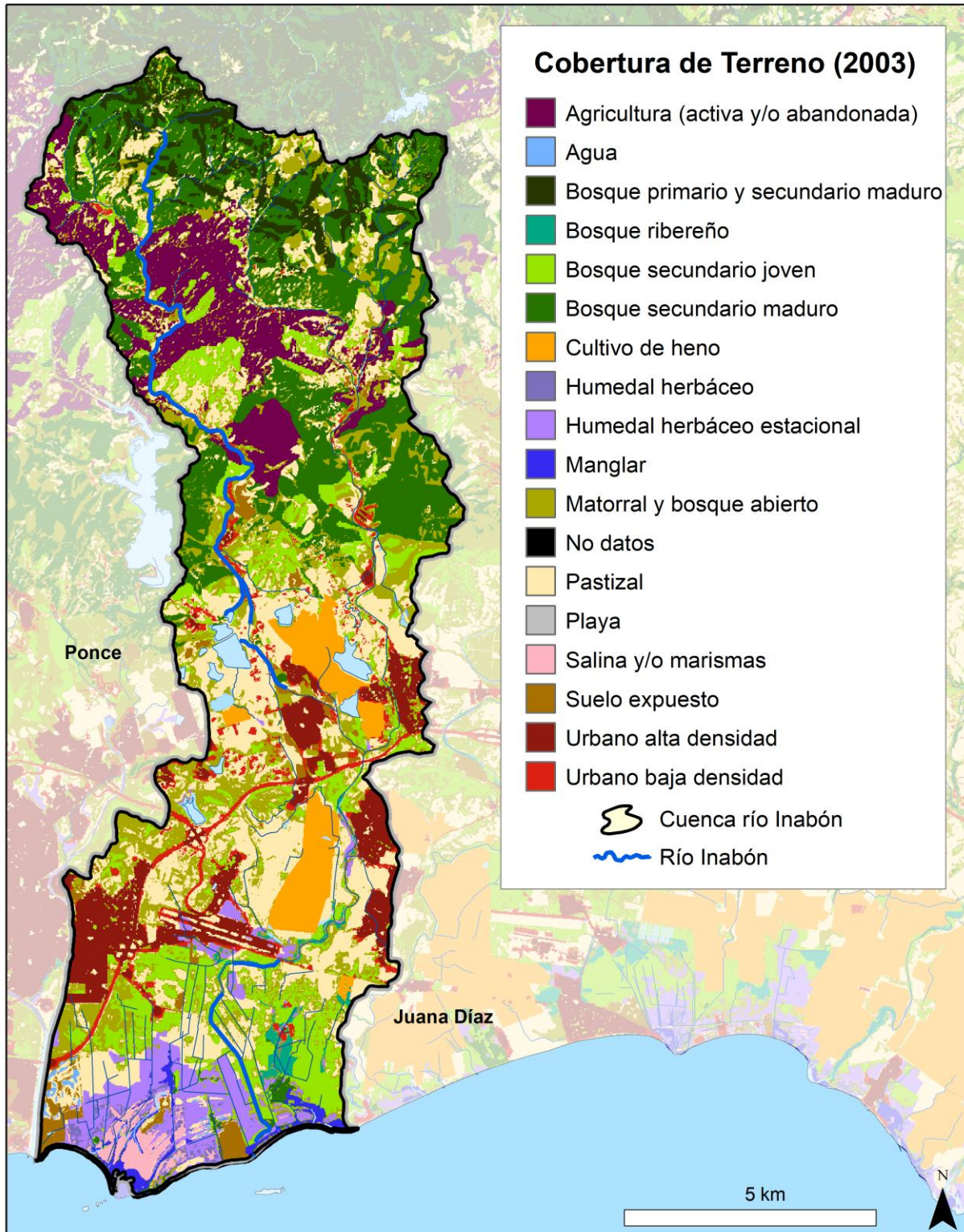


Figura 2. Coberturas de terreno en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: IITF GTR-39 del PRGap. Gould *et al.* 2008

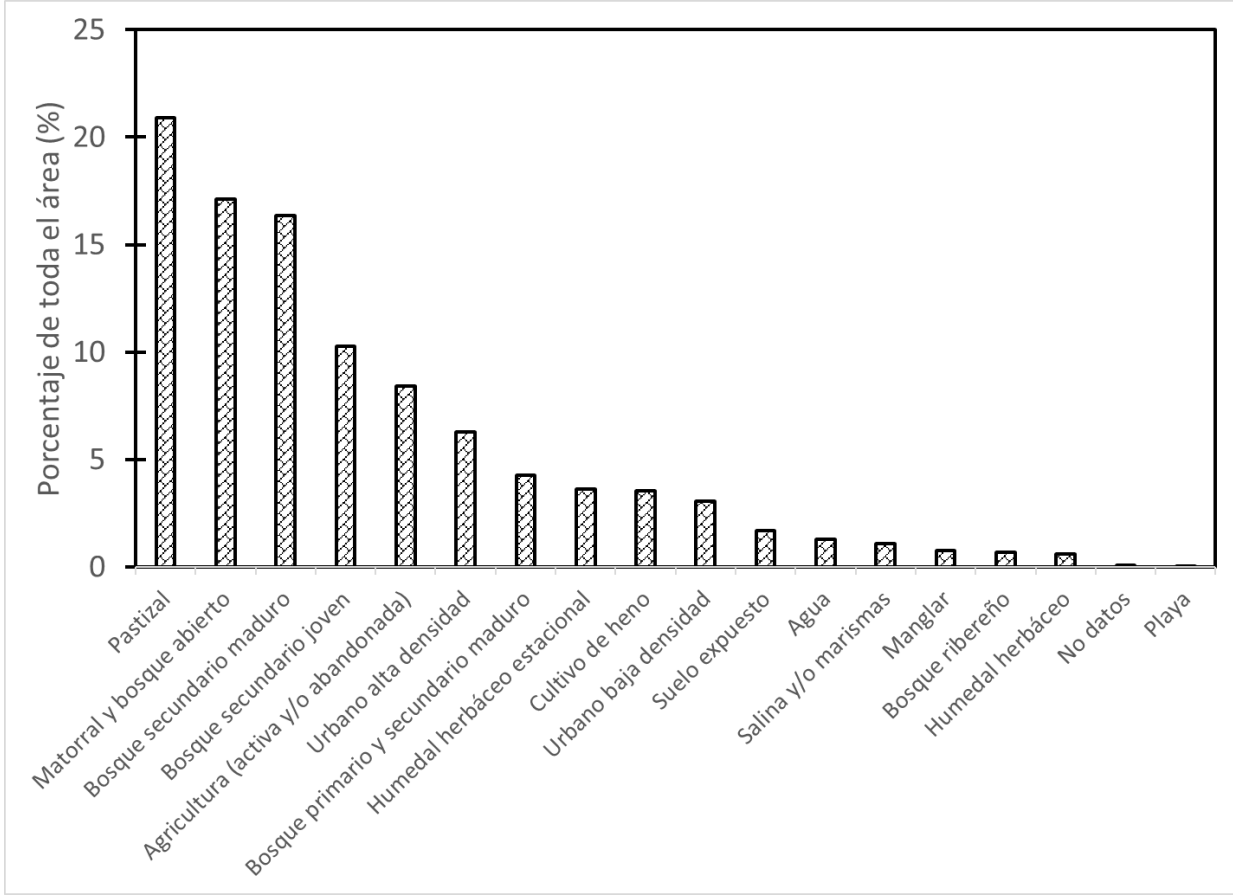


Figura 3. Porcentaje de las distintas coberturas de terreno de toda el área de la cuenca según calculado a partir de la fuente de datos: IITF GTR-39 del PRGap. Gould *et al.* 2008

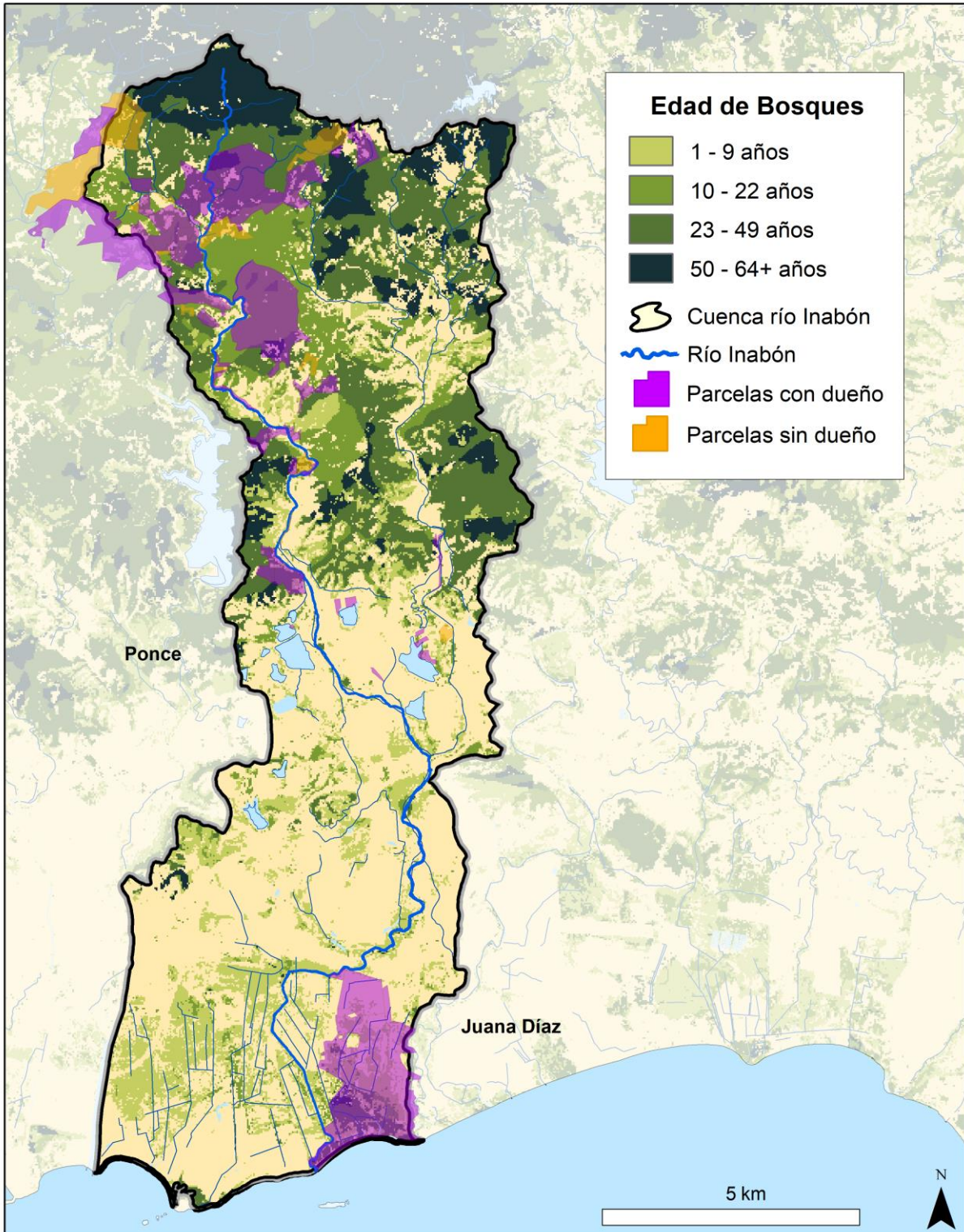


Figura 4. Edad de los bosques en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico según datos del 2007. Fuente de datos: Kennaway y Helmer 2007 y Helmer *et al.* 2008

Aspectos ambientales a nivel geográfico

López Marrero y Villanueva Colón (2006) revisaron, desde el punto de vista geográfico, diferentes aspectos de la Isla. De éstos, se deducen algunos aplicables a la cuenca. De norte a sur, las zonas de vida ecológicas incluyen bosque muy húmedo subtropical, húmedo subtropical y seco subtropical. De igual forma, la geología se extiende desde roca volcánica extrusiva e intrusiva y volcánico-clástica, roca calcárea, aluvión y otros depósitos no consolidados; y respectivamente sobre estas, el relieve es de interior montañoso, llanuras y valles costeros.

La cobertura vegetal e hídrica del terreno son bosques y arbustos, agua y manglares; y la antropogénica son terrenos agrícolas y urbanos. Hay suelos con alto potencial agrícola, principalmente en llanuras y valles costeros. Las actividades agrícolas principales son cultivo de plátanos, guineos y vegetales; mientras que la producción agropecuaria es ganado vacuno para leche y carne, crianza de cerdos e industria avícola.

Por otra parte, hay áreas construidas en suelo de alto potencial agrícola, que a su vez aumentan la extracción de agua subterránea para uso público, industrial y privado. Además, las actividades ganaderas, crianza de cerdos y avícolas; el uso de fertilizantes químicos en cultivos agrícolas; las viviendas no conectadas a alcantarillados; y los vertederos clandestinos, son todos factores que influyen gravemente en la calidad de agua del río. A pesar de estos factores negativos, en terrenos cerca a la desembocadura del río se cazan jueyes para consumo y venta, mientras que en la zona costanera se lleva a cabo pesca artesanal.

ASUNTOS PRIORITARIOS Y PAISAJES DE PRIORIDAD DEL PLAN DE ACCIÓN FORESTAL DE PUERTO RICO APLICABLES A LA CUENCA

Asuntos prioritarios

1. Fragmentación de bosques privados

Preocupación de ciudadanos sobre los efectos adversos en sus comunidades que puedan resultar por la fragmentación de bosques privados, preocupación de agencias que velan por la conservación de recursos y de académicos por la pérdida de hábitat para la vida silvestre y de las consecuencias ecológicas negativas debido a la fragmentación de bosques.

2. Estrategias de conservación de recursos hídricos en toda la cuenca

Mantener la calidad del agua en el río Inabón debido a que el río es un lugar de recreación, es fuente de agua para familias cuyo sistema de agua potable es NON-PRASA, es hábitat de especies vulnerables, y es fuente de agua dulce al manglar y la zona de estuario.

3. Necesidad de información sobre servicios que ofrecen los ecosistemas y otros beneficios que reciben de los bosques privados

Los ciudadanos deben conocer y entender todos los servicios y beneficios (e.i., ecológicos, ambientales, sociales, a la salud, económicos, entre otros) que ofrecen los bosques para así poder apreciarlos y conservarlos.

4. Perturbaciones no antropogénicas que afectan los bosques

Perturbaciones no antropogénicas que ocurren son tormentas y huracanes que provocan inundaciones, deslizamiento de terrenos, pérdida de cobertura vegetal por vientos fuertes, erosión de suelos y pérdida de nutrientes. Estas perturbaciones no solo afectan los bosques, sino que afectan cultivos, ganado, propiedades y familias.

5. Preocupación sobre especies no nativas de rápido crecimiento que puedan afectar la flora nativa en bosques

Especies de yerbas y bejucos colonizan áreas de terreno deforestado, especialmente en la zona ribereña y podrían retardar la reforestación por vía natural de esos terrenos. Especies de insectos y hongos y algunos patógenos podrían dañar cosechas en fincas cercanas y transportarse a áreas boscosas como consecuencia de fragmentación de hábitats. Algunas especies de flora o fauna nativa pueden ser afectadas sino tienen mecanismos evolutivos para resistir los posibles patógenos.

6. Oportunidades económicas y de alternativas de mercadeo de productos forestales

Expandir y desarrollar nuevas estrategias de mercadeo de productos agro-forestales, madereros y productos no madereros; de áreas ecoturísticas y recreativas; de los productos ecológicos que ofrecen los bosques privados, por ejemplo, almacenamiento de carbono mediante fotosíntesis, producción de agua, conservación de biodiversidad, y protección de las costas. Estos productos ecológicos se pueden estimar en términos económicos, especialmente para el fisco, al medirse los gastos por eventos climatológicos extremos que están ocurriendo a mayor intensidad y frecuencia debido al cambio climático global y la actividad humana. Ejemplos de estos gastos son gastos por inundaciones, pérdida de propiedad, erosión de las costas, limpieza de ríos contaminados, limpieza de playas, recuperación de las áreas naturales para la vida silvestre, y gastos de manejo y conservación de las cuencas hidrográficas.

Paisajes prioritarios

1. Áreas críticas para la vida silvestre

Según datos geográficos del DRNA y del USFWS (2017), en la cuenca se han identificado áreas críticas para especies de vida silvestre (Critical Wildlife Areas) y de flora en estado vulnerable, crítico o peligro de extinción (Figura 5). Las especies son *Elaphoglossum serpens*, helecho arbóreo enano (*Cyathea dryopteroides*), *Thelypteris inabonensis*, *Eleutherodactylus richmondi*, *Stenoderma ruffum*, *Erophylla sezekorni* y *Mabuya mabouya*. Algunas de estas especies podrían encontrarse en terrenos privados con bosque.

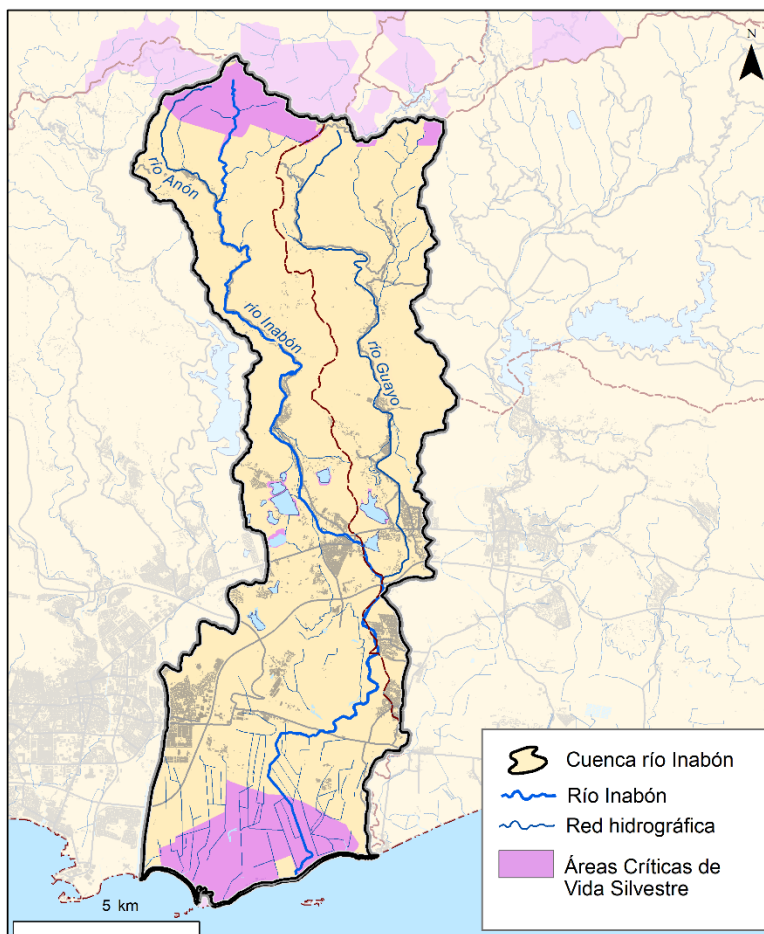


Figura 5. Áreas Críticas de Vida Silvestre dentro de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Datos provistos por la JP. Fuente de datos DRNA y USFWS 2017

Los bosques en las cabeceras altas del río Inabón son hábitats para la especie de helecho en peligro de extinción, *Thelypteris inabonensis* (Proctor 1989, 1991 y USFWS 1995, 2011), con aproximadamente solo 32 ejemplares. Otras especies vegetales en peligro de extinción (USFWS 2011) que se asume pueden estar presentes en terrenos boscosos cercanos al BETN son las especies de árboles palo de nigua (*Cornutia obovata*) e *Ilex cookii*. Por otra parte, en la cuenca alta, pudieran encontrarse especies animales protegidas como el falcón de sierra (*Accipiter striatus venator*), el guaragao de bosque (*Buteo platypterus brunnescens*) y la boa puertorriqueña (*Epicrates inornatus*). En los bosques de montano bajo y en hábitats ribereños, pudiese habitar la paloma sabanera (*Columba inornata wetmorei*); y en los bosques costeros, el guabairo (*Caprimulgus noctitherus*). Las zonas costaneras son hábitats para el playero melódico (*Charadrius melodus*), la especie de tortuga peje blanco (*Chelonia mydas*), el tinglar (*Dermochelys coriacea*), el carey (*Eretmochelys imbricata*), el pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*), la palometa (*Sterna dougallii*) y el manatí antillano (*Trichechus manatus manatus*). Además, y no menos importante, las variaciones de hábitats a largo de toda la cuenca facilitan la ocurrencia de especies de aves migratorias y residentes, así como de una gran riqueza de fauna y de flora nativa.

2. Área de importancia hidrológica

La cuenca incluye parte del sur de la Cordillera Central; y lomas y llano costero del sur (Figura 6). Estas son áreas de gran importancia hidrológica, tanto para la región incluida de norte a sur, como para el mar Caribe. Los bosques privados deben mantenerse y restaurarse para la conservación de los recursos hidrológicos.

3. Paisaje propenso a fuego

En la región sur de la cuenca, hay áreas donde ocurren fuegos forestales (Figura 7), los que se cree son mayormente inducidos. Estos ocurren principalmente durante los meses secos a principio de año y en el verano. Los daños a los bosques son graves, pues la mayoría de las especies son no tolerantes a fuegos.

4. Corredores ribereños

La restauración y el manejo de los corredores ribereños son asuntos de alta prioridad para el DRNA, por lo que lo hace prioritario de este plan. Los corredores ribereños, que son las áreas de servidumbre de zona de cinco metros lineales a ambos lados del cauce normal del río, arroyo o quebrada, según la definición dada en la Ley Núm. 55 del año 2004, para enmendar la Ley Núm. 49 de 2003: Clarificar la política pública a seguir por las agencias ambientales del ELA. La restauración y manejo incluye aumentar la cobertura forestal, promover actividades agrícolas eco-amigables en los terrenos colindantes y aminorar las corrientes urbanas. Esto es primordial para el mantenimiento de la calidad del agua, protección de los suelos y conservación de hábitat para la vida silvestre. Además, la restauración y manejo de los corredores ribereños propende a aumentar el valor económico de las áreas circundantes, la estética, la seguridad y el potencial de recreación al aire libre. En términos ecológicos, los bosques ribereños reducen la probabilidad de que contaminantes lleguen al agua mediante esorrentías, aumentan la biodiversidad y la productividad de los sistemas acuáticos.

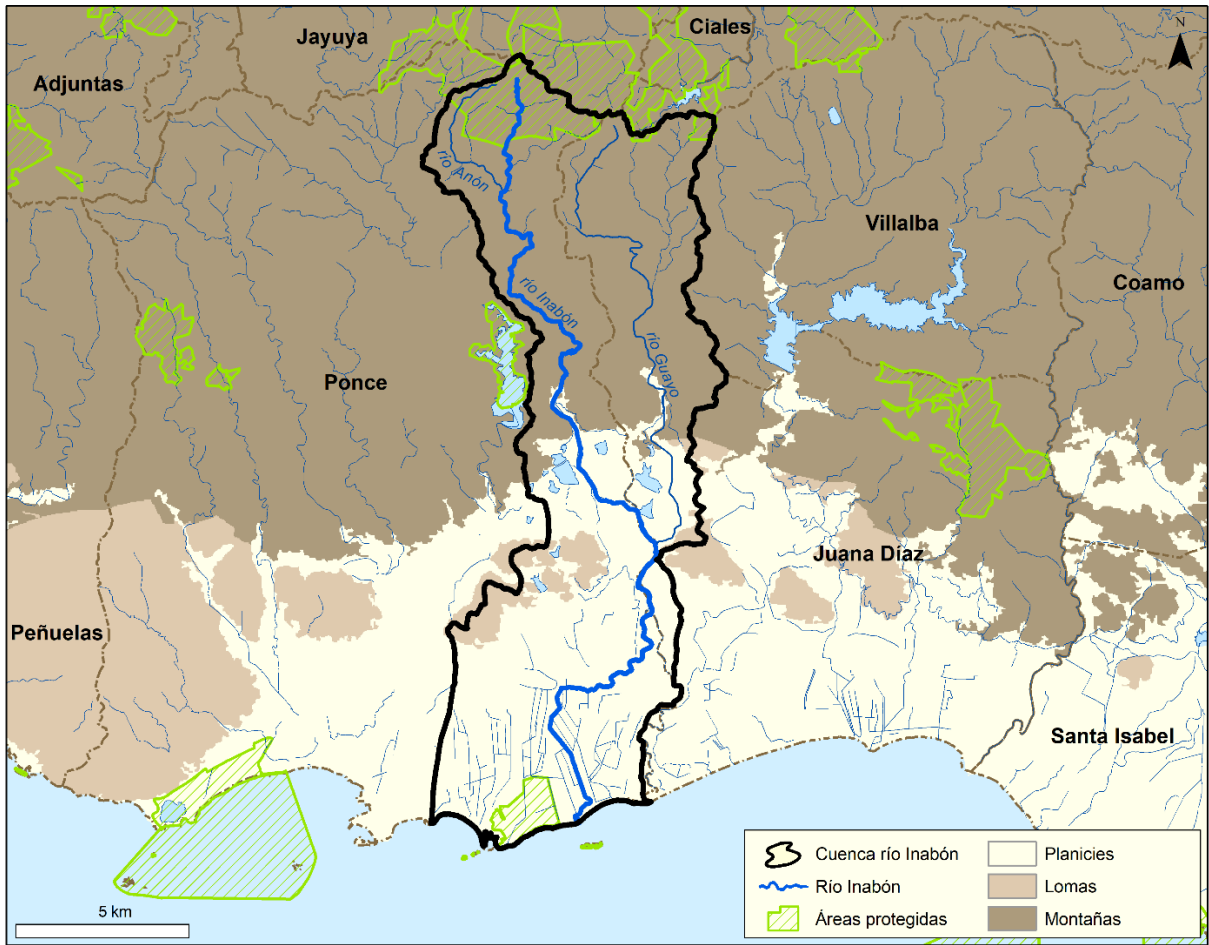
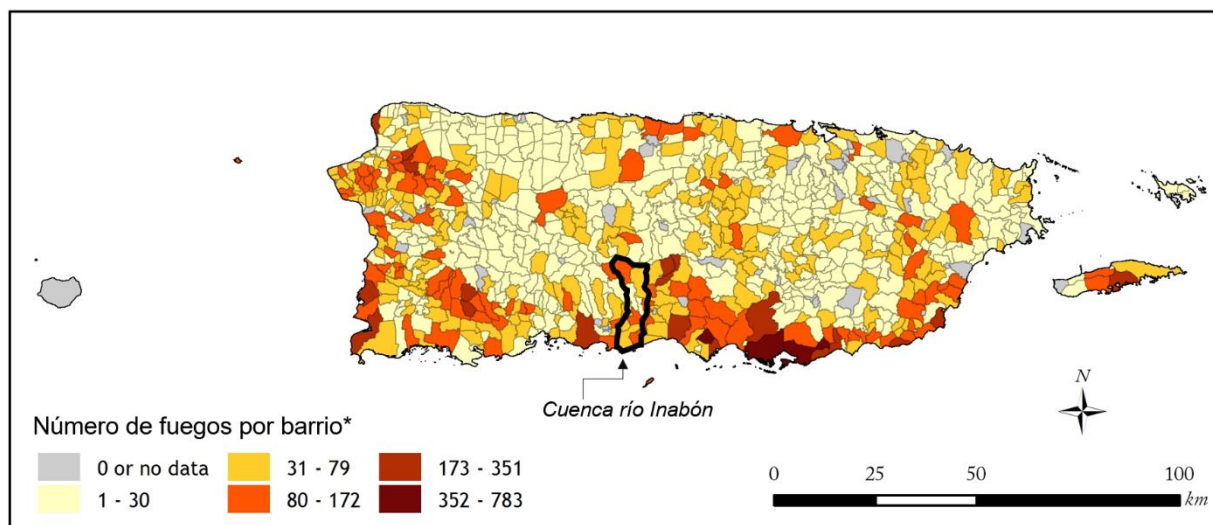


Figura 6. Recursos hídricos y fisiografía (Cordillera Central, lomas y llano costero del sur) en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: IITF GTR-39 del PRGap. Gould *et al.* 2008



* Adaptado de Monmany et al. 2017

Figura 7. Cantidad de fuegos por barrio de 2003 a 2011 en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Adaptado de Monmany *et al.* 2017. Fuente de datos: Departamento de Bomberos de Puerto Rico

5. Bosques urbanos

De acuerdo a la Ley de Bosques Urbanos de Puerto Rico (Ley 213 de 1999) los bosques urbanos son áreas de terreno en zona urbana en los que dominan los árboles. Los bosques urbanos son de diversas configuraciones y tamaños. Puede ser área lineal con arboles a lo largo 700 m o más, arboles en un parcho de 500 m² o más, o árboles a lo largo de una periferia no menor de 1,000 metros. No tienen que ser exclusivamente terrenos cuya titularidad sea del gobierno estatal, sino que puede ser un terreno privado o municipal.

A lo largo de la cuenca hay varias zonas urbanas, tanto en la cuenca media como en la cuenca abajo. En estas zonas existen distintas infraestructuras. Entre las infraestructuras y el flujo del río hay parchos sin vegetación arborecente que podrían ser manejados para establecer bosques urbanos. Algunos son parte de terrenos privados industriales, como urbanizaciones y lagos artificiales. En las áreas ribereñas pueden establecerse bosques urbanos tipo periféricos o parchos de especies nativas, junto a las especies naturalizadas ya existentes, que sirvan para la protección de las propiedades contra vientos huracanados, aumenten el valor de la propiedad, y sirvan como lugar de recreación y disfrute pasivo al aire libre. Además, estos terrenos boscosos ayudan a mejorar la calidad del agua en los lagos al minimizar las escorrentías urbanas, la sedimentación y la eutrofización.

DEFINICIÓN DE BOSQUES PRIVADOS

En la cuenca hay varios terrenos privados no-industriales que están total o parcialmente cubiertos con bosques jóvenes y maduros. Los terrenos boscosos de corporaciones privadas, del estado, del municipio, de la Iglesia Católica, o de dueños que ya tienen Plan de Manejo aprobado por DRNA, aunque son bosques privados no serán considerados para este plan. Los bosques privados a considerarse serán propiedad de

personas individuales o de sucesiones. Estos son parte de las Áreas Prioritarias de Conservación (APC) según la JP y son identificados por la División de Patrimonio Natural y Áreas Naturales Protegidas del DRNA como Áreas de Patrimonio Natural. Los bosques privados deben ser terrenos con cubierta forestal que provean servicios ecológicos, como lo son hábitat de vida silvestre, fuente de agua potable, sirvan como lugares para la recreación y lugares para actividades que no afecten mucho el ecosistema. Las actividades deben ser de pequeña escala, de baja intensidad y frecuencia; por ejemplo, reforestación con especies nativas, mantenimiento de especies naturalizadas ya existentes, y actividades educativas y de investigación. La reforestación con especies nativas es prioritaria sobre la reforestación con especies naturalizadas debido a que las primeras son menos abundantes en muchos de los bosques secundarios en Puerto Rico.

GRUPOS DE INTERÉS Y COLABORADORES

La red colaborativa para el manejo a escala que se propone en este plan está compuesta por varios grupos de interés: propietarios de terreno, agencias de gobierno, científicos, educadores y organizaciones privadas sin fines de lucro.

Terrenos privados no industriales

Se localizaron 103 terrenos privados no industriales como Áreas Prioritarias de Conservación (APC) según la JP. Estos están identificados por la División de Patrimonio Natural y Áreas Naturales Protegidas del DRNA como Áreas de Patrimonio Natural (Figura 8 a-d). Utilizando el Catastro Digital del CRIM se obtuvieron datos de las parcelas. En 63 de las parcelas había información del propietario. Algunas de las parcelas de bosque privado sin esa información son de poco tamaño o parte de su terreno está fuera de la cuenca; sin embargo, se consideraron en el estudio porque podrían ser hábitat para la vida silvestre.

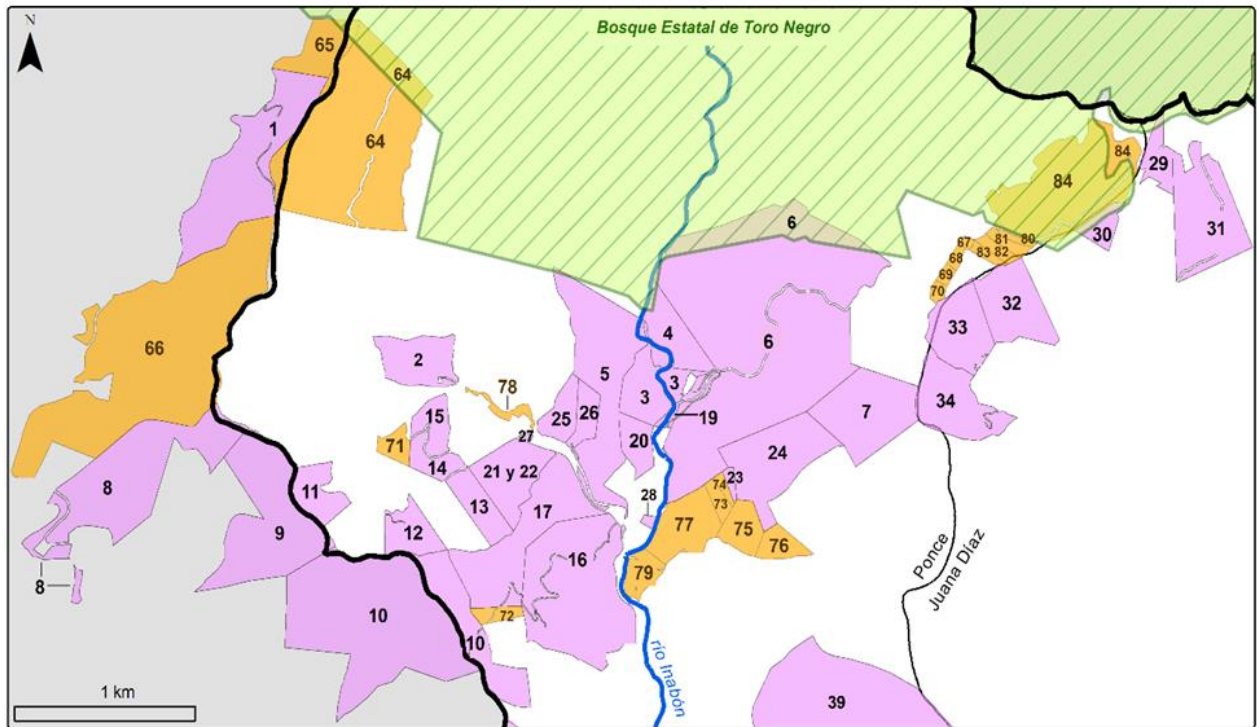
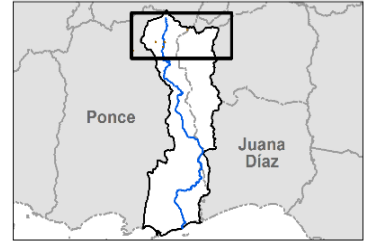
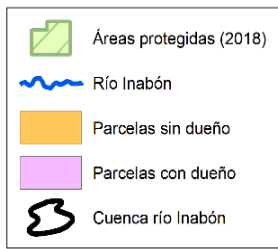


Figura 8 a

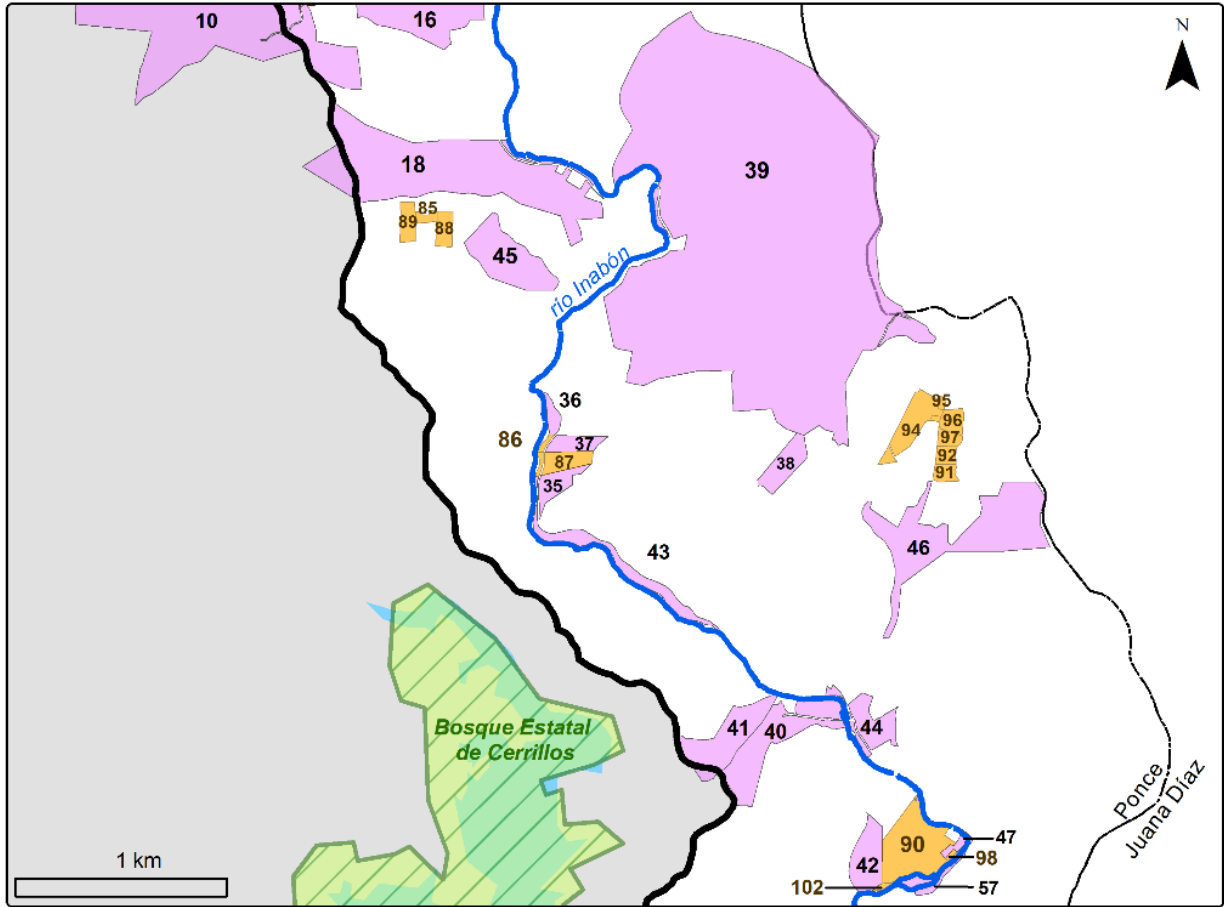


Figura 8 b

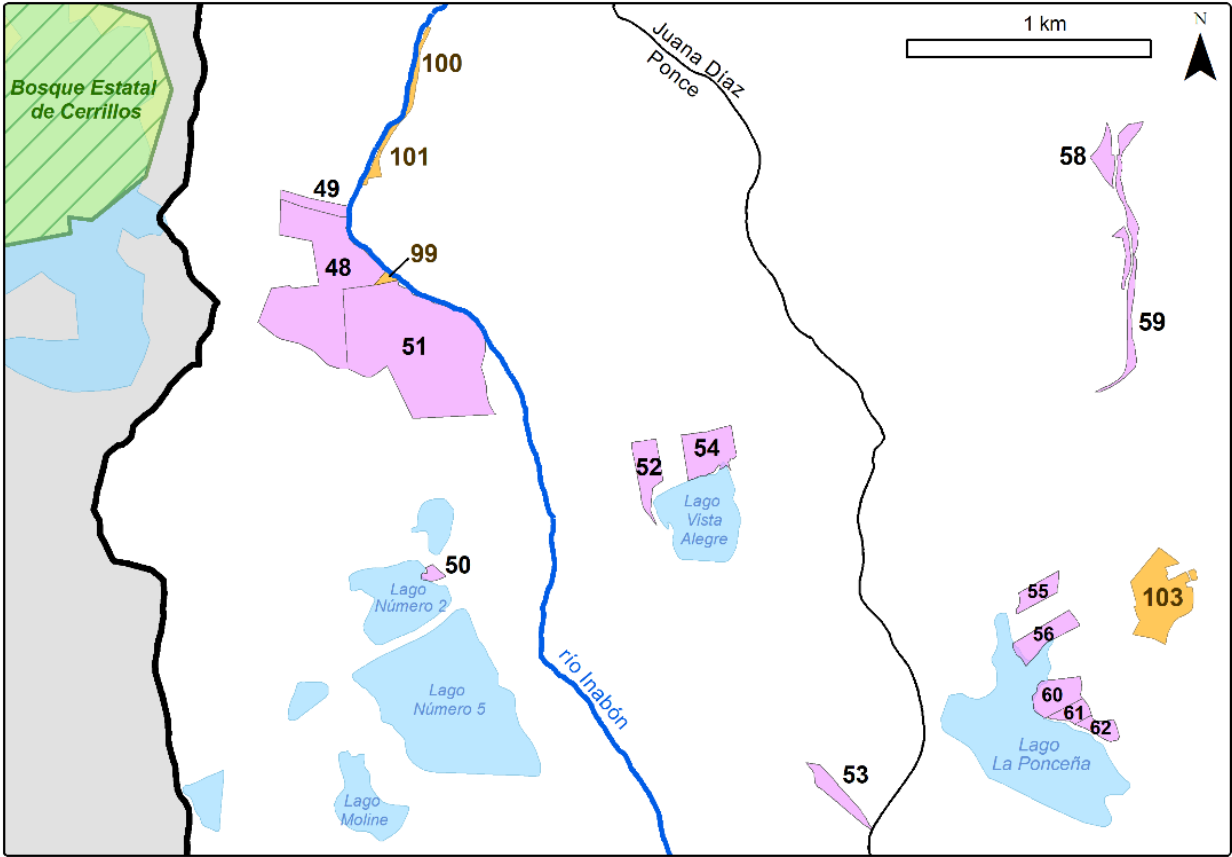


Figura 8 c

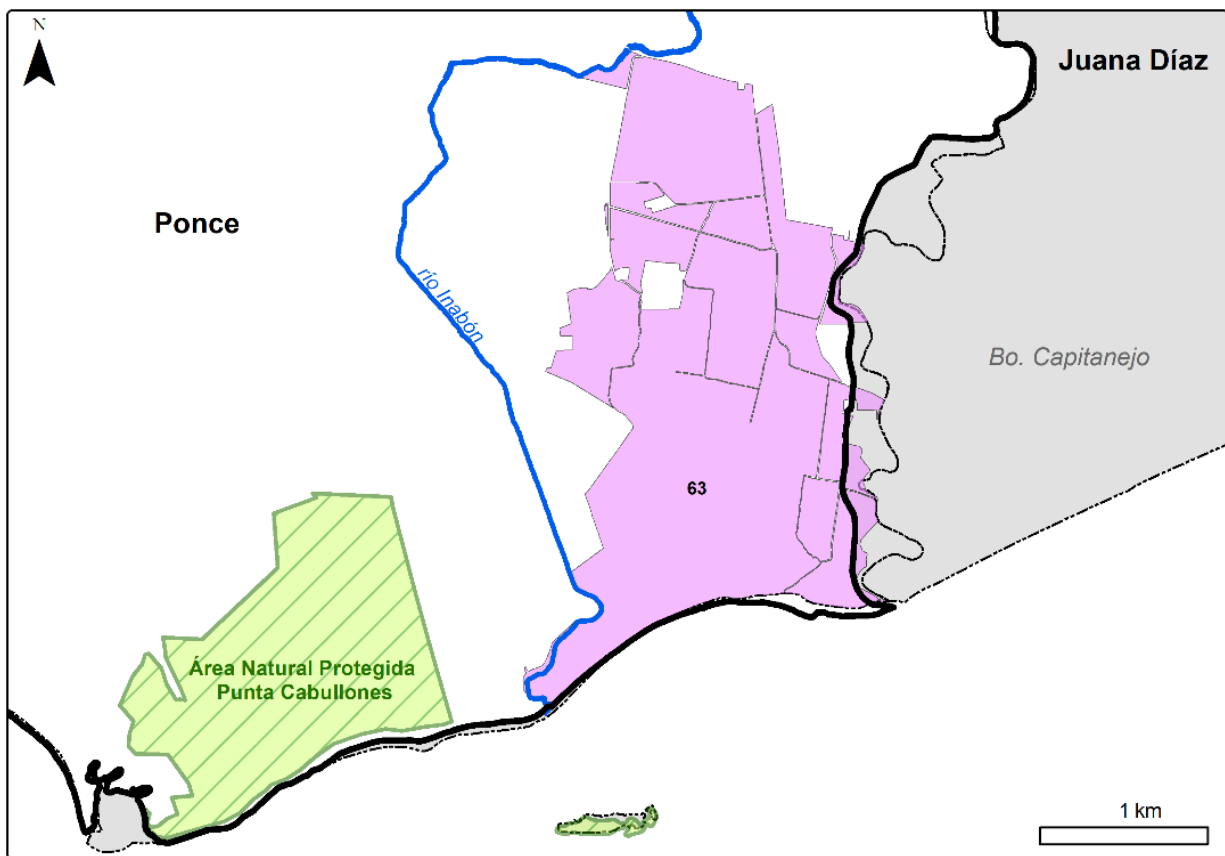


Figura 8 d

Figura 8. Bosques privados no industriales con y sin propietario dentro de la cuenca del río Inabón en Puerto Rico. Fuente de datos: CRIM 2018. Catastro Digital de Puerto Rico: (a) parcelas al norte, (b) parcelas al noroeste, (c) parcelas al centro, y (d) parcela al sur

Estos terrenos se localizan a uno o a ambos lados de la PR 511, PR 517, PR 143, PR 139, PR 512 y PR 507. Discurren a lo largo de la cuenca desde el sur del BETN hasta la desembocadura del río Inabón en el Barrio Capitanejo. Las elevaciones sobre el nivel del mar fluctúan aproximadamente entre 0 a 1200 m y las pendientes entre 0 y 90 °, siendo las pendientes y elevaciones más altas en los terrenos en la parte norte de la cuenca. Muchos terrenos incluyen ríos y quebradas o colindan directamente con el flujo principal, son áreas rurales y fueron considerados en la propuesta de Bosque Modelo. Los usos en muchas de las propiedades son principalmente agrarios, y los suelos se clasifican como suelo rústico especialmente protegido (SREP), que se subdividen en suelo rústico de valor común (SREP-C), de valor agrícola (SREP-A) o de valor ecológico (SREP-E). Cada uno de los 103 terrenos fueron categorizados de acuerdo a los siguientes atributos: si tiene bosque, si es importante para protección de la cuenca, si es hábitat crítico para la vida silvestre, y/o si colinda con el BETN (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Categorizados de acuerdo a si colindan directamente con BETN, y si están clasificados como bosque, protección de cuenca o de fauna protegida. Datos de Mapa Interactivo de Puerto Rico (MIPR) de la JP. Información de propietarios de terreno y dirección postal disponibles en el Catastro Digital del CRIM

Número en figura	Catastro	Dirección física	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
1	268-000-008-01-901	PR 511 BO ANON PARC 5	30.23			X	
2	292-000-003-12-000	PR 511 BO ANON	9.78		X	X	
3	292-000-004-03-001	PR 511 BO ANON PARC #5	9.51	X	X	X	
4	292-000-004-07-901	PR 511 KM HM 12.7 BO ANON	8.84	X	X	X	
5	292-000-004-09-000	PR 511 JURUTUNGO BO REAL ANON	26.98	X	X	X	
6	292-000-005-12-000	PR 511 BO ANON, PARC #5	109.52	X	X	X	
7	292-000-005-14-000	PR 511 KM HM 12.7 BO REAL ANON	18.12		X	X	
8	292-000-007-01-901	PR 139 KM 17.2 BO ANON	34.78			X	
9	292-000-008-01-001	PR 511 BO ANON PARC 5	29.35			X	
10	292-000-008-03-901	PR 511 BO REAL ANON	67.11			X	
11	292-000-008-07-000	PR 511 BO ANON	6.43			X	
12	292-000-008-09-000	PR 511 BO ANON	6.41			X	

Tabla 1. Continuación

Número en figura	Catastro	Dirección física	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
13	292-000-008-11-000	PR 511 BO ANON	6.14			X	
14	292-000-008-16-000	PR 511 BO ANON	3.75			X	
15	292-000-008-17-000	PR 511 BO ANON	4.46			X	
16	292-000-009-03-901	PR 511 BO ANON PARC 5	36.47			X	
17	292-000-009-06-000	PR 511 BO ANON PARC 5	22.85			X	
18	292-000-009-13-901	PR 511 KM 11.2 BO REAL ANON	34.97			X	
19	292-000-009-35-000	PR 511 KM HM 12.7 BO ANON	0.48		X	X	
20	292-000-009-48-000	PR 511 KM HM 12.7 BO ANON	4.49			X	
21	292-000-009-51-001	PR 511 47-C PARC RAICES	11.03			X	
22	292-000-009-51-002	PR 511 47 REAL ANON	11.03			X	
23	292-000-010-03-001	PR 511 KM HM 3.3 BO REAL	0.76		X	X	
24	292-000-010-10-901	P4 511 BO ANON PARC 5	18.3		X	X	
25	292-047-005-01-001	PR 511 BO ANON PARC #5	4.58		X	X	

Tabla 1. Continuación

Número en figura	Catastro	Dirección física	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
26	292-047-005-02-000	PR 511 KM HM 13.2 BO REAL ANON	3.64		X	X	
27	292-057-002-37-000	PR 511 KM HM 13.7 BO REAL ANON	0.19			X	
28	292-068-007-02-001	PR 511 KM HM 12.7 BO REAL ANON	0.43			X	
29	293-000-001-08-901	PR 517 BO COLLORES	3.59	X	X	X	
30	293-000-001-33-000	PR 143 22.8 BO COLLORES	3.2	X	X	X	
31	293-000-001-35-000	PR 143 KM 22.7 BO COLLORES	19.06		X		
32	293-000-001-38-000	PR 517 KM HM 3.5 BO COLLORES	12.9		X		
33	293-000-001-39-000	PR 517 KM HM 3.5 BO COLLORES	11.82		X		
34	293-000-006-25-000	PR 517 KM HM 3.5 BO COLLORES	13.75			X	
35	317-000-004-12-000	PR 511 KM HM 8.9 BO REAL ANON	2.24		X		
36	317-000-004-19-001	PR 139 KM HM 9.4 BO REAL ANON	0.92		X		
37	317-000-004-23-001	PR 511 BO REAL	1.77		X		

Tabla 1. Continuación

Número en figura	Catastro	Dirección física	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
38	317-000-005-12-000	PR 511 BO REAL	3.06		X		
39	317-000-005-34-001	PR 511 KM 10.5 BO REAL ANON	190.66		X		
40	317-000-010-18-000	PR 511 KM HM 3.3 BO REAL ANON	9.98			X	
41	317-000-010-19-001	PR 511 KM HM 3.3 BO REAL ANON	7.2			X	
42	317-000-010-33-000	PR 511 BO REAL	4.22		X		
43	317-000-010-59-901	PR 511 KM HM 7.7 BO REAL ANON	4.65		X		
44	317-000-010-62-000	PR 511 KM HM 6.6 BO REAL ANÓN	3.87		X		
45	317-018-004-06-000	PR 511 KM HM 9.6 BO REAL ANON	8.02		X		
46	318-000-006-07-001	PR 511 BO REAL ANON LAS MESAS	19.35		X		
47	318-091-007-02-000	PR 511 KM HM 6.0 BO REAL	0.51		X		
48	341-000-010-07-000	PR 511 KM HM 4.0 BO REAL	16.29		X		
49	341-050-004-01-001	PR 511 BO REAL	1.22		X		
50	341-090-002-27-000	BO CERRILLO HOYO	0.4		X		

Tabla 1. Continuación

Número en figura	Catastro	Dirección física	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
51	342-000-006-15-901	PR 511 BO REAL ANON	23.94		X		
52	342-000-006-32-000	PR 511 BO REAL ANON	3.95		X		
53	342-000-006-32-000	PR 511 BO REAL ANON	3.95		X		
54	342-000-006-34-000	PR 511 PARCELA V 19 BO REAL	3.46		X		
55	342-000-007-48-000	HACIENDA CALLABO	1.37				X
56	342-000-007-50-000	P17 HACIENDA CALLABO	2.21				X
57	342-001-407-01-001	PR 511 KM HM 5.6	1.53		X		
58	342-035-406-01-864	PR 512 BO CALLABO	1.86				X
59	342-055-401-71-005	PR 512 KM 3.0 BO COLLORES	2.85				X
60	366-000-002-32-000	P15 HACIENDA CALLABO	2.39				X
61	366-004-544-13-000	BO CALLABO	0.96				X
62	366-004-544-14-000	P-14 HACIENDA CALLABO	0.99				X
63	390-000-006-03-901	BO CAPITANEJO	448.32		X	X	X

Tabla 2. Terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Categorizados de acuerdo a si colindan directamente con BETN, y si están clasificados como bosque, protección de cuenca o de fauna protegida. Datos de Mapa Interactivo de Puerto Rico (MIPR) de la JP. Información de propietarios de terreno y dirección postal no disponibles en el Catastro Digital del CRIM. Latitud y longitud corresponde al centroide del polígono geográfico de cada terreno

Número en figura	Parcela	Latitud	Longitud	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
64	268-000-008-10	18.15174882	-66.59372664	56.3		X	X	
65	268-000-008-11	18.15616378	-66.59540501	7.93		X	X	
66	292-000-002-16	18.1421144	-66.60429721	78.5		X		
67	292-000-005-01	18.14662037	-66.56181833	0.36	X	X		
68	292-000-005-02	18.14595513	-66.56237107	0.72	X	X		
69	292-000-005-03	18.14512863	-66.56292176	0.69	X	X		
70	292-000-005-04	18.1443475	-66.56337018	0.77	X	X		
71	292-000-008-14	18.13750855	-66.59176367	2.46		X		
72	292-000-009-18	18.12958352	-66.58662163	1.86		X		
73	292-000-010-01	18.13472677	-66.57494659	1.56		X	X	
74	292-000-010-02	18.13534636	-66.57466957	0.75		X	X	

Tabla 2. Continuación

Número en figura	Parcela	Latitud	Longitud	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
75	292-000-010-08	18.1334236	-66.57372233	4.84		X		
76	292-000-010-09	18.13261076	-66.57176485	3.46		X		
77	292-000-010-15	18.13355513	-66.5767511	9.88		X	X	
78	292-047-004-07	18.13916168	-66.58590793	1.42		X		
79	292-078-009-01	18.13137107	-66.57909034	3.61		X	X	
80	293-000-001-02	18.14691296	-66.5583374	1.57		X		
81	293-000-001-03	18.14657073	-66.55966888	1.37	X	X		
82	293-000-001-04	18.14628292	-66.56024843	1.33	X	X		
83	293-000-001-05	18.14607754	-66.56082047	0.94	X	X		
84	293-000-001-07	18.14931821	-66.55641906	28.6		X		
85	317-000-004-02	18.11966476	-66.58208772	0.49		X		
86	317-000-004-09	18.10987723	-66.57692999	0.22		X		

Tabla 2. Continuación

Número en figura	Parcela	Latitud	Longitud	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
87	317-000-004-17	18.10912717	-66.57619993	2.13		X		
88	317-000-004-20	18.11916183	-66.58127129	1.26		X		
89	317-000-004-22	18.11946577	-66.58290714	1.32		X		
90	317-000-010-36	18.09241893	-66.56059072	8.48		X		
91	318-000-001-28	18.10839329	-66.55897256	0.88		X		
92	318-000-001-29	18.10916971	-66.55893532	0.81		X		
93	318-000-001-30	18.1107572	-66.55937632	0.11		X		
94	318-000-001-31	18.11050863	-66.5604561	3.75		X		
95	318-000-001-48	18.11140132	-66.5591029	0.19		X		
96	318-000-001-63	18.11064063	-66.55861676	1.17		X		
97	318-041-008-01	18.10987616	-66.55880346	0.76		X		
98	318-091-007-03	18.09197297	-66.55888227	0.11		X		

Tabla 2. Continuación

Número en figura	Parcela	Latitud	Longitud	Área (ha)	Colindancia BETN	Área de bosque	Protección de cuenca	Fauna protegida
99	341-000-010-08	18.07487594	-66.56442448	0.24		X		
100	341-040-005-05	18.08186249	-66.56352958	0.96		X		
101	341-050-005-01	18.07895693	-66.56492633	0.4		X		
102	342-001-408-01	18.09063382	-66.562041	0.2		X		
103	342-095-016-59	18.06272104	-66.53466062	6.29				X

El área total de los bosques privados en las parcelas de APC constituyen solo 9% de toda el área de la cuenca. La mayoría de estos bosques son bosques secundarios que se han desarrollado luego del abandono del uso agrícola, principalmente cultivo de café. Algunos de estos bosques son bosques maduros de más de 60 años. De mayor a menor área los tipos de bosques en estos terrenos privados es (1) bosque secundario joven, (2) bosque secundario maduro, (3) bosque abierto y matorral, (4) bosque primario y secundario maduro, (5) bosque ribereño y (6) manglar (Figura 9).

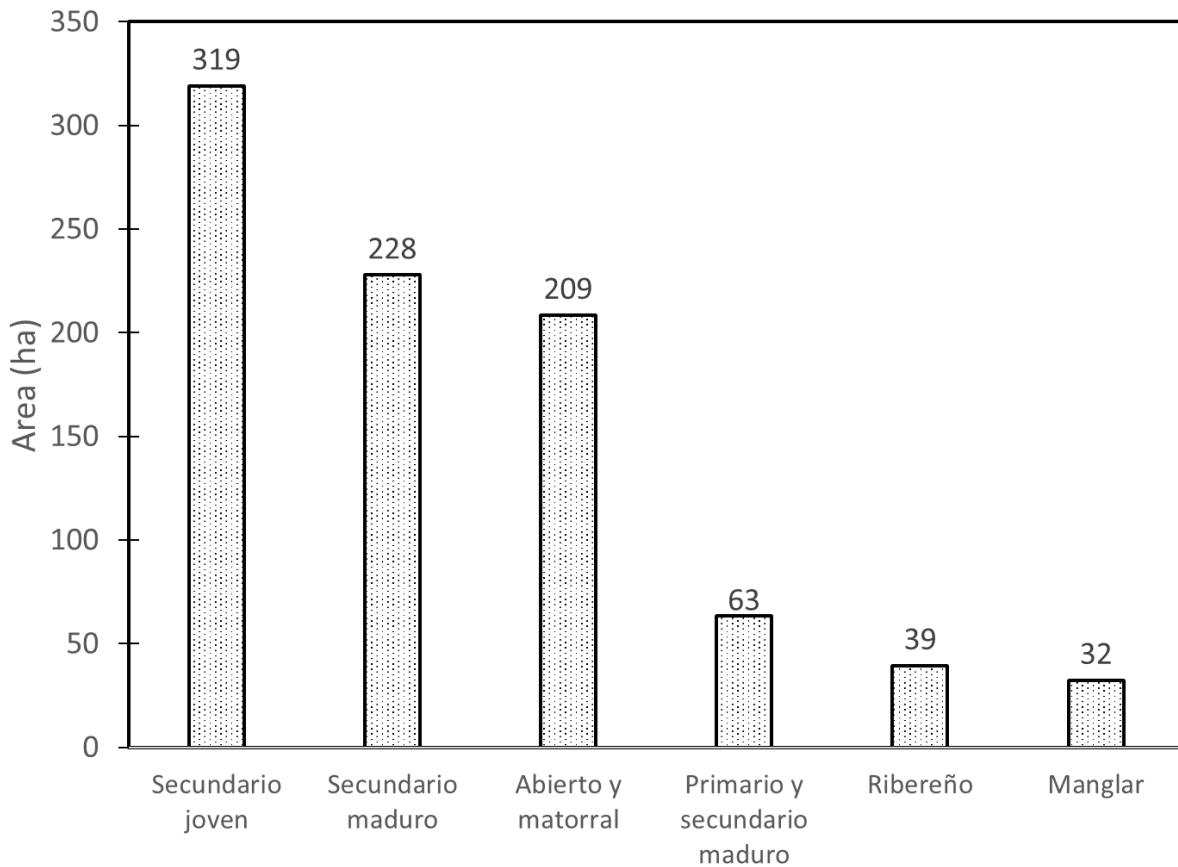


Figura 9. Área de cada tipo de bosque en los terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón

Colaboradores

Un grupo de profesores, investigadores y estudiantes de la PUCPR; así como personal de DRNA, Junta de Planificación y USDA Forest Service, han colaborado mediante investigación y asistencia técnica para la elaboración de este plan. Estos son:

1. Personal de la PUCPR
Profesores

Dra. Sandra Molina Colón, Investigadora Principal, Ecóloga, experiencia en pasados usos de terrenos, identificación de árboles y estructura de los bosques
Dr. Dallas Alston Wax, Hidrólogo, experiencia en GIS
Dr. Luis Álamo Nole, Químico, experiencia en contaminación química de cuerpos de agua
Profa. Mishelle Rivera Santos, Microbióloga, experiencia en coliformes fecales y enterococos en cuerpos de agua
Prof. Edwin Carrasquillo, Zoólogo, experiencia con aves, animales vertebrados e invertebrados

Estudiantes graduados

Celsa Rodríguez Fernández, Maestría en Ciencias Ambientales PUCPR, Bióloga en Oficina de Permisos de Ponce
David Santiago Cruz, Maestría en Ciencias Ambientales PUCPR

Estudiantes subgraduados

Revel López Figueroa y Adrianna Figueroa Fourquet

2. Personal de DRNA

Enrique Santiago Irizarry, Biólogo Forestal / Coordinador Programa para la Custodia de Bosques Privados, División de Servicios Ecológicos y Forestales
Elizabeth Velázquez Feliciano, Bióloga Forestal, División de Servicios Ecológicos y Forestales, Oficina Regional de Ponce
Vicente Quevedo Bonilla, Asesor Técnico, Área de Planificación Integral
Francisco A. Catalá Miguez, Planificador Ambiental II, División de Monitoreo del Plan de Aguas
José Sustache Sustache, Biólogo III, División de Ecología Terrestre

3. Personal de Instituto Internacional de Dasonomía Tropical del USDA Forest Service

Magaly Figueroa, Program Manager, State and Private Forestry
Olga Ramos, Especialista en GIS

4. Personal de la Junta de Planificación de Puerto Rico

Daniel Díaz, Director Subprograma de Sistemas de Información Geográfica

AGENCIAS Y ORGANIZACIONES PRIVADAS SIN FINES DE LUCRO INVITADAS

Agencias

1. Autoridad de Desperdicios Sólidos de Puerto Rico
2. Autoridad de Tierras de Puerto Rico
3. Compañía de Turismo de Puerto Rico
4. Departamento de Agricultura de Puerto Rico (Servicio de Conservación de Suelos)
5. USDA – Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Área del Caribe

6. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, Programa Custodia Bosques Privados, Negociado de Servicio Forestal
7. Junta de Calidad Ambiental
8. Programa de Reciclaje del Municipio Autónomo de Ponce, Oficina de Control Ambiental y Reciclaje

Organizaciones privadas sin fines de lucro

1. Basura Cero de Puerto Rico Inc.
2. Fundación Puertorriqueña de Conservación
3. Para la Naturaleza Inc.
4. Yo Limpio a Puerto Rico
5. Campus Verde Pionero, Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico

CONDICIONES DESEADAS

Se pretende conservar los recursos ecológicos de los bosques privados existentes e incentivar la creación de nuevos bosques en terrenos inactivos mediante los siguientes proyectos:

1. Aumentar la salud de los bosques existentes
2. Mejorar la calidad del suelo y de los recursos hidrográficos
3. Reforestar principalmente con especies nativas en terrenos inactivos
4. Aumentar la riqueza de especies en los bosques
5. Estimular a los propietarios a la no conversión de terreno boscoso a otros usos que no sea de bosque
6. Implementar estrategias para minimizar los riesgos de eventos climáticos catastróficos propios de los trópicos, incluyendo los daños por vientos de tormenta, deslizamientos e inundación de terrenos.
7. Brindar beneficios recreativos, ambientales y estéticos para las comunidades en la cuenca
8. Familiarizar a las personas con los árboles y los bosques
9. Involucrar los propietarios en el manejo de sus bosques

RIESGOS

Fuegos

En la cuenca ocurren varias perturbaciones naturales que representan riesgos para el ambiente natural, la agricultura y los residentes. Utilizando la información provista por Departamento de Bomberos de Puerto Rico sobre la ocurrencia de fuegos por barrio en Puerto Rico durante 2003 a 2011 (Monmany *et al.* 2017) pudimos identificar el número de fuegos en los barrios dentro de la cuenca (Figura 7); por lo tanto, podemos concluir que en los bosques privados ocurrieron entre 1-172 fuegos durante esos años. Comparadas con otros lugares en Puerto Rico, la frecuencia de fuegos dentro de la cuenca es entre baja a moderada; sin embargo, los cambios asociados al fenómeno de calentamiento global y la potencial

deforestación de los terrenos boscosos, podrían causar que la incidencia de fuegos aumentase a niveles más altos.

Deslizamiento de terrenos e inundaciones causados por huracanes

Otros riesgos son deslizamiento de terreno e inundaciones (Figuras 10 a, b, c y d). La susceptibilidad a deslizamientos de terrenos en la cuenca fluctúa principalmente entre baja y moderada (Figura 10 a). Solo en un área pequeña al noreste la susceptibilidad es alta. En términos generales, en cuenca arriba hay un nivel de riesgo moderado a deslizamiento de terreno y un nivel bajo en cuenca abajo, aunque en cuenca arriba hay terrenos muy escarpados de pendientes mayores a 45 grados, las cuales tienen alto riesgo de deslizamiento durante eventos catastróficos.

Luego del paso del huracán María se registraron más de 40,000 deslizamientos de terreno en al menos tres cuartas partes de los 78 municipios (Bessette-Kirton *et al.* 2019). El número de deslizamientos de terreno fue clasificado en dos categorías: más de 25 por km² y menos de 25 por km². El número de deslizamientos causados por el huracán en la cuenca fue de menos de 25 por km² (Figura 10 b).

El área de mayor riesgo de inundación causada por lluvia es en el suroeste de la cuenca (Figura 10 c) con un riesgo moderado a alto de inundación de 91.44 cm según FEMA (2009). Igualmente, el área de riesgo de inundación por subida del nivel del mar es en la misma región (Figura 10 d) y este es de 60.96-152.40 cm de acuerdo a los datos de NOAA (2017). El riesgo de tsunami es a lo largo de la costa sur (Figura 10 e).

Tsunami

Los tsunamis pueden ocurrir como consecuencia de terremotos. La Red Sísmica de Puerto Rico preparó mapas de inundación causada por tsunami para el archipiélago de Puerto Rico. Los mapas resultan de un estudio detallado de todas las fallas potenciales que existen en las cercanías de PR-VI y que pueden causar deformación del fondo marino. Las fallas pueden generar maremotos. Para PR se analizaron 504 fallas y se determinó potencial máximo de acumulación de energía y el tamaño máximo del evento que podría resultar. Igual que en otros municipios con costa, los bosques privados en la desembocadura del río Inabón en los municipios de Juana Díaz y Ponce tienen alto potencial de ser inundados por tsunamis. Afortunadamente, los bosques en la desembocadura son manglares que están adaptados a suelos cenagosos y agua salada. La conservación de los manglares es por lo tanto esencial para proteger otras áreas.

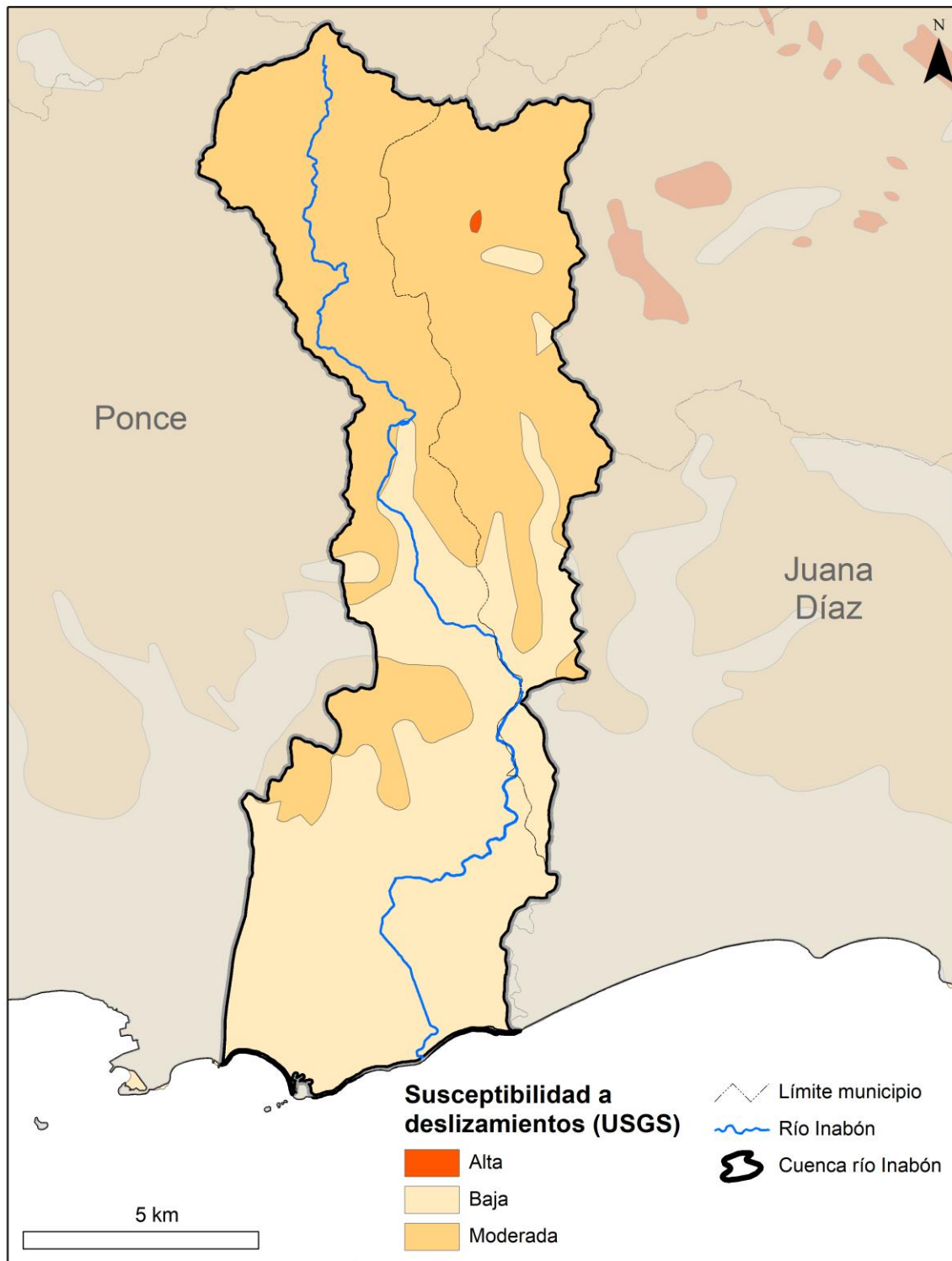


Figura 10 a. Susceptibilidad a deslizamientos de terreno en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Datos provistos por la JP de fuente del USGS

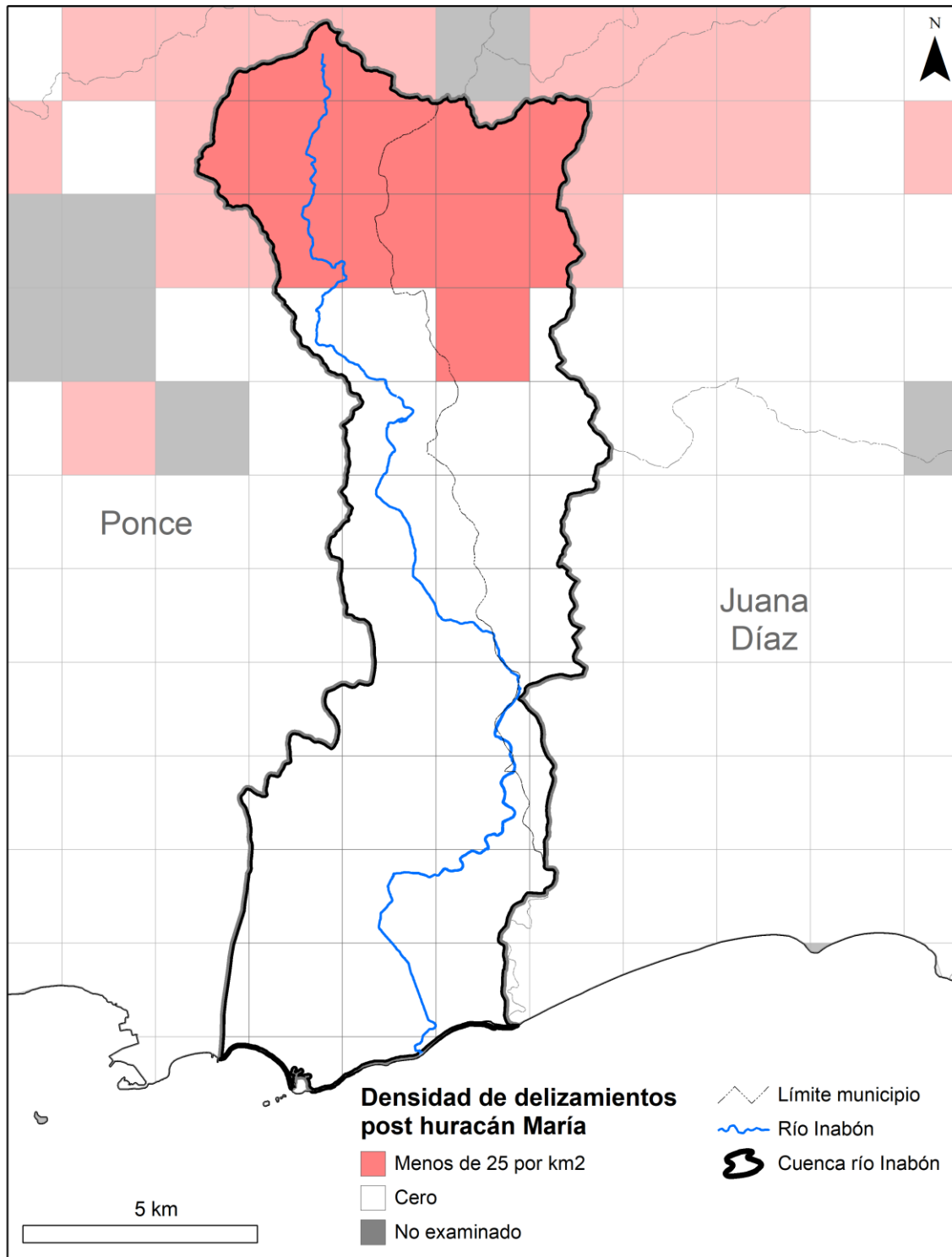


Figura 10 b. Densidad de deslizamientos de terreno en la cuenca del río Inabón post Huracán María en 2017. Fuente de datos: Bessette-Kirton *et al.* 2019

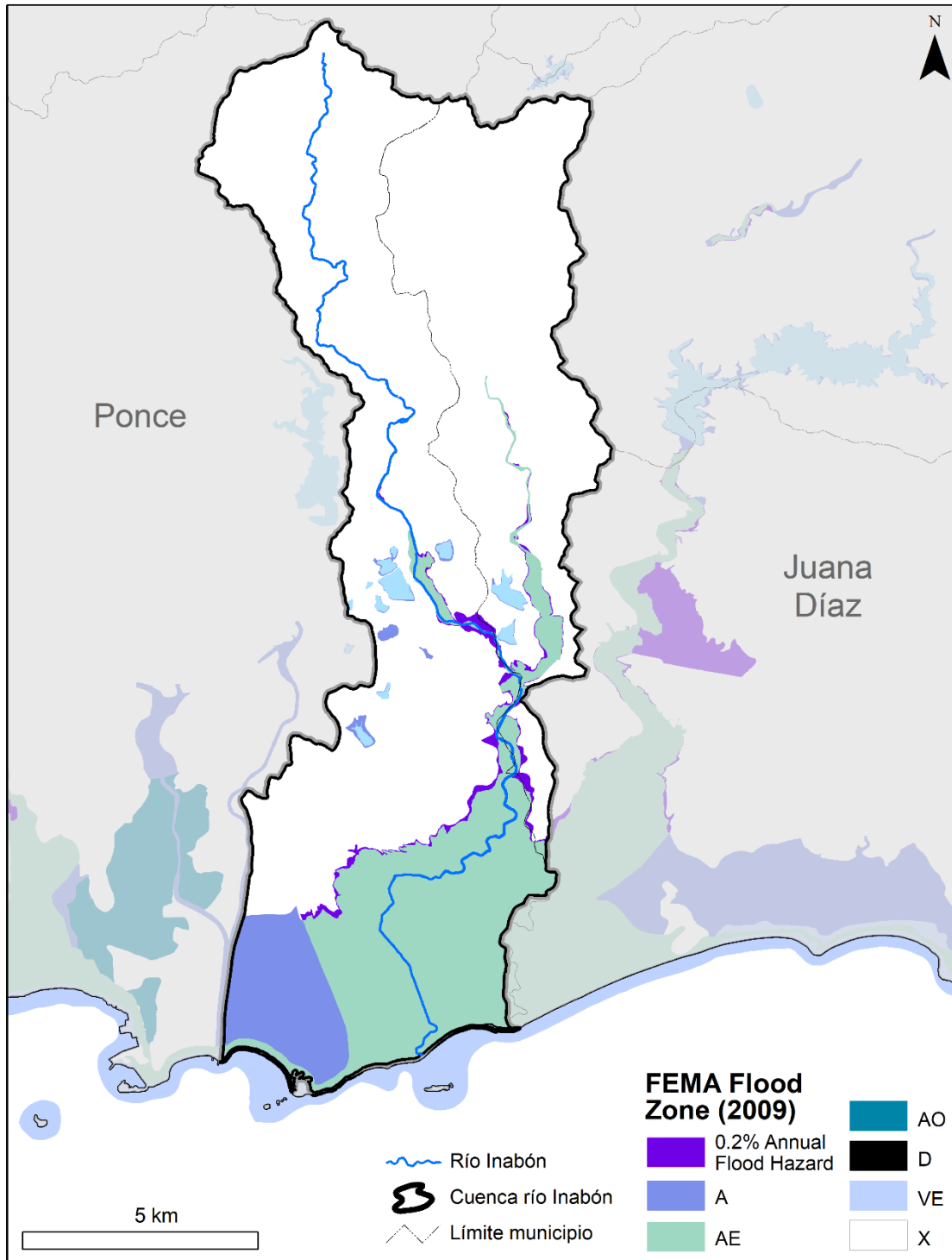


Figura 10 c. Riesgo de inundación causada por lluvia en la cuenca del río Inabón. Fuente de datos: FEMA 2009

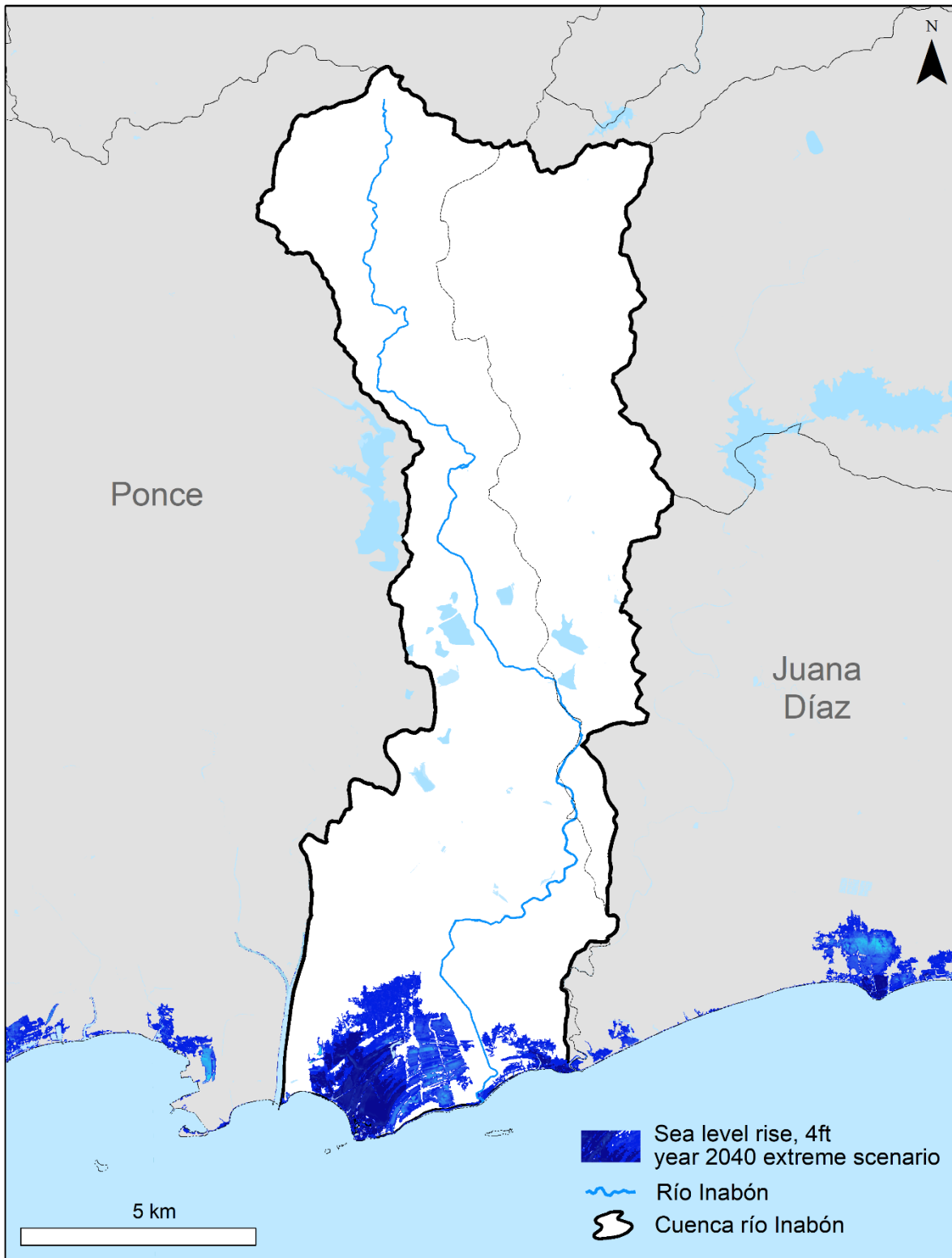


Figura 10 d. Riesgo de inundación causado por subida del nivel del mar. Fuente de datos: NOAA 2017

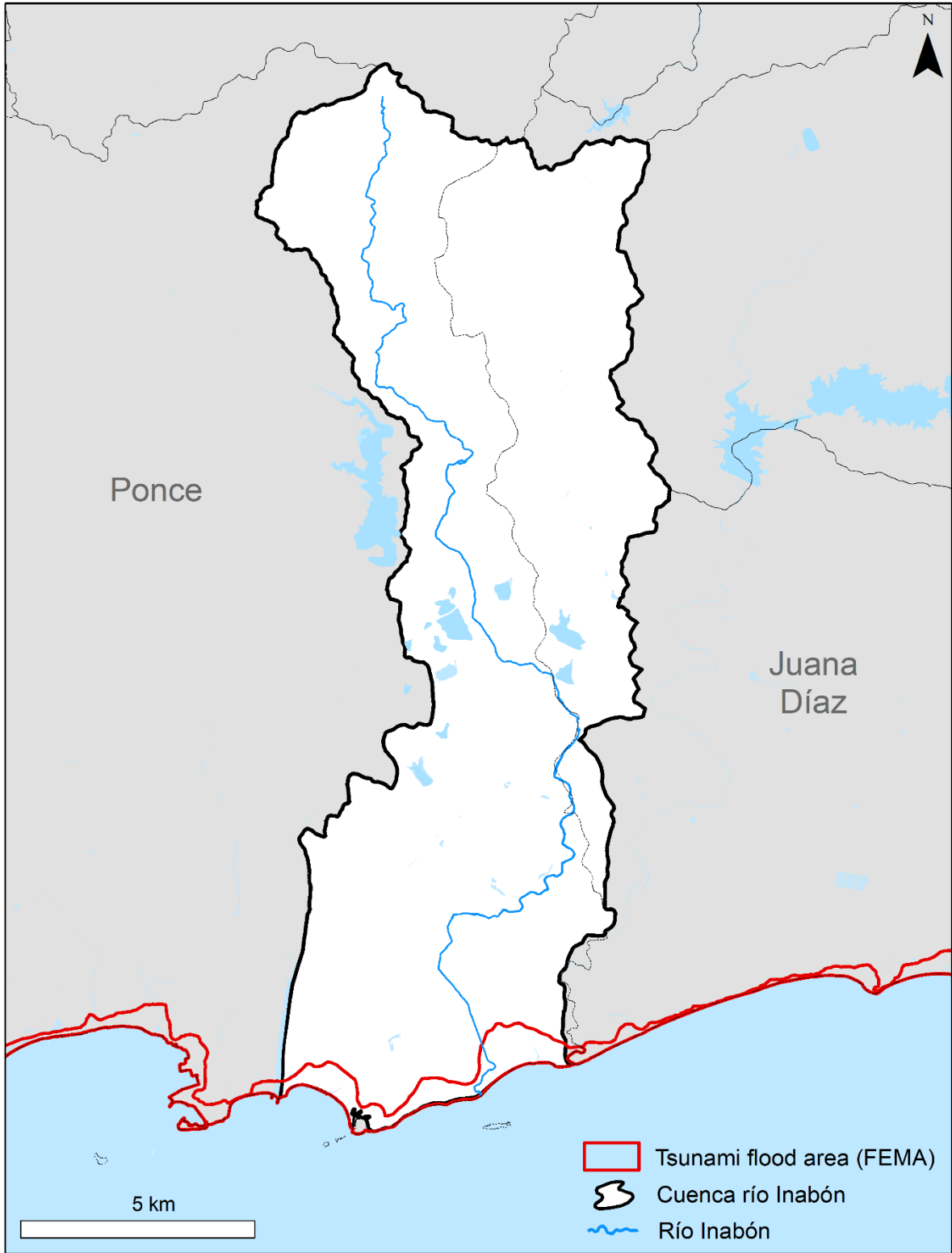


Figura 10 e. Riesgo de Tsunami. Fuente de datos: FEMA 2009

ÁREAS CON PRIORIDAD PARA CONSERVACIÓN DE DIVISIÓN DE PATRIMONIO NATURAL Y ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Para seleccionar los bosques en los terrenos privados dentro de la cuenca, utilizamos la base de datos de 2017 de las Áreas con Prioridad para Conservación de la División de Patrimonio Natural (APC) y Áreas Naturales Protegidas del DRNA (Figura 11). De esa base de datos, eliminamos todos los terrenos que son propiedad de corporaciones y compañías privadas, de entidades sin fines de lucro, de agencias de gobierno estatal, del municipio de Ponce y de la Diócesis de Ponce de la Iglesia Católica. Algunos de las APC ya están en plan de manejo individual por desarrollado por su propietario privado y aprobado por el DRNA, por lo que no se incluye en la totalidad de los bosques privados de este plan.

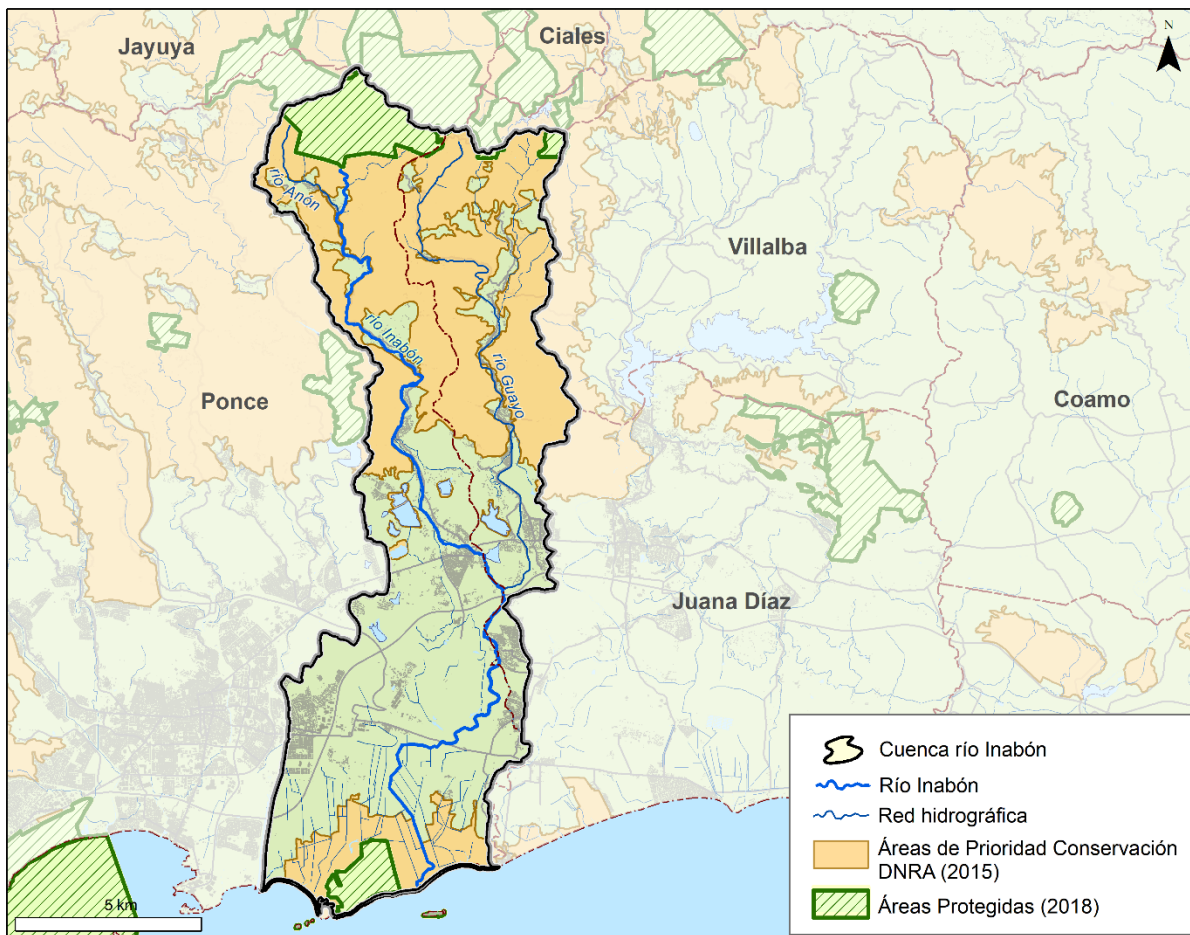


Figura 11. Áreas con Prioridad para Conservación de División de Patrimonio Natural y Áreas Naturales Protegidas en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Fuente de datos: DRNA - División de Patrimonio Natural 2015 y Conservation, Protected Areas, Puerto Rico, 2016

CONDICIONES ACTUALES

Calidad de agua del río

La calidad del agua fue monitoreada en distintos puntos geográficos a lo largo del río en fechas distintas en periodos comprendidos entre junio 22 de 2017 hasta enero 29 de 2019 (Figura 12). El monitoreo de calidad de agua fue para cuantificar la presencia de bacterias coliformes fecales (*Escherichia coli*) y enterococos, así como de metales pesados; y para medir el pH y la turbiedad.

Según las clasificaciones de uso y estándares de la calidad de agua para clasificaciones específicas descritas en el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016) de la Junta de Calidad Ambiental, el río está clasificado como SD, que son aguas superficiales usadas para (1) agua potable; (2) propagación y preservación de especies; y (3) recreación; y son aguas de contacto primario y secundario con el ser humano. Contacto primario es cualquier actividad recreacional como natación u otros usos en los que hay contacto prolongado y directo con el agua. Esto puede traer como consecuencia ingestión de agua en gran cantidad como para amenazar la salud y afectar órganos sensitivos como ojos, nariz y oídos. Contacto secundario incluye actividades recreacionales tal como pesca u otro uso en el cual el contacto del cuerpo humano con el agua es indirecto y órganos sensitivos tales como ojos, nariz y oídos no están sumergidos.

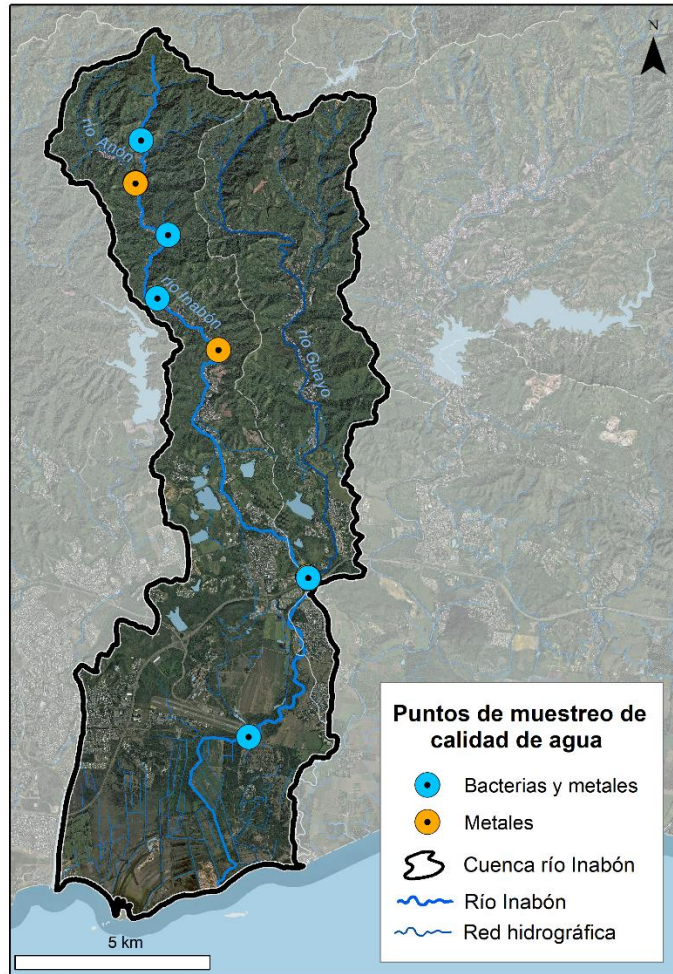


Figura 12. Puntos para muestreo de calidad de agua (bacterias y metales) en el río Inabón, Puerto Rico

1. Muestreo y análisis de laboratorio

Se identificaron puntos de muestreo desde aguas arriba (430 m sobre el nivel del mar) al sur del BETN hasta aguas abajo (8 m sobre el nivel del mar) en el barrio Capitanejo. El muestreo de bacterias fue en cinco puntos y de los metales en once (Tabla 3).

Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo para calidad de agua del río Inabón, Puerto Rico. Muestras de fechas distintas en el periodo comprendido desde junio 2017 hasta enero 2019

Punto	Ubicación	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Bacterias	Metales
1	Sur BETN	18.1422	-66.5784	408	X	X
2	PR-511 puente río Anón	18.1325	-66.5797	320		X
3	PR-511 puente río Inabón	18.1323	-66.5796	319		X
4	PR-511 ríos Anón e Inabón	18.1323	-66.5797	319		X
5	PR-511 KM HM 10.5	18.1203	-66.5718	262	X	X
6	PR-511 KM HM 8.3	18.1055	-66.5744	195	X	X
7	PR-511 KM HM 6.1	18.0936	-66.5596	159		X
8	PR-52 río Guayo	18.0405	-66.5375	39		X
9	PR-52 río Inabón	18.0409	-66.5378	38		X
10	PR-52 ríos Inabón y Guayo	18.0407	-66.5377	38	X	X
11	PR-1 BO Capitanejo	18.0037	-66.5521	8	X	X

a. Bacterias

i. Procedimiento

Se colectaron cinco réplicas de muestras de agua del río en cada uno de los cinco puntos de muestreo. Las réplicas se tomaron a una profundidad media, en el centro y en contra de la corriente del río. Las muestras fueron colectadas en bolsas estériles Whirl-Pak® con tiosulfato de sodio para preservación química. Todas las réplicas fueron transportadas en neverita con hielo (<10°C) hasta llegar al laboratorio, dentro de un tiempo límite de seis horas. Luego, en el laboratorio las réplicas se procesaron en o antes de dos horas.

El agua colectada fue analizada para detectar la presencia de la bacteria *Escherichia coli* (coliformes) y especies de enterococos. Ambas son indicadoras de contaminación fecal por bacteria. Para la detección de estos contaminantes se utilizó la tecnología de sustrato definido utilizando el método de IDDEX Colilert® (APHA 2005) y Enterolert® (Budnick et al. 1996), respectivamente.

Para el proceso, se prepararon diluciones de 1:10 de cada muestra con agua estéril en botellas transparentes de 100 mL. Estas diluciones fueron preparadas tanto para muestras de detección de *E. coli* como de *Enterococcus* spp. Se añadió el sustrato correspondiente a las botellas, Colilert® o Enterolert®, homogenizándose con las muestras. Las mezclas de muestra/reactivo fueron vertidos en bandejas de Quanti-Tray/2000 previamente identificadas. Luego de ser selladas, las bandejas designadas para la detección de *E. coli* fueron incubadas a 35±0.5°C durante 24 horas. Las bandejas designadas para la detección de

Enterococcus spp. fueron colocadas en una incubadora a $41\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

La lectura de los resultados y cuantificación del NMP/100 mL se realizó utilizando una lámpara de luz UV a 365 nm. Fosforoscopia mostrando fluorescencia bajo UV fueron contadas como positivas, indicativas de la presencia de dichos contaminantes bacteriológicos en las muestras.

ii. Resultados de bacterias

De acuerdo los datos de las dos primeras fechas de muestreo (octubre 10 y junio 13, ambas de 2018) hubo presencia de bacterias coliformes y enterococos en todos los puntos de muestreo (Figura 13). La presencia de bacterias se cuantificó en unidades de colonias por 100 mL (colonias/100 mL).

Para ambos parámetros, pH y turbiedad, el análisis estadístico demostró que no hubo diferencia significativa entre los puntos (Prueba *Wilcoxon*, $T = 1$, $N = 5$, $P = 0.10$), aunque variaron los resultados por mes (mediana pH = 6.9 en mayo y 8.0 en junio) y turbiedad (mediana NTU = 1.4 en mayo y 1.2 en junio).

Hubo diferencia significativa en presencia de coliformes entre los puntos de muestreo, tanto en mayo (Prueba *Kruskal-Wallis*, $X^2 = 17.90$, $DF = 4$, $P = 0.00$) como junio (Prueba *Kruskal-Wallis*, $X^2 = 19.64$, $DF = 4$, $P = 0.00$). La mayor presencia de coliformes (803 y 428 unidades de colonias en ambas fechas) fue aguas abajo a ocho metros sobre el nivel del mar en el barrio Capitanejo; y las menores fueron aguas arriba a 195 metros sobre el nivel del mar en el Barrio Real y 408 m sobre el nivel de mar (mayo y junio, respectivamente). Este último punto es considerado como control debido a que colinda con el sur del BETN. Distinto a los puntos, no se demostró diferencia de coliformes entre los meses (Prueba *Wilcoxon*, $T = 7$, $N = 20$, $P = 0.30$).

Igual como se demostró con las coliformes, la presencia de enterococos fue distinta entre los puntos, tanto en mayo (Prueba *Kruskal-Wallis*, $X^2 = 9.22$, $DF = 4$, $P = 0.05$) como junio (Prueba *Kruskal-Wallis*, $X^2 = 15.30$, $DF = 4$, $P = 0.00$); pero el punto de mayor presencia de enterococos en mayo (ocho metros sobre el nivel del mar en el barrio Capitanejo) no fue el mismo que en junio (262 metros sobre el nivel del mar entre el barrio Anón y Real). Igual a la presencia de coliformes por mes, la de enterococos no varió entre mayo y junio (Prueba *Wilcoxon*, $N = 12$, $P = 0.84$).

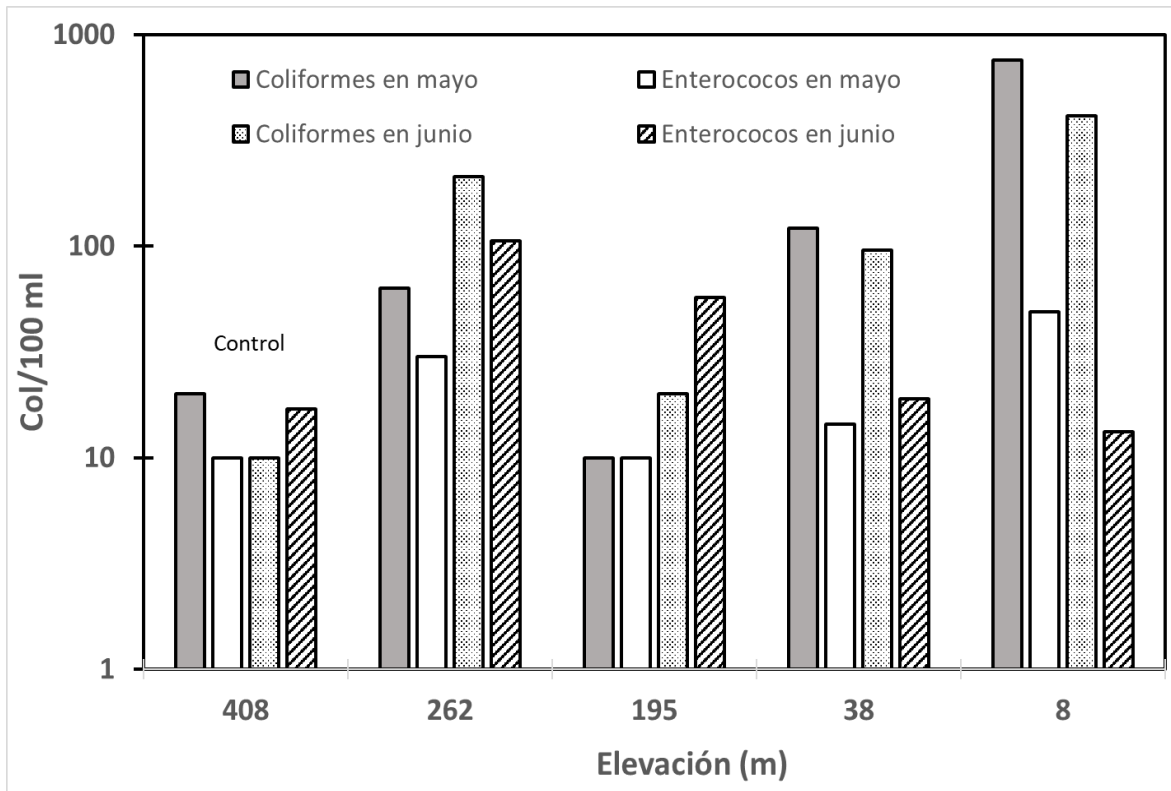


Figura 13. Coliformes y enterococos en río Inabón (col/100 mL). Datos promedio de dos fechas de muestreo en el 2018 (mayo 10 y junio 13). Puntos de muestreo por elevación (m) sobre el nivel del mar: 408 m, aguas arriba cerca de origen del río, en punto colindante con la parte sur de BETN; 262 y 195 m, aguas corriendo en elevaciones medias altas; 38 m, aguas corriendo en elevaciones medianas bajas; y 8 m, aguas quietas cerca de desembocadura

Aunque se observó una tendencia de que a menor elevación sobre el nivel de mar mayor cantidad de bacterias en el agua (Figuras 14 a y b), no se pudo demostrar estadísticamente asociación entre la elevación y la cantidad de unidades de colonias de coliformes en mayo ni en junio (Prueba *Correlación Spearman*, $r = -0.70$, $N = 5$, $P = 0.19$). Igual resultado estadístico fue en mayo para las colonias de enterococos. En junio tampoco se demostró asociación entre la cantidad de colonias de enterococos y la elevación sobre el nivel del mar del punto de muestreo (Prueba *Correlación Spearman*, $r = 0.40$, $N = 5$, $P = 0.51$).

Los resultados demostraron que hubo contaminación bacteriológica aun cuando las aguas fueron de pH y turbiedad dentro de valores normales. En el Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico (2016) de la Junta de Calidad Ambiental, se establece que el valor medio de las muestras para coliformes no debe ser mayor al límite permitido de 14 MPN/100 mL y no más de 10% de las muestras pueden exceder 43 MPN/100 mL. Con las excepciones de las coliformes en mayo a 195 m de elevación y las de junio a 408 m, en los otros puntos de muestreo se excedió por decenas y centenas el número de unidades de colonia

(Figura 14 a) y un 50% de las muestras exceden los 43 MPN/100 mL. Por otra parte, la media geométrica del número de colonias de enterococos no excederá de 35 colonias/100 mL ni el 90% de las muestras debe ser mayor a 130 colonias/100 mL. Exceptuando a elevaciones de 408 y 262 m en mayo, en los demás puntos en los dos meses, las medias geométricas fueron mucho mayor que valor permitido de 35 colonias/100 mL, pero no se observó frecuencia de valores mayores a 130 colonias/100 mL (Figura 14 b). Ninguno de los valores de pH y turbiedad de las muestras excedió los límites permitidos (pH entre 6 y 9; y turbiedad no mayor de 50 NTU).

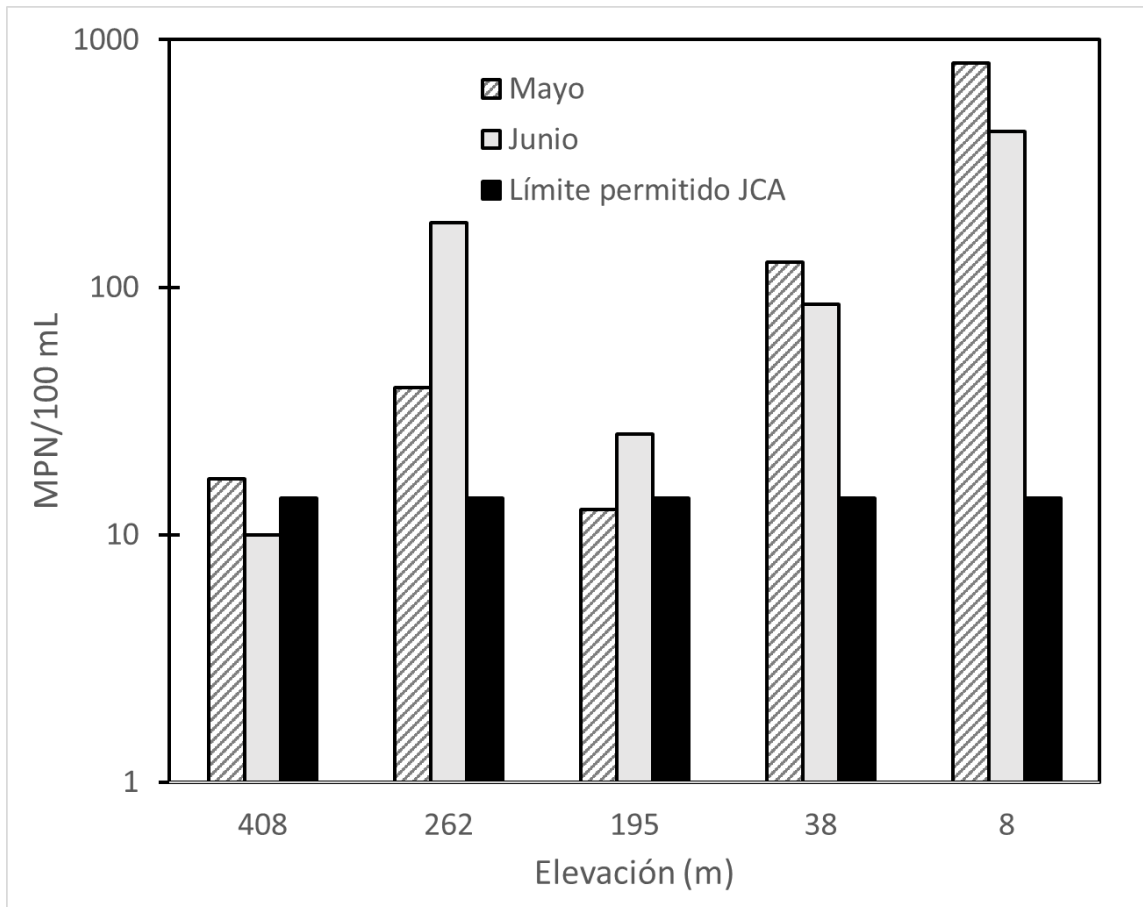


Figura 14 a. Coliformes a lo largo del río Inabón, Puerto Rico. Ambas en unidades de col/100 mL. Media geométrica de dos fechas de muestreo en el 2018 (mayo 10 y junio 13) comparada con límites permitidos de la JCA (2016). Puntos de muestreo por elevación (m) sobre el nivel del mar

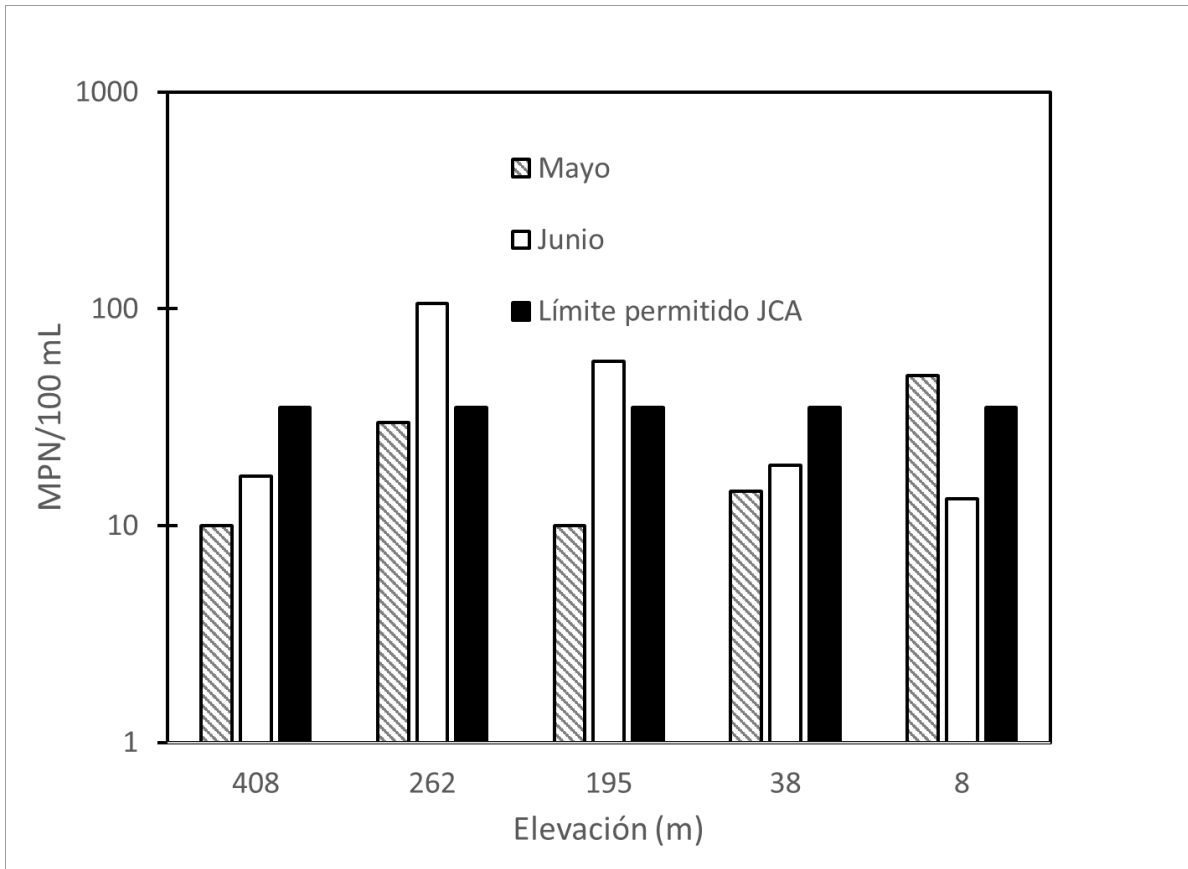


Figura 14 b. Enterococos a lo largo del río Inabón, Puerto Rico. Ambas en unidades de col/100 mL. Media geométrica de dos fechas de muestreo en el 2018 (mayo 10 y junio 13) comparada con límites permitidos de la JCA (2016). Puntos de muestreo por elevación (m) sobre el nivel del mar.

Durante las visitas de campo se observó incumplimiento con algunos de los requisitos generales de calidad de agua. Las aguas en algunas zonas tenían escombros, desechos, aceites, grasas y otros materiales flotantes. Especialmente hay mucha basura en las aguas que discurren por el barrio Capitanejo. Además de lo anterior, el agua en ese lugar es oscura y tiene mal olor.

b. Metales pesados

i. Procedimiento para metales pesados

Las muestras de agua se tomaron en 11 puntos utilizando botellas plásticas de polietileno previamente lavadas e identificadas con fecha y punto de colección. Las muestras se tomaron en el centro de la corriente del río más o menos a la mitad de profundidad. Las botellas se lavaron una vez con el agua del río y luego se tomó la muestra de aproximadamente 100 mL. Luego de tomadas, las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se les agregó 2.0 ml de ácido nítrico (grado

de metal traza) a cada una para obtener muestras de agua ácida (2% de ácido nítrico). Las muestras se almacenaron a temperatura ambiente hasta ser analizadas químicamente en el Inductor de Plasma Acoplado por Inducción de Espectroscopia Óptica (ICP). Se prepararon estándares de cada metal para trazar curvas de calibración y analizar el contenido de metal en las muestras. Las muestras al 2% de ácido nítrico fueron analizadas directamente. El flujo y las líneas de emisión utilizadas para los análisis de metales fueron las recomendadas por el fabricante.

ii. Resultados de metales pesados

Los metales pesados analizados fueron Al (aluminio), Ca (calcio), Cd (cadmio), Cu (cobre), Fe (hierro), Mg (magnesio), Mn (manganeso), Pb (plomo), Ni (níquel), K (potasio), Na (sodio) y Zn (zinc). Los resultados se presentaron en $\mu\text{g/L}$ (Tabla 4). No se detectó Pb (plomo) en ninguna muestra. El Ni se detectó solo una vez (septiembre 11 de 2018) a 320 m en el punto de muestreo bajo el puente del río Anón en la PR 511. El valor de Ni en ese punto fue por encima del límite permitido por la EPA.

Tabla 4. Metales ($\mu\text{g/L}$) en puntos geográficos a lo largo del río Inabón Puerto Rico. Muestras de agua colectadas en distintas fechas durante el periodo comprendido entre junio 22 de 2017 hasta enero 29 de 2019

Metal	Valor máximo	Valor mínimo	Media	Media geométrica	Desviación estándar	Mediana	Límite permitido (EPA)
Al	23800	3	847	95	3485	93	87
Cd	430	2	238	100	182	324	12
Ca	132000	12900	56897	51142	24913	54800	
Cu	97	2	8	4	16	2	20
Fe	21600	6	777	86	3302	77	
Mg	15000	11	8370	6936	3558	8820	
Mn	1490	1	74	9	280	7	15
Ni	24	24	24	24		24	632
K	8140	821	1405	1267	1008	1150	
Na	31600	4510	12524	10962	6764	9045	
Zn	399	6	86	37	123	40	5000

Al analizar los metales por fecha de toma de la muestra en los distintos puntos se encontró que algunos sobrepasaron el límite permitido. Estos son Al, Cd, Cu, Mn y Ni. El aluminio sobrepasó el límite de 87 µg/L en 51% de las muestras en distintas fechas y a distintas elevaciones con valores fluctuantes desde 93 hasta 23800 µg/L. El cadmio excedió el límite de 10 µg/L con valores de 20 a 430 µg/L en 71% de las muestras en variadas fechas y puntos de muestreo. Igualmente ocurrió con el manganeso que sobrepasó el límite de 15 µg/L en 32% de las muestras en distintos puntos y fechas. Es importante señalar que la concentración de todos los metales fue fluctuante en distintas fechas de muestreo. Por ejemplo, el aluminio comenzó a aumentar desde junio 2017 hasta noviembre 2018, y luego bajó drásticamente en diciembre 2018 y enero 2019 (Figura 15). El análisis estadístico para los metales que excedieron los estándares permitidos demostró que el aluminio fue significativamente distinto entre las fechas de colección de muestras (Prueba *Kruskal-Wallis*, $\chi^2 = 25.29$, $DF = 5$, $P = 0.00$). Otros metales no fueron estadísticamente distintos por fechas, aunque se observan valores fluctuantes.

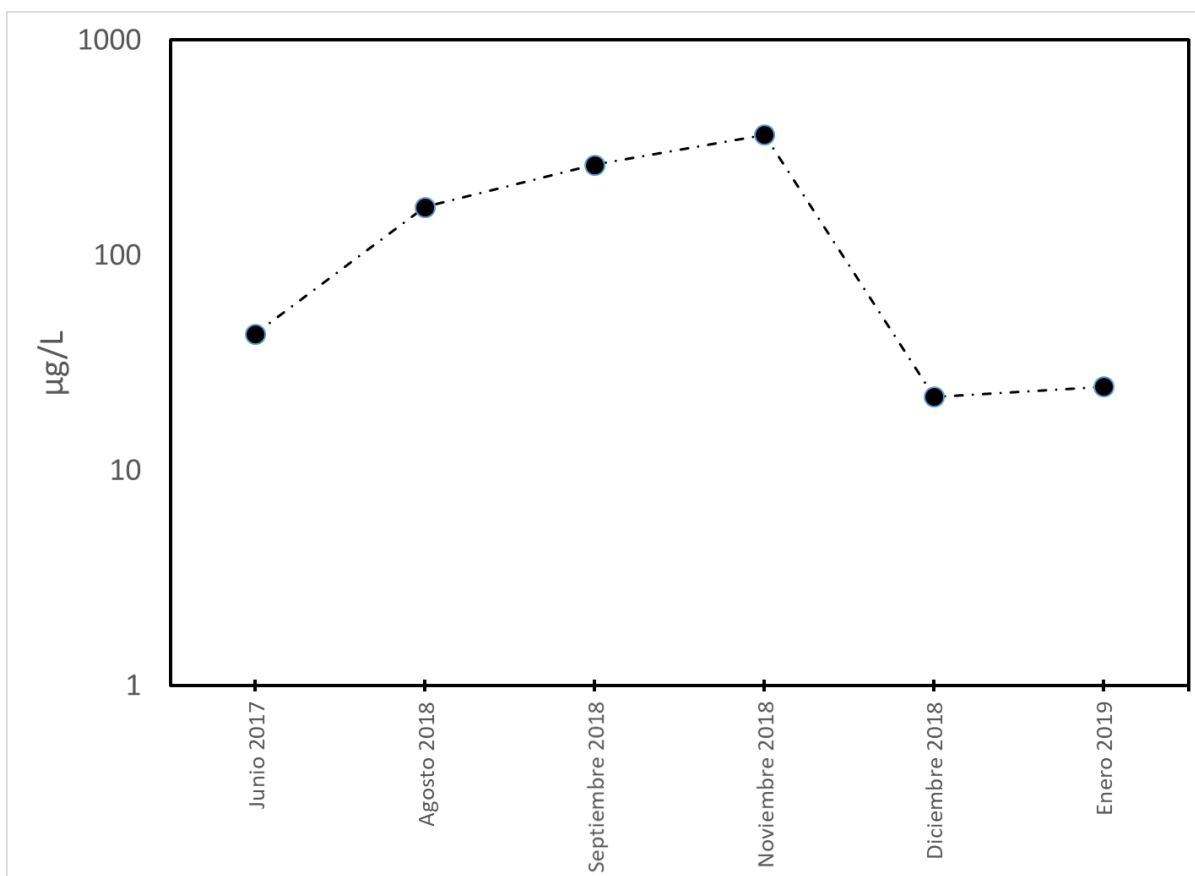


Figura 15. Variación en la concentración de Al (aluminio) desde junio 2017 hasta enero 2019 en muestras de agua en 11 puntos de muestreo a lo largo del río Inabón, Puerto Rico

Vida silvestre

1. Fauna

a. Procedimiento para censos de fauna

Durante los periodos de agosto a diciembre de 2018 y enero a mayo de 2019 se hicieron 43 visitas al campo en cinco zonas de la cuenca del río Inabón: (1) la parte superior de la cuenca en la panorámica PR 143 aladaña al nacimiento del río, (2) la PR 511 por donde corre principalmente el río, (3) la PR 512 por donde discurre el río Guayo, (4) el lago La Ponceña y (5) la finca por donde el río desemboca en el mar. La mayoría de los censos fueron durante horas de la mañana y algunos en horas de la noche.

Los censos se llevaron a cabo en algunas de las fincas privadas identificadas como áreas prioritarias de conservación (APC) según DRNA y en otras áreas con bosque. Cada punto de observación (Figura 16) fue colocado en Google Maps con la lista de especies avistadas y las coordenadas correspondientes para que pudiesen estar disponibles como futura referencia.

Las aves fueron censadas mediante la técnica de “punto de estimación sin distancia” de Gregory *et al.* (2002). En cada punto se tomaban datos de las aves que se veían u oían. Cuando fue posible se contaron las aves, sino, sólo se indicaba su presencia. Se identificaron, además, especies de insectos, moluscos, arácnidos y reptiles en parcelas de 50 x 2 m. Las mariposas fueron identificadas con la técnica “Pollard Walk”.

b. Resultados de censos de fauna

Aves

Durante las visitas se identificaron 62 especies de aves de las cuales diez son especies endémicas a Puerto Rico, 37 nativas residentes, ocho nativas migratorias y siete introducidas naturalizadas (Tabla 5). Las once especies más frecuentes son pitirre, paloma turca, zorzal pardo, carpintero de Puerto Rico, tórtola aliblanca, garza real, chango, san pedrito, aura tiñosa, martinete y bienteveo. De estas diez primeras, carpintero de Puerto Rico, san pedrito y bienteveo son especies endémicas.

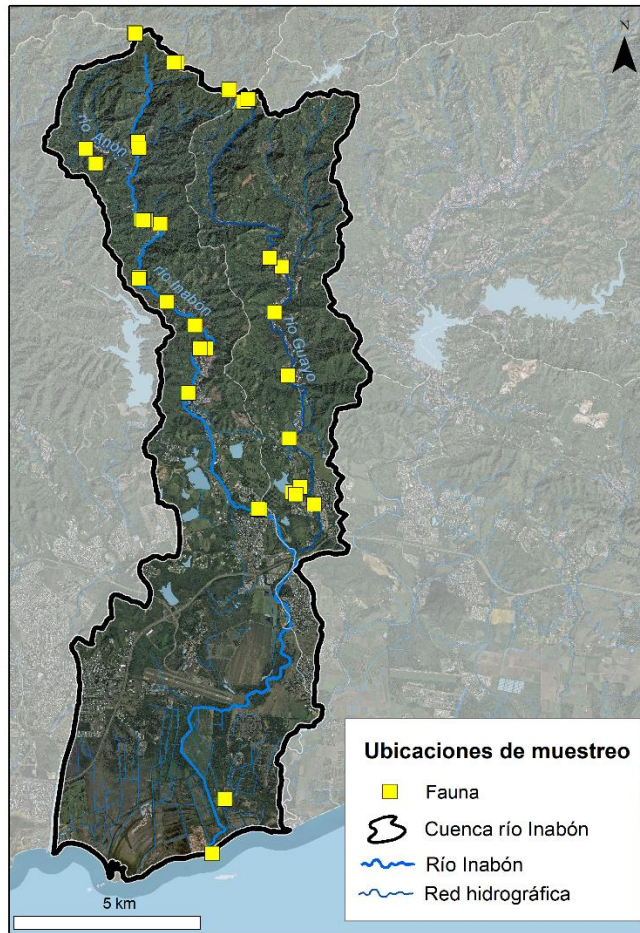


Figura 16. Localización geográfica de los puntos donde se hicieron los censos de fauna en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico

Tabla 5. Especies de aves confirmadas por avistamiento en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Especies ordenadas de mayor a menor frecuencia relativa. Censos de 43 visitas al campo durante agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia relativa (%)	Rango
<i>Tyrannus dominicens</i>	pitirre	7.6	1
<i>Patagioenas squamosa</i>	paloma turca	6.4	2
<i>Margarops fuscatus</i>	zorzal pardo	5.5	3
<i>Melanerpes portoricensis</i> ¹	carpintero de Puerto Rico	5.5	3
<i>Zenaida asiatica</i>	tórtola aliblanca	5.5	3

<i>Ardea alba</i>	garza real	5.1	4
<i>Quiscalus niger</i>	chango	4.2	5
<i>Todus mexicanus</i> ¹	san pedrito	4.2	5
<i>Cathartes aura</i>	aura tiñosa	3.8	6
<i>Butorides striatus</i>	martinete	3.4	7
<i>Vireo latimeri</i> ¹	bienteveo	3.4	7
<i>Charadrius vociferus</i>	playero sabanero	2.5	8
<i>Coereba flaveola</i>	reinita común	2.5	8
<i>Crotophaga ani</i>	judío	2.5	8
<i>Falco sparverius</i>	falcón común	2.1	9
<i>Mimus polyglottos</i>	ruiseñor	2.1	9
<i>Bubulcus ibis</i>	garza ganadera	1.7	10
<i>Columbina passerina</i>	rolita	1.7	10
<i>Tringa melanoleuca</i>	playero guineílla mayor	1.7	10
<i>Actitis macularia</i>	playero colector	1.3	11
<i>Anas platyrhynchos domesticus</i> ²	pato doméstico	1.3	11
<i>Buteo jamaicensis</i>	guaraguo colirrojo	1.3	11
<i>Gallinula chloropus</i>	gallareta común	1.3	11
<i>Loxigilla noctis</i> ¹	come ñame	1.3	11
<i>Oxyura jamaicensis</i>	pato chorizo	1.3	11
<i>Saurothera vieillotí</i> ¹	pájaro bobo mayor	1.3	11

Tabla 5. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia relativa (%)	Rango
<i>Turdus plumbeus</i>	zorzal de patas coloradas	1.3	11
<i>Brotogeris versicolurus</i> ²	perico aliamarillo	0.8	12
<i>Egretta caerulea</i>	garza azul	0.8	12
<i>Egretta tricolor</i>	garza pechiblanca	0.8	12
<i>Fulica caribaea</i>	gallinazo antillano	0.8	12
<i>Gallus gallus</i> ²	gallo común	0.8	12
<i>Megaceryle alcyon</i>	martín pescador	0.8	12
<i>Myiopsitta monachus</i> ²	perico monje	0.8	12
<i>Otus nudipes</i> ¹	mucarito de Puerto Rico	0.8	12
<i>Passer domesticus</i>	gorrión	0.8	12
<i>Ardea herodias</i>	garzón cenizo	0.4	13
<i>Buteo platypterus</i>	guaraguo de bosque	0.4	13
<i>Butorides virescens</i>	garcita vercosa	0.4	13
<i>Caprimulgus noctitherus</i> ¹	guabairo	0.4	13
<i>Charadrius semipalmatus</i>	playero acollarado	0.4	13
<i>Chordeiles gundlachii</i>	querequequé	0.4	13
<i>Columba livia</i> ²	paloma casera	0.4	13
<i>Dendroica adelaidae</i> ¹	reinita mariposera	0.4	13
<i>Egretta thula</i>	garza blanca	0.4	13
<i>Euphonia musica</i> ¹	jilguero	0.4	13
<i>Fregata magnificens</i>	tijereta	0.4	13
<i>Fulica americana</i>	gallinazo americano	0.4	13
<i>Himantopus mexicanus</i>	viuda	0.4	13
<i>Icterus icterus</i> ²	turpial	0.4	13
<i>Ixobrychus exilis</i>	martinetito	0.4	13
<i>Molothrus bonariensis</i> ²	tordo lustroso	0.4	13
<i>Nyctanassa violacea</i>	yaboa común	0.4	13
<i>Parkesia motacilla</i>	pizpita de río	0.4	13
<i>Pelecanus occidentalis</i>	pelícano pardo	0.4	13

Tabla 5. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Frecuencia relativa (%)	Rango
<i>Petrochelidon fulva</i>	golondrina	0.4	13
<i>Porphyryla martinica</i>	gallareta azul	0.4	13
<i>Spindalis portoricensis</i> ¹	reina mora	0.4	13
<i>Streptopelia decaocto</i>	tórtola turca	0.4	13
<i>Tiaris bicolor</i>	gorrión negro	0.4	13
<i>Tringa flavipes</i>	playero guineílla menor	0.4	13
<i>Zenaida aurita</i>	tórtola cardosanterá	0.4	13

¹ endémica

²introducida naturalizada

Hay mucha diferencia en abundancia entre las especies (Figura 17). Las especies más abundantes son, en orden de abundancia: paloma casera, tórtola aliblanca, chango, paloma turca, pitirre, garza real, carpintero de Puerto Rico, pato chorizo, aura tiñosa y perico monje. Sin embargo, estas no son necesariamente ni ocupan la misma posición de las más frecuentes (Tabla 5). Al analizar el porcentaje de abundancia de especies de aves endémicas de acuerdo a censos en lugares de avistamiento dentro de la cuenca del río Inabón se puede demostrar que algunas especies de aves tienen preferencia por área. El pájaro carpintero tiene una distribución amplia a lo largo de toda la cuenca y están en amplio rango de elevación. Mientras, otras especies endémicas están más restringidas a ciertas elevaciones. Por ejemplo, la reinita mariposera sólo fue censada en plano costero a cero m de elevación. La curva de frecuencia de las especies (Figura 18) en toda la cuenca demuestra que hay unas especies de alta frecuencia y otras de baja, aunque la diferencia en los valores de frecuencia relativa entre las especies es poca.

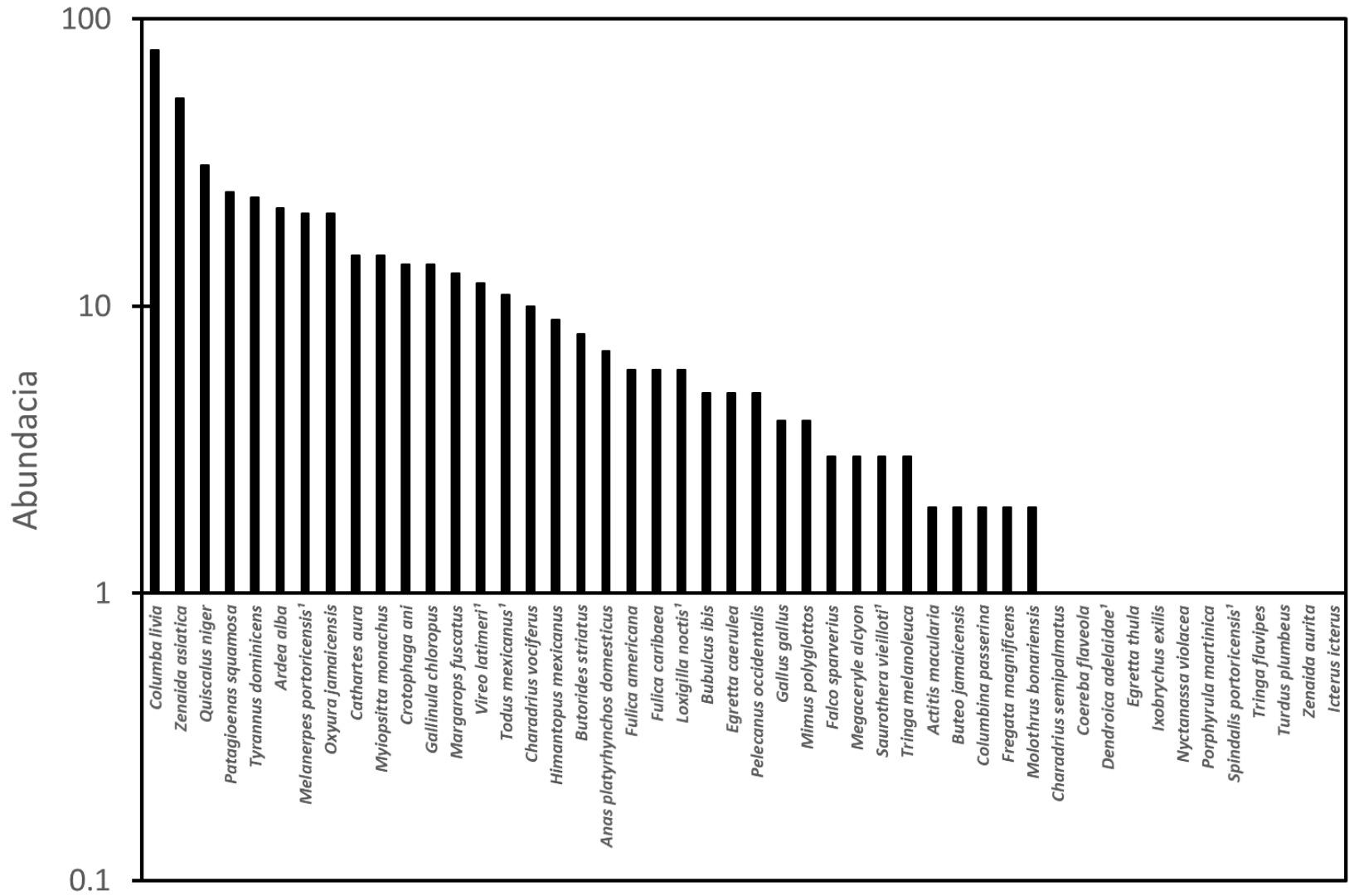


Figura 17. Abundancia de las especies de aves confirmadas por avistamiento en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Censos de 43 visitas al campo en agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019. Especies endémicas¹. No se incluyen especies que no fueron cuantificadas

Ya que las carreteras PR 511 y PR 512 corren de forma casi paralela, se comparó la riqueza de especies en aquellos lugares en donde se tomaron muestras en latitudes similares. La riqueza en ambas carreteras fue similar. Al comparar estas carreteras con otras, se encontró que en la PR 511 hay mayor riqueza de todas las especies de aves (nativas, endémicas, naturalizadas y migratorias), mientras que en la PR-143 la riqueza de estas fue menor.

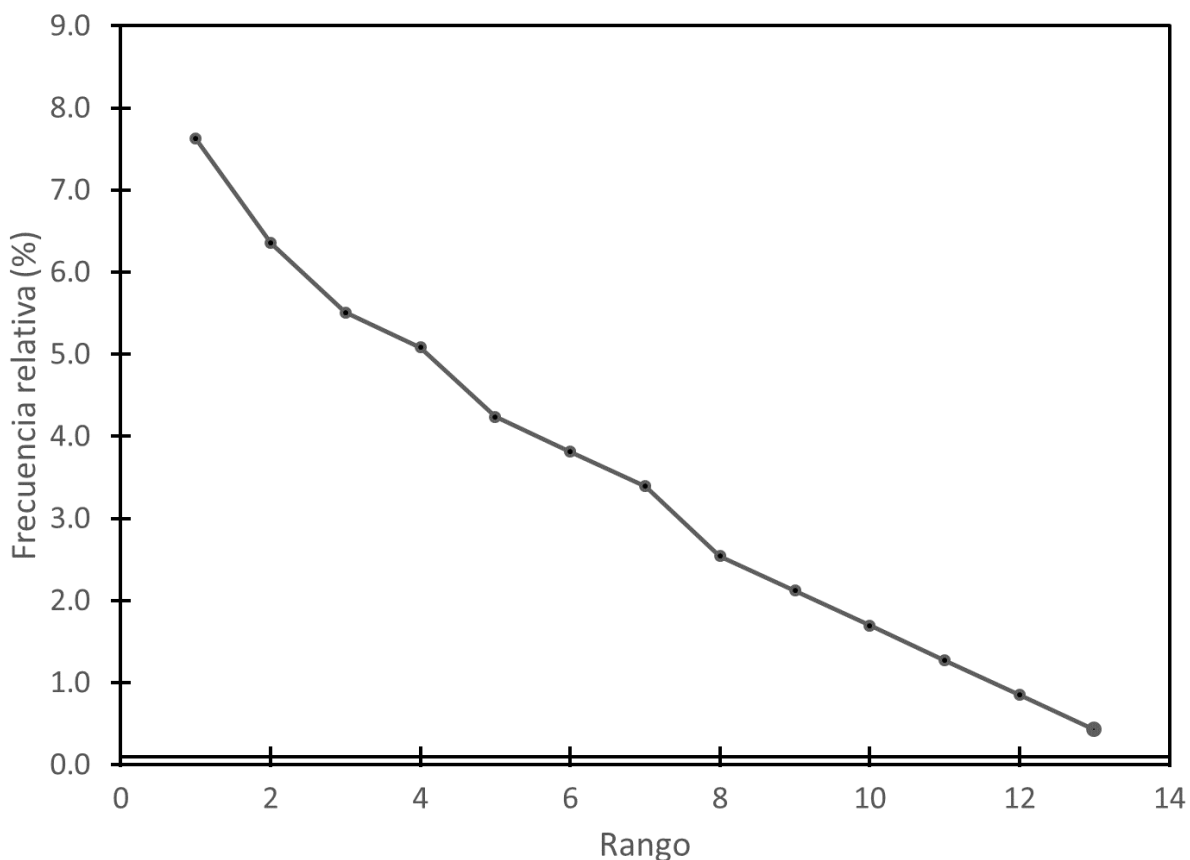


Figura 18. Curva de frecuencia relativa de los rangos de especies de aves confirmadas por avistamiento. Censos de 43 visitas al campo en agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019 en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico

De las 18 especies de aves endémicas para la isla, 10 fueron encontradas en la cuenca (Tabla 6). Especies no reportadas por el USFWS (2011) para la cuenca, como el jilguero (*Euphonia musica*) fueron avistadas en el área de estudio. Este alto número de especies endémicas hacen de este lugar uno ideal para el avistamiento de aves. Otras aves como la llorosa, el falcón de sierra y varias especies de zumbadores deben estar presentes, pero no fueron avistadas en los muestreos.

Tabla 6. Abundancia de especies de aves endémicas confirmadas por avistamiento en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. No dato de abundancia significa que el ave solo fue identificada por su canto. Censos de 43 visitas al campo durante agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019

Especie	Nombre común	Abundancia (%)	Lugar	Elevación (m)
<i>Melanerpes portoricensis</i>	carpintero de Puerto Rico	4.0	Toda la cuenca	0 - 3642
<i>Vireo latimeri</i>	bienteveo	3.0	Fincas privadas en PR 511 KM HM 5.6, camino Jurutungo	500 - 1270
<i>Todus mexicanus</i>	san pedrito	2.0	Fincas privadas PR 511 y 512	60 - 600
<i>Loxigilla noctis</i>	come ñame	1.0	Fincas privadas y valle de Collores – PR 143, 511, 512	61 - 1250
<i>Saurothera vieilloti</i>	pájaro bobo mayor		Barrio Raíces, camino y cascadas Jurutungo PR 511 KM HM 14.4	1340 y 1472
<i>Dendroica adelaidae</i>	reinita mariposera	0.4	Finca Barrio Capitanejo PR 507	0
<i>Otus nudipes</i>	mucarito de Puerto Rico		Parcelas Turey y finca privada PR 511 KM HM 5.0 y 8.9	472 y 816

Tabla 6. Continuación

Especie	Nombre común	Abundancia (%)	Lugar	Elevación (m)
<i>Caprimulgus noctitherus</i>	guabairo		Parcelas Turey PR 511 KM HM 5.0	472
<i>Euphonia musica</i>	jilguero		Finca privada PR 511 KM HM 7.7	627
<i>Spindalis portoricensis</i>	reina mora		Finca privada PR 511 KM HM 5.6	463

Otras especies de fauna

En los censos se identificaron especies de otros grupos taxonómicos (Tabla 7). El orden de mayor a menor frecuencia fue: 1) insectos, 2) moluscos, peces y reptiles, 3) arácnidos y crustáceos. La mayoría (61%) de los insectos eran especies de mariposas; mientras que, la mayoría de los reptiles eran lagartijos (83%). La mayor riqueza de mariposas y odonatos (libélulas y damiselas) fue durante el tercer censo en PR 511 KM HM 7.7 en noviembre 2018. De todas las especies de otra fauna censada, solo el juey común es especie vulnerable.

Tabla 7. Frecuencia relativa de especies de arañas, crustáceos, insectos, moluscos, peces y reptiles confirmadas por avistamiento. Censos de 43 visitas al campo durante agosto a diciembre 2018 y enero a mayo 2019 en lugares de avistamiento dentro de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico

Filum	Clase	Orden	Especie	Nombre común	Frecuencia (%)	
Artrópoda	Arácnida	Araneae	<i>Gasteracantha tetracantha</i>	araña diablo	1	
			<i>Leucauge argyra</i>	araña tejedora	5	
			<i>Cyrtopholis portoricae</i>	tarántula	1	
	Crustácea	Malacostraca	<i>Atya scabra</i>	camarón de agua dulce	3	
			<i>Cardisoma guanhumi</i> ¹	juey común	1	
			<i>Uca pugnax</i>	cangrejo violinista	1	
			<i>Dytiscus marginalis</i>	escarabajo de agua dulce	1	
	Insecta	Coleóptera	<i>Cycloneda sanguinea</i>	mariquita roja	1	
			Hymenoptera	<i>Apis mellifera</i>	abeja mielífera	3
				<i>Polistes crinitus</i>	avispa de papel	1
		<i>Xylocopa mordax</i>		cigarrón	4	
		Lepidóptera	<i>Marpesia petreus</i>	mariposa alas de daga rojiza	1	
			<i>Biblis hyperia hyperia</i>	mariposa alas sangrantes	2	
			<i>Calisto nubila</i>	mariposa anillo puertorriqueña	2	
			<i>Hypanartia paullus</i>	mariposa antillana	3	
		<i>Phoebis sennae</i>	mariposa azufre	2		
		<i>Aphrissa statira cubana</i>	mariposa azufre pálida	2		
	<i>Battus polydamas</i>	mariposa de collar dorado	1			
	<i>Ascia monuste</i>	mariposa del repollo	5			
	<i>Dryas iulia</i>	mariposa flama	4			

Tabla 7. Continuación

Filum	Clase	Orden	Especie	Nombre común	Frecuencia (%)
			<i>Siproeta stelenes stelenes</i>	mariposa malaquita	4
			<i>Danaus plexippus portoricensis</i>	mariposa monarca	5
			<i>Agraulis vanillae insularis</i>	mariposa pasionaria	5
			<i>Heraclides androgeus epidaurus</i>	mariposa rabo de golondrina	1
			<i>Utetheisa ornatrix</i>	polilla bella	1
		Odonata	<i>Enallagma coecum</i>	damisela azul-violeta	2
			<i>Telebasis vulnerata</i>	damisela roja	2
			<i>Brachymesia furcata</i>	libélula de rabo rojo	2
			<i>Erythrodiplax umbrata</i>	libélula rayadora bandas angostas	2
			<i>Macrothemis celeno</i>	libélula rayadora esbelta	1
Molusca	Bivalvia	Veneroidea	<i>Corbicula fluminea</i>	almeja asiática	1
	Gastrópoda	Architaenioglossa	<i>Marisa cornuarietis</i>	caracol cuerno de carnero	1
		Basommatophora	<i>Physa cubensis</i>	caracol de agua dulce	4
		Stylommatophora	<i>Obeliscus</i> sp.	caracol	1
			<i>Caracolus caracola</i>	caracol arboreo	3
			<i>Bulimulus</i> sp.	caracol de jardín	1
			<i>Caracolus marginella</i>	caracol terrestre 2	1
		Systellommatophora	<i>Veronicella</i> sp.	lapa	1
Cordata	Teleostei	Cyprinodontiformes	<i>Poecilia reticulata</i>	pez gupi	2
		Mugiliformes	<i>Agonostomus monticola</i>	pez dajao	4
		Perciformes	<i>Micropterus salmoides</i>	pez lobina	1

Tabla 7. Continuación

Filum	Clase	Orden	Especie	Nombre común	Frecuencia (%)
			<i>Familia Cichlidae</i>	peces loro	1
			<i>Sievdium plumieri</i>	pez olivo	2
			<i>Oreochromis mossambicus</i>	tilapia	1
	Reptilia	Testudines	<i>Trachemys stejnegeri stejnegeri</i>	jicotea	1
	Saurópsida	Squamata	<i>Iguana iguana</i>	iguana común	2
			<i>Anolis cristatellus</i>	lagartijo casero	6
			<i>Anolis krugii</i>	lagartijo de Krug	1
			<i>Anolis pulchellus</i>	lagartijo jardinero	3
			<i>Anolis cuvieri</i>	lagartijo verde	1

¹ vulnerable

2. Flora

a. Procedimiento para censo de flora

Las especies de árboles y otras plantas fueron colectadas para identificación durante visitas a los terrenos privados en la PR 143, PR 511 y PR 517. Las visitas fueron durante varios meses desde 2017 a 2019, con excepción de septiembre 2017 a julio 2018. Durante el periodo comprendido entre septiembre 2017 y julio 2018 fue imposible visitar los bosques debido a que las condiciones que quedaron estos luego del huracán María eran altamente peligrosas. Había mucha cabería, escombros, y árboles y ramas inestables.

La mayoría de los bosques privados húmedos están en pendientes bien empinadas e inaccesibles, por lo que algunas especies no pudieron ser colectadas, pero algunas pudieron ser identificadas con el uso de binoculares. En muchas de esas pendientes había ocurrido deslizamiento de terreno o habían sido gravemente afectadas por el huracán María y los árboles carecían de hojas, lo que limitó su identificación. Además, la comunicación con la mayoría de los propietarios de los terrenos fue nula. Se prefirió tomar muestras de especies en la ribera del río y a lo largo de carreteras asumiendo que son representativas de las especies en los bosques privados.

b. Resultados de censo de flora

Los bosques privados son bosques mixtos de especies de árboles nativos, naturalizados e introducidos. La mayoría son bosques jóvenes menores de 60 años (Figura 4). Basado en la clasificación de los tipos de bosque en Puerto Rico (Lugo 2005), a lo largo de la cuenca hay cinco tipos: bosque húmedo en pendientes altas de la Cordillera Central, bosque húmedo en pendientes bajas de la Cordillera Central, bosque en valles aluviales húmedos, bosque en valles aluviales secos, y bosque de mangles en riberas costaneras. Los bosques húmedos están localizados en pendientes altas y bajas en la cuenca arriba y los bosques de valles aluviales y de mangle en cuenca abajo. La composición, riqueza y diversidad de las especies es distinta entre los cinco tipos de bosque.

Se identificaron 90 especies de árboles en las pendientes (Tabla 8). De éstas, 57 son nativas (63%), 27 naturalizadas (30%) y 6 introducidas (7%). Las más frecuentes son las naturalizadas. Entre las especies nativas, hay seis endémicas, de las que dos están en la lista de rastreo del DRNA catalogadas como elemento crítico. Estas son: ortegón (*Coccoloba rugosa*) y cedro macho (*Hieronyma clusoides*). Cedro macho está incluida como especie vulnerable en la lista de IUCN y como en peligro en IRC. El ortegón está siendo cultivado en uno de los terrenos privados. Las otras cuatro especies endémicas son: emajagua de sierra (*Daphnopsis philippiana*), árbol de navidad (*Gesneria pedunculosa*), arroyo (*Meliosma obtusifolia*) y serrazuela (*Thouinia striata* var. *striata*). Arroyo, al igual que cedro macho está catalogada como vulnerable según IRC y como en peligro según IUCN. Otras especies nativas, no endémicas están en la lista de DRNA como elementos críticos. Estas son palma de corozo

(*Acrocomia aculeata*), cedro hembra (*Cedrela odorata*), ceiba (*Ceiba pentandra*), plateado (*Exostema ellipticum*) y negra lora (*Pseudolmedia spuria*). Estos hallazgos, junto a los otros ya descritos, añaden gran valor a estos terrenos privados y la urgencia de ser conservados.

Tabla 8. Especies de árboles confirmadas en bosques privados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico: en pendientes altas y bajas, servidumbres en la ribera del río y a lo largo de carreteras

Nombre científico	Nombre común	Origen/estatus de conservación DRNA
<i>Acrocomia aculeata</i>	palma de corozo	nativa/elemento crítico
<i>Anadenanthera peregrina</i>	cojoba	nativa
<i>Andira inermis</i>	moca	nativa
<i>Annona squamosa</i>	anón	naturalizada
<i>Ardisia obovata</i>	mameyuelo	nativa
<i>Artocarpus altilis</i>	panapén	naturalizada
<i>Averrhoa carambola</i>	carambola	introducida
<i>Bambusa vulgaris</i>	bambú	naturalizada
<i>Bixa orellana</i>	achiote	naturalizada
<i>Bocconia frutescens</i>	pan cimarrón	nativa
<i>Callophyllum antillanum</i>	maría	nativa
<i>Calyptanthus pallens</i>	tapón blanco	nativa
<i>Casearia guianensis</i>	cafeílo	nativa
<i>Casearia sylvestris</i>	café silvestre	nativa
<i>Castilla elastica</i>	gaucho	naturalizada
<i>Cecropia schreberiana</i> subsp. <i>schreberiana</i>	yagrumo	nativa
<i>Cedrela odorata</i>	cedro hembra	nativa/elemento crítico
<i>Ceiba pentandra</i>	ceiba	nativa/elemento crítico
<i>Citharexylum caudatum</i>	péndula de sierra	nativa

Tabla 8. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Origen/estatus de conservación DRNA
<i>Clusia minor</i>	cupeíllo	nativa
<i>Coccoloba rugosa</i>	ortegón	endémica/elemento crítico
<i>Cocos nucifera</i>	palma de coco	naturalizada
<i>Coffea arabica</i>	café arábica	naturalizada
<i>Coffea dewevei</i>	café excelsa	introducida
<i>Cordia alliodora</i>	capá prieto	nativa
<i>Cordia laevigata</i>	capá colorado	nativa
<i>Cordia sulcata</i>	moral	nativa
<i>Cupania americana</i>	guara	nativa
<i>Cyathea arborea</i>	helecho arboreo	nativa
<i>Daphnopsis philippiana</i>	emajuaga de sierra	endémica
<i>Delonix regia</i>	flamboyán	naturalizada
<i>Dendropanax arboreus</i>	palo de pollo	nativa
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	oreja de palo	naturalizada
<i>Erythrina berteroana</i>	bucayo	naturalizada
<i>Erythrina poeppillana</i>	bucaré	naturalizada
<i>Erythroxylum rotundifolium</i>	jibá	nativa
<i>Eucalyptus robusta</i>	alcanfor	naturalizada
<i>Eugenia biflora</i>	hoja menuda	nativa
<i>Eugenia domingensis</i>	guasábara	nativa
<i>Eugenia monticola</i>	hoja menuda	nativa
<i>Exostema ellipticum</i>	plateado	nativa/elemento crítico

Tabla 8. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Origen/estatus de conservación DRNA
<i>Ficus</i> sp.		introducida
<i>Genipa americana</i>	jagua	nativa
<i>Gesneria pedunculosa</i>	arbol de navidad	endémica
<i>Gliricidia sepium</i>	madre de cacao	naturalizada
<i>Guarea guidonia</i>	guaraguao	nativa
<i>Guazuma ulmifolia</i>	guácima	nativa
<i>Hibiscus tiliaceus</i> var. <i>tiliaceus</i>	emajuaga	naturalizada
<i>Hieronyma clusioides</i>	cedro macho	endémica/elemento crítico
<i>Inga fastuosa</i>	guaba peluda	naturalizada
<i>Inga laurina</i>	guamá	nativa
<i>Inga nobilis</i> subsp. <i>quaternata</i>	guamá venezolano	naturalizada
<i>Inga vera</i>	guaba	nativa
<i>Leucaena leucocephala</i>	zarcilla	naturalizada
<i>Lonchocarpus sericeus</i>	genogeno	nativa
<i>Mangifera indica</i>	mangó	naturalizada
<i>Melicoccus bijugatus</i>	quenepa	naturalizada
<i>Meliosma herbertii</i>	aguacatillo	nativa
<i>Meliosma obtusifolia</i>	arroyo	endémica
<i>Miconia impetolaris</i>	camasey	nativa
<i>Miconia racemosa</i>	camasey de felpa	nativa
<i>Nectandra membranaceae</i>	laurel prieto	nativa

Tabla 8. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Origen/estatus de conservación DRNA
<i>Nectandra turbacensis</i>	laurel amarillo	nativa
<i>Ochroma pyramidale</i>	balsa	nativa
<i>Petitia domingensis</i>	capá amarillo	nativa
<i>Pinus caribaea</i>	pino hondureño	naturalizada
<i>Piper aduncum</i>	higuillo	nativa
<i>Piper amalago</i>	higuillo de limón	nativa
<i>Pouteria sapota</i>	mamey	introducida
<i>Prestoea acuminata</i> var. <i>montana</i>	palma de sierra	nativa
<i>Pseudolmedia spuria</i>	negra lora	nativa/elemento crítico
<i>Psychotria grandis</i>	cachimbo grande	nativa
<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	terocarp	naturalizada
<i>Ricinus communis</i>	higuereta	naturalizada
<i>Roystonea borinquena</i>	palma real	nativa
<i>Senna siamea</i>	casia amarilla	naturalizada
<i>Solanum rugosum</i>	tabacón áspero	nativa
<i>Spathodea campanulata</i>	meaíto	naturalizada
<i>Spondias dulcis</i>	jobo de la India	introducida
<i>Spondias mombin</i>	jobo	nativa
<i>Sterculia apetala</i>	anacaguita	naturalizada
<i>Swietenia mahagoni</i>	caoba dominicana	naturalizada
<i>Syzygium jambos</i>	pomarrosa	naturalizada
<i>Tabebuia heterophylla</i>	roble blanco	nativa

Tabla 8. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Origen/estatus de conservación DRNA
<i>Tectona grandis</i>	teca	introducida
<i>Terminalia buceras</i>	ucar	nativa
<i>Thouinia striata</i> var. <i>striata</i>	serrazuela	endémica
<i>Trichilia pallida</i>	caracolillo	nativa
<i>Urera baccifera</i>	ortiga	nativa
<i>Zanthoxylum martinicense</i>	ayua	nativa
<i>Acrocomia aculeata</i>	palma de corozo	nativa

En los bosques privados en valle aluvial-seco, en la ribera y en la desembocadura del río, todos a bajas elevaciones, se identificaron 15 especies de árboles (Tabla 9). Contrario a los bosques en las pendientes medias y altas, el número de especies es menor y predominan las especies naturalizadas (47%) dominan mucho sobre las nativas. No hay especies endémicas ni en estado crítico en bajas elevaciones.

Tabla 9. Especies de árboles confirmadas en bosque privado en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico: en valle aluvial seco-húmedo, la servidumbre en la ribera del río y en el manglar ribereño

Nombre científico	Nombre común	Origen/estatus de conservación
<i>Annona glabra</i>	corazón de mangle	nativa
<i>Cassia fistula</i>	cañafístula	naturalizada
<i>Conocarpus erectus</i>	mangle botón	nativo
<i>Delonix regia</i>	flamboyán	naturalizada
<i>Gliciridia sepium</i>	mata ratón	naturalizada
<i>Guazuma ulmifolia</i>	guácima	nativa
<i>Laguncularia racemosa</i>	mangle blanco	nativo
<i>Parkinsonia aculeata</i>	palo de rayo	naturalizada
<i>Pithecellobium dulce</i>	guamá	naturalizada
<i>Prosopis juliflora</i>	mezquite	naturalizada
<i>Roystonea borinquena</i>	palma real	nativa
<i>Terminalia buceras</i>	ucar	nativa
<i>Terminalia cattapa</i>	almendro	naturalizada
<i>Thespesia populnea</i>	emajaguilla	naturalizada
<i>Vachellia farnesiana</i> var. <i>farnesiana</i>	aroma	dudosa nativa

Otras especies de flora fueron identificadas en algunas de los terrenos privados visitados (Tabla 10). En las pendientes altas y medias predominan los helechos, herbáceas, bejucos y epífitas; mientras que, en los valles y las riberas cenagosas, predominan las yerbas y las herbáceas. Los bosques en los valles son más impenetrables debido a la densidad de bejucos y la abundancia de yerbas altas y arbustos espinosos.

Tabla 10. Otras especies de plantas confirmadas en los bosques privados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico: arbustos, helechos, bejucos, herbáceas, yerbas y epífitas

Bosques húmedos en pendientes altas y bajas	Bosques en valles aluviales húmedos y valles aluviales secos	Bosques de mangle en riberas cenagosas y costaneras
<i>Acrostichum spp.</i>	<i>Arundo donax</i>	<i>Arundo donax</i>
<i>Adiantum pulverulentum</i>	<i>Brachiara mutica</i>	<i>Acrostichum spp.</i>
<i>Blechnum occidentale</i>	<i>Calotropis procera</i>	<i>Batis maritima</i>
<i>Campyloneurim phyllitidis</i>	<i>Commelina difusa</i>	<i>Mimosa pigra</i>
<i>Cyathea dryopteroides</i>	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	<i>Sagittaria lancifolia</i>
<i>Fregaria vesca</i>	<i>Cucumis anguria</i>	<i>Sessuvium portulacastrum</i>
<i>Lepianthes peltata</i>	<i>Cynophallophora flexuosa</i>	<i>Sporobolus virginicus</i>
<i>Lindsaea stricta</i>	<i>Cyperus papyrus</i>	
<i>Lygodium japonicum</i>	<i>Gynerium sagitatum</i>	
<i>Panicum maximum</i>	<i>Ipomea pes-caprae</i>	
<i>Piper auritum</i>	<i>Matelea maritima</i>	
<i>Piper peltatum</i>	<i>Mimosa pigra</i>	
	<i>Momordica charantia</i>	
	<i>Passiflora foetida</i>	
	<i>Pennisetum sp.</i>	
	<i>Phyla nodiflora</i>	
	<i>Ricinus communis</i>	
	<i>Solanum tuberosum</i>	
	<i>Thumbergia alata</i>	

En los bosques jóvenes hay alta dominancia de una especie sobre las demás, o sea, la frecuencia y el área ocupada por una sola especie excede ampliamente a las otras especies, por lo que se observan parchos cuasi mono-específicos. Las especies dominantes son, en casi todos los parchos de bosque joven, especies naturalizadas que tuvieron algún uso para proteger los cultivos o especies pioneras nativas que se establecen en terrenos abandonados. Sin embargo, hay parchos de bosque maduro en pendientes altas que mantienen muchas especies nativas porque aparentemente, por diversas razones, el terreno no fue usado de forma intensiva como en otras áreas que fueron manejadas con fines agrícolas.

Vertederos clandestinos

Los vertederos clandestinos son depósitos de basura de forma ilegal en campos abiertos. López Marrero y Villanueva Colon (2006) realizaron una evaluación exhaustiva de los vertederos clandestinos en Puerto Rico. Generalmente éstos se localizan en barrancos, riberas de ríos y quebradas; a lo largo de carreteras rurales; en solares yermos, costas y las afueras de zonas residenciales. Estos tienen efectos negativos sobre el ambiente.

- Se forman lixiviados que llegan a cuerpos de agua al mezclarse la lluvia con la basura, lo que es un grave problema de contaminación de ríos y quebradas que suplen agua a comunidades.
- Se afecta la vida silvestre acuática, así como los distintos componentes de las cadenas alimentarias a partir de ésta.
- Representan hábitat de vivienda y reproducción de ratas, moscas y mosquitos, los que son vectores de enfermedades.
- Atraen animales realengos que igualmente son vectores de parásitos que podrían afectar a seres humanos.
- Se crean malos olores por causa de animales muertos en estado de descomposición y la propia putrefacción de sobrantes de alimentación.
- Son cúmulo de neumáticos, materiales plásticos y combustibles que pueden originar fuegos.
- Obstruyen el flujo normal del agua de ríos y quebradas; y causa inundaciones bajo puentes y sobre alcantarillados pluviales.
- Algunos escombros en los vertederos clandestinos pueden ser proyectiles durante eventos de huracán.
- Afean lugares naturales de gran belleza escénica, lo que a su vez afecta el ecoturismo.

Aproximadamente 20-30 % de la basura que se genera nunca llega a los rellenos sanitarios, lo que potencialmente podría ser la fracción de la basura depositada en los vertederos clandestinos. De acuerdo al reporte de caracterización de la basura en un total de 12 vertederos (ADS 2003) la mayor fracción de basura generada en Puerto Rico de acuerdo al peso son desperdicios de jardinería, construcción y orgánicos. En el vertedero doméstico de Ponce el orden de los desperdicios es un poco distinto: jardinería (27.34%), construcción (24.86), papel y cartón (13.65%), metal ferroso (10.30%), orgánicos (9.45%), plástico (6.86%), desperdicios no caracterizados (4.61), cristal (1.64%), desperdicios domésticos peligrosos (0.65%) y metal no ferroso (0.64%).

1. Descripción del trabajo de campo para localizar vertederos clandestinos en la cuenca

En censos realizados en octubre, 2018 se identificaron los lugares con vertederos clandestinos. Se consideró como vertedero clandestino todo lugar ocupado con material desechado en áreas que no están legalmente designadas para depósito de basura y escombros. Las coordenadas en decimales se tomaron con la aplicación Android My GPS coordinates GPS (versión 1.74). Cada lugar con basura o escombros clandestinos adyacente a caminos públicos pavimentados o no pavimentados localizados dentro de una distancia de 200 m del río Inabón fue considerada para el censo. La basura depositada por el flujo de la corriente o la basura encontrada a lo largo de las carreteras no se consideró dentro de este protocolo (aunque se deben evaluar los esfuerzos para eliminar la basura de las corrientes y de las vías públicas). Las características de cada vertedero clandestino se registraron en un archivo CSV con coordenadas de latitud-longitud y se proyectaron a GCS_WGS_1984.

2. Localización de los vertederos clandestinos en la cuenca

Se localizaron 25 puntos geográficos con depósito ilegal de basura a lo largo de la PR 511 y carreteras bajo la PR 52 hasta la conexión con la PR 1. Muchos de estos se localizaron cerca de los puntos de muestreo para calidad de agua y para censo de aves (Figura 19). La presencia de vertederos cerca de los puntos de muestreo para detección de coliformes fecales, enterococos y metales en el agua nos hace suponer que los materiales acumulados en los vertederos clandestinos son una de las causas de la baja calidad de agua en el río.

3. Descripción de los vertederos clandestinos localizados en la cuenca

Se identificó y clasificó el tipo de basura en cada uno de los vertederos clandestinos utilizando los criterios de clasificación de ADS con algunas modificaciones y añadiendo categorías que se observaron en los mismos (Tabla 11).

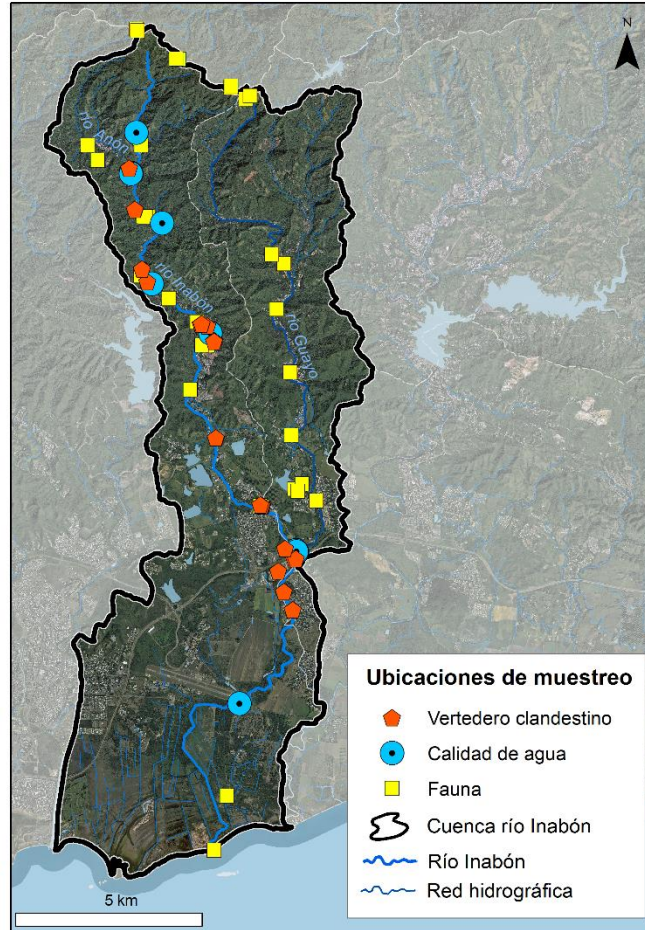


Figura 19. Proximidad de los vertederos clandestinos con los puntos de muestreo de calidad de agua y los de censos de fauna en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Vertederos clandestinos en las carreteras PR 511 y bajo la PR 52

Tabla 11. Descripción de vertederos clandestinos a lo largo de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Datos de octubre 12 y 27 de 2018

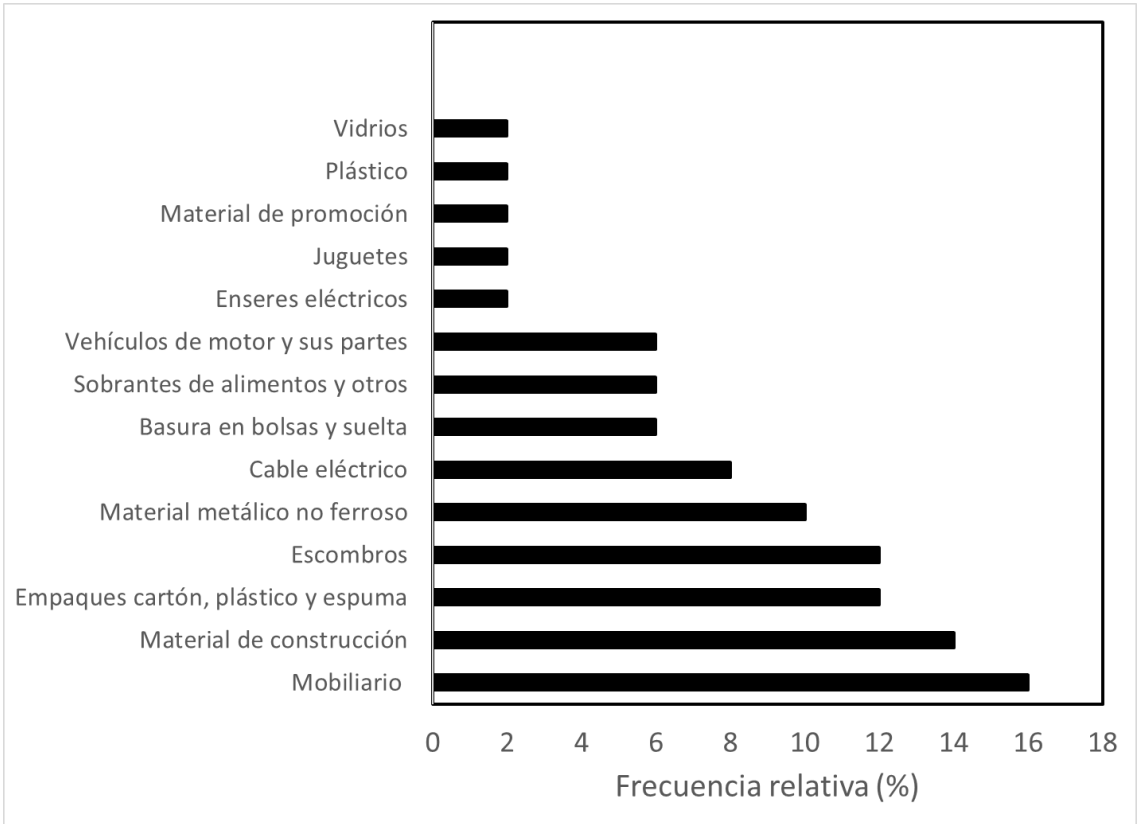
Número	Latitud	Longitud	Tipo de basura
1	18.026548	-66.538602	Mobiliario
2	18.030976	-66.540834	Material de promoción y escombros
3	18.03603	-66.542301	Vehículos de motor y sus partes
4	18.038938	-66.53786	Basura (dentro y/o fuera de bolsa)
5	18.038988	-66.538052	Escombros
6	18.038993	-66.538242	Mobiliario y plástico
7	18.039001	-66.538184	Empaques de cartón, plástico y/o espuma; vidrio y material metálico no ferroso
8	18.041425	-66.540592	Material metálico no ferroso, vehículo de motor y sus partes, material de construcción, cable eléctrico y mobiliario
9	18.051770	-66.546364	Material de construcción y empaque de cartón, plástico y/o espuma
10	18.051889	-66.546499	Mobiliario
11	18.051902	-66.54648	Material de construcción, enseres eléctricos, y empaque de cartón, plástico y/o espuma
12	18.052019	-66.546803	Material de construcción y mobiliario
13	18.068241	-66.558114	Mobiliario
14	18.068269	-66.558172	Empaques de cartón, plástico y/o espuma; y material de construcción
15	18.09169	-66.55861	Cable eléctrico
16	18.09184	-66.5585	Basura (dentro y/o fuera de bolsas), vidrios y material de construcción
17	18.09537	-66.56033	Escombros, cable eléctrico y material de construcción

Tabla 11. Continuación

Número	Latitud	Longitud	Tipo de basura
18	18.09582	-66.56196	Escombros
19	18.09584	-66.56178	Escombros, mobiliario y basura (dentro y/o fuera de bolsa)
20	18.09596	-66.56175	Sobrantes de alimentación, otro material orgánico y/o inorgánico
21	18.10616	-66.5755	Vehículos de motor y sus partes, cable eléctrico y material metálico no ferroso
22	18.10921	-66.57691	Empaques de cartón, plástico y espuma; sobrantes de alimentación
23	18.123663	-66.578653	Mobiliario, material metálico no ferroso, y juguetes
24	18.12368	-66.5787	Sobrantes de alimentación, otro material orgánico y/o inorgánico; y empaques de cartón, plástico y/o espuma
25	18.13368	-66.58014	Escombros

De igual forma, el volumen de cada vertedero y la concentración de vertederos también varió entre los puntos. En la zona urbana de la cuenca hay menos concentración de vertederos y estos son de menor volumen.

De mayor a menor frecuencia (Figura 20), los tipos de basura en los vertederos identificados son mobiliario (16%); material de construcción (14%); empaques (cartón, plástico y de espuma) y escombros (12%); material metálico no ferroso (10%); cables eléctricos (8%); basura en bolsas y suelta, sobrantes de alimentos y otro material relacionado a alimentación; vehículos de motor y sus partes (6%); y enseres eléctricos, juguetes, material de promoción, plástico y vidrios (2%). La gran cantidad de mobiliario y material de construcción depositada en los vertederos clandestinos puede ser consecuencia de que las viviendas y pertenencias de las personas que viven en la cuenca sufrieron mucho daño debido al paso del huracán María en septiembre 20 de 2017. Analizando la frecuencia de cada tipo de basura, se observa que no es en el mismo orden de rango de la que reportó ADS de acuerdo al peso de la basura en los rellenos sanitarios. Basura de mayor tamaño, como por ejemplo mobiliario, material de construcción, vehículos de motor y enseres eléctricos, los ciudadanos no lo depositan en los rellenos sanitarios. Los ciudadanos deben pagar para que este tipo de basura se lleve a un centro de acopio y muchos prefieren depositarlos en vertederos clandestinos desde donde se generan algunos de los efectos negativos al ambiente ya descritos.



. Frecuencia relativa de los tipos de basura identificados en los vertederos clandestinos en distintas áreas de la cuenca del río Inabón, Puerto Rico en las carreteras PR 511 y bajo la PR 52

Opinión de algunos propietarios de terreno

Mediante la administración de cuestionarios a propietarios de terreno que accedieron ser entrevistados, se pudo constatar la percepción de problemas (ANEJO I) e intereses (ANEJO II) relacionados a sus terrenos. A pesar de que hasta este momento solo se obtuvo la participación de cinco de los 63 propietarios (0.08%), se ofrecen los resultados más relevantes a continuación.

Los asuntos que consideraron como un gran problema son:

1. Pérdida de terreno por erosión y/o deslizamiento de terreno
2. Presencia de plantas indeseables en cultivos

Mientras, demostraron mayor interés en:

1. Proteger las especies amenazadas o en peligro
2. Conservar parte de la propiedad como bosque
3. Mantener la pesca en el río
4. Que los bosques en su propiedad se preserven y mantengan saludables
5. Hacer veredas para que la gente pueda caminar y disfrutar de la naturaleza
6. Mantener el agua del río limpia
7. Recibir subsidios de gobierno federal o estatal

Por otra parte, no consideran tener problema:

1. De herencia
2. De pérdida de cultivo por causas naturales
3. Por pagar impuestos
4. De fuegos forestales
5. Vertederos clandestinos en su propiedad
6. Descarga de aguas usadas al río o de aguas negras de pozos sépticos

Ni tienen interés en:

1. Que las personas puedan cazar

Se requiere ampliar la muestra para tener una representación apropiada de la población de propietarios de terreno, lo que sugiere reclutar personal para visitar directamente las propiedades y tener acceso a los propietarios. Este debe ser un plan a seguir que requiere esfuerzo y ayuda financiera. Sin embargo, estos resultados parecen ser esperanzadores para que los propietarios reciban este borrador de plan con beneplácito y se integren de manera activa para la edición y aprobación final.

PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES Y AGENCIA, ORGANIZACIÓN Y/O PERSONAL CORRESPONDIENTE

Mediante visitas al campo, entrevistas informales con personas de la comunidad y conversaciones con personal del municipio de Ponce, pudimos identificar varios problemas, posibles soluciones, entidades inherentes y medios disponibles para atenderlos (Tabla 12).

Tabla 12. Problemas identificados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico y entidades inherentes y medios disponibles para posible solución

Problema	Posible solución	Entidades y medios
Fragmentación de bosques y baja población de especies nativas	<p>Creación y mantenimiento de banco de plántulas de especies nativas</p> <p>Sembrar árboles de especies nativas:</p> <p>a-Crear corredores ecológicos entre terrenos privados para fusionar parchos de bosque</p> <p>b-Reforestar la periferia de los terrenos privados, la ribera de ríos y quebradas</p>	USFWS, NRCS, DRNA, PUCPR
Desinformación y devaluación de servicios y beneficios que ofrecen los bosques	Educar a los propietarios de terrenos y a las comunidades sobre los beneficios que les ofrecen sus bosques	DE, DRNA, Red Cibernética
No existen bosques en zona de mayor densidad poblacional	Creación de parchos de bosque en terreno público y/o privado	DRNA, Gobierno Municipal, comunidades
No existe monitoreo sobre la salud de los bosques privados	Adaptar la guía del Forest Health Indicators, Forest Inventory Analysis Program del USDA Forest Service para monitorear los bosques privados	IITF USDA Forest Service, DRNA y PUCPR
No existe monitoreo de la calidad de los suelos en bosques privados	Monitorear a largo plazo los suelos para que sean de alta calidad mediante indicadores físicos, químicos y biológicos	USDA Soil Conservation Service y DRNA

Tabla 12. Continuación

Problema	Posible solución	Entidades y medios
Alta frecuencia de vertederos clandestinos	Crear alianzas entre agencias gubernamentales y privadas, organizaciones sin fines de lucro y centros educativos para desarrollar diferentes alternativas de erradicación de vertederos clandestinos	Gobierno Municipal, JCA, DRNA, EPA, CSP y DE
Baja calidad de agua del río y quebradas por coliformes fecales, enterococos y metales pesados	Identificar posibles fuentes de contaminación, educar sobre mejores prácticas de manejo, aplicar técnicas de fito-remediación	DRNA, Salud Ambiental, Gobierno Municipal (Programa MS4), NRCS, EPA, Oficina de Permisos del Municipio y/u OGPe
Huracanes y tormentas causantes de pérdida de cobertura forestal, inundaciones, deslizamientos, erosión y pérdida de nutrientes de suelo	Implementar estrategias para minimizar los riesgos de eventos climáticos catastróficos propios de los trópicos, incluyendo los daños por vientos de tormenta, deslizamientos e inundación de terrenos.	Visit Rico, Foundation for Puerto Rico; Para la Naturaleza; FSA; Centro Climático del Caribe (Caribbean Climate Hub) del USDA; Programa de Incentivos Agrícolas de Emergencia de la Autoridad de Tierras y ADEA; Corporación de Seguros Agrícola; EWP; EQIP; CSP; RCPP
	Asistencia a los agricultores para mitigar daños por eventos climatológicos extremos	
Colonización de yerbas, bejucos, otras plantas introducidas no deseadas; y de la iguana verde	Control biológico, remoción mecánica y captura	USFWS, NRCS, DRNA
Masiva mortalidad de mangle	Restaurar manglares con un enfoque holístico y ecológico	USFWS, DRNA, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EU

Tabla 12. Continuación

Problema	Posible solución	Entidades y medios
Inundación de terrenos en la desembocadura	Limpiar y mantener limpio los canales de desagüe que fueron construidos	DRNA, EPA, Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EU, Gobierno Municipal (Programa MS4)
Poca producción de cultivos orgánicos y de madera	Orientar a propietarios de terrenos agrícolas sobre la aplicación de técnicas agroforestales y de agricultura orgánica	Departamento de Agricultura, NRCS

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO

Los siguientes son estrategias para alcanzar objetivos a corto, mediano y largo plazo para resolver algunos de los problemas prioritarios que se han identificados en la cuenca.

Proveer información a los propietarios de terrenos sobre sus bosques

La educación es el motor que enciende toda acción. No se puede proteger aquello que no se conoce. Por eso, es sumamente importante que los propietarios de terreno conozcan y entiendan los beneficios ecológicos y económicos de mantener sus bosques. Proveerle información sobre el valor monetario de los árboles nativos en sus terrenos puede ser una forma muy atractiva para que ellos procuren mantenerlos. Los ingenieros forestales pueden calcular el valor monetario de los árboles en los bosques privados utilizando fórmulas que consideran los criterios de especie, tamaño, ubicación y condición, además de los beneficios y servicios que ofrecen al ser humano, a la vida silvestre y al entorno ambiental en general. Los propietarios que quieran aumentar el área de sus bosques y enriquecerlos con nuevas especies pueden seleccionar especies que brinden servicios ecológicos específicos y que tengan las características de tamaño y crecimiento que el terreno permita (Tabla 13), así como especies que tengan las adaptaciones al tipo de bosque en el que se localice el terreno (Tabla 14).

Si el propietario lo solicita, biólogos forestales del DRNA pueden orientar a los propietarios en cuanto a la identificación de las especies existentes en sus bosques y los beneficios y servicios que estas les brindan. De no tener poblaciones de las especies o estas son insuficientes, se pueden hacer planes de siembra de acuerdo a los intereses del propietario y las características y adaptaciones de la especie. Uno de los servicios de interés pudiese ser la fertilización natural de terrenos estériles que estén en desuso. La estrategia recomendada es sembrar especies de árboles de rápido crecimiento, que sean fijadoras de nitrógeno y añadan mucha materia orgánica y nutrientes esenciales a los suelos. Entre las leguminosas hay varias especies que brindan esos beneficios y a la vez proveen sombra para las plantaciones. Otro servicio podría ser protección de cultivos contra el viento y la sequedad. Se recomienda especies de copa frondosa y amplia en la periferia de los cultivos. Estas, además de proteger los cultivos, pueden servir

de refugio y alimento a especies de fauna de vida silvestre, las que simultáneamente pueden ser agentes polinizadores de los cultivos. Algunas especies de árboles y de palmas son recomendadas para disminuir la posibilidad de deslizamiento de terrenos. Estos y otros variados beneficios pueden ser provistos por distintas especies de árboles en las inmediaciones de los cultivos en las fincas activas cercanas a los bosques privados.

Tabla 13. Especies de árboles nativos que potencialmente pueden ser cultivadas en bosques privados en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico. Recomendadas de acuerdo a su servicio, tamaño y crecimiento según se describen en la lista de Árboles Nativos de Puerto Rico que publica la organización Para La Naturaleza. Especies clasificadas de acuerdo a estatus de conservación. Nombre común en paréntesis

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento				
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento
<i>Acrocomia aculeata</i> ^{9,10,12} (palma de corozo)			X		X			X				X
<i>Amyris elemifera</i> (tea)			X						X		X	
<i>Anadenanthera peregrina</i> (cojóbana)	X	X						X		X		
<i>Andira inermis</i> (moca)	X	X	X	X	X		X				X	
<i>Annona glabra</i> (cayur)		X	X						X	X		
<i>Avicenia nítida</i> (mangle prieto)		X	X	X				X			X	
<i>Bourreria succulenta</i> (palo de vaca)			X	X				X			X	
<i>Brunfelsia densifolia</i> ^{1,3,6,10} (aguacero)			X						X		X	
<i>Brunfelsia portoricensis</i> ^{1,3,5,6,10}			X					X	X	X		
<i>Bucida buceras</i> (ucar)		X	X				X			X		

Tabla 13. Continuación

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento				
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento
<i>Bursera simaruba</i> (almácigo)		X	X	X				X			X	
<i>Byrsonima spicata</i> ¹⁰ (maricao)		X	X					X			X	
<i>Calophyllum antillanum</i> (maría)		X	X					X			X	
<i>Calyptronoma rivalis</i> ^{7,9,10,12,15} (palma de manaca)		X	X					X			X	
<i>Casearia decandra</i> (tostado)			X	X					X		X	
<i>Casearia sylvestris</i> (cafeíllo)			X	X					X			
<i>Cecropia schreberiana</i> (yagrumo hembra)			X		X			X		X		
<i>Cedrela odorata</i> (cedro hembra)			X	X		X	X			X		
<i>Ceiba pentandra</i> ¹⁰ (ceiba)		X	X	X	X		X			X		
<i>Chrysophyllum cainito</i> (caimito)		X	X					X			X	
<i>Citharexylum spinosum</i> (péndula)			X	X					X	X		

Tabla 13. Continuación

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento					
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento	
<i>Clusia rosea</i> (cupey)		X	X		X			X			X		
<i>Coccoloba diversifolia</i> (uverillo)			X	X				X			X		
<i>Cojoba arborea</i> (acacia silvestre)	X	X	X		X		X				X		
<i>Colubrina arborescens</i> (abeyuelo)		X	X					X			X		
<i>Cordia alliodora</i> (capá colorado)			X	X		X		X	X				
<i>Cordia collococa</i> (cerezo)			X								X		
<i>Cornutia obovata</i> ^{1,2,3,5,7,8,10} (nigua)			X					X			X		
<i>Cupania americana</i> (guara)			X	X					X				
<i>Dendropanax arboreus</i> (pollo)			X	X				X					
<i>Eugenia axillaris</i> (murta)			X					X			X		
<i>Eugenia biflora</i> (hoja menuda)			X					X			X		

Tabla 13. Continuación

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento				
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento
<i>Eugenia domingensis</i> (guasábara)		X	X					X			X	
<i>Eugenia monticola</i> (hoja menuda)			X					X	X		X	
<i>Genipa americana</i> (jagua)		X	X	X				X				
<i>Goetzea elegans</i> ^{1,3,5,6,7,8,10} (matabuey)			X						X		X	
<i>Guaiacum officinale</i> ^{3,5,6,10} (guayacán)		X	X	X		X		X				X
<i>Guarea guidonia</i> (guaraguao)		X	X			X		X			X	
<i>Guazuma ulmifolia</i> (guácima)			X	X				X			X	
<i>Hyeronima clusioides</i> ^{9,10,12} (cedro macho)						X		X			X	
<i>Hymenaea courbaril</i> (algarrobo)	X	X	X	X				X			X	
<i>Inga laurina</i> (guamá)	X	X	X	X				X			X	
<i>Inga vera</i> (guaba)			X	X				X			X	

Tabla 13. Continuación

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento				
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento
<i>Juglans jamaicensis</i> ^{3,4,7,9,10,11} (nogal)			X								X	
<i>Krugiodendron ferreum</i> (palo de hierro)			X						X			X
<i>Lonchocarpus heptaphyllus</i> (palo seco)			X	X					X			
<i>Magnolia portoricensis</i> ^{1,5,9} (jagüilla)			X			X			X			X
<i>Manilkara bidentata</i> (ausubo)			X			X			X			X
<i>Ocotea leucoxydon</i> (laurel geo)						X			X		X	
<i>Ocotea moschata</i> ^{1,8,11} (nuez moscada)			X								X	
<i>Petitia domingensis</i> (capá blanco)			X			X			X		X	
<i>Pimenta racemosa</i> (malagueta)			X	X					X		X	
<i>Prestoea acuminata</i> var. <i>montana</i> (palma de sierra)			X		X					X		X
<i>Prunus occidentalis</i> ^{3,6,10} (almendrón)	X		X									X

Tabla 13. Continuación

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento					
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento	
<i>Pterocarpus officinalis</i> ^{9,12} (palo de pollo)	X				X	X	X			X			
<i>Roystonea borinquena</i> ⁹ (palma real)			X	X	X			X			X		
<i>Sabal causiarum</i> ^{3,6,10} (palma de sombrero)			X	X								X	
<i>Sapindus saponaria</i> ^{3,6} (jaboncillo)			X					X	X				
<i>Schefflera morototoni</i> (yagrumo macho)			X			X		X			X		
<i>Stahlia monosperma</i> ^{3,5,6,10,13,14} (cobana negra)		X	X			X		X				X	
<i>Tabebuia heterophylla</i> (roble blanco)		X	X					X	X				
<i>Thespesia grandiflora</i> ^{1,9} (maga)			X			X		X	X				
<i>Zanthoxylum flavum</i> ⁴ (aceitillo)			X			X		X				X	

Tabla 13. Continuación

Nombre científico y común	Servicios							Tamaño y crecimiento					
	Fertilizan suelo	Sombra	Alimento y refugio para vida silvestre	Melífero	Estabilizador de suelo	Maderería	Grande	Mediano	Pequeño	Rápido	Moderado	Lento	
<i>Zanthoxylum martinicensis</i> (espino rubial)			X	X				X			X		

¹ Endémica de Puerto Rico

² Peligro Crítico Método Regional de la Lista Roja de UICN

³ Peligro Crítico por IRC para la isla de Puerto Rico

⁴ Peligro Crítico de Extinción DRNA Estatus Legal

⁵ Peligro de Extinción Estatus Global

⁶ Peligro Método Regional de la Lista Roja de UICN

⁷ Peligro de Extinción Estatus Legal Federal

⁸ Peligro de Extinción Estatus Legal DRNA

⁹ Peligro por IRC para la isla de Puerto Rico

¹⁰ Elemento Crítico DRNA 2007

¹¹ Vulnerable Global Lista Roja UICN

¹² Vulnerable Método Regional de la Lista Roja de UICN

¹³ Vulnerable PR Estatus Legal DRNA

¹⁴ Amenazada Estatus Legal Global

¹⁵ Amenazada Estatus Legal Federal

Reforestar con especies de árboles nativos adaptados a los hábitats en la cuenca

1. Creación y mantenimiento de banco de plántulas de especies nativas de árboles y otras plantas

Las especies naturalizadas se propagan exitosamente, sin embargo, hay varias especies nativas que han demostrado problemas de propagación por lo que requieren técnicas biotecnológicas. Investigadores de CEIBA de la PUCPR mediante acuerdo colaborativo con el DRNA pueden crear un banco de plántulas de especies de arboles nativos desarrolladas mediante técnicas in vitro. Las especies a seleccionar para el desarrollo de estas técnicas deben ser algunas de las descritas para los tipos de hábitats en la cuenca (Tabla 14). Las especies a propagar deben ser las que se puedan utilizar para cerrar espacios vacíos, aumentar la cubierta forestal, crear corredores, disminuir derrumbes y erosión de terreno, proteger los cultivos como especies de sombra o de barrera, fertilizar naturalmente los suelos, y/o proveer fuente de alimento y hábitat para la vida silvestre (Tabla 13).

Las plántulas que surjan por estas técnicas se guardarían en umbráculos del DRNA en Ponce donde serán cuidadas hasta que alcancen tamaño adecuado para hacerlas disponibles a los propietarios de terreno que así lo soliciten. Si los propietarios de terreno en la cuenca del río Inabón no solicitan los juveniles estos serán donados a propietarios de terreno de otras cuencas en Puerto Rico. Las técnicas a ser utilizadas pueden variar por especie y no todas las especies responderán de forma exitosa a la propagación in vitro; pero, las que se propaguen exitosamente, pueden ser provistas a los interesados para la conservación de sus bosques privados.

De igual forma, se pueden crear bancos de plántulas de especies acuáticas nativas que brinden servicios ecológicos en río Inabón (Tabla 15). Servicios ecológicos que brindan las plantas acuáticas incluyen remoción de sustancias contaminantes, retención de sedimentos y mejoramiento de la calidad del agua. Además, las plantas acuáticas proveen alimento y refugio para la vida silvestre, tales como especies de aves, insectos y peces, entre otros. Este puede ser un proyecto a largo plazo que constará de varias fases ordenadas en rango de acuerdo a las prioridades de los propietarios de terreno. Las listas a continuación presentan las especies que pueden ser intentadas por técnicas in vitro.

Tabla 14. Especies de árboles descritos en bosques vírgenes al sur y en laderas bajas y altas de la Cordillera Central de Puerto Rico (Little, Wadsworth y Marrero, 1967, revisada 2001) y tipo de hábitat (Lugo, 2005, en Joglar, editor)

Nombre científico	Nombre común	Tipo de hábitat
<i>Acrocomia media</i>	corozo	Valles aluviales húmedos
<i>Alchorneopsis floribunda</i>	palo de gallina	Pendientes bajas húmedas
<i>Andira inermis</i>	moca	Pendientes bajas húmedas y valles aluviales húmedos
<i>Avicennia germinans</i>	mangle prieto	Riberas costaneras
<i>Beilschmiedia pendula</i>	guajón	Pendientes bajas húmedas
<i>Buchenavia capitata</i>	granadillo	Pendientes bajas húmedas
<i>Bucida buceras</i>	ucar	Valles aluviales secos
<i>Bunchosia glandulosa</i>	café forastero	Valles aluviales secos
<i>Bursera simaruba</i>	almácigo	Valles aluviales secos
<i>Byrsonima coriacea</i>	maricao	Pendientes bajas húmedas
<i>Calophyllum brasiliense</i>	maría	Valles aluviales húmedos
<i>Canella winterana</i>	barbasco	Valles aluviales secos
<i>Capparis cynophallophora</i>	burro prieto	Valles aluviales secos
<i>Casearia arborea</i>	rabo ratón	Pendientes bajas húmedas
<i>Cecropia peltata</i>	yagrumo hembra	Pendientes bajas húmedas
<i>Ceiba pentandra</i>	ceiba	Valles aluviales secos
<i>Citharexylum fruticosum</i>	péndula	Valles aluviales secos y húmedos
<i>Coccoloba venosa</i>	calambreña	Valles aluviales secos
<i>Colubrina arborescens</i>	maví falso	Valles aluviales secos
<i>Comocladia dodonaea</i>	chicharrón	Valles aluviales secos
<i>Cordia collococca</i>	cerezo	Valles aluviales secos
<i>Cordia nitida</i>	capa colorado	Valles aluviales secos
<i>Cupania americana</i>	guara	Pendientes bajas húmedas
<i>Cyathea arborea</i>	helecho arboreo	Pendientes bajas húmedas
<i>Dacryodes excelsa</i>	tabonuco	Pendientes bajas húmedas
<i>Drypetes glauca</i>	varital	Pendientes bajas húmedas
<i>Erythroxylum areolatum</i>	indio	Valles aluviales secos
<i>Genipa americana</i>	jagua	Valles aluviales húmedos
<i>Guaiacum officinale</i>	guayacán	Valles aluviales secos
<i>Guarea guidonia</i>	guaraguao	Pendientes bajas húmedas
<i>Guazuma ulmifolia</i>	guacimilla	Valles aluviales secos
<i>Guettarda scabra</i>	palo cucubano	Valles aluviales húmedos

Tabla 14. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Tipo de hábitat
<i>Hernandia sonora</i>	mago	Valles aluviales húmedos
<i>Hirtella rugosa</i>	icaquillo	Pendientes bajas húmedas
<i>Hymenaea courbaril</i>	algarrobo	Valles aluviales húmedos
<i>Inga laurina</i>	guamá	Pendientes bajas húmedas
<i>Krugiodendron ferreum</i>	bariaco	Valles aluviales secos
<i>Laguncularia racemosa</i>	mangle blanco	Riberas costaneras
<i>Linociera domingensis</i>	hueso blanco	Pendientes bajas húmedas
<i>Lonchocarpus latifolius</i>	geno-geno	Valles aluviales húmedos
<i>Mammea americana</i>	mamey	Valles aluviales húmedos
<i>Manilkara bidentata</i>	ausubo	Pendientes bajas y valles aluviales húmedos
<i>Manilkara bidentata</i>	ausubo	Valles aluviales húmedos
<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	tortugo amarillo	Valles aluviales húmedos
<i>Meliosma herbertii</i>	aguacatillo	Pendientes bajas húmedas
<i>Myrcia deflexa</i>	cienuillo	Pendientes bajas húmedas
<i>Nectandra coriacea</i>	laurel avispillo	Valles aluviales húmedos
<i>Ochroma pyramidale</i>	guano	Pendientes bajas húmedas
<i>Ocotea leucoxydon</i>	laurel geo	Pendientes bajas húmedas
<i>Ocotea moschata</i>	nuez moscada	Pendientes bajas húmedas
<i>Ormosia krugii</i>	palo de matos	Pendientes bajas húmedas
<i>Parkinsonia aculeata</i>	palo de rayo	Valles aluviales secos
<i>Petitia domingensis</i>	capá blanco	Valles aluviales húmedos
<i>Pictetia aculeata</i>	tachuelo	Valles aluviales secos
<i>Polygala cowelli</i>	palo de violeta	Valles aluviales secos
<i>Pterocarpus officinalis</i>	palo de pollo	Valles aluviales húmedos
<i>Randia aculeata</i>	tintillo	Valles aluviales secos
<i>Rauvolfia nitida</i>	palo amargo	Valles aluviales secos
<i>Samanea saman</i>	samán	Valles aluviales húmedos
<i>Sapium laurocerasus</i>	tabaiba	Pendientes bajas húmedas en la Cordillera Central
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	tortugo	Valles aluviales húmedos
<i>Sloanea berteriana</i>	motillo	Pendientes bajas húmedas en la Cordillera Central
<i>Spondias mombim</i>	jobo	Valles aluviales secos
<i>Stahlia monosperma</i>	cobana negra	Valles aluviales secos
<i>Tabebuia heterophylla</i>	roble blanco	Pendientes bajas húmedas en la Cordillera Central
<i>Tabebuia heterophylla</i>	roble blanco	Valles aluviales húmedos
<i>Terminalia catappa</i>	almendra	Valles aluviales secos

Tabla 14. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Tipo de hábitat
<i>Tetragastris balsamifera</i>	masa	Pendientes bajas húmedas en la Cordillera Central
<i>Trichillia hirta</i>	tinacio	Valles aluviales húmedos
<i>Trichillia pallida</i>	gaeta	Pendientes bajas húmedas en la Cordillera Central
<i>Zanthoxylum martinicense</i>	espino rubial	Valles aluviales húmedos
<i>Ziziphus reticulata</i>	cascarroya	Valles aluviales secos

Tabla 15. Plantas acuáticas nativas que podrían ser propagadas para proveer servicios ecológicos en río Inabón. Hidrófitas (acuáticas y ribereñas). Clasificación de presencia en agua: FAC= a veces presente, FACW=casi siempre acuática, OBL=acuática obligada. Adaptada de datos recopilados por Quiñonez Oquendo y Wagner-Vega para publicación de DRNA 2016

Especie	Nombre común	Hábito de crecimiento	Clasificación como planta de humedal
<i>Chamaesyce prostrata</i>	lechecillo	herbácea	FAC
<i>Vigna luteola</i>	frijol silvestre	enredadera herbácea	FAC
<i>Heliconia caribaea</i>	pámpano	herbácea	FACW
<i>Hyptis pectinata</i>		herbácea sub-arbustiva	FAC
<i>Lemna aequinoctialis</i>	yerba de pato	herbácea	OBL
<i>Lemna perpusilla</i>	yerba de pato	herbácea	OBL
<i>Mitreola petiolata</i>	huanana	herbácea	OBL
<i>Malachra alceifolia</i>	malva de caballo	herbácea sub-arbustiva	FAC
* <i>Najas guadalupensis</i>	ninfa acuática	herbácea	OBL
<i>Ludwigia erecta</i>	yerba de clavo	herbácea	OBL
<i>Piper aduncum</i>	higuillo	herbácea	FACW
<i>Panicum laxum</i>		yerba gramínea	FACW
<i>Paspalum conjugatum</i>	pasto amargo	yerba gramínea	FAC
<i>Axonopus compresus</i>	grama colorada	yerba gramínea	FAC
<i>Eriochloa polystachya</i>	yerba malojilla	yerba gramínea	FACW
<i>Polygonum punctatum</i>	yerba de hicotea	herbácea	OBL
* <i>Polygonum glabrum</i>	yerba de hicotea	herbácea	OBL
<i>Acrostichum aureum</i>	helecho de pantano	herbácea	OBL
<i>Mikania cordifolia</i>	guaco	enredadera herbácea	FAC
<i>Mikania micrantha</i>	guaco falso	enredadera trepadora	FAC
<i>Commelina diffusa</i>	cohítre azul	herbácea	FAC
<i>Ipomoea violacea</i>	bejuco de luna	enredadera herbácea	FAC
<i>Ipomoea alba</i>	claro de luna	enredadera herbácea	FACW
<i>Cyperus odoratus</i>	coquí oloroso	yerba ciperácea	FACW
<i>Eleocharis geniculata</i>		yerba ciperácea	OBL
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	fimbri	yerba ciperácea	
<i>Nephrolepis biserrata</i>	helecho	herbácea	FACW
<i>Bacopa monnieri</i>	yerba de culebra	herbácea	OBL
<i>Pilea inaequalis</i>		herbácea	FACW

*Amenazadas o en Peligro de Extinción de acuerdo a la lista del Gobierno Federal o de un estado

FAC=Presente sistemas acuáticos, pero pueden estar en sistemas terrestres

FACW= Casi siempre presente en sistemas acuáticos, pero pueden estar en sistemas terrestres

OBL=siempre en sistemas acuáticos

2. Creación de parchos de bosque en terreno público y/o privado

Luego de educar a los ciudadanos sobre los beneficios que brindan los árboles se debe auscultar el interés de las comunidades para la creación de bosques en sus inmediaciones mediante alianzas con el Gobierno Municipal y varias entidades gubernamentales y privadas. En el Negociado de Servicio Forestal del DRNA existe el Programa de Forestación Urbana y de Comunidades cuya meta es proveer asistencia técnica y financiera a las comunidades, entidades públicas y privadas y a los municipios sobre el manejo de los recursos forestales urbanos. Este programa provee incentivos económicos y asistencia técnica para desarrollar proyectos comunitarios; trabaja directamente con las comunidades para educar, fortalecer el liderazgo y promover la participación activa de los voluntarios para el empoderamiento de sus bosques. Los incentivos económicos pueden obtenerse mediante propuestas escritas por entidades públicas y privadas, municipios, instituciones educativas y corporaciones sin fines de lucro para el desarrollo de proyectos con el fin de proteger y conservar bosques comunitarios. Los ciudadanos interesados pueden crear una corporación para este propósito ante el Departamento de Estado del ELA.

3. Creación de corredores ecológicos entre terrenos privados

Los corredores ecológicos son bosques lineales que se establecen entre dos o más bosques que fueron aislados por causas antropogénicas. Estos tienen como propósito servir de puente para la conexión entre poblaciones de especies de árboles y de fauna silvestre las que previo a la fragmentación estaban conectadas de forma natural. Las especies de árboles que se recomiendan sembrar en los corredores deben estar pre-adaptadas a habitar en espacios abiertos en los bosques y poseer características que les permita tolerar condiciones extremas al compararlas con las condiciones de las especies en espacios más cerrados en los bosques. Ejemplo de estas condiciones son alta iluminación solar, alta temperatura, poca humedad en el aire y suelo, baja fertilidad de terreno, y baja susceptibilidad a enfermedades.

Una de las funciones de los corredores; además de aumentar la cobertura forestal, es que sirven de vía de transporte para especies de animales frugívoros, por ejemplo, especies de aves y murciélagos que se nutren de frutos carnosos. Estos consumen frutos y dispersan las semillas lejos de los árboles parentales aumentando de esta forma la amplitud de hábitat para la especie de árbol. Por otra parte, los corredores ecológicos permiten que especies de animales nectívoros, como algunas de insectos, aves y murciélagos se muevan de un bosque a otro y mientras vayan procurando el néctar, polinicen las flores de árboles entre distintos bosques, lo que eventualmente favorecerá el entrecruce genético y la consecuente diversidad fenotípica.

Hay varias especies de vida silvestre en la cuenca que son frugívoros o nectívoros. Por ejemplo, 13% de las aves que fueron registradas en este reporte pueden incluir frutos en su dieta. Estas especies son turpial, come ñame, zorzal pardo, ruiseñor, reina mora, gorrión negro, zorzal de patas coloradas y bienteveo. Por otra parte, hay muchas especies de mariposas en la cuenca que se nutren del néctar y polinizan flores. Estas especies pueden ayudar a mantener las especies de árboles y de otra flora en los corredores ecológicos y en los bosques privados que queden conectados.

En Puerto Rico hay otras especies de aves y murciélagos frugívoras o nectívoras. Varias de éstas deben encontrarse en la cuenca, aunque no fueron registradas en los censos. Los corredores ecológicos, no solo aumentarían el área boscosa, la riqueza florística y la diversidad fenotípica; sino que también, podrán atraer otras especies de vida silvestre del BETN en busca de flores o frutos que produzcan las distintas especies de árboles que se siembren en los corredores ecológicos entre los bosques privados. En sus intestinos pueden transportar semillas consumidas de frutos de especies de árboles propias del bosque estatal. Las semillas en las heces fecales de esas aves pueden germinar en suelo en el corredor ecológico aumentando de esta forma la riqueza de especies nativas en dichos corredores.

4. Reforestar con especies de árboles melíferas la periferia de los terrenos privados y la ribera del río y quebradas

Las abejas son especies nectívoras que producen miel a partir del néctar de las flores que visitan para alimentarse. Como consecuencia de procurar nutrirse de las flores, en sus cuerpos se adhieren granos de polen. Por lo tanto, las abejas transportan polen de una flor a otra flor de la misma especie de árbol o de planta. Esta función hace a las abejas los principales vectores de polen, lo que es bien importante para el mantenimiento de la riqueza en los bosques y para la producción de cultivos agrícolas, como el café. Muchas especies de árboles atraen a las abejas porque producen mucho néctar en sus flores. Estos son nombrados como especies de árboles melíferos. Mediante las descripciones de las especies de árboles en Puerto Rico (Little *et al.* 2001), se pudo identificar las especies más comunes de árboles que proveen este servicio a las abejas. Varias de las especies de árboles melíferos están adaptadas a los hábitats en la cuenca (Tabla 16). Muchas de las especies de árboles melíferos se registraron en las visitas que se hicieron a los terrenos privados. Hay hábitats que no están en la cuenca, como son bosque serpentino y bosque al Norte de la Cordillera Central. Sin embargo, las especies en esos hábitats pueden también ser ensayadas en alguno de los cuatro hábitats en la cuenca. El hábitat o los hábitats indicados para las especies de árboles melíferos, son los más comunes para cada especie, pero no son necesariamente exclusivos. En la tabla se describe la época de floración y fructificación, así como la forma de crecimiento de la especie de árbol.

Tabla 16. Lista de árboles melíferos más comunes, nativos de Puerto Rico, o naturalizados (Little *et al.* 2001), que pueden sembrarse en las periferias de los cultivos agrícolas para atraer abejas polinizadoras de cultivos agrícolas. Detalles de florecida, tamaño, apariencia de la copa y hábitat

Nombre científico	Nombre común	Florecida	Tamaño	Apariencia de copa	Hábitat
<i>Andira inermis</i>	moca	Enero-febrero y mayo-septiembre	mediano	ramificada, densa y redondeada	en todos, excepto en montañas bien altas y zona caliza seca
<i>Avicenia nitida</i>	mangle prieto	casi todo el año	mediano	redondeada y de ramas extendidas	costas y áreas cenagosas en la desembocadura de ríos
<i>Bourreria succulenta</i>	palo de vaca	casi todo el año	pequeño	extendida de ramas finas y colgantes	costa y en zona caliza seca
<i>Bursera simaruba</i>	almácigo	primavera y otoño	pequeño	frondosa y amplia	costa seca caliza
<i>Casearia decandra</i>	tostado	en distintas épocas	pequeño	extendida horizontalmente	costa húmeda y base de montañas
<i>Casearia sylvestris</i>	cafeílo	todo el año	pequeño	redondeada y extendida	costa húmeda y base de montañas
<i>Cedrela odorata</i>	cedro hembra	Junio-agosto	grande	grande, alta, redondeada	bosques húmedos y elevaciones bajas
<i>Ceiba pentandra</i>	ceiba	diciembre-febrero	grande	plana, bien amplia, ramas horizontales	planos secos costaneros y base de Cordillera
<i>Citharexylum fruticosum</i>	péndula	todo el año	pequeño	frondoso y angosta	costa, zona caliza y base de montañas
<i>Coccoloba diversifolia</i>	uvilla, uverillo	casi todo el año	pequeño	frondosa y columnar	zona caliza húmeda y seca

Tabla 16. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Florecida	Tamaño	Apariencia de copa	Hábitat
<i>Coccoloba uvifera</i>	uva playera	casi todo el año	pequeño	extendida horizontalmente	costas arenosas y rocosas
<i>Cordia alliodora</i>	capá prieto	forma irregular en distintas épocas	mediano		zona caliza húmeda y base de montañas
<i>Cordia nitida</i>	capá colorado	forma irregular en distintas épocas	pequeño	densa y redondeada	la costa y en la zona caliza húmeda
<i>Cupania americana</i>	guara	invierno-primavera	pequeño	redondeada y amplia	costa húmeda, zona caliza húmeda y base de Cordillera
<i>Dendropanax arboreus</i>	pollo	casi todo el año	mediano	redondeada y extendida	zona caliza húmeda y base de montañas
<i>Eugenia jambos</i>	pomarrosa	casi todo el año	pequeño	densa, opaca y oscura	costa caliza y húmeda y base de montañas
<i>Genipa americana</i>	jagua	primavera-otoño	mediano	extendida y de follaje denso	desde la costa, zona caliza húmeda y base de montañas
<i>Guaiacum officinale</i>	guayacán	primavera-otoño	pequeño	amplia y redondeada	costa seca caliza
<i>Guazuma ulmifolia</i>	guácima	marzo-octubre	mediano	ramas largas horizontales y colgantes	costa y base de montañas
<i>Hippomane mancinella**</i>	manzanillo	primavera-otoño	mediano	ramas extendidas y copa redondeada	zona árida costanera

Tabla 16. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Florecida	Tamaño	Apariencia de copa	Hábitat
<i>Hymenaea courbaril</i>	algarrobo	primavera-otoño	mediano	extendida horizontalmente	costa seca y húmeda y zona caliza
<i>Inga laurina</i>	guamá	todo el año	mediano	extendida horizontalmente	costa caliza-húmeda y Cordillera
<i>Inga vera</i>	guaba	casi todo el año	mediano	extendida horizontalmente	norte de Cordillera en parte baja y zona caliza húmeda
<i>Lonchocarpus latifolius</i>	retamá	marzo-junio	pequeño	extendida horizontalmente	zona caliza húmeda y base de montañas
<i>Metopium toxiferum**</i>	papayo	febrero	pequeño	redonda, ramas gruesas y extendidas	zona caliza seca
<i>Nectandra coriacea</i>	laurel avispillo	irregular durante el año	pequeño		zona caliza húmeda del Norte
<i>Pimenta racemosa</i>	malagueta	abril-agosto	pequeño	frondosa y angosta	laderas secas de base de la Cordillera
<i>Pithecellobium saman</i>	samán	primavera-otoño	mediano	ramas horizontales largas y gruesas	costas secas y húmeda y en base de la Cordillera
<i>Roystonea borinquena*</i>	palma real	casi todo el año	mediano	encorvada y extendida horizontalmente	en todos, excepto en montañas bien altas y zona caliza seca
<i>Sapindus saponaria**</i>	jaboncillo		pequeño	amplia	costa seca

<i>Sarcomphalus reticulatus</i>	casarroya	verano	pequeño	columnar y estrecha	zona caliza
<i>Sideroxylon foetidissimum</i>	tortugo amarillo	irregular en distintas épocas	mediano	densa e irregular	costa y zona caliza húmeda
<i>Tabebuia heterophylla</i>	roble blanco	varias veces al año	mediano	columnar y estrecha	desde la costa hasta montañas de mediana elevación
<i>Trichillia hirta</i>	tinacio	casi todo el año	pequeño	copa redondeada de follaje denso	zona árida costanera
<i>Zanthoxylum flavum</i>	aceitillo	invierno-verano	mediano	amplia y rala	bosques serpentinos, bosques calizos secos y húmedos
<i>Zanthoxylum martinicense</i>	espino rubial	primavera-otoño	mediano	amplia y rala	zona caliza y base de montañas

* endémico

** fruto u otras partes venenosas al ser humano

Monitorear los bosques privados

Los bosques privados deben ser monitoreados durante largo plazo cada 5 o 10 años o inmediatamente luego de un desastre natural. La razón principal del monitoreo es para que sean bosques saludables. En la guía de Forest Health Indicators (2002) se incluyen indicadores de salud de los bosques. Debido a lo complejo del monitoreo, los propietarios de los bosques privados deben coordinar un profesional forestal para adaptar esta guía a sus bosques y poder realizar el monitoreo. Los indicadores incluidos en la guía son:

- Buena condición de copas
 - cantidad, condición y distribución del follaje, ramas y yemas apicales
- No daño foliar por ozono
- Poca frecuencia de daño estructural en árboles
 - heridas abiertas, signos de decaimiento avanzado, chancros (cancer), tronco, ramas, ni raíces rotas
- Frecuencia de mortalidad similar a la de bosques estatales– medida por
 - Cantidad de árboles muertos
 - Tamaño promedio de árboles muertos
 - Volumen de mortalidad
- Frecuencia de líquenes similar a la de bosques estatales
- Frecuencia de escombros leñosos similar a la de bosques estatales
- Índice de diversidad similar a bosques estatales
- Similar estructura de la vegetación a bosques estatales
- Buena condición de los suelos
 - Poca erosión
 - Suelto (no compacto, penetrable)
 - Buenas condiciones físicas y químicas
- No vertederos clandestinos en los terrenos

Considerando esos parámetros, construimos una tabla (Tabla 17) que podría servir para monitorear los bosques privados:

Tabla 17. Indicadores para poder diagnosticar la salud de los bosques privados. Adaptada de Forest Health Indicators (2002). Categorías de 3 a 0 en orden descendente

Indicador	Variables	Categorías			
		3	2	1	1
Condición de la copa	Proporción largo de copas y altura total árboles				
	Proporción ancho de copas y altura total árboles				
	Cantidad de luz que atraviesa las copas				
	Cantidad de ramas y yemas muerta				
	Frecuencia de daño por ozono				
	Frecuencia de heridas abiertas				
	Signos de decaimiento				
	Frecuencia de chancros (tumores)				
	Frecuencia de troncos rotos				
	Frecuencia de ramas rotas				
Mortalidad	Frecuencia de raíces rotas				
	Frecuencia total de árboles muertos				
	Frecuencia de árboles muertos juveniles				
	Frecuencia de árboles muertos adultos				
Comunidad de líquenes	Frecuencia de árboles muertos de gran tamaño				
	Frecuencia de líquenes				
	Frecuencia de especies que requieren mucho nitrógeno en suelo				
	Riqueza de líquenes				
	Frecuencia de líquenes indicadores de contaminación				

Tabla 17. Continuación

Indicador	Variables	Categorías			
		3	2	1	0
Diversidad y estructura de la vegetación	Frecuencia de árboles caídos				
	Frecuencia de ramas muertas				
	Frecuencia de fragmentos leñosos en el suelo del bosque (mayores de 3" diámetro)				
	Frecuencia de especies nativas en el sotobosque				
	Frecuencia de árboles nativos en el dosel				
	Frecuencia de especies de arbustos				
	Frecuencia de epífitas				
	Frecuencia de bejucos				
	Frecuencia de especies protegidas				
	Frecuencia de yerbas				
	Frecuencia de helechos				
	Frecuencia de ancestros de helechos				
	Frecuencia de musgos y hepáticas				
Deslizamiento de terreno	Frecuencia por área				
Vertederos clandestinos	Frecuencia por área				
Basura en el agua	Frecuencia por área				

Tabla 17. Continuación

Indicador	Variables	Categorías			
		3	2	1	0
Condición de suelo	Cantidad de hojarasca Presencia de suelo desnudo Cantidad de rocas grandes Observación de erosión Compactación de suelo Fertilidad de suelo Acidez de suelo Densidad (mg/m ³) del suelo Presencia de metales pesados en el suelo				

Monitorear los suelos en los bosques privados

Expertos del USDA Soil Conservation Service y DRNA pueden ser contactados para que en coordinación con los propietarios de bosques privados realicen monitoreo de los suelos. Igual al monitoreo de los bosques, esto puede ser en periodos de 5 a 10 años e inmediatamente luego de un desastre natural. El propósito del monitoreo es procurar que se mantengan las condiciones de alta calidad del suelo. El monitoreo básico debe incluir indicadores físicos, químicos y biológicos. Los indicadores pueden ser:

- a. Indicadores físicos
 - Textura (% de arena, limo y arcilla)
 - Densidad (g/cm³)
 - Infiltración (min/2.5 cm de agua)
 - Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces (cm o m)
 - Capacidad de retención de agua (% (cm³/cm³), cm de humedad)
- b. Indicadores químicos
 - Materia orgánica (N y C) (kg/ha)
 - pH
 - P, N y K extractables (kg/ha)
- c. Conductividad eléctrica (dSm-1; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana)
 - Carbono inorgánico
 - Nitrógeno inorgánico
 - Capacidad de absorción de fosfatos
 - Capacidad de intercambio de cationes

d. Indicadores biológicos

- C y N de la biomasa microbiana (kg de N o C ha⁻¹ relativo al C y N total o CO₂ producidos)
- Respiración aeróbica en el suelo (CO₂/g/hora)
- Presencia, diversidad y homogeneidad de especies indicadoras de buena calidad de suelo (invertebrados, hongos y bacterias), que funcionan como descomponedores de materia orgánica y reciclan nutrientes, disminuyendo la utilización de fertilizantes inorgánicos.

Por otra parte, Page-Dumroese *et al.* (2009) desarrolló un reporte técnico para el USDA FS en el que explica un protocolo a seguir para evaluación rápida de los suelos luego de una perturbación antropogénica, pero este podría adaptarse a una perturbación natural. Esto es muy importante para que los propietarios de los bosques privados obtengan datos de los daños luego de un huracán u otro tipo de perturbación natural. Esos datos servirían de evidencia para reclamar indemnizaciones.

Alternativas para erradicar vertederos clandestinos

Mediante alianzas entre agencias gubernamentales y privadas, organizaciones sin fines de lucro y centros educativos se pueden desarrollar estrategias para la erradicación de vertederos clandestinos. La eliminación de los vertederos clandestinos es un asunto que incumbe diferentes sectores. Para este propósito se requerirá la intervención de gobierno estatal y gobierno municipal y la colaboración del sector privado, organizaciones sin fines de lucro y centros educativos como universidades y escuelas del área.

La JCA es la agencia que fiscaliza los vertederos clandestinos en Puerto Rico. En Puerto Rico existe la Ley Núm. 308 de 25 de diciembre de 2002 cuyo propósito fue enmendar la sección 1 de la Ley Núm. 21 de 1969 para aumentar las penalidades a personas que arrojen basura y desperdicios fuera de los vertederos designados. Las penalidades varían entre \$ 100 a \$ 2,000 dependiendo del tipo de desperdicio y hasta un máximo de \$ 5,000 por no pagar la multa en un plazo de 30 días. En este último caso, se procederá a la radicación de una denuncia como delito menos grave. Además, en todos los casos el tribunal impondrá la pena de restitución. El motivo de la enmienda fue detener y desalentar a las personas que persistan en continuar con esa conducta delictiva.

No ha habido una campaña efectiva para orientar a la ciudadanía sobre las consecuencias legales y ambientales por arrojar basura fuera de los vertederos. Por eso, en los márgenes de ríos y quebradas, y en carreteras rurales en Puerto Rico es frecuente observar depósitos de basura de todo tipo; y en la cuenca del río Inabón no es la excepción. Se desconocen las razones particulares por las que las personas deciden tirar desperdicios en lugares públicos no designados, por lo que tener conocimiento sobre las razones es el primer paso para tratar de atacar el problema. Es primordial realizar un estudio en las comunidades en la cuenca del río Inabón con indicadores que permitan medir el nivel de conocimiento de la Ley 308 de 2002 y de las consecuencias nefastas que el crear vertederos clandestinos provoca en el entorno ecológico, la vida silvestre, la estética y la salud humana. Sumado a esos indicadores de conocimiento, el estudio debe incorporar indicadores de comportamiento con relación a la basura y los vertederos clandestinos. Los indicadores de comportamiento podrían arrojar luz sobre las motivaciones para la creación de esos vertederos. Si se obtiene evidencia de las motivaciones, las agencias

gubernamentales y privadas pueden desarrollar mejores estrategias para la erradicación. Las organizaciones sin fines de lucro, como, por ejemplo, Basura Cero y Yo Limpio a Puerto Rico podrían a su vez colaborar en el desarrollo y la implantación de las estrategias que se desarrollen para ese propósito.

La colaboración de las escuelas en las comunidades es esencial. Estas podrían ser las escuelas Cerrillo Hoyos y Llanos del Sur del Barrio Coto Laurel; Las Raíces, Parcelas Real, Pedro J. Fournier y la Juan Serrallés todas del Barrio Real Anón. Igualmente, se requerirá colaboración a las escuelas de Juana Díaz Luz E. Correa del Sector Manzanilla del Barrio Capitanejo y las escuelas Magas y SU Zoilo Gracia del Barrio Collores. Estas escuelas pueden colaborar con el personal de ADS y de los municipios de Ponce y Juana Díaz para la disposición de la basura y la limpieza del área. Ellos podrían adoptar áreas de vertederos clandestinos y convertirlas en jardines con árboles y herbáceas nativas apropiadas al lugar. Los árboles pueden ser provistos por la región de Ponce del DRNA. Las especies de árboles deben tener placas identificándolos por su nombre científico y común, así como fecha de la siembra, la escuela y el propósito de haberse sembrado en ese lugar.

A pesar de los esfuerzos del Comité Pro Rescate Real Anón y su Ambiente y de otros colectivos como el grupo “Yo amo a Ponce” para mantener limpio el Río Inabon, el problema de la basura en el río y sus alrededores es evidente. Educar a los vecinos y visitantes sobre las mejores prácticas de disponer de la basura e incentivarlos a re-usar y reciclar materiales de tal forma que disminuya la cantidad de desperdicios es otra estrategia importante para la erradicación. Esta puede estar dirigida, pero sin limitarse a estudiantes del programa graduado de Ciencias Ambientales de la PUCPR como labor de servicio comunitario requerido para obtener el grado de maestría. El propósito es fomentar el empoderamiento en los vecinos cerca de las áreas verdes alrededor del cauce del río para evitar que se deposite basura. Por otra parte, los estudiantes podrían procurar que entidades públicas de gobierno y entidades sin fines de lucro trabajen en conjunto para la eliminación de los vertederos clandestinos y crear estrategias específicas para que no vuelvan a establecerse; y fomentar en los agricultores el cambio a técnicas agroecológicas para disminuir la erosión del suelo y deslizamientos de terreno, y enriquecer los suelos con nutrientes de origen orgánico.

Mejorar y mantener la calidad del agua de río y quebradas

Mediante los análisis bacteriológicos y químicos del agua del río en distintos puntos de muestreo que se realizó para este informe quedó demostrado que la calidad es baja. La mayoría de los valores determinados están por encima de los estándares de la JCA y EPA. Debido a que el río está clasificado como fuente de aguas superficiales usadas para agua potable; propagación y preservación de especies; y recreación, tales como natación y pesca, es primordial crear estrategias para mejorar la calidad del agua. La natación puede traer como consecuencia ingestión de agua en gran cantidad como para amenazar la salud y afectar órganos sensitivos como ojos, nariz y oídos y la pesca podría resultar en bio-acumulación en tejidos humanos de metales pesados y otros contaminantes químicos. Las estrategias recomendadas son: a. identificar las posibles fuentes de contaminación, b. educar sobre mejores prácticas de manejo, c. aplicar técnicas de fito-remediación.

1. Identificar posibles fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación principales provienen de la actividad humana. Hay que identificar cuáles son las comunidades que sus casas no están conectadas a sistema de alcantarillado de la AAA para el desagüe de aguas residuales y de pozos sépticos. Existe la posibilidad de que aguas usadas y aguas negras estén contaminando el río, tanto con las coliformes fecales y enterococos, así como con metales pesados encontrados en el monitoreo de agua presentado en este plan. De igual forma, la basura en vertederos clandestinos, el uso del río como recipiente de agua usada para lavar carros, bañar animales, porquerizas, corrales de ganado y aves, u otros usos no permitidos, podrían estar deteriorando la calidad del agua. Aunque no fue medido el contenido de aceites en dicho monitoreo, en el agua se observó manchas de aceite que podría provenir por depósitos de aceite usado de vehículos.

El muestreo para la identificación de las fuentes de contaminación podría ser realizado por estudiantes de universidades y/o de escuelas como proyectos de investigación dirigidos por un investigador académico. Se recomienda examinar el río desde cuenca arriba hasta cuenca abajo en un diseño de muestreo que permita incluir varios puntos de forma estratificada espacial y temporalmente. Se recomienda establecer entre 10 a 20 puntos de muestro ubicados a una distancia igual entre cada uno. En cada uno de ellos se tomarían muestras de agua para análisis de contaminación por aceite, bacteriológica y química. En un área circular de 10,000 m² (100 m x 100 m) alrededor del punto se identificaría la presencia de basura, porquerizas, corrales y otras posibles fuentes de contaminación (pozos sépticos, aguas residuales de viviendas y comercios, uso de fertilizantes químicos en fincas, y otras fuentes dispersas) que se observen en el campo o que se confirmen por alguna fuente de información confiable. Se puede medir mediante la administración de un cuestionario la valoración y comportamiento de las personas del y hacia el río. En los municipios hay datos de los sistemas NON-PRASA en las comunidades que podrían servir para correlacionar estos sistemas con la ubicación de los puntos de muestreo.

2. Educar sobre mejores prácticas de manejo

La información recopilada en los cuestionarios servirá de base para conocer el nivel de valoración del río y si existe mal manejo de este recurso, ambos por los residentes en las comunidades. La educación de los residentes en las comunidades puede lograrse mediante charlas, talleres, y/o propaganda informativa por medios radiales y de Internet. También, el involucramiento en labores de limpieza y siembra de vegetación son actividades que podrían incentivar el empoderamiento de las comunidades de los recursos hídricos y terrestres en su entorno. De esta forma, se podría alcanzar una mayor valoración de la cuenca y unas mejores prácticas de manejo que propenden a alcanzar un nivel más alto de calidad del río y del entorno natural en general.

Las charlas y talleres deben planificarse con los líderes comunitarios. Los recursos para las charlas y talleres podrían ser personal de DRNA, JCA, Salud Ambiental del Departamento de Salud; así como educadores ambientales municipales y/o académicos. Los temas específicos de las charlas serían identificados a través de los resultados del cuestionario. Las actividades de limpieza y siembra de

vegetación deben ser coordinadas entre la comunidad, líderes comunitarios y la asistencia de personal de gobierno municipal, de organizaciones civiles y de centros educativos como universidades y escuelas.

3. Aplicar técnicas de fito-remediación

La fito-remediación se define como el conjunto de tecnologías en las que se utilizan plantas para limpiar ambientes contaminados. Las plantas pueden ser de especies naturales en el ecosistema o plantas modificadas por ingeniería genética. La fito-remediación incluye técnicas sencillas, limpias, costo efectivas y que no dañan el ambiente. Lo más importante de éstas es que sus subproductos pueden ser re-utilizados. Hay dos componentes biológicos que funcionan en la fito-remediación. Uno de estos son los microorganismos en las raíces de la planta y otro es la planta misma. Ambos absorben y acumulan el compuesto tóxico y lo transforman a metabolito no tóxico.

La selección de la especie es un paso crítico para que la tecnología sea exitosa. Por tal razón, es necesario investigar que especie de planta es mejor para que tipo de contaminante. Las características de la especie deben ser:

- Tolerancia alta al metal tóxico que exista en el lugar
- Gran capacidad de tomar, acumular y trans-localizar el metal
- Rápida velocidad de crecimiento y rendimiento de biomasa
- Ser acuática, semi-acuática o ribereña
- Tolerar las condiciones naturales del hábitat como pH y salinidad
- Capacidad para desarrollar un sistema radicular amplio y profundo

La rizo-filtración utiliza plantas acuáticas para que absorban contaminantes de un ecosistema acuático a través de sus raíces. Estas plantas se cultivan en medio hidropónico hasta que su sistema radicular esté bien desarrollado. Luego se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. Las plantas se saturan con metales, se cosechan y se disponen para su uso final.

En Puerto Rico hay especies nativas de plantas acuáticas obligadas que han sido probadas en otras partes del mundo para rizo-filtración. *Azolla caroliniana*, conocido comúnmente como alfombra de agua o como helecho de mosquito, es un helecho diminuto que flota en sistemas de agua dulce, por lo que es una especie acuática obligada. Habita en varias partes del mundo. La distribución original del helecho de mosquito en Puerto Rico era en Manatí, Caguas, Gurabo, Juncos, Toa Baja, Vega Baja y Ponce, pero para el 2000 se encontraba solo en la Laguna La Esperanza en Manatí (Caudales *et al.* 2000). El helecho de mosquito ha sido utilizado para proceso de rizo-filtración de Hg, Cr, Sr, Cu, Cd, Zn, Ni, Pb, Au y Pt (Alves Leão *et al.* 2017). Otro helecho nativo que ha sido utilizado en otros países para propósito de fito-remediación de lugares contaminados por aguas residuales es *Acrostichum aureum*. Esta especie de helecho que se conoce comúnmente en Puerto Rico como helecho de pantano o como palmita de río, habita en zona estuarina, pantanos, la ribera y cerca de la desembocadura de ríos. El helecho de pantano ha sido experimentado de forma exitosa para el mejoramiento de aguas residuales y la remoción de metales y compuestos orgánicos como aceites y grasas (Díaz Recio y Ospina Vargas 2019). En la ribera del río Inabón, cerca del manglar en Barrio Capitanejo se observan varios helechos de pantano.

Polygonum punctatum, nativa de Puerto Rico y de otros países, es una herbácea acuática obligada de agua dulce que se usa en diversos países para la rizo-filtración de Cu, Cd, Pb, Se, As, Hg, Cr y Mn. Se conoce como “dotted smartweed”, traducida al español como hierba inteligente de puntos. Habita en elevaciones bajas, medias y altas. En Puerto Rico se encuentra mayormente en el Río Tanamá de Manatí.

Lemna gibba es una especie de yerba flotante muy pequeña que fue probada para la remoción de As en el agua (Mkandvire y Dude 2005). En Puerto Rico no existe *L. gibba*, pero se han descrito otras especies del mismo género, *L. aequinoctialis*, *L. minuta* y *L. valdiviana*, todas conocidas como yerba de pato. De estas, *L. minuta* se cree está extinta y *L. valdiviana* es rara y solo ocurre a elevaciones bajas en el Norte; pero, *L. aequinoctialis* es común en lagos y aguas quietas en distintas partes de Puerto Rico.

La fito-acumulación es la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. Cuando la planta alcanza el desarrollo vegetativo se cortan, se incineran y se trasladan las cenizas a un vertedero de seguridad. El proceso puede repetirse ilimitadamente hasta que la concentración remanente de metales en el agua o suelo estén en o bajo los límites permitidos. Se han identificado más de 500 especies de plantas hiper-acumuladoras, de las cuales algunas a la vez sirven para rizo-filtración. Entre estas, *Pistia stratiotes*, conocida comúnmente como lechuga de agua, es una herbácea de agua dulce nativa de Puerto Rico que se ha demostrado es capaz de acumular Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn (Odjegba y Fasidi 2004). Plantas del género *Spartina* se han descrito como acumuladoras de Hg (Tian *et al.* 2004). *Spartina paten*, conocida como yerba de sal, reportada para Guánica y Ponce en elevaciones menores de 500 m, puede ser utilizada en suelos contaminados, desde los cuales se podrían contaminar aguas cercanas.

En varios países se han utilizado especies de plantas acuáticas con capacidad de descontaminar aguas cargadas de materia orgánica, metales, hidrocarburos y plaguicidas. Las heliconias, como se conoce a las distintas especies de este género, se han reconocido como fito-remediadoras para el tratamiento de aguas residuales (Peña *et al.* 2013). *Heliconia caribaea* es una planta herbácea perenne de tres a seis metros de altura; semeja una planta de guineo, por lo que se le conoce comúnmente como guineo silvestre. Casi siempre está presente en sistemas acuáticos, pero pueden estar en sistemas terrestres húmedos. En Puerto Rico, *H. caribaea* habita en el Yunque y cerca del Río Tanamá en Arecibo.

Estas especies fito-remediadoras son de fácil propagación, crecimiento rápido, buen desarrollo de raíces y tienen alta tolerancia a sistemas acuáticos contaminados, por lo que se sugiere introducir las en las aguas y a lo largo de la ribera para descontaminar el río y los suelos alrededor. Personas interesadas, como investigadores y miembros de la comunidad podrían desarrollar proyectos de fito-remediación mediante propuestas para manejo de cuencas. El desarrollo de estos proyectos podría ser el fundamento para establecer planes de negocio de micro-empresas comunitarias.

4. Sistema de alcantarillados en comunidades rurales

Una estrategia que requiere de planes fiscales a largo plazo de agencias de gobierno es mejorar el sistema de alcantarillado que resulte en la eliminación de aguas negras provenientes de pozos sépticos, las cuales son fuentes de contaminación por coliformes fecales y enterococos. El representante de Puerto Rico, Víctor Vassallo Anadón, propuso ante la Cámara de Representantes de Puerto Rico mejorar el sistema de alcantarillado de los residentes cerca del río para evitar contaminarlo con aguas de alcantarillado.

En enero de 2013 fue radicado una resolución en la Cámara de Representantes de PR para ordenar a la Comisión de Recursos Naturales, Ambiente y Energía realizar un estudio sobre las condiciones en que se encuentran los ríos, quebradas y demás cuerpos de agua localizados en el área geográfica que comprende el Distrito Representativo Núm. 25; Ponce, Jayuya y Juana Díaz (R. de la C. 145). Dicha resolución fue aprobada en junio de 2013. La resolución ordenó a la Comisión de Agricultura, Recursos Naturales y Asuntos Ambientales de la Cámara de Representantes del Estado Libre Asociado de Puerto Rico realizar ese estudio y someter un informe en que detalle sus hallazgos, conclusiones, y recomendaciones, en un plazo no mayor de 90 días computados a partir de junio 2013. Luego, la Comisión debió enviar al Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales copia de su informe para que este cuerpo tomase las medidas correspondientes. Se recomienda verificar ante la Cámara si las disposiciones de esta resolución fueron completadas y cuál es el estatus actual del río Inabón y de sus quebradas.

Implementar estrategias para minimizar efectos de eventos climatológicos extremos

1. Huracanes

Los huracanes son eventos meteorológicos a los que se le atribuye el propósito de rejuvenecer los bosques naturales al eliminar árboles viejos y dar paso a una sucesión ecológica propia de ecosistemas adaptados a huracanes. Luego de un huracán, los suelos se enriquecen con mucha materia orgánica y nutrientes inorgánicos proveniente de la descomposición de hojas y ramas caídas en la superficie de suelo, aumenta la biomasa viva de hojas y se enriquece la comunidad con bejucos y herbáceas. Varios años después, aumenta la riqueza de especies bajo y en el dosel. Por eso, el bosque se rejuvenece luego del paso de un huracán. Los árboles y sistemas ecológicos absorben la energía de eventos extremos y mitigan sus efectos. Además de los vientos fuertes, los huracanes causan tornados, lluvias torrenciales, inundaciones y deslizamientos de terreno, lo que los convierte en uno de los mayores eventos climatológicos extremos en todo Puerto Rico. Implementar estrategias para minimizar estos efectos es una prioridad en toda la Isla, y no menos en la cuenca del río Inabón.

La mayoría de los bosques privados son bosques secundarios jóvenes o maduros. Especialmente los bosques jóvenes no tienen amplia cobertura en el dosel. Esto los hace poco resistentes a los huracanes. Hay especies de árboles más vulnerables que otras a los huracanes. Por eso, es necesario reconocer qué especies deben plantarse en áreas que se quieran proteger de esos eventos climatológicos

extremos. Los manglares protegen de vientos fuertes las zonas costaneras. Especies de árboles nativos como el tabonuco, magnolia, maría, cedro, guayacán, *Krugiodendron ferreum*, *Podocarpus coriaceus*, *Coccoloba* spp., *Sideroxylum* spp., mangles, palmas, almácigo, icaco, *Cordia* spp., y *Eugenia* spp., han demostrado ser resistente a vientos huracanados fuertes; mientras, *Pterocarpus*, ausubo y guaraguao están adaptados al suelo húmedo y pueden tolerar inundaciones por mucho tiempo.

2. Deslizamientos de terreno

En el Manual de Derrumbes (Highland y Bobrowsky 2008) se presenta una guía para entender todo sobre los derrumbes (definición, tipos, lugares, causa, efectos, consecuencias, interrelación con otros tipos de peligros naturales, evaluación, y recomendaciones para mitigación). Entre las recomendaciones para prevención de derrumbes explican que para fortalecer las pendientes deben sembrarse plantas de forma adecuada en las laderas. En esa guía se describe métodos específicos de ingeniería biológica para evitar deslizamientos. Especies de plantas de rápido crecimiento y sistema radicular amplio y profundo son excelentes para disminuir probabilidad de deslizamientos de terreno. Las gramíneas y herbáceas leguminosas reducen la erosión de suelo, y los arbustos añaden mucha cubierta vegetal fortaleciendo la capa de raíces en el suelo, lo que es bueno para la estabilidad del talud. La siembra por semillas debe hacerse rápido en la pendiente erosionada. Por otra parte, la palma de sierra tiene gran adaptación a deslizamientos, por eso habita casi en forma de monocultivo en pendientes altas en bosques muy húmedos y lluviosos, y alrededor de ríos y quebradas. Especies de helechos arborescentes crecen muy bien en pendientes y disminuyen la erosión de suelo, al igual que especies de arbustos, herbáceas, bejucos y yerbas.

Alternativas naturales, de bajo costo y duraderas para disminuir efectos causados por huracanes y/o deslizamientos de terreno en los bosques privados son la siembra de estas especies mencionadas y de otras especies que presenten características morfológicas que les permita, no solo protegerse de huracanes y sus consecuencias, sino, proteger los ecosistemas naturales en la cuenca, así como la vida y propiedad de los residentes en las comunidades. Las recomendaciones de cómo preparar el terreno y cómo sembrar, están detalladas en el Manual de Derrumbes (Highland y Bobrowsky 2008). Personal de DRNA, US FWS y Para La Naturaleza pueden colaborar para estos esfuerzos.

Control de especies exóticas invasivas

En Puerto Rico hay diversas opiniones sobre el control y manejo de especies que han colonizado ampliamente en terrenos que fueron alterados para diversos usos de terreno en el pasado. En la ribera del río Inabón y los terrenos circundantes, especialmente en la cuenca baja, abundan algunas especies consideradas como invasoras por cubrir grandes extensiones de terreno. Estas proveen algunos beneficios e igualmente causan graves problemas. En adelante se describen algunas de las más comunes, así como potenciales estrategias de manejo y control que se han desarrollado en otras partes del mundo. Cada estrategia tiene sus pros y sus contras, por lo que deben ser científicamente explorados antes de ser ejecutados en la Isla.

1. Plantas invasoras

a. Caña gigante

Una de las plantas invasoras comunes a lo largo del río, especialmente en los lugares más perturbados a elevaciones bajas, es la caña gigante (*Arundo donax*), conocida también como caña común, caña de Castilla y caña brava. La caña gigante es una especie distinta a la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La caña de azúcar pertenece a la sub-familia Panicoideae y la caña gigante a la Arundinoideae.

La caña gigante es una yerba perenne de gran tamaño que habita en lugares húmedos y forma una cubierta densa en los márgenes de los ríos y quebradas, limitando la corriente de agua. Sus tallos subterráneos son rizomas bien gruesos con muchos nudos que tienen la capacidad de propagarse extensamente bajo el suelo, desarrollar vegetativamente tallos aéreos y formar cubiertas bien espesas de la yerba. Es originaria del continente asiático y de algunos países mediterráneos.

Esta yerba tiene muchas y variadas propiedades farmacológicas (Al-Snafi 2015) y es utilizada en el mediterráneo para estabilizar taludes, cercar huertos y para darle sostén a plantas cultivadas; pero si no se controla, forma extensos cañaverales que alteran las características de la vegetación nativa y el entorno natural. Se ha convertido en una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Un estudio realizado en la Universidad de Barcelona en España (Maceda Veiga 2016) reveló el impacto negativo de esta invasora sobre los artrópodos del suelo. El estudio demostró los artrópodos son más pequeños, más escasos y poco diversos en las áreas invadidas por la yerba. Eso se debe a que la yerba es poco nutritiva y de baja palatabilidad; además, altera las propiedades físicas y químicas del suelo, lo que es negativo a la fauna silvestre.

Por otra parte, ésta tiene la capacidad para producir biodiésel, por lo que la EPA aprobó que compañías certificadas la cultiven y la usen para este propósito, pero bajo la restricción de procurar de que no se escape de su área de cultivo. A pesar de la negativa de los científicos conservacionistas, el Centro de Biocombustible de Carolina del Norte, EU, propone el uso de ésta y de otra especie de yerba (*Pennisetum purpureum*) para obtener biocombustible. Al igual que la caña gigante, *Pennisetum purpureum* es una exótica que fue introducida en PR como especie para forrajeo y actualmente está naturalizada. Hasta el momento continúa el debate sobre este particular.

La caña gigante cubre casi todo el margen del río Inabón, especialmente en el sur de la cuenca en el margen del río, cubriendo parte de la ribera. Se observa que esta coloniza parte del área de flujo de la corriente del río hacia el manglar, lo que podría crear problemas de inundaciones en las comunidades cercanas. Dado que la riqueza de las especies nativas de árboles y otras especies en el sur de la cuenca es muy baja y predominan las especies naturalizadas, es meritorio hacer un plan para manejar y controlar esta especie e iniciar un proyecto de restauración de hábitat y re-

establecimiento de las especies nativas apropiadas a este tipo de ecosistema. Esto puede lograrse mediante la siembra de juveniles de especies adaptadas a ribera y en valles húmedos-secos.

Deltoro Torró *et al.* (2012) describieron las bases para el manejo y control de la caña gigante. Ellos evaluaron la eficacia, el costo, ventajas y desventajas de la aplicación de distintos métodos de control: métodos químicos, métodos físicos, métodos de control mecánico y métodos de competencia.

Los métodos químicos son fumigación con el uso de herbicidas a base de glifosato para aplicación foliar durante el periodo vegetativo. Esto son fumigación de cañaveral adulto, fumigación de rebrotes, impregnación post-corte, e inyección del tallo. Los métodos químicos específicos varían dependiendo si el área es grande o pequeña; si es un cañaveral mono específico o hay otras especies que se quieren conservar; y si está cerca o lejos al agua. Las herramientas necesarias son distintas en los distintos métodos químicos. Las ventajas de estos métodos son que la alteración del sustrato es baja o ninguna, son de bajo costo, altamente eficaces, y el riesgo de deriva es bajo o ninguno. Sin embargo, estos métodos no son recomendados para áreas cercanas a cuerpos de agua y son altamente contaminantes y muy riesgosos para otros componentes del ecosistema, incluyendo la vegetación y la fauna; por lo que no son buenos para la ribera del río Inabón donde es abundante esta yerba. Además, estos métodos requieren seguimiento posterior por periodos de tres a cinco años.

Los métodos de control mecánico son cubrimiento del cañaveral con geotextil, malla antihierbas, o plástico de polietileno; inundación del cañaveral; extracción del rizoma; y cobertura de ramas. Estos métodos son los recomendados para cañaverales en la ribera y áreas cercanas, requieren que previamente se haga corte del cañaveral y el uso de distintas herramientas en cada método particular. Las ventajas son que no requiere empleo de productos químicos, son 100% eficaces, no se requiere seguimiento posterior, y el área puede ser luego restaurada con vegetación nativa. Los inconvenientes son que el costo inicial es elevado, la aplicación es algo compleja y es necesario revisar periódicamente los cubrimientos para reparar posibles agujeros o escapes.

Los métodos de competencia consisten en establecer una densa cubierta forestal de especies ribereñas nativas capaces de competir por los recursos del hábitat luego de que el cañaveral haya sido debilitado mediante dos remociones previas, preferiblemente de método de control mecánico. El reto para la aplicación de este método en la cuenca del río Inabón es la identificación de la o las especies capaces de competir con la caña gigante. Deben ser especies con características de crecimiento y requisitos ambientales bastante similares para que se cree la competencia de forma exitosa para la especie nativa y desventajosa para la caña gigante. La yerba de enea (*Typha domingensis*) es nativa de Puerto Rico y puede ensayarse como especie competidora para la caña gigante. La yerba enea habita en zona estuarina, en áreas quietas de, lagunas, pantanos, zanjas y canales y en áreas riparias. Al igual que la caña gigante, crece de forma masiva y desarrolla un sistema rizomatoso bien denso bajo el suelo bien húmedo. La yerba enea es beneficiosa

para la vida silvestre y como planta bio-acumuladora de metales en el agua. La yerba enneas provee albergue y área de anidaje a varias de las especies de aves acuáticas. Por otra parte, Di Luca (2013) demostró que *T. domingensis* absorbe contaminantes (Cr, Ni, Zn y P) en el sedimento de humedales naturales y construidos, los acumula y retiene dentro de sus tejidos, a menos que ocurra una gran perturbación.

Por otra parte, Cortés Mendoza (2012) describe el uso del insecto *Rhizaspidotus donacis* como un buen agente de control biológico de la caña gigante debido a su demostrada monofagia y a los niveles de impacto que ejerce sobre la planta. *Rhizaspidotus donacis* es un insecto pequeño del grupo de las cochinillas que se localizan formando densas agrupaciones en los brotes laterales y rizomas de la caña gigante. Las hojas de la caña se tornan amarillentas; disminuye la producción de nuevas hojas, el diámetro de los brotes laterales y del tallo principal. La cochinilla *R. donacis* es específica con la caña gigante, es compatible con otros agentes, no transmite virus y presenta bajos niveles de ser parasitado. Investigadores del USDA (USDA 2010) mencionaron que *R. donacis* y una especie de avispa (*Tetramesa romana*) forman parte del programa de bio-control de la caña gigante en Texas. En las evaluaciones de este programa en el 2016, los investigadores reportaron un 28% de disminución de la caña y la consecuente recuperación de la vegetación nativa. Cuando ambos *T. romana* y *R. donacis* están presentes en plantas se produce un serio retraso del crecimiento extremo de la caña y prácticamente no hay producción de hojas (USDA, 2010; Cortes *et al.*, 2012).

Estos últimos dos métodos son prometedores y podrían ser aplicados en la cuenca del río Inabón, pero requieren mayor investigación científica, lo que puede ser un trabajo investigativo para una tesis o disertación doctoral dentro de la disciplina de ecología o de ciencias ambientales.

b. Zarza negra

La zarza negra (*Mimosa pigra*), también conocida como mimosa grande, uña de gato y otros nombres, es un arbusto de la familia de las leguminosas, sub-familia Mimosoideae, que se ha categorizado como especie invasiva en suelos húmedos, muy húmedos y planicies inundables. Abunda en terrenos agrícolas abandonados, en pastizales, orilla de ríos, quebradas y canales de agua dulce. Forma un matorral denso que impide el crecimiento de otras plantas y movimiento de animales. Tiene espinas gruesas en los tallos, lo que hace más impenetrable el lugar donde crece.

En los estados de Alabama, Carolina del Norte, Florida, Hawaii y Vermont ha sido declarada como maleza nociva, y especialmente en Florida ha sido prohibida su introducción. Su invasión en las fincas privadas representa un reto para la re-introducción de juveniles de árboles y plantas nativas. En los censos fue reportada en áreas de mangle, en la zona ribereña y en valle aluvial bien húmedo en la finca al sur de la cuenca. Al igual

que con la caña gigante, se puede procurar su erradicación para luego restaurar los terrenos invadidos.

No se conoce ningún agente de control biológico, y otros controles implican uso de agentes químicos que pueden ser dañinos al ambiente (2,4-D + 2,4-DP). El control mecánico puede ser exitoso poblaciones pequeñas mediante la remoción manual. En este caso, hay que tomar las precauciones para evitar que las espinas causen daño corporal. Aunque este método es lento y laborioso, es preferido pues su impacto ambiental es mínimo. Para evitar contacto con las espinas, la planta podría eliminarse con pala mecánica, pero esto implica afectar el resto de la comunidad vegetal. Se recomienda mejor la remoción manual y esta debe realizarse antes de que se formen los frutos para evitar la dispersión de semillas. Luego de la remoción deben realizarse inspecciones de seguimiento porque las semillas en el banco de semillas en el suelo tienen alta viabilidad, perduran por varios años y germinan luego de las plantas adultas hayan sido removidas. Se recomienda también luego de la remoción manual, cubrir el área con geotextil, malla antihierbas, o plástico de polietileno de forma igual a como se describe para la caña gigante (Deltoro Torró *et al.* 2012).

2. Animales invasores

a. Iguana verde

La iguana verde (*Iguana iguana*) es una especie exótica invasora que representa un grave impacto en la vida silvestre, los ecosistemas y la agricultura. La iguana verde tiene una alta capacidad reproductiva y sobrevivencia de juveniles, lo que favorece la sobrepoblación y la invasión en ecosistemas naturales, especialmente en bosques jóvenes en terrenos privados. Por otra parte, en Puerto Rico no hay depredadores naturales que puedan controlar la población. Según el DRNA, las iguanas se alimentan de artrópodos adultos y sus nidos, así como de flores, frutos y hojas tiernas. Las especies de las que se alimentan no tienen defensa contra la depredación debido a que los mecanismos de defensa surgen por evolución lo que usualmente es un proceso muy lento que puede tomar largo periodo de tiempo. Esto puede significar la extinción de algunas de las especies de las que se alimenta la iguana. Por lo tanto, el control poblacional de esta especie es un asunto de gran interés para la conservación de los bosques urbanos y de los bosques privados.

La depredación de especies artrópodos por parte de la iguana verde es negativa sobre estas poblaciones y la no defensa contra la depredación puede ser un factor que redunde en la extinción de estos, lo cual alteraría las redes alimentarias y el funcionamiento normal del ecosistema. El consumo de flores y frutos afecta el crecimiento poblacional de especies de flora, y puede suponer un cambio en riqueza, diversidad, dominancia y homogeneidad de la vegetación en los bosques. El daño físico que sufren las ramas cuando se rompen los tejidos externos debido al consumo de hojas puede ocasionar infección de tejidos internos y enfermedades para las plantas. Por otra parte, los agricultores han

enfrentado pérdida de dinero debido a que parte de sus cosechas son consumidas por la iguana.

En los bosques privados de la cuenca del río Inabón, la iguana verde es una especie abundante, especialmente en la zona ribereña en el sur y el manglar en la desembocadura. La iguana verde abunda en pantanos cerca de las madrigueras del juey común (*Cardisoma guanhumi*) que es una especie vulnerable que habita en terrenos cenagosos a lo largo de estuarios. La iguana verde se observa dejándose caer desde las ramas de árboles hacia el canal que llega a la desembocadura del río, lo que facilita su transportación a otras áreas. En Florida, la iguana verde ha sido observada usurpando las madrigueras de lechuza (*Athene cunicularia floridana*) y de la tortuga terrestre (*Gopherus polyphemus*) lo cual debe considerarse como otro potencial efecto negativo de las iguanas sobre la vida silvestre de especies en Puerto Rico que sean evolutivamente cercanas a las de Florida (Sementelli *et al.* 2008). Además, en Florida hay evidencia de que la iguana verde depreda huevos de la garza real y otras especies de garzas, las que son comunes en la cuenca.

En Puerto Rico, estos problemas a nivel ambiental se exacerban por varias razones: desconocimiento de la Ley para el Manejo de Especies Introducidas en Puerto Rico y el reglamento de US FWS para vetar la introducción de especies invasoras dañinas entre los que se encuentra la iguana verde; y la impunidad que algunos ciudadanos creen tener ante esa ley. La penalidad por la introducción de especies dañinas según establecida en la Ley fluctúa entre \$ 100 a \$ 10000. Esta especie ya se ha establecido y naturalizado en la Isla, lo que hace a la ley no funcional porque la importación no es el problema. Por lo tanto, la situación a resolver es cómo controlar las poblaciones de iguana verde mediante mecanismos para la erradicación o al menos disminución; prevenir la propagación; y restaurar las comunidades de especies nativas y sus hábitats.

Algunos posibles controles son:

Cumplimiento de la ley

El gobierno central del ELA debe asegurar la asignación de un presupuesto específico para esos fines al DRNA para que pueda cumplir con todos los deberes ministeriales de la Ley para el Manejo de Especies Introducidas en Puerto Rico, que entre otras disposiciones incluye monitorear poblaciones de especies introducidas; restaurar los ecosistemas dañados por estas especies; llevar a cabo investigación sobre especies introducidas dañinas con el propósito de conocer su comportamiento y reconocer posible control biológico; y promover educación pública sobre especies introducidas dañinas y los medios para atenderlas. La restauración de los ecosistemas y las investigaciones sobre la biología natural, comportamiento y control biológico de la iguana verde podría lograrse mediante acuerdos colaborativos entre universidades, el DRNA y US FWS. Estos acuerdos podrían ser subvencionados mediante la aprobación de propuestas sometidas a programas federales para esos fines. Por otra parte, el presupuesto propio del DRNA debe proveer para las partidas de monitoreo y educación sobre la iguana verde; así como, mantenimiento y final disposición de individuos capturados.

Dañar las madrigueras y huevos

Las madrigueras generalmente están cerca de ríos, canales y quebradas. Estas son excavaciones profundas con varios túneles en suelo húmedo y cubiertas parcialmente con arena de río. Estas madrigueras pueden ser dañadas mediante excavaciones profundas siguiendo la trayectoria de los túneles. Para prevenir contaminación con *Salmonella* u otro patógeno, los huevos deben ser tomados con guantes en las manos. Luego, pueden romperse en el suelo con una pala u otra herramienta apropiada, o transportarlos para ser congelados en un congelador para ese propósito y luego descartarlos como material biomédico. El caso de congelación y descartarlo como material biomédico, se recomienda se haga por personal cualificado del DRNA.

Consumo, procesamiento o esterilización de iguanas capturadas

Los individuos capturados deben ser entregados al DRNA para ser examinados por personal capacitado y luego de un periodo de cautiverio para asegurar que la iguana no esté enferma, podrían ser consumidos o procesados. Otra opción puede ser que veterinarios del DRNA las esterilicen y devuelvan a la vida silvestre. Este mecanismo no resulta en eliminación de adultos sino de nuevos individuos. Es un mecanismo menos cruel que trae como resultado el control poblacional a largo plazo, pero no elimina los problemas que causan en el entorno en corto plazo.

Educar a la ciudadanía sobre los impactos negativos y diferentes alternativas para erradicarla de su propiedad

Educar mediante vía electrónica, radial y televisa a los ciudadanos en general sobre todos los impactos negativos de esta especie y cómo pueden ellos colaborar para la erradicación en su entorno. Este mecanismo, para ser efectivo debe combinarse con información sobre los gastos debido a pérdida de cultivos que estas poblaciones conllevan para los agricultores y para el erario público y sobre las estrategias de captura de individuos.

Enfoque holístico y ecológico para restaurar manglares

Los manglares son ecosistemas marinos boscosos en las costas y desembocadura de ríos. En los manglares predominan las especies de mangle que son árboles que enraízan en la arena bajo el agua, en arena que se mantiene húmeda o en arena seca. El manglar es una comunidad climax bastante estable. Los manglares son pioneros para la formación de un bosque costanero. Hay cuatro especies de mangle: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botón (*Conocarpus erectus*). Todas son nativas de amplia distribución geográfica en los ecosistemas marino-terrestres en latitudes tropicales y sub-tropicales. El mangle rojo es pantropical y está en contacto directo con el agua de mar. El mangle negro es de menor distribución que el mangle rojo y está a nivel del mar en aguas saladas y salinosas a lo largo de las riberas cenagosas cerca al mar en ambientes un poco más terrestres. El mangle blanco es de amplia distribución y ocurre en terrenos

pantanosos cerca al mar. El mangle botón también es de amplia distribución en terrenos pantanosos cerca al mar, pero es mucho más terrestre que las otras especies, y puede habitar en terrenos más secos.

En términos ecológicos, los manglares producen mucha materia orgánica, son criaderos de peces y mariscos, son hábitat para aves marinas, y protegen la costa contra la erosión, marejadas, tormentas y huracanes. En términos humanos, las costas protegidas con mangles son preferidas por muchos para la recreación pasiva, deportes acuáticos y actividades turísticas. Los manglares, al igual que otros ecosistemas, son laboratorios naturales para llevar a cabo investigación y educación.

Hace varias décadas, el área geográfica cubierta por manglares a lo largo de las costas de Puerto Rico era mucho más amplia que la actual. Los manglares fueron destruidos por diversas acciones por parte del hombre y los que todavía quedan no están siendo protegidos adecuadamente. Muchos requieren crearles condiciones adecuadas para restaurar el ecosistema en su totalidad.

El manglar existente en la finca privada en la desembocadura del río Inabón está bastante degradado. En las aguas hay muchos escombros y basura, invasión de iguanas verdes, árboles de gran tamaño están muertos, y no se observan regeneración de juveniles ni plántulas. Por otra parte, hay varios parchos quemados por acción de personas que para capturar jueyes incendian el área para que estos salgan de sus cuevas.

Para que la restauración de manglar sea efectiva se requiere conocimiento amplio sobre cuáles son las características de hábitat de cada especie antes de introducirlo en un área particular. En el método de jardinería se plantan manualmente propágulos y plántulas de una sola especie de mangle en un área adecuada para la especie. Este método ha resultado poco efectivo, pues a veces se planta en un hábitat no adecuado o en un hábitat ya colonizado por otras especies (e.i. praderas de yerba marina), lo que resulta en sustitución de un ecosistema por otro, y no en una verdadera restauración. Por eso se prefiere la Restauración Ecológica del Manglar que incluye todos los aspectos físicos, químicos y biológicos en el proceso de restauración. Contrario al método de jardinería que es mucho más rápido y poco efectivo, este método puede tomar entre 15 a 30 años, pero el éxito de restauración es mucho mayor y más sostenible.

A nivel mundial existe la organización sin fines de lucro nombrada como “Mangrove Action Project” (MAP) que brinda soluciones colaborativas e innovadoras para conservar y restaurar manglares. Esta organización trabaja en colaboración con comunidades cerca del manglar, investigadores y el gobierno local para ayudar a conservar y restaurar manglares y otros ecosistemas costeros asociados. MAP lleva a cabo acciones para revertir el deterioro de los manglares, y la misma vez promueven el manejo sostenible y comunitario de los recursos costeros. En diversos lugares han logrado soluciones a largo plazo para la conservación de manglar que ha sido restaurado. Se puede obtener acceso a información más detallada a través de su página principal <https://mangroveactionproject.org/> o por contacto directo con Robin Lewis, Biólogo Marino de Florida, quien es experto en restauración de manglares y de otros ecosistemas costeros. También, se puede tener acceso a entrenamiento en línea contactando <https://www.youtube.com/watch?v=NOA-AI0RLKk> del Ecological Mangrove Restoration Methodology and Training.wmv11.

Limpiar y mantener limpio los canales de desagüe que fueron construidos

Para minimizar las inundaciones en la zona al sur de la cuenca, se construyeron canales de desagüe de las aguas del río hacia el mar. Estos canales pasan a través de terrenos privados en el barrio Capitanejo en el sur de la cuenca. En los canales se han acumulados distintos tipos de escombros, mucha basura, entre otros desperdicios de origen antropogénico, lo que además de afeor y llevar el río a condiciones distrofas, obstaculizan el flujo normal de las aguas hacia el mar y ocurren las inundaciones que se querían prevenir al construirlos. El Cuerpo de Ingenieros de EU construyó esos canales, pero el mantenimiento y limpieza de estos corresponde al MAP y a DRNA. A pesar de que el municipio y las agencias correspondientes efectúen un recogido de esos obstáculos para el flujo normal de agua, sino se promociona la actividad para que las comunidades tengan conocimiento que pueda hacer que creen conciencia, el problema permanecerá y hasta podría agudizarse. Al igual que el caso de los vertederos clandestinos, deben ser las comunidades los principales ejecutores de las acciones preventivas. La acción es producto del conocimiento, por lo que se sugiere campañas masivas de mantener los ríos limpios, y no convertirlos en grandes depósitos de basura y escombros. Por otra parte, se requieren campañas amplias para hacer cumplir la Ley Núm. 11 de 2006 para enmendar la Ley Núm. 21 de 1969 con el propósito de añadir una pena adicional al delito de depositar o tirar en una vía pública, parque, playa o lugar similar, cualquier tipo de desperdicio sólido o basura. En la sección 1, se añadió el inciso d) que lee como sigue:

“Los agentes de la Policía Estatal, de la Guardia Municipal y los del Cuerpo de Vigilantes del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, quedan facultados para, además de expedir boletos por la violación de las disposiciones de los incisos (a) y (b) de esta Sección, ordenar al infractor que recoja los desperdicios lanzados. De no cumplir con la orden del recogido, según ordenada, se obviará la expedición del boleto y se procederá a la presentación de una denuncia como delito menos grave contra dicha persona y convicta que fuere será castigada con multa no menor de dos mil (2,000) dólares ni mayor de cinco mil (5,000) dólares o la prestación de servicios a la comunidad, mediante recogido de desperdicios sólidos en las playas y vías públicas de Puerto Rico, hasta un máximo de cincuenta (50) horas por infracción, como prestación de servicios a la comunidad, a través de un programa que será implantado y estará administrado por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales o cualquier combinación de estas penas a discreción del Tribunal.”

En Puerto Rico existen muchas leyes ambientales, pero como carecemos de personal que vigile el cumplimiento, algunos ciudadanos se sienten libres para no cumplir con estas. Por esta razón, para la erradicación de tirar basura en los canales de desagüe, se debe establecer los mismos planes para la erradicación de vertederos clandestinos a lo largo de ríos, quebradas, carreteras y caminos

Aplicación de técnicas agroforestales y de agricultura orgánica

Algunos propietarios agricultores podrían demostrar interés en desarrollar técnicas agroforestales y agricultura orgánica. Se requiere identificar cuáles son las parcelas de uso agrícola, cuáles están activas y quiénes de los propietarios muestran interés en alguna de estas técnicas. Luego de identificar los propietarios interesados, se le debe orientar sobre los programas de asistencia para estos propósitos.

El Sistema Agroforestal (SAF) procura usar la tierra de manera ecológica y sustentable. Esto implica combinar especies forestales con especies para productos agrícolas a lo largo del tiempo y en el espacio. Para establecer un SAF se deben aplicar técnicas de manejo del suelo, combinando árboles de uso múltiple y maderables con cultivos agrícolas perennes, como el café.

Una de las posibles técnicas agroforestales que podrían desarrollar agricultores en los bosques privados es el cultivo de especies madereras que sean nativas. Algunas de las especies nativas de Puerto Rico que producen buena madera son aceitillo (*Zanthoxylum flavum*), ausubo (*Manilkara bidentata*), capá blanco (*Petitia domingensis*), capá prieto (*Cordia allidora*), cedro (*Cedrela odorata*), guaraguo (*Guarea guidonia*), guayacán (*Guaiacum officinale*), laurel geo (*Ocotea leucoxyton*) y magnolia (*Magnolia portoricensis*). Los agricultores podrían auscultar entre los aserraderos existentes en Puerto Rico para hacer acuerdos colaborativos que resulten en negocio (Tabla 18). Los agricultores podrían crear alianzas con CEIBA de la PUCPR para propagar las plántulas mediante biotecnología agrícola y que luego ellos puedan sembrarlas en sus terrenos. Mediante la biotecnología se podría lograr obtener cepas que produzcan buena madera y a la vez sean de crecimiento más rápido. Los agricultores podrían hacer combinaciones de especies en sus terrenos de forma que se minimice el monocultivo. Por ejemplo, combinar especies madereras con especies de otro uso o beneficio según lo requiera el agricultor. Mediante la asesoría de un profesional forestal se pueden lograr distintas combinaciones.

En Costa Rica hay diversos proyectos de técnicas agroforestales para distintos propósitos (Oficina Nacional Forestal, Costa Rica, 2013). Ellos desarrollaron una guía técnica para especies maderables que muy bien puede adaptarse a Puerto Rico. En esa guía explican paso a paso el procedimiento a seguir según los intereses del agricultor. Además, detallan todos los beneficios que esta técnica brinda, no solo al agricultor, sino que abre la posibilidad de empleo en la comunidad, pero, sobre todo, los beneficios ambientales que se obtienen.

Tabla 18. Lista de aserraderos de Puerto Rico. Información tomada de <http://edicionesdigitales.info/maderaspr/maderaspr/produccion.html>

Nombre del aserradero o propietario	Dirección	Teléfono (s)
Bayaney	PR 129 KM HM 11.8 Hatillo	787 898 5231
Víctor Delgado	PR 129 KM HM 7.5 Lares	787 897 4864
El Limón	PR 151 INT 559 Villalba	787 384 6855
Fernando Otero	PR 632 KM HM 2.0 Ciales	787-871-1658 787-309-2622 787-451-0665
Luis Hidalgo	PR 456 Barrio Puerto Camuy	787-420- 6502
Rafael Jiménez	PR 113 KM HM 13.9 Quebradillas	787-614-6721
Román	PR 125 KM HM 10.2 Moca	787-818-2134
Toño Rivera	PR 155 Km HM 41.0 Morovis	787-862- 0438
Vicente Valentín	PR 670 KM HM 5.5 Vega Baja	787- 858-0099
Alvarado	PR 155 Km HM 17.5 Orocovis	787-215-5139
Ruiz	PR 124 KM HM 13.4 Las Marías	787-827-2465
Villalobos	PR 146 Km HM 21.0 Ciales	787-871-2419
Zayas	PR 809 Barrio Cedro Arriba, Sector Feijoo Naranjito	787-869-5154
Orocobix	PR 157 KM HM 22.2 Orocovis	787- 867-6856
Tropic Ventures	PR 184 KM HM 15.9 Patillas	787- 839-7318

La FAO publicó un folleto en línea que explica todo lo relacionado a la agricultura orgánica (<http://www.fao.org/3/ad818s/ad818s00.htm#Contents>). La FAO define la agricultura orgánica como un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos que dañan el medio ambiente y perjudican la salud humana. En ese folleto brindan información sobre cuáles son los requisitos principales para el desarrollo de agricultura orgánica; así como los pasos para obtener la certificación de agricultor orgánico, cuáles son las ventajas y desventajas de la agricultura orgánica, y las distintas organizaciones de apoyo para este tipo de agricultura. Además, en la página principal de la FAO (<http://www.fao.org/organicag/oa-home/es/>) hay mayor información sobre esta técnica agrícola innovadora.

El NRCS, a través del programa EQIP ayuda a los agricultores a planificar e implantar prácticas de conservación que les permitan que sus fincas orgánicas sean ambientalmente sustentables. Puede obtenerse información de contacto en:

https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/pr/programs/financial/eqip/?cid=nrcs141p2_037238

EQIP provee ayuda financiera y técnica para el establecimiento de prácticas de conservación que protejan los recursos de suelo, agua, aire, plantas, animales y energía. Esta nueva iniciativa orgánica va dirigida a los agricultores orgánicos en transición y agricultores orgánicos certificados. EQIP brinda asistencia técnica y financiera para prácticas de conservación relacionadas a la producción orgánica. La asistencia está limitada a \$20,000 dólares por año ó \$80,000 dólares durante un periodo de seis años. Se les requerirá a los agricultores desarrollar e implantar un Plan de Sistema Orgánico (OSP en inglés) o llevar a cabo prácticas que estén a tono con un OSP.

En Puerto Rico existe la Organización Boricúa de Agricultura Ecológica. Esta es una organización sin fines de lucro que agrupa a los agricultores dispuestos a desarrollar sus productos mediante agricultura ecológica. Algunos de los objetivos de esta organización son servir como educadores, asesores y capacitadores sobre agricultura ecológica, promover la accesibilidad a productos ecológicos y el vínculo comunitario con estas prácticas, fortalecer y expandir alianzas locales e internacionales y crear un banco de semillas para preservar el conocimiento agrícola tradicional.

Desarrollo ecoturístico

La Compañía de Turismo de Puerto Rico (CTPR) promueve el desarrollo del sector de turismo sustentable en la Isla. En la cuenca hay muchos lugares que podrían ser consideradas para desarrollo ecoturístico (Figura 21). La Compañía de Turismo de Puerto Rico provee a los propietarios interesados una guía para el desarrollo y administración apropiada del eco-turismo y turismo sustentable en la Isla. Los interesados pueden tener acceso a la página cibernética abajo y ver las distintas opciones para negocios de turismo sostenible:

<https://www.prtourism.com/dnn/Haciendo-Negocios/Planificaci%C3%B3n-y-Desarrollo/Turismo-Sostenible>

En esa página puede obtener información sobre Programa de Certificación Verde que incluye: Programa de Instalaciones Turísticas Sustentables, Programa de Agro-Turismo y Programa Eco-Turístico. Los últimos dos programas proveen manuales de guía a los interesados. Además, la CTPR otorga incentivos financieros que los interesados podrían auscultar.

Los propietarios de terreno en los lugares señalados pueden contactar a la CTPR para mayor información a través de correo electrónico a: contact@tourism.pr.gov o directamente a la oficina principal en San Juan, llamando al teléfono: (787) 721-2400.

El Proyecto de la Cámara de Representantes 1401 de marzo de 2009 faculta a los municipios autónomos para que hagan un “inventario de las atracciones turísticas naturales y culturales existentes o potenciales en el municipio, así como una relación de los terrenos y propiedades de belleza natural o interés histórico-cultural con el potencial de desarrollo turístico y someter este inventario a la Compañía de Turismo de Puerto Rico para su evaluación y recomendaciones con vista a la inclusión de los mismos en el Plan Maestro de la Compañía de Turismo y la Junta de Planificación, así como en el Plan de Ordenamiento Territorial de cada municipio.”

La Oficina de Porta Caribe en Ponce, ubicada en el primer nivel de la Casa Alcaldía Frente a la Plaza las Delicias brinda información y apoyo para desarrollo eco-turístico. El teléfono de Porta Caribe es (787) 290-2911 y la dirección electrónica para contacto directo es: josea.reyes@tourism.pr.gov

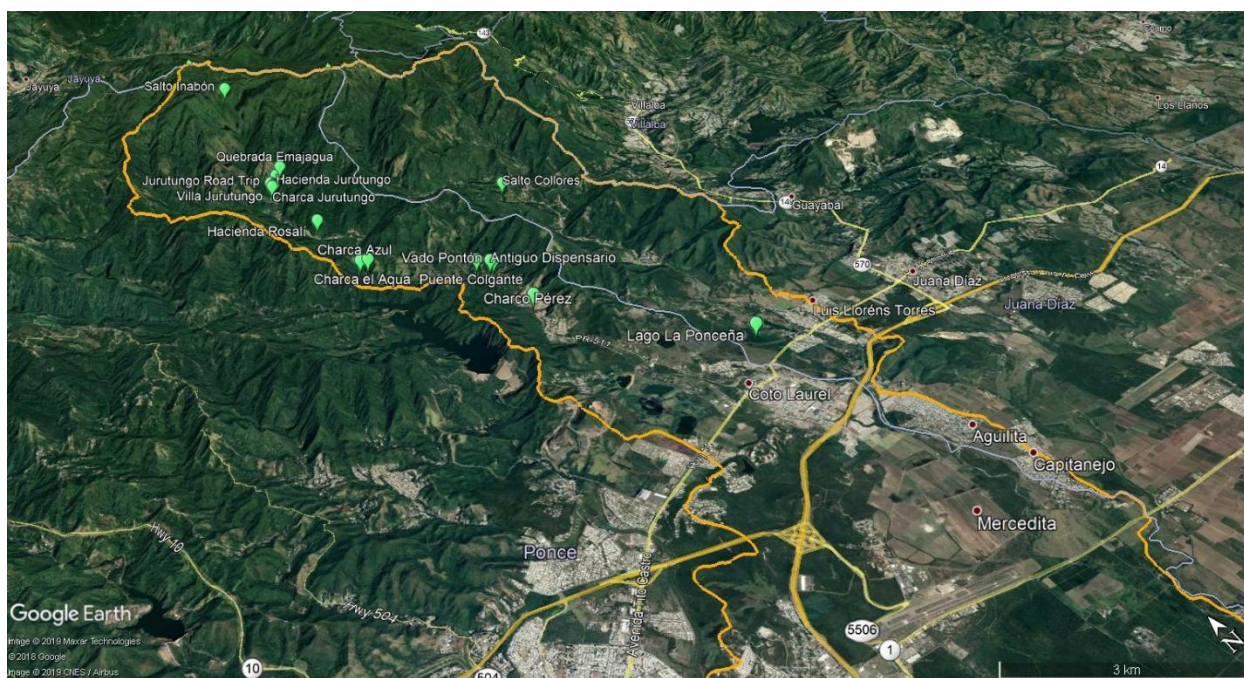


Figura 21. Lugares potenciales para desarrollo ecoturístico en la cuenca del río Inabón, Puerto Rico

Leyenda					
Nombre del lugar	Latitud	Longitud	Nombre del lugar	Latitud	Longitud
Puente Colgante	-66.56330	18.09790	Lago La Ponceña	-66.54092	18.05695
Jurutungo Road Trip	-66.57791	18.13820	Quebrada Emajagua	-66.57425	18.14092
Villa Jurutungo	-66.57784	18.13743	Charca el Agua	-66.57733	18.10865
Salto Collores	-66.54385	18.11494	Charca Azul	-66.57689	18.11210
Salto Inabón	-66.57462	18.15635	Charco Pérez	-66.56225	18.08485
Hacienda Rosalí	-66.57767	18.12329	Antigua Dispensario	-66.56198	18.09596
Hacienda Jurutungo	-66.57607	18.13940	Charca Jurutungo	-66.57813	18.13728

ASISTENCIA FINANCIERA PARA MANEJO Y CONSERVACIÓN DE ÁREAS BOSCOSAS

Existen programas para la conservación y manejo de terrenos privados no-industriales en Puerto Rico que podrían proveer asistencia técnica y/o financiera a los propietarios de terrenos privados que soliciten. Los objetivos, requisitos de elegibilidad y la colaboración específica de cada programa se describen a continuación (Tabla 19). Los propietarios interesados pueden hacer acuerdos colaborativos por periodos de tiempo con las agencias pertinentes. Estos programas capacitan a los propietarios con la información necesaria para manejar sus bosques y obtener sus productos y servicios. Los propietarios pueden conservar la titularidad y hacer usos de sus terrenos de manera sustentable para la conservación ambiental del paisaje de toda la cuenca.

Tabla 19. Programas para la Conservación y Manejo de Terrenos Privados No-Industriales en Puerto Rico

Proveedor	Programa	Propósito
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, DRNA PR	DNER Auxiliary Forests Program, AFP	Promueve la conservación de bosques en terrenos privados, proveyendo a propietarios que sean elegibles estatus libre de impuestos. Los requisitos de elegibilidad son (1) que el área a conservarse sea de un mínimo de cinco (5) cuerdas = 4.855 acres=1.96 ha; que personal del DRNA inspeccione el área; y que se realice un contrato oficial entre el propietario y el DRNA. Los datos de la propiedad (información del propietario, número de registro de la propiedad, área elegible, y otros) se someten a la agencia de impuestos sobre la propiedad del municipio (CRIM) una vez el contrato es firmado. La inscripción en el programa es voluntaria y puede renovarse anualmente a solicitud de los propietarios y la confirmación de elegibilidad.
USDA Forest Service Cooperative Programs	Forest Stewardship Program, FSP	<p>Provee asistencia técnica a través de agencias de gobierno para fomentar y capacitar a los propietarios de terreno a realizar manejo activo a largo plazo. El enfoque principal es el desarrollo de planes de manejo amplios y multi-sectoriales que les brinde a los propietarios la información necesaria para manejar sus bosques y obtener sus productos y servicios.</p> <p>Promueve la conservación del suelo, agua, flora y fauna a través de la protección y el manejo efectivo de terrenos forestales privados.</p> <p>Promueve una mayor participación de los propietarios de terrenos en el programa.</p> <p>Desarrolla proyectos dirigidos a mejorar la calidad del agua por medio de la protección y conservación de cuencas y áreas forestales.</p>

Tabla 19. Continuación

Proveedor	Programa	Propósito
	Forest Legacy Program, FLP	Promueve la protección de áreas forestales a través de la compra de terrenos privados con bosques de alto valor que estén bajo amenaza de convertirlos a otros usos no forestales y que tengan características que garanticen y enriquezcan nuestras áreas naturales. La compra puede ser del terreno o de las servidumbres con el gobierno. Debe haber un pareo de fondos entre el programa y el gobierno de PR (25%).
	Community Forest and Open Space Conservation Program, CFP	Provee la oportunidad de competir por subvenciones de premios a gobiernos locales y organizaciones sin fines de lucro a establecer bosques comunitarios mediante la adquisición de terrenos forestales en fincas privadas, que éstos puedan proveer beneficios continuos y accesibles a la comunidad. Los beneficios incluyen, pero no se limitan a beneficios económicos a través del manejo sostenible de los bosques; beneficios ambientales, como agua limpia y hábitat para la vida silvestre; beneficios de programas vocacionales educativos de base forestal, tales como silvicultura (ingeniería forestal) y de manejo forestal; beneficios recreativos, incluyendo cazar y pescar. Se requiere acceso público a la comunidad con el propósito de mejorar la salud pública y el bienestar comunitario.
USDA & US Department of Interior	Environmental Quality Incentives Program, EQIP	Provee un programa de conservación voluntario a los agricultores y propietarios de fincas privadas para promover la producción agrícola, el manejo de bosques y la calidad ambiental, de acuerdo a las metas nacionales. EQIP provee ayuda financiera y técnica a los productores elegibles para instalar o implementar prácticas de conservación en terrenos agrícolas elegibles.

Tabla 19. Continuación

Proveedor	Programa	Propósito
	Partners for Fish and Wildlife, PFW	Colabora con propietarios de terreno, municipios, escuelas y otras organizaciones para restaurar hábitats en terrenos privados. Provee asistencia técnica y fondos económicos pareados a más de 90 proyectos para restaurar riberas de rios, tierras altas, ciénagas y otras áreas utilizadas por la vida silvestre. Los proyectos están designados para el beneficio de la pesca y la vida silvestre, mientras se procura cubrir las necesidades y cumplir con los deseos del propietario del terreno.
	Conservation Reserve Program, CRP (Farm Service Agency)	Programa voluntario para propietarios de terreno agrícola. El propietario puede recibir pagos de renta anual y asistencia de costos compartidos para establecer áreas de conservación a largo plazo en fincas que sean elegibles.
	Conservation Stewardship Program, CSP	Programa voluntario que fomenta a los productores a dirigir sus preocupaciones de conservación en una manera comprensiva: emprender actividades de conservación adicionales, y mejorar, mantener y manejar las actividades de conservación existentes.
	Regional Conservation Partnership Program, RCPR	Colaboradores con productores agrícolas, agricultores, granjeros, gobierno local y estatal, instituciones no gubernamentales e instituciones de educación superior para estrechar y multiplicar inversiones de conservación y lograr metas de conservación en una escala regional o de toda la cuenca de un rio mediante la restauración y el mantenimiento de recursos naturales: agua limpia y abundante, suelos saludables y productivos, hábitat mejorados para la vida silvestre y los polinizadores.

Tabla 19. Continuación

Proveedor	Programa	Propósito
	Agricultural Conservation Easement Program, ACEP	Provee asistencia financiera a colaboradores elegibles para comprar servidumbres de tierras agrícolas para proteger el uso agrícola y los valores de conservación en terrenos elegibles. En el caso de fincas activas, se ayuda al agricultor a conservarla como tal. Provee asistencia técnica y financiera para restaurar, proteger y mantener humedales a través de la compra de una servidumbre de una reserva de un humedal. Colaboradores son agencias de gobierno estatal y local, y organizaciones sin fines de lucro que tengan programas de conservación de fincas agrícolas y de pastoreo.
	Healthy Forests Reserve Program	Provee asistencia a los propietarios de terrenos agrícolas que de forma voluntaria restauren, mejoren y protejan áreas de bosque dentro de su propiedad, mediante servidumbres, contrato de 30 años, y acuerdos de 10 años de costos compartidos.

RETOS Y OPORTUNIDADES

1. Fomentar el conocimiento de la flora y la fauna nativa mediante la colocación de placas que identifiquen especies de árboles o lugares donde se avisten especies de vida silvestre.
2. Poner rótulo en ciertos lugares a lo largo del río y en la costa por donde desemboca el río donde se observan rocas y piedras de distinto origen volcánico y por metamorfosis.
3. Crear rutas de senderismo por las pendientes altas (hiking) de forma segura y siguiendo las regulaciones.
4. Crear vereda interpretativa hasta el Salto del Inabón a 1011 m sobre el nivel del mar y hacia otras cascadas.
5. Colocar letreros en áreas de interés eco-turísticos indicando las coordenadas y previniendo sobre la dificultad de la vereda.
6. Establecer regulaciones para uso y disfrute del río.
7. Entrenar a los jóvenes en las comunidades como guías turísticos.
8. Mantener los cultivos de café bajo sombra con especies nativas o naturalizadas.
9. Colocar zafacones y procurar que se recoja la basura.
10. Colocar letreros con mensajes que incentiven que las personas depositen la basura al zafacón o que se la lleven a sus casas.
11. Orientar a los “jueyeros” en los manglares sobre mejores técnicas para capturar jueyes, que no sea quemar el área para que los jueyes salgan de la cueva.
12. Orientar a los “carboneros” sobre los peligros de hacer leña en el terreno e identificar alternativas de otras formas de sustento.

13. Orientar a los cazadores de aves sobre el daño a las poblaciones si cazan en época de veda.
14. Cazar y esterilizar a las hembras de la iguana verde (*Iguana iguana*), especie exótica que ha invadido las áreas boscosas de la Isla, y es abundante en los bosques privados, especialmente en los alrededores de los cuerpos de agua dulce.
15. Educar a las personas sobre la posibilidad de daños a su salud por comer jueyes o iguanas, ya que éstas podrían estar bio-acumulando metales pesados y otros tóxicos que se encuentran en el agua del río.
16. Crear vereda interpretativa a lo largo del camino que conduce a la costa con el propósito de observar aves, especialmente aves migratorias en la época de invierno. En época de lluvias se puede observar en flor especies de herbáceas, bejucos, arbustos y árboles, así como especies de mariposas.

ANEJO I. Cuestionario 1: Problemas de los propietarios de terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón

Indicadores	Nivel del problema			
	Gran problema	Moderado problema	Mínimo problema	Ningún problema
1. Pérdida de los cultivos por causas naturales (huracanes, inundaciones, fuegos)				
2. Garantía de traspaso de la titularidad de los terrenos a herederos.				
3. Control de plagas de insectos y/o enfermedades de los cultivos				
4. Presencia de plantas indeseables (yerbas, parásitas, bejucos, etc)				
5. Que personas intrusas entren a dañar la propiedad o el terreno				
6. Pagar los impuestos sobre la propiedad				
7. Riesgo de fuegos forestales				
8. Entrada de personas de forma ilegal o en tiempo de veda para cazar o pescar				
9. Pérdida de terreno por erosión y/o por deslizamiento				
10. Establecimiento de vertederos clandestinos				

mediante el depósito de basura en mi terreno				
11. Poder mantener un sistema de riego				
12. Descarga de las aguas usadas de las casas hacia el rio				
13. Presencia de aguas negras en el rio provenientes de pozos sépticos				
14. Perdida de fertilidad del suelo				

ANEJO II. Cuestionario 2: Intereses de los propietarios de terrenos privados no industriales en la cuenca del río Inabón

Indicadores	Nivel de interés			
	Mucho interés	Moderado interés	Mínimo interés	Ningún interés
1. Mantener la vida silvestre (animales y plantas)				
2. Proteger las especies amenazadas o en peligro de extinción (animales y plantas)				
3. Conservar y preservar una parte de la propiedad como bosque				
4. Mantener la pesca en el río				
5. Que la gente pueda cazar en el bosque				
6. Que los bosques en mi propiedad se preserven y mantengan saludables				
7. Hacer veredas para que la gente pueda caminar y disfrutar de la naturaleza				
8. Facilitar la entrada de la gente para bañarse en el río				
9. Seguridad de las facilidades para trabajadores y visitantes				
10. Mantener el agua del río limpia				

11. Posibilidad de uso rentable o sustentable de las facilidades existentes				
12. Que se me otorguen nuevos permisos de usos				
13. Recibir subsidios de gobierno federal o estatal				

REFERENCIAS

- Al-Snafi A.E. 2015. The Constituents and Biological Effects of *Arundo donax* - A Review. International Journal of Phytopharmacy Research, Vol 6 | Issue 1 | 34-40.
- Alves Leão G., J. Alves de Oliveira, R. Teles Arantes Felipe y F. Santos Farnese. 2017. Phytoremediation of arsenic-contaminated water: the role of antioxidant metabolism of *Azolla caroliniana* Willd. (Salviniales). Acta Botanica Brasilica - 31(2): 161-168.
- APHA (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Autoridad de Desperdicios Sólidos. 2003. Final Report Waste Characterization Study, preparado por Wehran-Puerto Rico, Inc. 43 pp.
- Bessette-Kirton E.K., C. Cerovski-Darriau, W.H. Schulz, J.A. Coe, J.W. Kean, J.W. Godt y M.A. Thomas. 2019. Landslides Triggered by Hurricane Maria: Assessment of an Extreme Event in Puerto Rico. The Geological Society of America, VOL. 29, NO. 6.
- Budnick G.E., R.T. Howard y D.R. Mayo. 1996. Evaluation of Enterolert for enumeration of enterococci in recreational waters. Applied Environmental Microbiology 62(10):3881-3884.
- Caudales R., E. Vega Hernández, A. Sánchez Pérez y H.A. Lioiger. 2000. Aquatic and Wetland of Puerto Rico. I. Pteridophyta. Anales Jardín Botánico de Madrid, 57(2):333-339.
- Cortés Mendoza E. 2012. Biología del agente de control biológico *Rhizaspidotus donacis* (Hemiptera: Diaspididae) y su impacto en el crecimiento de la planta invasora *Arundo donax* (Poaceae: Arundinoideae). Tesis. Universidad de Alicante, España.
- Cortes E., M. Marco y Goolsby J. 2012. *Rhizaspidotus donacis* (Hemiptera; Diaspididae); agente con licencia para controlar. Primeros resultados del plan de control biológico del carrizo gigante en Estados Unidos. Cuadernos de biodiversidad 40 (2012): 8-12.
- CRIM. 2018. Catastro Digital de Puerto Rico. <https://www.satagis.crimpr.net/catastrodigital/>
- Deltoro Torró V., J. Jiménez Ruiz y X.M. Vilán Fragueiro. 2012. Bases para el manejo y control de *Arundo donax* L. (Caña común). Colección Manuales Técnicos de Biodiversidad, 4. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2016. Inventario de plantas acuáticas y de ribera asociadas al río Toro Negro tributario del río Grande de Manatí, San Juan, Puerto Rico.
- Díaz Recio, J.I. y M.L. Ospina Vargas. 2019. Estudio preliminar de la técnica de fitorremediación en vertimientos relacionados con aguas residuales industriales. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, CEAD Palmira.

Di Luca, G.A. 2013. Influencia de *Typha domingensis* en la acumulación y distribución de contaminantes (Cr, Ni, Zn y P) en el sedimento de humedales naturales y construidos. Disertación doctoral. Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, Argentina. 223 pp.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. 2015. División de Patrimonio Natural

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. 2016. Conservation, Protected Areas, Puerto Rico

Ediciones Digitales. Maderas de Puerto Rico.

<http://edicionesdigitales.info/maderaspr/maderaspr/produccion.html>. (Fecha de consulta: 2018-2019).

ESRI

FEMA. 2009.

Gould W. A., C. Alarcón, B. Fevold, M.E. Jiménez, S. Martinuzzi, G. Potts, M. Quiñones, M. Solórzano, E. Ventosa. 2008. The Puerto Rico Gap Analysis Project Volume 1: land cover, vertebrate species distributions, and land stewardship. Gen. Tech. Rep. IITF-39. Rio Piedras, Puerto Rico: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 165 p.

Gregory R.D., D.W. Gibbons y P. F. Donald. 2004. Bird census and survey techniques. Capítulo 2, 17-56.

Helmer E.H., T.J. Brandeis, A.E. Lugo y T Kennaway. 2008. Factors influencing spatial pattern in tropical forest clearance and stand age: Implications for carbon storage and species diversity. Journal of Geophysical Research, vol. 113, 1-14. G02S04, doi:10.1029/2007JG000568.

Highland, L.M., y P. Bobrowsky. 2008, Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p.

Institute for Regional Conservation (IRC). Plants of the island of Puerto Rico: Conservation of rare plants, animals, and ecosystems.

<https://www.regionalconservation.org/ircs/database/plants/ByElevationPR.asp?Elevation=1>. (Fechas de consulta: 2018-2019)

Junta de Planificación de Puerto Rico. Mapa Interactivo de Puerto Rico. <https://gis.jp.pr.gov/mipr/> (Fechas de consulta: 2018—2019)

Junta de Planificación de Puerto Rico. 2016. Reglamento de Estándares de Calidad de Agua de Puerto Rico. https://bibliotecalegalambiental.files.wordpress.com/2019/06/2016_reca-reglamento-de-estc3a1ndares-de-calidad-de-agua-de-puerto-rico-abril-2016.pdf (Fecha de consulta: 2019)

- Kennaway T. y E.H. Helmer. 2007. The Forest Types and Ages Cleared for Land Development in Puerto Rico. *GIScience & Remote Sensing*, 44, No. 4, :356–382.
- Little E.L., F.H. Wadsworth y J. Marrero. 2001. Árboles comunes de Puerto Rico y las islas Vírgenes. Segunda edición revisada. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 247 p.
- López Marrero T.D.M. y N. Villanueva Colón. 2006. Atlas Ambiental de Puerto Rico. La Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras, PR. 160 p.
- Lugo, A.E. 2005. Los bosques. Capítulo 7. En: Biodiversidad de Puerto Rico: Vertebrados Terrestres y Ecosistemas, ed. Rafael L. Joglar, 439-445; 476-517.
- Maceda-Veiga A., H. Basas y G. Lanzaco. 2016. Impacts of the invader giant reed (*Arundo donax*) on riparian habitats and ground arthropod communities. *Biological Invasions*, volume 18, pp 731-749. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-1044-7>. (Fechas de consulta: 2019).
- Mkandvire M. y E.G. Dude. 2005. Accumulation of arsenic in *Lemna gibba* L. (duckweed) in tailing waters of two abandoned uranium mining sites in Saxony, Germany. *Sci. Total Environ.*, 336:81-89.
- Monmany A.C., W.A. Gould, M.J. Andrade-Nuñez, G. González y M. Quiñones. 2017. Characterizing Predictability of Fire Occurrence in Tropical Forests and Grasslands: The Case of Puerto Rico. *Forest Ecology and Conservation*, Chapter 4. <http://dx.doi.org/10.5772/67667>
- Oficina Nacional Forestal, Costa Rica, 2013. Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=t%C3%A9cnicas+agroforestales+para+madereria>
- Odjegba V.J. y I.O. Fasidi. 2004. Accumulation of Trace Elements by *Pistia stratiotes*: Implications for phytoremediation. *Ecotoxicology* (2004) 13: 637. <https://doi.org/10.1007/s10646-003-4424-1>.
- Page-Dumroese D. S., A.M. Abbott y T.M. Rice. 2009. Forest Soil Disturbance Monitoring Protocol: Volume I: Rapid assessment. Gen. Tech. Rep. WO-GTR-82a. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 31 p.
- Para La Naturaleza. Arboles Nativos de Puerto Rico. <https://www.paralanaturaleza.org/arboles-nativos-de-puerto-rico/>.
- Peña-Salamanca E.J., C.A. Madera-Parra, J.M. Sánchez y J. Medina Vásquez. 2013. Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Heliconia psittacorum* (heliconiaceae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 37 (145):469-481.
- Proctor, George R. 1989. Ferns of Puerto Rico and the Virgin Islands. The New York Botanical Gardens Press, Bronx, New York. 389 p.
- Proctor, George R. 1991. Puerto Rican Plant Species of Special Concern: Status and Recommendations. Publicación Científica Miscelánea No.2. Departamento de Recursos Naturales. San Juan, Puerto Rico 196 pp.

Protected Areas Conservation Action Team. 2018. Puerto Rico Protected Areas Database [version of December, 2018]. GIS data. San Juan, PR.

Sementelli A., H.T. Smith, W.E. Meshaka Jr., E.G. Engeman. 2008. Just Green Iguanas? The Associated Costs and Policy Center Implications of Exotic Invasive Wildlife in South Florida. USDA National Wildlife Research– Staff Publications. 1036.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2017. Sweet, W.V., R.E. Kopp, C.P. Weaver, J. Obeysekera, R.M. Horton, E.R. Thieler, y C. Zervas: Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083. NOAA/NOS Center for Operational Oceanographic Products and Services. Digital Coast Sea Level Rise Viewer available at <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/tools/slr.html>

Tian J.L., H.T. Zhu, Y.A. Yang y Y.K. He. 2004. Organic mercury tolerance absorption and transformation on Spartina plants. J. Plant Physiol. Mol. Biol., 30:577-582.

U.S. Fish and Wildlife Service. 1995. Puerto Rican Endangered Ferns Recovery Plan. Atlanta, Georgia. 23 pp.

U.S. Fish and Wildlife Service, Caribbean Ecological Services Field Office. 2011. Mapa de Especies Caribeñas en Peligro de Extinción. 100 pp.

U.S. Fish and Wildlife Service. 2017

USDA FS Forest Inventory Analysis Program. 2002. Forest Health Indicators, Forest Service, FS 746 de octubre 2002.

USDA (United States Department of Agriculture). 2010. Field Release of the Arundo Scale, *Rhizaspidiotus donacis* (Hemiptera: Diaspididae), an Insect for Biological Control of *Arundo donax* (Poaceae) in the Continental United States.