

5.0 Uso de Terrenos

El uso de terrenos es otro factor de importancia que afecta la hidrología de Puerto Rico. Los usos principales de los terrenos en las cuencas de la Isla son los bosques, la agricultura -incluyendo pastos-, los desarrollos urbanos y las áreas húmedas tales como las quebradas, ríos, embalses, humedales y estuarios. Cada uno de estos usos afecta en forma directa e indirecta el ciclo hidrológico y la disponibilidad del agua para usos culturales. En comparación con los otros usos de terrenos, los bosques contribuyen a que la escorrentía discurra más lentamente por las laderas de las cuencas en su paso hacia las quebradas y ríos. Esto a su vez resulta en una infiltración mayor de agua al subsuelo, lo que ayuda a mantener los flujos mínimos durante sequías y a aumentar la recarga a los acuíferos. La cubierta que forman los bosques sobre el terreno también contribuye a reducir la erosión de los suelos y su transporte hacia los cuerpos de agua, minimizando la sedimentación de los ríos, embalses y estuarios. La cubierta que forman los bosques también reduce la evaporación del agua, lo que puede resultar en un aumento en la escorrentía neta de una cuenca. La agricultura científica puede promover muchas de las ventajas hidrológicas que resultan de los bosques, pero desafortunadamente prácticas de cultivo inadecuadas y el mantenimiento pobre de los terrenos agrícolas resultan en efectos similares a la deforestación. Los desarrollos urbanos son en general adversos a la hidrología de las cuencas, pues conllevan la deforestación del área natural a ser urbanizada por lo que aumenta la intensidad de la escorrentía y la erosión de esos suelos. Además, la escorrentía urbana se caracteriza por la presencia de contaminantes en concentraciones generalmente mayores que las de las cuencas rurales. Las zonas húmedas naturales son parte integral del ciclo hidrológico no perturbado y -excepto por los embalses- son elementos positivos en el ciclo hidrológico. Los embalses, aunque de gran beneficio a la sociedad al proveer abastos de agua y otros servicios, requieren grandes extensiones de terrenos que cesan de estar disponibles para otros usos.

Históricamente el uso de terrenos en Puerto Rico ha obedecido las tendencias de carácter socio-económico. Durante la ocupación española hasta finales del Siglo XIX, la agricultura constituía el uso principal de terrenos en la Isla. La mayor parte de los bosques fueron destruidos comenzando en el Siglo XIX para el desarrollo de actividades agrícolas, primordialmente la caña de azúcar. Estudios del Servicio Forestal de los Estados Unidos (*USFS* por sus siglas en inglés) establecen que en 1930-1950 los bosques en la Isla se habían reducido al 6% del área superficial (López, 2001). Los desarrollos urbanos se concentraron en comunidades y pueblos cercanos a quebradas y ríos de caudal moderado que servían de abasto de agua para uso público y agrícola. El acarreo de agua en bueyes, la construcción de canales rústicos para desviar el agua y de pozos hechos a mano, eran procedimientos comunes. El comienzo del cultivo de la caña de azúcar data desde el 1834 y conjuntamente con el cultivo de frutos menores, el café y la cría de ganado en pequeña escala, constituían los usos de terrenos principales de la época. Utilizando estos estudios y compilaciones históricas del Siglo XIX podemos inferir que una porción relativamente mayor de los terrenos en la Isla estaba ocupada por bosques naturales o pastos.

A finales del Siglo XIX, durante la Guerra Hispanoamericana, Puerto Rico fue ocupado por los Estados Unidos como botín de guerra y pasa a ser territorio de dicha nación. Es durante este periodo que la Isla desarrolla la agricultura como su eje económico y mediante el cultivo de las zonas costaneras o litorales, se coloca la misma entre uno de los principales productores de caña de azúcar mundiales. Otras cosechas importantes lo fueron el café, el tabaco y distintas frutas y vegetales.

En la década de 1960 la manufactura lentamente reemplazó la agricultura como puntal económico; desde entonces las industrias de la aguja, farmacéuticas y electrónicas fueron las más importantes junto a la manufactura de maquinaria, de químicos y plásticos y al refinamiento de petróleo. Algunas de estas actividades se han reducido sustancialmente, o han desaparecido. En la década de 1980 el ganado sobrepasó la producción de caña de azúcar como la principal producción agrícola de Puerto Rico.

En la actualidad, la Isla de Puerto Rico ha diversificado su economía, y las principales fuentes de ingreso son las industrias (45 %) y servicios (54 %). Las actividades agrícolas representan solamente el uno (1) % del ingreso de la Isla. La agricultura está concentrada en varias zonas de la Isla, primordialmente en los valles costaneros de la Región Sur hasta el Valle de Lajas. En la Región Montañosa Interior abundan los cultivos de café, frutas y farináceos, así como de pastos mejorados y no-mejorados para la ganadería y sus productos derivados. La Región Central-Este de la Isla es propia para la avicultura ya que la mayoría de sus suelos no son atractivos para el cultivo debido a las pendientes empinadas, que implican el potencial de erosión y escorrentía rápida. Las empresas agrícolas más importantes de la Región Norte y la Región Central-Oeste son las vaquerías y la siembra de piñas, pero además se cultiva el café y varias frutas y vegetales. En la Región Sur la actividad económica de mayor importancia es la avicultura y la ganadería, con una disminución proporcional en la siembra de frutos menores.

En la actualidad, las principales industrias en Puerto Rico son las farmacéuticas, las empresas generadoras de productos electrónicos y la de la construcción. Las industrias farmacéuticas se concentran en el corredor norte de la Isla, mientras las electrónicas en el noroeste y este. La industria de la aguja ha decaído en los últimos años. En la zona metropolitana se encuentran los principales centros de la banca, las industrias, las agencias de gobierno y gran parte de la actividad comercial de Puerto Rico, entre otros. Al igual que en la ciudad de San Juan, las ciudades de Mayagüez y Ponce son los principales centros económicos y de servicios de sus respectivas regiones, con universidades, aeropuertos, puertos e industrias. Por tal razón, se observa un incremento en la necesidad de viviendas y de accesos en estas zonas. Esto fomenta la construcción de viviendas e infraestructura de provisión de servicios por parte del Estado como por ejemplo el servicio de acueducto. La economía de la construcción ha crecido durante los últimos años y se espera continúe en crecimiento según el Plan de Desarrollo Económico para los años fiscales 2003 y 2004 de la Junta de Planificación.

5.1 Clasificaciones de Uso de Terrenos en Puerto Rico

Para propósitos del Inventario, el uso de terrenos en Puerto Rico (excluyendo las isla de Culebra, Mona y Vieques) se dividió en 8 categorías principales (según sugerido por el *USFS*, 1991) ilustradas en la Figura 5-1:

1. Agrícola (incluidos los pastos para el ganado)
2. Bosques, arboleda y matorrales (incluye manglar),
3. Humedales emergentes con vegetación no leñosa,
4. Vegetación no leñosa de sucesión secundaria
5. Salinas y salitrales
6. Urbano o sin cubierta vegetal,
7. Cuerpos de agua, y
8. Uso sin definir.

1. Agrícola (incluidos los pastos para el ganado). En Puerto Rico, el uso agrícola esta constituido mayormente por: 1) las siembras de café, la industria de ganado y sus derivados y la industria porcina en el interior, 2) la industria avícola en la parte central-sur, 3) la industria ganadera en la parte noroeste 4) las industrias de acuicultura localizadas en la costa norte y en el interior y 5) diversas industrias de productos menores localizadas a través de la Isla. En 1991 el uso agrícola en Puerto Rico representó el 5.9 % de la extensión territorial de la Isla (Tabla 5-1). Esta extensión es equivalente a 200 millas cuadradas. Las actividades agrícolas están concentradas en las reservas agrícolas o los terrenos de alto valor agrícola localizadas como se describe a continuación:

- la costa sur en el Valle de Lajas y en los municipios de San Germán, Guánica, Yauco, Ponce, Juana Díaz, Villalba, Santa Isabel, Coamo, Salinas, Guayama, Arroyo y Patillas,
- la costa oeste en el Valle de Guanajibo y los municipios de Añasco y Rincón;
- la costa norte en los municipios de Aguadilla, Camuy, Arecibo, Barceloneta, Manatí, Vega Baja, Vega Alta, Toa Baja, Toa Alta, Canóvanas y Loíza;
- la costa este en los municipios de Luquillo, Fajardo, Ceiba, Maunabo, Naguabo, Humacao y Yabucoa, y
- la parte interior de la Isla donde existen fincas de extensión territorial limitada.

2. Bosques, arboleda y matorrales (incluye manglar). El uso de terrenos predominante en Puerto Rico es la extensión ocupada por los bosques, arboleda y matorrales. Los bosques constituyen el 41.6 % de la extensión territorial de la Isla equivalente a 1,530 mi² (Tabla 5-1). La concentración de bosques ocurre en las Regiones Este y Central-Este, en el Bosque Nacional del Caribe en la Sierra de Luquillo (El Yunque), la Sierra de Cayey y las altas elevaciones en la Cordillera Central en el centro y centro occidente y sobre las zona calizas del norte y el suroeste.

3. Humedales con vegetación emergente no leñosa. Los humedales con vegetación emergente no leñosa están mayormente localizados en los llanos costaneros, en áreas donde el suelo no permite un drenaje adecuado de la escorrentía y el manto freático permanece cerca de la superficie. Este uso constituye el 0.9 % de la extensión territorial de la Isla, 22 mi² (Tabla 5-1). La Región Norte mantiene la mayor cantidad de humedales herbáceos, particularmente en las zonas costaneras de los municipios al este de Arecibo. También existen humedales de importancia en la Región Este en los municipios de Luquillo, Fajardo y Ceiba, en la Región Oeste en los municipios de Mayagüez y Añasco; y en la Región Sur en el municipio de Ponce.

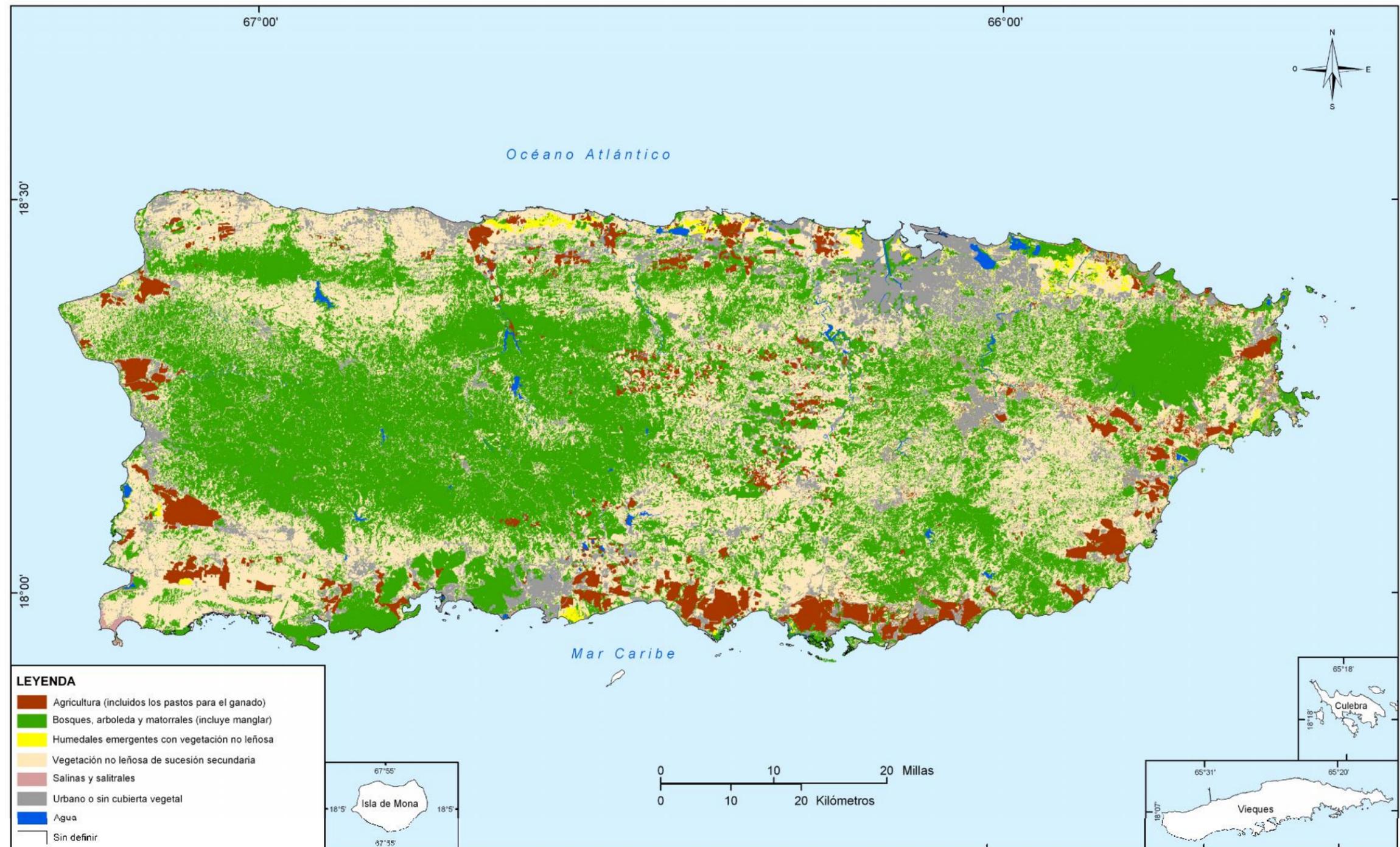
4. Vegetación no leñosa de sucesión secundaria. Constituyen la segunda extensión de importancia de uso de terrenos en Puerto Rico. Los pastos y/o gramas ocupan el 36.7 % de los terrenos en la Isla, equivalente a 1,270 mi².

5. Salinas y salitrales. Son usos de terrenos que, aunque limitados en extensión, requieren de una operación cuidadosa atendiendo los aspectos ecológicos y ambientales. Este uso constituye una cantidad porcentual ínfima de la extensión territorial de la Isla equivalente a 13 mi² (Tabla 5.1).

6. Urbano o sin cubierta vegetal. El uso de terrenos que ha causado mayor impacto desde el punto de vista ambiental y de planificación es el uso urbano o sin cubierta vegetal. Según la clasificación del *USFS* (1991), este uso constituye el 10.5 % de la extensión territorial de la Isla, equivalente a 350 mi², aunque en años recientes este valor aumentó a 16% (Lugo, comunicación escrita, 2005). La mayor parte de estos terrenos se concentran en la Zona Metropolitana (San Juan, Bayamón, Carolina, Guaynabo, Cataño, Trujillo Alto, y partes de Toa Baja), y en los municipios de Caguas, Gurabo, Fajardo, Humacao, Ponce, Vega Baja, Dorado, Manatí, Arecibo, Mayagüez, San Germán y Guayama. Otras áreas de menor concentración de uso urbano se ilustran en la Figura 5-1.

7. Cuerpos de agua. Los cuerpos de agua constituyen el 0.7 % de los terrenos en Puerto Rico, equivalente a 25 mi². Los embalses ocupan una parte sustancial de este uso, además de los ríos, quebradas y lagunas. El impacto de otros usos de terrenos sobre los cuerpos de agua es el factor principal que limita el aprovechamiento y conservación de los recursos de agua en la Isla. El desarrollo no-planificado de las cuencas hidrográficas, incluyendo las zonas urbanas y comerciales, las actividades agrícolas que no practican la conservación de los suelos, y las descargas sanitarias de punto y dispersas, contribuyen al deterioro de la calidad del agua y a reducir su disponibilidad en la Isla.

8. Usos sin definir. Finalmente, existen regiones en Puerto Rico en las cuales el uso de algunos terrenos aún no ha sido definido o clasificado. Esto se debe a usos poco comunes o no incluidos en los renglones antes mencionados. Estos usos representan solamente un 3.3 % de la extensión territorial de la Isla, equivalente a 110 mi².



Fuente: US Forest Service, 1991.

Figura 5-1. Mapa generalizado de uso de terrenos en Puerto Rico, 1991.

Tabla 5-1. Distribución del uso de terrenos en Puerto Rico en la década de 1990 (USFS, 1991). [mi² – millas cuadradas; % - por ciento]

Tipo de bosque, cubierta vegetal, áreas protegidas y proporciones para la isla de Puerto Rico (excluyendo las islas de Culebra, Mona y Vieques), Icacos y Piñero. Los números identifican clases. El área total de bosque cerrado es de aproximadamente 363,650 ha, ó 41.6% del área de la isla grande.

Número de Clase	Formación y cubierta vegetal	Área (mi ²)	Protegido (mi ²)	Protegido (%)
Bosque y terreno arbustivo – Seco y Seco/Húmedo				
1	Bosque llano seco semi-caducifolio	63.1	4.8	7.6
2	Llano maderero y arbustivo seco semi-caducifolio	88.6	7.9	8.9
3	Llano arbustivo seco mezclado de siempreverde caducifolio en sequía con suculentas	4.1	1.0	23.8
4	Bosque llano seco y húmedo, mezclado de esclerófila estacional siempreverde con suculentas	13.6	5.9	43.2
Bosque y terreno arbustivo – Húmedo y Húmedo / Muy húmedo				
—	Llano arbustivo húmedo siempreverde hemiesclerófilo	0.3	0.2	49.8
5	Bosque llano húmedo de siempreverde estacional	214	4.2	2.0
6	Bosque / arbusto llano húmedo siempreverde estacional	264	1.5	0.6
7	Bosque llano húmedo de palma de coco	1.7	0.3	17.2
8	Bosque llano húmedo semi-caducifolio	19.8	1.6	8.2
9	Bosque / arbusto llano húmedo semi-caducifolio	8.0	0.4	4.8
10	Bosque llano húmedo y mojado, siempreverde estacional y semi-caducifolio	99.9	11.3	11.3
11	Bosque/arbusto llano húmedo y Muy húmedo o, siempreverde estacional y semi-caducifolio	102.0	3.3	3.2
Bosque - Muy húmedo, Lluvioso, Montano Bajo Muy húmedo /Lluvioso				
12	Bosque submontano y montano bajo húmedo siempreverde esclerófilo	11.8	0.0	80.1
13	Bosque / arbusto submontano y montano bajo húmedo siempreverde esclerófilo	7.6	4.3	56.7
14	Bosque submontano húmedo siempreverde	192.2	23.3	12.1
15	Bosque / arbusto submontano y montano bajo húmedo siempreverde, café de sombra activo / abandonado	103.8	2.0	1.9
15	Bosque / arboleda de café activo de sol y de sombra, submontano y montano bajo muy húmedo, agricultura	200.5	4.5	2.3
16	Bosque montano bajo húmedo siempreverde – bosque alto nuboso	82.2	36.8	44.7
17	Bosque montano bajo húmedo siempreverde – bosque de palma y bosque enano nuboso	11.8	8.0	68.2

Tipo de bosque, cubierta vegetal, áreas protegidas y proporciones para la isla de Puerto Rico (excluyendo las islas de Culebra, Mona y Vieques), Icacos y Piñero. Los números identifican clases. El área total de bosque cerrado es de aproximadamente 363,650 ha, ó 41.6% del área de la isla grande.

Número de Clase	Formación y cubierta vegetal	Área (mi ²)	Protegido (mi ²)	Protegido (%)
17	Bosque montano bajo húmedo siempreverde – bosque enano nuboso	4.3	2.4	56.7
	Bosque -Inundado	0.0	0.0	
18	Bosque mareal / inundado semi-permanentemente siempreverde esclerófilo	26.4	10.5	39.6
19	Bosque lluvioso inundado estacionalmente	1.2	0.8	63.3
Humedales emergentes, Agricultura y No-vegetado				
20	Terreno enano arbustivo siempreverde y vegetación de pradera	0.2	0.000	0.9
21	Otros humedales emergentes (incluye pasto inundado estacionalmente)	22.4	4.6	20.5
26	Planicies de sal y fango	2.1	1.1	51.9
22	Pasto / grama	1,239.5	13.3	-
23	Agrícola / heno / pasto	199.3	2.7	-
24	Urbano y raso	354.4	3.9	-
25	Arena y roca	9.4	1.4	15.1
26	Canteras y minería de sal	1.0	0.2	-
—	Agua	24.5	5.3	21.7
	TOTALES	3,373	168	4.97% de la isla

Fuente: Helmer, 2002.

5.2 Impacto de cambios en el uso de terrenos en los sistemas hidrológicos

El uso de terrenos puede alterar significativamente la disponibilidad de los recursos de agua en una cuenca hidrográfica. Un ejemplo de estos efectos es la parte alta de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza. A finales del Siglo XIX las comunidades en la parte alta de la cuenca eran escasas y estaban esparcidas y aisladas. Aún cuando Puerto Rico es una isla pequeña, las comunidades en su interior carecían de medios prácticos de transporte que les permitieran moverse a través de su territorio. Este ambiente natural alterado en un mínimo por la interacción humana quizás existió hasta principios del Siglo XX. El fortalecimiento de la economía agrícola contribuyó a que los poblados y las zonas rurales en la cuenca comenzaran a prosperar, convirtiéndose en centros de comercio, intercambio y transporte.

En la actualidad, la parte alta de la cuenca hidrográfica del Río Grande de Loíza se ha desarrollado en forma significativa y cuenta con varios centros urbanos con poblaciones que exceden 30,000 habitantes, incluyendo a Caguas (145,193 habitantes), Gurabo (38,224), Juncos (37,892), Las Piedras (35,863) y Aguas Buenas (30,158). Este crecimiento poblacional ocurrido en el transcurso de los últimos 50 años ha ocasionado cambios dramáticos en el uso de terrenos de bosques a pastos, y de fincas cultivadas a caminos y luego a poblados. Estos cambios en el uso de los terrenos han resultado en extracciones cada vez mayores de agua para usos domésticos, agrícolas, industriales y comerciales, además de descargas sanitarias de pozos sépticos domésticos y comerciales. La Tabla 5-2 ilustra los usos de terrenos predominantes y su efecto potencial en las condiciones hidrológicas de una cuenca.

Tabla 5-2. Uso de terrenos predominantes y su efecto potencial en las condiciones hidrológicas de la cuenca.

Uso de terrenos	Escorrentía	Nivel freático	Temperatura ambiente	Evaporación	Transpiración	Recarga neta acuíferos locales	Sedimentación	Contaminación
Agrícola, incluidos los pastos para el ganado	Exceso	Exceso	Exceso	Normal	Normal	Variable	Exceso	Exceso
Bosque, arboleda y matorrales (incluye manglar)	Normal	Normal	Mínimo	Mínimo	Exceso	Normal	Normal	Normal
Humedales emergentes con vegetación no leñosa	Mínimo	Exceso	Exceso	Exceso	Exceso	Mínimo	Variable	Normal
Vegetación no leñosa de sucesión secundaria	Exceso	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Salinas y salitrales	Exceso	Exceso	Exceso	Exceso	Mínimo	Exceso	Exceso	Exceso
Urbano o sin cubierta vegetal ^(a)	Exceso	Mínimo	Exceso	Exceso	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Exceso

(a) no incluye actividades de construcción o remoción de terrenos, de estas estar incluidas la sedimentación clasificaría como sobre-normal.

Condición hidrológica es aquella condición de flujo, nivel y almacenamiento en relación al patrón promedio de sistemas hidrológicos:

Variable	condición hidrológica variable, dependiente de ubicación en la cuenca hidrográfica
Mínimo	condición hidrológica exhibe un mínimo
Normal	condición hidrológica no exhibe alteración del patrón normal de la cuenca hidrográfica
Exceso	condición hidrológica exhibe condiciones en exceso del patrón normal
Exceso	condición hidrológica exhibe un máximo
Normal	no aplica

5.3 Bosques y Cubierta Vegetal

La cubierta vegetal del terreno es un factor importante en el balance hidrológico en una cuenca, y por ende, en la disponibilidad de los recursos de agua. Esta cubierta puede incluir bosques densos como aquellos de El Yunque, zonas agrícolas sembradas de diversos productos como los valles de la Región Sur y áreas cubiertas de hierbas usadas para alimento de ganado (en todas las regiones de la Isla). En estas instancias, la cubierta del suelo contribuye a disminuir la tasa de escorrentía al retener más tiempo el agua procedente de la lluvia en la cuenca. En el caso de un bosque denso la lluvia es detenida primeramente en las copas de los árboles, deslizándose por las hojas hasta caer nuevamente al vacío o a través de otras hojas hasta los troncos. En el bosque tropical existe una diversidad de especies de plantas herbáceas bajo la cubierta de los árboles, las cuales contribuyen también a decelerar el movimiento del agua hasta el suelo.

Ulteriormente, durante una lluvia intensa, el sistema llega a un equilibrio dinámico, en el cual la escorrentía es balanceada por la lluvia y la acción de las plantas en su efecto combinado de evapotranspiración, infiltración al subsuelo, y detención por fricción del flujo de la escorrentía. En el caso de los valles o las colinas cubiertas de hierbas u otros cultivos que no representan una cubierta total del suelo, la atenuación de la escorrentía es menor, debido a que la lluvia no se enfrenta al obstáculo de la cubierta de árboles, cayendo directamente sobre la hierba o plantas cercanas al suelo. Por el contrario, cuando el suelo está desprovisto de cubierta, la lluvia cae directamente sobre la superficie, erosionando con su impacto parte del material, y discurriendo tan rápidamente como se sature el suelo. En estos casos de remoción de la cubierta vegetal de un área o cuenca, la escorrentía alcanza las quebradas y los ríos más rápidamente que en el caso del bosque tropical, por lo que se aumenta la erosión del suelo, el transporte de sedimentos y la intensidad de las crecientes.

La cantidad de agua que se detiene temporalmente en una cuenca, o se retiene en el subsuelo de la cuenca, es también una función de otros factores, incluyendo las pendientes del suelo, su capacidad de infiltración y la presencia de fracturas, cavidades o sumideros en las rocas. En las zonas de la Isla donde predominan las rocas de origen volcánico, principalmente en la Región Montañosa Interior, las pendientes de los suelos exceden frecuentemente el 20 %. En estas cuencas, aún cuando la capa vegetal esté presente, la fuerza de gravedad en los terrenos empinados contribuye a acelerar el movimiento del agua, y por ende, a disminuir la infiltración, aumentando la escorrentía y la erosión de los suelos. Esto puede variar también dependiendo del tipo de suelos, aumentando la infiltración en los suelos porosos en comparación con los arcillosos. En zonas donde existen fracturas abundantes en las rocas, o en las áreas de la Región del Karso donde abundan los sumideros y cavidades, una parte sustancial de la escorrentía se infiltra al subsuelo, reduciendo el flujo hacia los cuerpos de agua superficiales. Esto a su vez resulta en una disminución en la erosión y transporte de sedimentos. En general, en la parte de las cuencas en la cual se almacena el agua se limita a regiones donde las pendientes o relieve topográfico es menor de 15 grados. En regiones de las cuencas

hidrográficas donde la pendiente o el relieve es mayor de 15 grados, la infiltración al sistema fracturado de acuíferos es menor o insignificante (Rodríguez, 2001).

Otro elemento importante de la cubierta vegetal se relaciona a la calidad de las aguas superficiales, particularmente la turbiedad de la escorrentía debido a la suspensión o solución de los componentes del suelo. En el caso de bosques o áreas cubiertas de hierbas, la erosión de los suelos se reduce primeramente porque no hay impactos directos de las gotas de agua sobre terreno expuesto. El agua que se precipita desde las hojas o los troncos de los árboles discurre a velocidades menores como flujo laminar sobre las hierbas o plantas, y cuando alcanza el suelo bajo la cubierta vegetal, pierde su energía de movimiento. Esto minimiza su poder de erosión y de disolución de componentes de los suelos. En Puerto Rico es fácil observar estas condiciones si se compara el flujo generalmente cristalino en el Río Mameyes cerca de Luquillo con el del flujo turbio y cargado de sedimentos en el Río Grande de Manatí, donde la cubierta de bosques y vegetal ha sido removida en gran parte de la cuenca.

En Puerto Rico, los bosques representan aproximadamente el 40 % del área total de la Isla (DRNA, 2004). Aproximadamente el uno (1) % de los terrenos en la Isla mantienen sus bosques originales. Estos bosques son conocidos como bosques primarios o vírgenes, localizados en su inmensa mayoría en las partes más altas de los bosques de altura en la Sierra de Luquillo y en la Cordillera Central. Las áreas más deforestadas son los valles aluviales y la zona inmediata a la costa, donde la agricultura, los desarrollos urbanos, y otros factores contribuyeron a la sustitución de los bosques (Lugo y Martinó, 1996). Del área total de bosques en Puerto Rico, aproximadamente el 14 % se encuentra bajo la administración del Gobierno del ELA como bosques estatales. El DRNA maneja 19 reservas de bosques en la Isla (Tabla 5-3). Estos bosques, al igual que el Bosque Nacional del Caribe (El Yunque), administrado por el Gobierno Federal, se conservaron para proteger las cuencas hidrográficas y los abastos de agua, y asegurar su preservación para el futuro. El *USFS* estima que en Puerto Rico es necesario aumentar la extensión dedicada a bosques estatales del 4 % al 22 % del área total de la Isla, de manera que comprenda no menos de 500,000 cuerdas (Picó, 1962).

Estudios de flujos mínimos del *USGS* indican, en forma indirecta, que los bosques en el interior de Puerto Rico almacenan entre el 0.3 al 10 % de la lluvia promedio, dependiendo del grado de fracturas en las rocas y contenido de roca descompuesta. Esta razón de almacenamiento representa de 78,000 hasta 200,000 galones por día por milla cuadrada, basado en la lluvia promedio en las cuencas individuales.

Por su alta capacidad de asimilación hidráulica, los bosques disminuyen la intensidad de la escorrentía, a la vez que favorecen el mantenimiento del flujo base de los ríos y conservan el agua en las cuencas hidrográficas. Estas funciones de los bosques evitan la pérdida súbita de los suelos al mar, contribuyen a purificar el agua mediante el proceso de infiltración y contribuyen a reducir la erosión de las cuencas y la sedimentación de los ríos, embalses y estuarios. Al utilizar los nutrientes que obtienen del agua del suelo para sintetizar materia orgánica, la vegetación también ayuda a purificar el agua. Por su alta capacidad de evapotranspiración, los bosques promueven la lluvia, y con ello influyen el ciclo hidrológico. La

evapotranspiración de los bosques promueve la formación de nubes alterando la temperatura y la humedad de las masas de aire que pasan sobre ellos (Lugo y Martínó, 1996).



Fotografía 5-1. El uso agrícola en el sur de Puerto Rico se sule de la infraestructura de canales de riego pertenecientes al Distrito de Riego de la Costa Sur (foto por Sigfredo Torres, USGS, 2001).

Tabla 5-3. Bosques Estatales de Puerto Rico y el Bosque Nacional del Caribe.

Bosque	Localización
Aguirre	Santa Isabel y Guayama
Boquerón	Cabo Rojo y Lajas
Cambalache	Arecibo
Los Caños	Arecibo
Carite	Guayama y Patillas
Cerrillo	Ponce
Guajataca	Isabela
Guánica	Guánica, Yauco y Guayanilla
Guilarte	Peñuelas, Adjuntas y Yauco
Maricao	Maricao
Piñones	Loíza y Carolina
Río Abajo	Arecibo y Utuado
San Patricio	San Juan
Susúa	Yauco y Sábana Grande
Toro Negro	Jayuya, Ciales y Orocovis
Tres Picachos	Utuado
Vega	Vega Alta
Urbano del Nuevo Milenio	San Juan
Bosque del Pueblo	Adjuntas
Bosque Nacional del Caribe (El Yunque)	Río Grande y Luquillo

Fuente: DRNA, 2004.

Los bosques y la cubierta vegetal de Puerto Rico han sido clasificados utilizando el sistema de zonas de vida natural de Holdridge (Ewel y Whitmore, 1973). Este sistema se fundamenta en los patrones de precipitación y biotemperatura (temperatura comprendida entre 0 y 30 °C, ó 32 a 86 °F). Estas zonas también son llamadas zonas de vida biológicas, o ecozonas. Ewel y Whitmore clasificaron a Puerto Rico en seis ecozonas (Figura 5-2), representadas ampliamente en Centro y Sur América. A continuación se presenta una breve descripción de estas regiones ecológicas en Puerto Rico:

1. Bosque Seco Subtropical

Esta zona de vida natural es la más seca de las seis, e incluye áreas extensas en el suroeste de Puerto Rico y las islas de Vieques, Mona, Culebra y Desecheo. Un ejemplo del bosque seco subtropical es el Bosque Seco de Guánica. La precipitación en esta zona varía desde 24 hasta 40 pulgadas por año. La vegetación de carácter boscoso tiende a organizarse en estratos continuos y con un alto porcentaje de especies caducifolias (que cambia sus hojas). Las hojas suelen ser pequeñas o suculentas (que almacenan agua), o recias y flexibles (coriáceas), y las especies con espinas son comunes. La altura de los árboles no suele exceder los 50 pies y los topes son típicamente anchos, esparciéndose de forma plana, con follaje espaciado. Durante la estación seca se acumula una gran cantidad de hojarasca sobre la superficie del suelo.

Algunas especies dominantes en la Región Sur de la Isla y que sirven de indicadores de esta zona se ilustran en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4. Especies de flora comunes en el Bosque Seco Subtropical.

Especie	Nombre común
<i>Prosopis juliflora</i>	bayahonda
<i>Parkinsonia aculeata</i>	palo de rayo
<i>Bursera simaruba</i>	almácigo
<i>Exostema caribaeum</i>	albarillo
<i>Cephalocereus royenii</i>	sebucán
<i>Guaiacum officinale</i>	guayacán
<i>Bucida buceras</i>	úcar
<i>Pictetia aculeata</i>	tachuelo
<i>Zizephus reticulata</i>	azafarfo
<i>Acacia farnesiana</i>	aroma, acacia dulce

La agricultura en el Bosque Seco Subtropical es marginal, excepto mediante la aplicación de irrigación usando agua transferida de otras cuencas. Debido en gran parte a estas limitaciones, la industria maderera tiene pocas posibilidades comerciales en Puerto Rico, excepto para la producción limitada de postes muy duraderos y cantidades menores de maderas especializadas de alta calidad. La caoba dominicana es un ejemplo de estas especies, ya que es nativa de la zona de vida del Bosque Seco Subtropical.

2. Bosque Húmedo Subtropical

Esta es la zona de mayor extensión boscosa en Puerto Rico, encontrándose principalmente en los terrenos costaneros y de medianas pendientes en la Cordillera Central. En estos bosques la precipitación varía entre 50 hasta 85 pulgadas por año. La mayor parte de los terrenos en esta zona de vida han sido deforestados en los últimos dos siglos. Los terrenos en las zonas de lluvia más abundante y clima menos seco son propicios para la agricultura. Grandes extensiones de terreno han sido deforestadas para el cultivo de frutas y vegetales y para uso ganadero. Predios y fincas de menor tamaño dispersos en la región exhiben zonas boscosas donde existen árboles de hasta 20 metros de altura, con copas redondas. En esta zona, el diámetro de los árboles en las laderas occidentales protegidas del viento es casi el doble que el diámetro de aquellos en las laderas orientales. También, el crecimiento en las cimas de las lomas es menor que el que ocurre al pie de las montañas. Estas diferencias en vegetación y crecimiento arbóreo se deben, aparentemente, a diferencias en microclimas y suelos como resultado de las pendientes de los suelos. En la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical los árboles de mangle crecen a alturas mayores que en la zona de vida Bosque Seco Subtropical. Algunas especies comunes de la zona se listan en la Tabla 5-5.

Tabla 5-5. Especies de flora comunes en el Bosque Húmedo Subtropical.

Especie	Nombre común
<i>Pterocarpus officinales</i>	palo de pollo
<i>Roystonea borinquena</i>	palma real
<i>Tabebuia heterophylla</i>	roble blanco
<i>Nectandra, Ocotea</i>	laureles
<i>Spathodea campanulata</i>	tulipán africano
<i>Schefflera morototoni</i>	yagrumo macho
<i>Erithrina poeppigiana</i>	bucayo
<i>Cedrela odorata</i>	cedro hembra
<i>Hymenaea courbaril</i>	algarrobo
<i>Delonix regia</i>	flamboyán
<i>Ficus laevigata</i>	jagüey blanco
<i>Cecropia shreberiana</i>	yagrumo hembra

3. Bosque Muy Húmedo Subtropical

La zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical ocupa la mayoría de las partes altas de las cordilleras en Puerto Rico. Es una zona de precipitación abundante, con promedios entre 80 y 160 pulgadas por año. Los helechos, las bromeliáceas y las orquídeas epífitas (que viven sobre otros árboles) son comunes. El bosque es relativamente rico en estas especies y las tasas de crecimiento de algunos árboles son rápidas al compararse con otras zonas boscosas. Restos de bosques maduros existen en los Bosques Estatales de Carite y Toro Negro y en el Bosque Experimental de Luquillo. Esta zona contiene más de 150 especies de árboles, y forma una cubierta boscosa verde oscuro densa, de hasta 20 metros de altura. Una lista de algunas especies representativas de esta zona se encuentra en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6. Especies de flora comunes en el Bosque Muy Húmedo Subtropical.

Especie	Nombre común
<i>Dacryodes excelsa</i>	tabonuco
<i>Sloanea berteroniana</i>	cacao motillo
<i>Manilkara bidentata</i>	ausubo
<i>Piper aduncum</i>	higuillo
<i>Ochroma lagopus</i>	guano, balsa
<i>Prestoea montana</i>	palma de sierra
<i>Cecropia shreberiana</i>	yagrumo hembra
<i>Schefflera morototoni</i>	yagrumo macho

Gran parte de esta zona incluye plantaciones de café cultivado bajo árboles de sombra. Este ecosistema agrícola se asemeja al bosque que remplazó en términos de disponibilidad de hábitat para la vida silvestre y como zonas de captación de altos volúmenes pluviales. La tendencia es hacia uso de los terrenos en esta zona para pastoreo, a medida que se abandona la agricultura tradicional de cultivos variados. El Bosque Muy Húmedo Subtropical es la fuente de escorrentía que suple agua a las áreas costaneras más secas donde está concentrada la población.

4. Bosque Pluvial Subtropical

Esta es la zona de vida más lluviosa entre los sistemas subtropicales identificados en Puerto Rico. El límite inferior de precipitación es de 150 pulgadas por año. Esta zona existe tan sólo en las altas laderas expuestas directamente a los Vientos Alisios en las montañas de la Sierra de Luquillo, en el Bosque Experimental de Luquillo. Su escorrentía anual es más del doble de la precipitación que reciben muchas áreas del mundo. Se encuentran en esta zona muchas especies identificadas en el Bosque Muy Húmedo Subtropical. Abunda la palma de sierra (*Prestoea montana*), mientras que el helecho arbóreo (*Nephelea portoricensis*) es más común aquí que en el Bosque Muy Húmedo Subtropical.

5. Bosque Muy Húmedo Montano Bajo

Esta zona de vida está presente en las regiones orientales y centrales de la Isla, extendiéndose hasta la cima de la mayoría de las montañas a elevaciones mayores de 3,300 pies sobre el nivel del mar. En algunas áreas de la Región Montañosa Interior, los bosques en esta zona de vida se extienden hacia los valles intermontanos hasta casi 2,300 pies de elevación sobre el nivel del mar. En esta zona se han identificado 53 especies de árboles, comparado con 150 en el Bosque Muy Húmedo Subtropical. Dos asociaciones florísticas importantes se encuentran en esta zona: el Bosque Enano y el Bosque de Palma de Sierra. El primero consta de árboles de no más de 25 pies de altura, contorsionados, de diámetro pequeño, crecimiento lento y numerosos tallos. El segundo bosque se aprecia en los bosques de Luquillo, Carite, Guilarte, Maricao y Toro Negro, y está dominado por una sola especie: la palma de sierra (*Prestoea montana*). Algunas especies frecuentes en la zona se presentan en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7. Especies comunes en el Bosque Muy Húmedo Bajo Subtropical.

Espece	Nombre común
<i>Cyrilla racemiflora</i>	palo colorado
<i>Ocotea spathulata</i>	nemocá
<i>Micropholis chrysophylloides</i>	caimitillo
<i>Tabebuia rigida</i>	roble de sierra
<i>Weinmannia pinnata</i>	oreganillo
<i>Calycogonium squamulosum</i>	jusillo

Debido a la abundancia de precipitación, esta zona resulta ser muy frágil para cosechas comerciales, aunque algunas zonas se utilizan para pastoreo de ganado. El flujo de los ríos de esta zona es perenne y abundante.

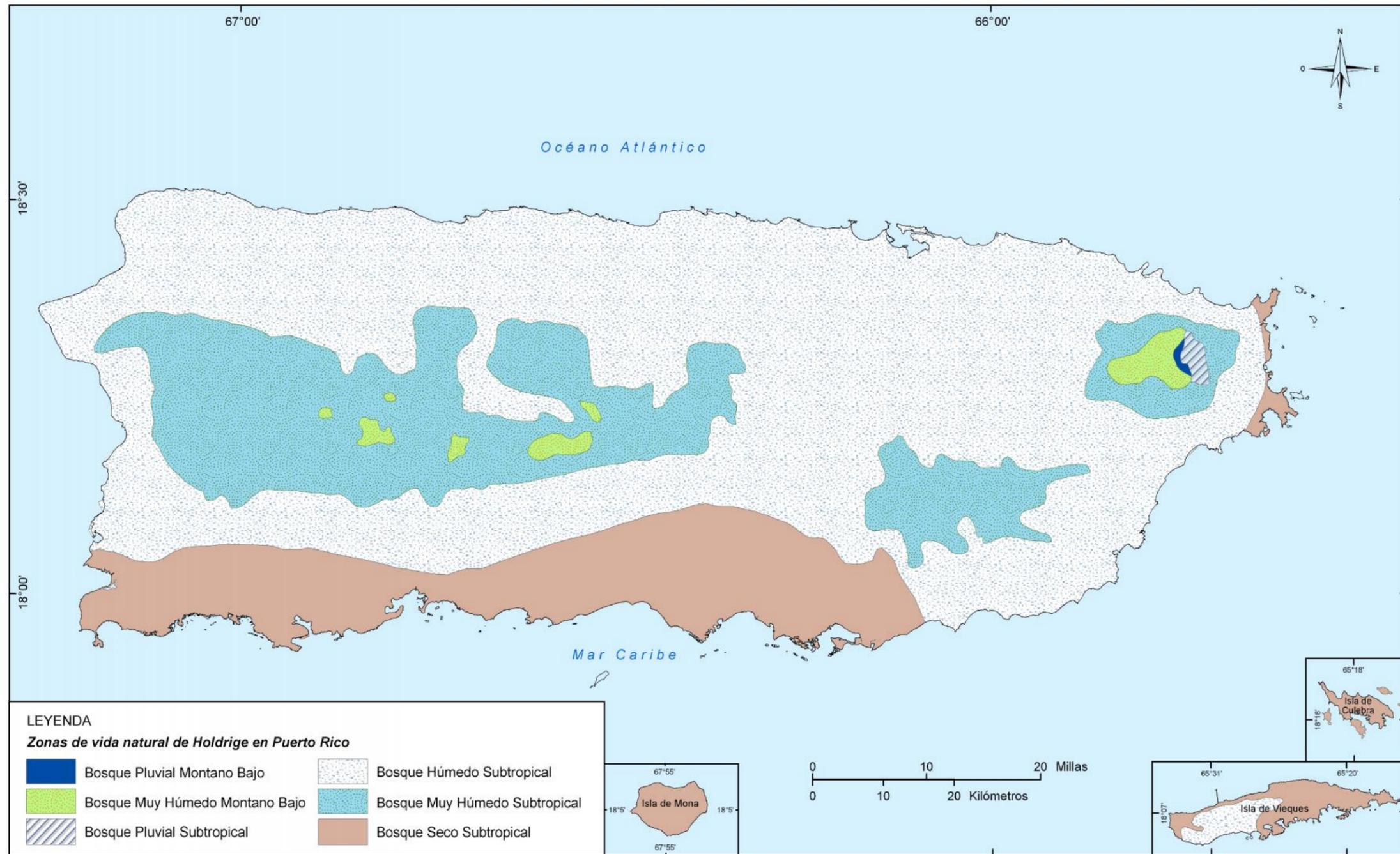
6. Bosque Pluvial Montano Bajo

Esta es la zona de vida de menor extensión en Puerto Rico y se localiza en una banda estrecha en las laderas a sotavento en las montañas de Luquillo, inmediatamente sobre el Bosque Pluvial Subtropical. La precipitación promedio anual en este bosque es de aproximadamente 175 pulgadas, con una humedad relativa de 98.5 % (Baynton, 1968; Ewel y Whitmore, 1973). La vegetación en esta zona es muy similar a la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Montano Bajo. La característica que distingue a los dos es la mayor abundancia de plantas creciendo sobre las ramas de otros árboles (epífitas y epífilas), y la presencia de palmas de sierra y helechos arbóreos. El área ocupada por las distintas zonas ecológicas de Puerto Rico se resume en la Tabla 5-8.

Tabla 5-8. Área ocupada por las zonas ecológicas naturales en Puerto Rico.

Zonas biológicas y ecológicas	% de cubierta boscosa total	Área, en kilómetros cuadrados (millas cuadradas)
Bosque Seco Subtropical	17.6	1,582 (618)
Bosque Húmedo Subtropical	58.4	5,250 (2,051)
Bosque Muy Húmedo Subtropical	22.6	2,032 (794)
Bosque Pluvial Subtropical	0.1	9.0 (3.5)
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo	1.2	108 (42)
Bosque Pluvial Montano Bajo	0.1	9.0 (3.5)

E. H. Helmer y otros se dieron a la tarea de subdividir estas zonas utilizando la clasificación de vegetación de Areces-Mallea (1999) e identificando imágenes de satélite (Webb, R., USGS, comunicación escrita, 1996, Figura 5.1). Éstas, junto a fotos aéreas, permitieron que se adaptara el sistema de Areces-Mallea describiendo así los factores ambientales y otros disturbios. El sistema también incluye zonas geoclimáticas. Cualidades de la densidad y altura del follaje, por ejemplo, permitieron un mayor nivel de detalle en la descripción de categorías en la cubierta vegetal. Concluyeron que el área total de bosque cerrado es 936,400 cuerdas (1,430 mi²), o 41.6 % del área de la Isla. El área de arbustos es de 14,765 cuerdas (22.5 mi²). Solamente el 5% de los terrenos en la Isla están clasificados como bosque estatal y por lo tanto, protegidos.



Fuente: US Forest Service, 1973.

Figura 5-2. Zonas ecológicas naturales de Puerto Rico y las islas de Vieques y Culebra.