

**Estado Libre Asociado de Puerto Rico  
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**



**DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ESTRATÉGICA**

## **ESTUDIO DEL CARSO**

**Septiembre 2009**

**Estado Libre Asociado de Puerto Rico  
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ESTRATÉGICA

## **ESTUDIO DEL CARSO**

**Septiembre 2009**

## HOJA PREÁMBULO

**DIA- Núm:** JCA-\_\_-\_\_\_\_(PR)

**Agencia:** Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

**Título de la acción propuesta:** Adopción del Estudio del Carso

**Funcionario responsable:** Daniel J. Galán Kercadó  
Secretario  
Departamento de Recursos Naturales y Ambientales  
PO Box 366147 San Juan, PR 00936-6147  
787 999-2200

**Acción:** Declaración de Impacto Ambiental – Estratégica  
Estudio del Carso

**Resumen:** La acción propuesta consiste en la adopción del Estudio del Carso. En este documento se presenta el marco legal que nos lleva a la preparación de este estudio científico y se describen las características geológicas, hidrológicas, ecológicas, paisajísticas, recreativas y culturales que permitieron la delimitación de un área que abarca unas 219,804 cuerdas y que permitirá conservar una adecuada representación de los elementos irremplazables presente en el complejo ecosistema conocido como carso. Asimismo, se evalúa su estrecha relación con las políticas públicas asociadas a los usos de los terrenos y como se implantarán los hallazgos mediante la enmienda de los reglamentos y planes aplicables.

**Fecha:** Septiembre de 2009

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I000	Descripción del Estudio del Carso .....	1
A.	Base Legal.....	2
B.	Objetivos principales .....	4
C.	Interrelación y compatibilidad del Estudio del Carso con leyes, reglamentos, programas y planes .....	5
1 -	Estatutos vigentes compatibles con la realización y puesta en vigor del Estudio del Carso (implantación de la política pública, la definición y delimitación de las áreas restringidas del carso) por parte del DRNA.....	6
2 -	Disposición de programas y planes vigentes aplicables a las áreas restringidas del carso o porciones de éstas, compatibles con la política pública, la definición y delimitación de dichas áreas conforme presentadas en el Estudio del Carso .....	29
Capítulo II000	Descripción del Ambiente Natural.....	43
A.	Geología.....	45
B.	Geomorfología .....	50
C.	Hidrografía .....	57
D.	Ecología .....	65
E.	Áreas Naturales Protegidas .....	83
F.	Valor añadido.....	106
Capítulo III	Descripción y evaluación de los probables impactos adversos al medio ambiente .....	110
Capítulo IV	Descripción y evaluación de las alternativas consideradas al plan, política o programa propuesto .....	112
Capítulo V	Evaluación de la relación entre usos a corto plazo del medio ambiente y la conservación, y el mejoramiento de la productividad a largo plazo dentro del contexto del plan, política o programa .....	113
Capítulo VI	Descripción y evaluación de las medidas de prevención y reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente.....	115
Capítulo VII	Evaluación de la interrelación y compatibilidad del plan, política o programa con otros planes locales, regionales, sectoriales y estatales .....	116
Apéndices	.....	120
Bibliografía	.....	149

# Capítulo I

## Descripción del Estudio del Carso



FOTO 1. Vista panorámica de la región cársica del norte central de Puerto Rico, Barrio Pugnado Afuera, Vega Baja. En esta zona predomina la Caliza Aymamón y en su topografía se destaca la presencia de mogotes. (Foto: Alberto Puente)

El Estudio del Carso es el documento que transforma las políticas públicas del Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico dispuestas en la Ley Núm. 292 de 21 de agosto de 1999, conocida como la Ley para la Protección y Conservación de la Fisiografía Cársica de Puerto Rico, en herramientas de base científica y a su vez dirige el procedimiento para su implementación mediante su incorporación en los reglamentos aplicables. Esto con el principal propósito de proteger de su destrucción y desaparición una adecuada representación de aquellos elementos geológicos, hidrológicos y ecológicos, entre otros, que están presentes y definen el perfil particular y único del carso puertorriqueño. Como instrumento de enunciación de política pública este será un documento vivo en el

que, haciendo uso de nueva información científica y tecnología, se podrán analizar y revisar sus disposiciones buscando la consecución del mandato legal concerniente al Carso.

El estudio describe el carso, complicado e irremplazable ecosistema natural, evidenciando que su importancia no solo radica en el recurso suelo (roca caliza), sino que esta importancia está compartida por la directa interrelación entre este, el recurso agua, la biota, sus paisajes y elementos culturales, así como en su importante función en el desarrollo sostenible de Puerto Rico. Asimismo, define los criterios utilizados para delimitar las áreas que están protegidas.

El Estudio del Carso y las recomendaciones en él esbozadas, incluyendo los anejos y los respectivos mapas, cumplen con lo requerido por la Ley Núm. 292, *supra*. Como parte del estudio, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) preparó un mapa (Mapa 1) que identifica aquellas áreas dentro de las regiones cársicas de Puerto Rico donde no se podrán efectuar actividades de extracción de materiales de la corteza terrestre para fines comerciales, ni para explotaciones comerciales, las cuales han sido denominadas como *áreas restringidas*. Entendiéndose que su implantación está determinada por su incorporación al *Reglamento Núm. 6919 de 17 de diciembre de 2004*, conocido como "*Reglamento para regir la extracción, excavación, remoción y dragado de los componentes de la corteza terrestre*".

## **A. Base Legal**

La Ley Núm. 292, *supra*, mandata al Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales en su Artículo 5 a "que lleven a cabo un estudio que defina las áreas que, debido a su importancia y función geológica, hidrológica y ecosistémica, no puedan ser utilizados bajo ningún concepto para la extracción

de materiales de la corteza terrestre con propósitos comerciales, ni para explotaciones comerciales.”

Por su parte, la Ley Núm. 267 de 10 de septiembre de 2004, conocida como Ley sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible, establece que el desarrollo de Puerto Rico debe fundamentarse en una economía sostenible y un desarrollo balanceado, armonizando el desarrollo económico con la restauración y protección del ambiente y los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de los puertorriqueños. Las metas económicas, sociales y ambientales deben estar unificadas en el contexto de sostenibilidad y considerar la condición insular.

La Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004, conocida como Ley de Política Pública Ambiental, reconoce los efectos de la actividad humana en los diferentes componentes del medio ambiente natural, por lo cual declara como política pública del Gobierno del Estado Libre Asociado utilizar todos los medios y medidas prácticas *“para alentar y promover el bienestar general y asegurar que los sistemas naturales estén saludables y tengan la capacidad de sostener la vida en todas sus formas, así como la actividad social y económica en el marco de una cultura de sostenibilidad para mantener las condiciones bajo las cuales el hombre y la naturaleza puedan existir en armonía y cumplir con las necesidades sociales y económicas y cualquiera otras que puedan surgir con las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños”*.

La Ley Núm. 170 de 12 de agosto de 1988, según enmendada, conocida como Ley de Procedimiento Administrativo Uniforme, reconoce la importancia de la participación ciudadana en los procesos de decisiones del Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. A tales efectos, el DRNA llevó a cabo un vista informativa para la ciudadanía durante el mes de marzo del 2009, en la cual se presentó el Estudio del Carso a todos los asistentes, se explicó la metodología e

información utilizada y el resultado reportado en dicho documento en respuesta al mandato de la Ley 292 *supra*; se contestaron preguntas y dudas y, además, se recibieron comentarios y recomendaciones escritas u orales presentadas durante dicho proceso y posteriormente.

## **B. Objetivos principales**

Los objetivos principales del Estudio del Carso están expresados en el mandato que hace al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales la Ley Núm. 292, *supra*; los cuales se mencionan adelante:

- Identificar las regiones cársicas principales donde se recomiendan no efectuar actividades de extracción de materiales de la corteza terrestre para fines comerciales, ni explotaciones comerciales; las cuales se identificarán como áreas restringidas.
- Enmendar el Reglamento para Regir la Extracción, Excavación, Remoción y Dragado de los Componentes de la Corteza Terrestre (Reglamento Núm. 6919 de 17 de diciembre de 2004) acorde con las recomendaciones del Estudio y celebrar vista pública a tales efectos.
- Recomendar a la Junta de Planificación de Puerto Rico (JP) llevar a cabo los procesos conjuntos correspondientes con los municipios asociados geográficamente a las áreas cársicas presentadas mediante el Estudio del Carso como *áreas restringidas*, encaminados a zonificar (clasificar y calificar) dichos terrenos conforme a sus características geomorfológicas únicas, su importancia hidrológica para el país, y su valor ecológico en términos de su biodiversidad asociada. Esto persigue se logre adoptar

normativas a tono con el grado de protección que requieren los terrenos identificados a tono con la política pública que estableció la Ley 292 *supra*.

- Dirigir los esfuerzos del gobierno estatal y municipal en la protección de los terrenos del carso con prioridad de conservación.
- Elaborar recomendaciones basadas en los señalamientos de este estudio para dirigir acciones legislativas que podrían culminar en enmiendas a otras leyes y sus respectivos reglamentos; así como la creación de nuevos estatutos.
- Mantener y ampliar el banco de datos levantado como parte de este estudio, con la información que está produciendo actualmente el DRNA y las otras agencias estatales y federales consultadas.
- Una vez identificadas aquellas áreas cársicas que deben ser conservadas mediante su exclusión de toda posibilidad de utilización para extracciones de la corteza terrestre y actividades de explotación comercial, estructurar e implantar un plan de adquisición de terrenos para su protección, de ser necesario.

### **C. Interrelación y compatibilidad del Estudio del Carso con leyes, reglamentos, programas y planes**

El Estudio del Carso presenta el resultado del ejercicio técnico realizado por el DRNA con la colaboración de otras agencias estatales y federales, en atención al mandato de la Ley 292 *supra*. La identificación y delimitación de las *áreas*

*restringidas* dentro de la fisiografía cársica de la Isla, conforme requiere la mencionada ley a base de criterios definidos, es una etapa inicial del objetivo de dicha fuente estatutaria de prohibir en estas áreas el efecto ambientalmente adverso de las extracciones de materiales de la corteza terrestre con propósitos comerciales y de otras actividades de explotación comercial. Las restricciones aplicarán a cualquier entidad pública o privadas con derecho de ocupación sobre los terrenos implicados. Por ende, el uso de los terrenos en las áreas identificadas y delimitados en el Estudio del Carso a base de la información disponible hasta el presente, deberá ser uno planificado, balanceado y juicioso, a tono con la restricción expresa establecida mediante la Ley 292 *supra*, siempre tomando como punto de partida la protección y conservación de esas zonas del Carso. Por consiguiente, resulta importante evaluar la interrelación y compatibilidad del Estudio del Carso con otros estatutos o leyes, reglamentos, programas y planes locales, regionales y estatales, incidentes en los terrenos delimitados.

## **1 - Estatutos vigentes compatibles con la realización y puesta en vigor del Estudio del Carso (implementación de la política pública, la definición y delimitación de las áreas restringidas del carso) por parte del DRNA**

En las *áreas restringidas* del carso están en vigor una serie de estatutos dirigidos a la protección, conservación y manejo adecuado de los recursos naturales que le distinguen. La implantación eficiente y rigurosa de estos otros mecanismos estatutarios contribuye a la resolución de conflictos presentes y futuros en dichas áreas, y aportan complementariamente a lograr el uso sostenible de sus recursos geológicos, hidrológicos, ecológicos, paisajísticos y culturales.

- Estatutos que establecen política pública o fijan responsabilidades al Gobierno Estatal

- CONSTITUCIÓN DEL ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO

Establece como política pública "...la más eficaz conservación de los recursos naturales, así como el mayor desarrollo y aprovechamiento de los mismos para el beneficio de la comunidad."

- LEY NÚM. 23 DE 20 DE JUNIO DE 1972, SEGÚN ENMENDADA (LEY ORGÁNICA DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES)

En virtud de esta Ley se crea el Departamento de Recursos Naturales, hoy Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), y lo responsabiliza de implementar en lo que respecta a la fase operacional, la política pública del Estado Libre Asociado de Puerto Rico contenida en la Sección 19 del Artículo VI de las Constitución, citada en el inciso anterior, según establecida por la Junta de Calidad Ambiental. A estos efectos pondrá en vigor, entre otros asuntos, programas para la utilización y conservación de los recursos naturales de Puerto Rico.

- LEY NÚM. 150 DE 4 DE AGOSTO DE 1988 (LEY DE PATRIMONIO NATURAL)

Esta Ley crea el Programa de Patrimonio Natural en el DRNA; éste continuamente identifica áreas de valor natural bajo distintas categorías y criterios, incluidas

gran parte de los terrenos del carso en Puerto Rico como hábitats de especies raras y en peligro de extinción, como comunidades naturales de particular valor en la Isla y como áreas con designación especial previamente. Igualmente, el Programa adquiere terrenos con prioridad de conservación mediante la utilización del Fondo Especial creado por la propia Ley para uso exclusivo del Programa y a través de subvenciones solicitadas por el DRNA y de donaciones de terrenos. A su vez, el Programa de Patrimonio Natural participa en tareas de planificación enfocadas en la restauración y el manejo de las áreas que identifica una vez se adquieren por el DRNA o por organizaciones no gubernamentales aliadas en este objetivo. Esta Ley provee al DRNA varios mecanismos con los cuales lograr la protección de valiosos hábitats naturales cuya conservación repercute en el bienestar de la biodiversidad de Puerto Rico. Además, tiene como una de sus metas fomentar y fortalecer las organizaciones no gubernamentales en el país, promoviendo así que éstas compartan con el Gobierno la responsabilidad de la conservación de nuestros recursos naturales.

- LA LEY NÚM. 111 DEL 12 DE JULIO DE 1985, SEGÚN ENMENDADA (LEY PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CUEVAS Y CAVERNAS O SUMIDEROS DE PUERTO RICO)

La ley, de forma expresa, establece como política pública del ELA de Puerto Rico la protección y conservación de las cuevas, cavernas y sumideros en

la Isla, rasgos geomorfológicos observables con mayor frecuencia en la zona cársica. Prohíbe actividades detrimentales a la integridad de estos rasgos, entre ellos: la construcción de estructuras sobre los mismos y cualquier otra actividad que genere daño, destrucción o desfiguración en cualquier material natural que se encuentre en cualquier cueva, caverna o sumidero. Además, prohíbe la remoción, posesión y comercio de cualquier componente físico, biológico (flora y fauna) o cultural (arqueológico) en ellos presente.

- LEY NÚM. 112 DE 20 DE JULIO DE 1988 ( LEY PARA LA PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO TERRESTRE DE PUERTO RICO)

Esta ley declara de utilidad pública y patrimonio del Pueblo de Puerto Rico los sitios, objetos, yacimientos, artefactos, documentos o materiales arqueológicos. Además, crea el Consejo para la Protección del Patrimonio Arqueológico Terrestre de Puerto Rico con el fin de hacer cumplir las disposiciones y objetivos de la Ley. El Secretario del DRNA está incluido, por mandato de esta Ley, como miembro de del Consejo.

- RESOLUCIÓN CONJUNTA NÚM. 1 DE 18 DE FEBRERO DE 1972 ( CUEVA MARÍA LA CRUZ-MONUMENTO HISTÓRICO)

Esta Resolución Conjunta (R.C.) aprobada, una vez firmada por el Gobernador de turno, se convirtió en ley. Tuvo el efecto de declarar monumento histórico la cueva conocida como María La Cruz en el sector

cársico denominado Las Cuevas del poblado de Loíza Aldea, en el Municipio de Loíza. Esta R.C. encomendó la custodia y conservación de las cuevas implicadas al Instituto de Cultura Puertorriqueña y solicitó de la Administración de Terrenos de Puerto Rico (ATPR) que estudiase la posibilidad de adquirir los terrenos en que se halla la misma para convertirlos en un parque histórico.

- LEY NÚM. 93 DE 7 DE JUNIO DE 2000 (LEY PARA DECLARAR COMO MONUMENTO HISTÓRICO DE PUERTO RICO LA CUEVA LUCERO Y EL MANANTIAL QUE SE ORIGINA EN EL MISMO LUGAR EN EL MUNICIPIO DE JUANA DÍAZ)

Esta ley ordena a la Junta de Planificación iniciar los trámites correspondientes para declarar Monumentos Históricos los rasgos cársicos que componen la Cueva Lucero en el Sector Cuevas del Barrio Guayabal del Municipio de Juana Díaz, incluido el manantial que se origina en el mismo lugar. Conjuntamente mandata a que la Junta de Planificación a llevar a cabo acciones proactivas a favor de que el DRNA adquiriera los terrenos implicados en la Ley.

- LEY NÚM. 129 DE 21 DE JULIO DE 2000 (LEY PARA DECLARAR COMO MONUMENTO NATURAL LAS CUEVAS DEL BARRIO GUAYABAL EN JUANA DÍAZ)

Esta ley declara como Monumento Natural el área en la cual ubica el Cerro de las Cuevas del Barrio Guayabal, la cual presenta rasgos cársicos en una geología caliza particular; define Monumento Nacional

como “un espacio natural constituido por formaciones de natural singularidad o belleza que merecen ser objeto de una protección especial, o formaciones geológicas y demás elementos de la geología que reúnan un interés especial por la singularidad o importancia de sus valores científicos paisajísticos”. La Ley mandata a la Junta de Planificación a iniciar trámites para zonificar los terrenos en el Cerro las Cuevas como Bosque Interior. Conjuntamente, la Ley mandata y al Municipio de Juana Díaz a zonificar el sector Las Cuevas bajo la clasificación Suelo Rústico Especialmente Protegido en el Mapa de Clasificación de Suelos del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Juana Díaz.

- LEY NÚM 180 DE 21 DE AGOSTO DE 2000 PARA DECLARAR EL MONTE SANTA ANA DE BAYAMÓN COMO SERVIDUMBRE DE CONSERVACIÓN

Esta ley ordena al Director Ejecutivo de la Administración de Terrenos de Puerto Rico y al Secretario del Departamento de Recreación y Deportes establecer una servidumbre de conservación a perpetuidad en las parcelas registrales de terreno en donde ubican los rasgos cársicos llamados Mogotes de Santa Ana en el Municipio de Bayamón. Otorga, siempre que se honre los derechos adquiridos vigentes a la fecha de la firma de la Ley, discreción de uso de estos mogotes para fines de investigación científica, manejo de los componentes de su biodiversidad que se estime sea necesario, y su uso

para fines recreativos con las mejoras que prudentemente sean necesarias, siempre y cuando se cuente con el consentimiento escrito del Secretario del DRNA y del Director Ejecutivo del Fideicomiso de Parques, hoy Compañía de Parques Nacionales (CPN).

- LEY NÚM. 245 DE 19 DE OCTUBRE DE 2002 (LEY PARA DECLARAR EL SISTEMA DE CUEVAS Y CAVERNAS DE AGUAS BUENAS COMO ÁREA DE RESERVA NATURAL)

Esta Ley declara el sistema cársico de cuevas y cavernas de Aguas Buenas, entre los municipios de Aguas Buenas y Cidra, como área de Reserva Natural del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, para ser administradas bajo las disposiciones de la Ley Núm. 150 de 4 de agosto de 1988 (Ley del Programa de Patrimonio Natural).

- LEY NÚM. 395 DE 21 DE SEPTIEMBRE DE 2004 (LEY PARA DESIGNAR EL PARQUE NACIONAL DE LA ZONA CÁRSTICA DEL RÍO TANAMÁ)

Mediante esta Ley se designa el Parque Nacional de la Zona Cárstica del Río Tanamá, un área natural en pleno paisaje cársico del centro norte occidental de Puerto Rico, a través de los cuales discurre el mencionado río; la delimitación del Parque Nacional y su zona de amortiguamiento le es mandatada a la JP en coordinación con la CPN. La Ley le requiere al Director de la CPN: la adquisición de todos los terrenos cársicos asociados al Río Tanamá que estime necesario para propósitos de conformarse el Parque

Nacional mencionado, con fondos iniciales que la propia Ley asigna; la redacción de un Plan de Conservación y Administración para esta área con requisitos definidos en la Ley. Dispone, además, que la JP, la ARPE, el DRNA, los gobiernos municipales cuyos lindes territoriales ubiquen dentro de los límites del Parque Nacional, y cualquier otra instrumentalidad de gobierno con inherencia en este asunto, a emitir una prohibición absoluta y total al otorgamiento de consultas de ubicación, permisos de construcción, permisos de extracción de materiales de la corteza terrestre y de usos de terrenos que no correspondan al propósito de esta Ley.

- LEY NÚM. 471 DE 23 DE SEPTIEMBRE DE 2004 (LEY DE RESERVA NATURAL DEL RÍO INDIO)

Esta Ley declara y designa como reserva natural el área de 1,817 cuerdas ubicadas en la zona donde discurre el Río Indio en el Municipio de Vega Baja, área dentro de la zona cársica del norte de la isla. El área designada está compuesta por propiedades públicas y privadas. La Ley define los límites generales de la zona que designa, en ambos bancos del río. La Ley mandata al Secretario del DRNA a implantar las disposiciones de la ley sobre preservación, protección, conservación, administración y manejo del área designada y su zona de amortiguamiento y brinda la discreción a éste para establecer acuerdos de trabajo, manejo o estudio

para la misma con el Municipio de Vega Baja y agencias locales, federales, o extranjeras y con entidades privadas.

- LEY NÚM 133 DE 1 DE JULIO DE 1975, SEGÚN ENMENDADA (LEY DE BOSQUES)

Esta ley establece la política pública del Estado de proteger, expandir y conservar los bosques del ELA de Puerto Rico para lograr su pleno aprovechamiento y disfrute. Faculta al gobernante a designar como Bosques del Estado aquellos terrenos del país que sean apropiados para dicho propósito. Crea el Servicio Forestal de Puerto Rico y el Fondo Especial de Desarrollo Forestal; faculta al Secretario del DRNA a adquirir terrenos para bosques.

- LEY NÚM. 241 DE 15 DE AGOSTO DE 1999, SEGÚN ENMENDADA (NUEVA LEY DE VIDA SILVESTRE)

Esta Ley faculta al Secretario del DRNA a reglamentar todas las actividades que de una forma u otra puedan estar relacionadas con la conservación o propagación de las especies de vida silvestre en Puerto Rico, incluidos sus hábitats. La misma establece una serie de reglas y prohibiciones entre las cuales se encuentran "prohibir poseer, portar, transportar, coger, perturbar o destruir nidos, huevos, crías o el ambiente natural de las especies de vida silvestre que se encuentran en el ELA." Además, se prohíbe cazar,

perseguir, atrapar, disparar o matar las especies raras, así como aquéllas en peligro de extinción.

- REGLAMENTO NÚM. 6765 DE 11 DE FEBRERO DE 2004 (REGLAMENTO PARA REGIR LA CONSERVACIÓN Y EL MANEJO DE LA VIDA SILVESTRE, LAS ESPECIES EXÓTICAS Y LA CAZA EN EL ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO)

Las disposiciones de este Reglamento están dirigidas a promover la protección, conservación y manejo de las especies de vida silvestre; establecer un mecanismo para la mitigación de modificación de hábitat natural. Provee para regir la caza, regular la introducción de especies exóticas, reglamentar con mayor rigor el otorgamiento de licencias de caza, la inscripción de armas de caza y la renovación y suspensión de las mismas. El Reglamento contribuye a la protección de la biodiversidad presente en los terrenos del carso con prioridad de conservación presentados en el Estudio del Carso al prohibir la caza de especies raras, así como aquéllas en peligro de extinción.

- REGLAMENTO NÚM. 6766 DE 11 DE FEBRERO DE 2004 (REGLAMENTO PARA REGIR LAS ESPECIES VULNERABLES Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN)

Las disposiciones de este Reglamento están dirigidas a identificar, conservar y preservar las especies vulnerables y en peligro de extinción, a propiciar la propagación y supervivencia de dichas especies y a reglamentar la importación y exportación de las

mismas. Provee para identificar y promover la conservación de los hábitats naturales críticos y los hábitats naturales críticos esenciales.

- LEY NÚM. 132 DE 25 DE JUNIO DE 1968, SEGÚN ENMENDADA (LEY DE ARENA, GRAVA Y PIEDRA)

Esta tiene la finalidad de regular “las actividades de extracción, remoción y dragado de los componentes de la corteza terrestre llamados arena, grava, piedra, tierra, sílice, calcita, arcilla y cualquier otro componente similar de la corteza terrestre, para uso comercial y que no esté reglamentado como mineral, en terrenos públicos y privados.”

- LEY NÚM. 144 DE 3 DE JULIO DE 1976, SEGÚN ENMENDADA (LEY QUE CONTROLA LA EXTRACCIÓN Y EXCAVACIÓN DE LOS MINERALES DE LA CORTEZA TERRESTRE)

La Ley expresamente establece que no se expedirán permisos para excavar, extraer, remover y dragar componentes de la corteza terrestre cuando, “...el lugar donde se desarrollaría la actividad fuera un área de pesca o un área recreativa, o un área de reserva de recursos naturales, o vida silvestre a cuando dicho lugar estuviese localizado en los alrededores de cualquiera de las áreas mencionadas y la labor de excavación, extracción, remoción o dragado pudiese afectar las actividades de pesca o la integridad de los sistemas naturales, arrecifes o áreas de reserva.”

- REGLAMENTO NÚM. 6916 DE 17 DE DICIEMBRE DE 2004 (REGLAMENTO PARA REGIR LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE LA CORTEZA TERRESTRE)

Prohíbe excavar, extraer, remover o dragar componentes de la corteza terrestre en áreas de pesca o recreativas, balnearios, arrecifes, reservas de recursos naturales o vida silvestre o dunas. Establece una zona de separación en colindancia con la zona marítimo terrestre, con restricciones de uso (50 metros tierra adentro, a partir del límite de la zona marítimo terrestre).

- LEY NÚM. 1 DE 29 DE JUNIO DE 1976, SEGÚN ENMENDADA (LEY QUE CREA EL CUERPO DE VIGILANTES)

El Cuerpo de Vigilantes (CV) es un organismo civil de orden público que tiene entre sus funciones:

- Velar por el cumplimiento de las leyes y reglamentos que administra el DRNA para la protección de los recursos naturales.
- Poner en vigor todas las leyes de protección, conservación y supervisión de los recursos naturales de Puerto Rico, y como parte de dicha facultad podrá "inspeccionar, requerir la presentación de cualquier permiso, franquicia, resolución, seguro, licencia o documento otorgado por el Secretario del DRNA que acredite la autorización de cualquier actividad en operación bajo la jurisdicción y competencia del Departamento, en terrenos públicos y privados."

- LEY NÚM. 136 DE 3 DE JUNIO DE 1976 (LEY DE AGUAS DE PUERTO RICO)

Esta Ley delega en el DRNA la facultad de planificar, reglamentar el uso, el aprovechamiento, la conservación y el desarrollo de los cuerpos de agua de toda la Isla, tanto superficiales como subterráneos, ya sea en propiedades públicas o privadas. Además, faculta al DRNA a establecer las políticas públicas, los reglamentos y normas relacionadas con el recurso agua.

La Ley declara como recurso de dominio público las aguas superficiales, subterráneas y costaneras en la jurisdicción del ELA. Por ser este recurso patrimonio de Puerto Rico, el gobierno tiene a cargo, a través del DRNA, la administración y protección del mismo, para evitar el mal uso, desperdicio y su contaminación. La Ley faculta al Secretario a adoptar la reglamentación que estime necesaria sobre los usos y áreas de uso de los cuerpos de agua, basándose en consideraciones de interés público, considerando las proyecciones relativas a cantidad y calidad de abastos que el país requiere para satisfacer sus necesidades.

- LEY NÚM. 416 DE 22 DE SEPTIEMBRE DE 2004, SEGÚN ENMENDADA (LEY SOBRE POLÍTICA PÚBLICA AMBIENTAL)

Esta Ley tiene entre sus fines:

1. Establecer una política pública que estimule una deseable y conveniente armonía entre el hombre y su medio ambiente;

2. Fomentar los esfuerzos que impedirían o eliminarían daños al ambiente y la biosfera y estimular la salud y el bienestar del hombre;
  3. Enriquecer la comprensión de los sistemas ecológicos y fuentes naturales importantes para Puerto Rico; y
  4. Establecer una Junta de Calidad Ambiental.
- REGLAMENTO DE ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AGUA DE PUERTO RICO DE MARZO DE DE 2003

Promulgado por la Resolución R-03-05, para mejorar, mantener y preservar la calidad de las aguas de Puerto Rico de manera que sean compatibles con las necesidades sociales y económicas de Puerto Rico. Entre los propósitos de este Reglamento se encuentran, designar los usos para los cuales la calidad de los cuerpos de agua de Puerto Rico deberá ser mantenida y protegida; prescribir los estándares de calidad de agua a fin de conservar los usos designados; identificar otras reglas y reglamentos aplicables a las fuentes de contaminación que puedan afectar la calidad de las aguas sujetas a este Reglamento; y prescribir medidas adicionales necesarias para alcanzar y mantener la calidad del agua.

- LEY NÚM. 75 DE 24 DE JUNIO DE 1974, SEGÚN ENMENDADA (LEY ORGÁNICA DE LA JUNTA DE PLANIFICACIÓN)

La Ley faculta a la JP a coordinar todas las actividades del sector gubernamental y dirigir el

sector privado hacia un desarrollo integral y balanceado. Le confiere a la JP la potestad de crear los mecanismos necesarios para cumplir con su encomienda. Estos mecanismos una vez adoptados por la Junta y aprobados por el Gobernador, tienen fuerza de Ley. La responsabilidad de hacer cumplir los reglamentos de planificación recae en la ARPE.

- REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN NÚM. 4 DE ENERO DE 2009 (REGLAMENTO DE CALIFICACIÓN DE PUERTO RICO)

Este Reglamento tiene el propósito de guiar y controlar el uso y desarrollo de los terrenos en Puerto Rico con el fin de contribuir a la seguridad, el orden, la convivencia, la solidez económica y el bienestar general de los actuales y futuros habitantes. Las palabras, frases y términos empleados en el mismo, se encuentran definidos en el Glosario de Términos de los Reglamentos de Planificación, preparado para armonizar las definiciones utilizadas en los reglamentos de planificación y en el Reglamento de Procedimiento Adjudicativo de la JP.

En el Reglamento se establecen 27 distritos de calificación, así como las disposiciones específicas sobre el uso, las obras y estructuras a permitirse. A las áreas con valor natural como, así como a sus zonas de amortiguamiento le aplican distritos restrictivos como:

1. Conservación de Recurso (CR)
2. Conservación de Cuencas (CR-C)

### 3. Preservación de Recursos (PR)

- REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN NÚM. 13 DE 31 DE DICIEMBRE DE 2005 (REGLAMENTO SOBRE ÁREAS ESPECIALES DE RIESGO A INUNDACIÓN)

Las disposiciones de este Reglamento establecen las medidas de seguridad para reglamentar las edificaciones y el desarrollo de terrenos en las áreas declaradas como de riesgo a inundación y tiene, entre otros, los siguientes propósitos:

1. Restringir o prohibir desarrollos que sean peligrosos a la salud, seguridad y la propiedad cuando estos propician el aumento en los niveles de inundación o velocidades de las aguas que resulten en aumento en la erosión.
2. Evitar o reglamentar la alteración de valles inundables naturales, cursos de agua, barreras protectoras naturales que acomodan o canalizan aguas de inundación o marejadas.
3. Controlar el relleno, nivelación, dragado, obstáculos y otro tipo de desarrollo que pueda aumentar los daños por concepto de inundaciones o marejadas.
4. Evitar los cambios a la hidrología natural de los valles inundables para proteger y conservar los humedales.

Este Reglamento controla el desarrollo de los terrenos y edificaciones en áreas declaradas como de riesgo a inundación. El Mapa sobre Tasas del Seguro de

Inundación es el mapa oficial preparado y aprobado por la Agencia Federal de Emergencias (FEMA por sus siglas en inglés) que adopta la JP y que identifica las áreas especiales de riesgo a inundación de acuerdo a las siguientes zonas:

- **Zona A** - Área especial de riesgo a inundación con periodo de recurrencia de 100 años; determinada por métodos aproximados y para la cual no se ha determinado la elevación de la inundación base.
- **Zona AE** - Área especial de riesgo a inundación con periodo de recurrencia de 100 años, determinada por métodos específicos y para la cual se indican las elevaciones de la inundación base. Según el alcance del estudio, puede incluir la determinación del Cauce Mayor.
- **Zona AO** - Área especial de riesgo a inundación poco profunda con periodo de recurrencia de 100 años, para la cual la profundidad de la inundación base fluctúa entre 0.30 metros (un pie) y 0.91 metros (tres pies). Las profundidades promedio de la inundación se derivan de un análisis hidráulico detallado.
- **Zona D** - Área donde el riesgo de inundación está sin determinar pero es posible.

- **Zona V** - Área costanera de alto peligro a inundación por marejadas con periodo de recurrencias de 100 años para la cual no se han determinado las elevaciones de la inundación base.
- **Zona VE** - Área costanera de alto peligro a inundación con periodo de recurrencia de 100 años con velocidad y energía (marejada ciclónica) para la cual se ha determinado la elevación de la inundación base.
- **Zona X (con puntos negros)** - Área de inundación con 0.2% de probabilidad de ocurrir cada año, área para inundación de 100 años con profundidad del agua menor de 0.3 metros o con áreas de drenaje menor de 2.6 kilómetros cuadrados y áreas protegidas por diques contra la inundación de 100 años.
- **Zona X (no oscurecida)** - Área determinada fuera de la inundación de la tormenta de 500 años.

Los datos del Mapa sobre Tasas del Seguro de Inundación de FEMA del 2005 son los que la Junta de Planificación utiliza actualmente en la toma de decisiones sobre uso de suelo para esta zona. En agosto de 2007, FEMA publicó unos nuevos mapas de seguros contra inundaciones preliminares con el fin de actualizar y mejorar los mapas vigentes publicados en el 2005.

- REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN NÚM. 17 DE MARZO DE 1983 (REGLAMENTO DE ZONIFICACIÓN DE LA ZONA COSTANERA Y DE ACCESOS A LAS PLAYAS Y COSTAS DE PUERTO RICO)

Este Reglamento se establece para “guiar y controlar el uso y desarrollo de terrenos y cuerpos de agua en la zona costanera de Puerto Rico, sus costas y sus playas y para requerir, fomentar o prohibir, basado en el bienestar general, los accesos a las playas de Puerto Rico” (JP, 1983).

Tiene el propósito de lograr el acceso adecuado a la costa y a las playas de Puerto Rico y el uso óptimo de las mismas. Igualmente, requiere que todo nuevo proyecto de desarrollo con frente a la zona marítimo terrestre, provea nuevos accesos a las costas y playas de Puerto Rico. Además, protege los recursos naturales y las reservas naturales al no permitir nuevas lotificaciones o desarrollos que puedan deteriorarlos o destruirlos.

En la Sección 1.08 del Reglamento se indica que la “Junta de Planificación podrá adoptar reglamentos especiales para las Áreas de Reservas Naturales y de Planificación Especial del Programa de Manejo de la Zona Costanera y para otros sectores que por sus características esencialmente diferentes y particulares ameritan que se alteren algunas de las normas de este Reglamento. La reglamentación especial, dentro

de la Zona Costanera de Puerto Rico, se considerará como parte de este Reglamento y en aquellas playas y costas que estén cubiertas por la reglamentación especial, las disposiciones de este Reglamento serán de carácter supletorio, en tanto no conflijan con las normas especiales.

- LEY NÚM. 051 DE 4 DE 4 DE ENERO DE 2003 (LEY PARA EL ACUERDO COOPERATIVO CONJUNTO Y FONDO ESPECIAL PARA SERVICIOS DEL U.S. GEOLOGICAL SURVEY)

Mediante esta Ley se crea el mecanismo administrativo vigente que facilita la realización de acuerdos y coordinaciones entre distintas dependencias gubernamentales del ELA con la agencia federal: U.S. Geological Survey, para la realización por parte de este último de los estudios de investigación científica y de servicios técnicos en Puerto Rico, tanto en el campo de la geología como en asuntos de la hidrología de la Isla. La Ley establece un Fondo Especial y sus funciones con los cuales aportar el financiamiento estatal correspondiente que permite continuar laborando el U.S Geological Survey en las tareas técnicas en Puerto Rico que son de vital interés para la misión ministerial de las agencias estatales implicadas, incluido el DRNA.

- LEY NÚM. 550 DE 3 DE OCTUBRE DE 2004 (LEY PARA EL PLAN DE USO DE TERRENOS DE PUERTO RICO)

Esta Ley declara como política pública promover la elaboración del Plan de Usos de Terrenos del ELA de Puerto Rico (PUTPR), con el propósito de que dicho Plan "sirva de instrumento principal en la planificación que propicie el desarrollo sustentable de nuestro país y el aprovechamiento óptimo de los terrenos, basado en un enfoque integral, en la justicia social y en la más amplia participación de todos los sectores de la sociedad"; conforme esta Ley el PUTPR mandado tendrá prelación sobre planes regionales y municipales existentes. Además, ordenó la creación de la Oficina del Plan de Uso de Terrenos (OPUT) a ser adscrita a la JP, la cual tiene la responsabilidad: de hacer acopio de toda la información técnica al día; la preparación del Plan en el cual se recomendará la clasificación del territorio a base del análisis hecho; definir las políticas públicas para cada clasificación de terreno; coordinar los trabajos de participación pública; y presentar el plan para su aprobación y adopción a la JP. Además crea el Comité Interagencial de la Rama Ejecutiva sobre el PUTPR con la encomienda de supervisar el proceso y brindarle el apoyo necesario y, además, le brinda a la OPUT la facultad de designar un Consejo Asesor Externo que le brinde asesoramiento. La ley define las guías a seguir para la preparación del PUTPR a base criterios, procedimientos y términos de tiempo

definidos. La Ley no menoscaba los derechos que le asistan a personas que hayan sometido proyectos previos a su fecha de vigencia.

- LEY PÚBLICA FEDERAL 92-500, SEGÚN ENMENDADA EN 1977 (LEY DE AGUAS LIMPIAS)

El Cuerpo de Ingenieros (CoE, por sus siglas en inglés) del Ejército de los Estados Unidos, bajo la Sección 404 de la Ley de Aguas Limpia reglamenta la descarga de relleno y el movimiento de terrenos, así como la instalación de pilotes en los humedales.

También establece un sistema para la concesión de permisos a fin de asegurar que esas descargas cumplen con los requisitos de protección del medio ambiente. Se pueden conceder permisos anticipados de carácter general o nacional, para llevar a cabo determinadas actividades menores en los humedales. El establecimiento de nuevos humedales, como compensación para mitigar lo que se hubiera impactado sólo es aceptable cuando la pérdida de los humedales haya sido tramitada a través de una solicitud de permiso y la misma resultase inevitable.

La EPA, redacta las directrices ambientales mediante las cuales se han de evaluar las solicitudes de permiso. Asimismo, examina los permisos propuestos, prohíbe (según el caso) las descargas que tengan efectos adversos inaceptables, fija el

alcance jurisdiccional de las aguas de los Estados Unidos, e interpreta las exenciones que estipula la Sección 404 de la Ley de Agua Limpia. La EPA y el CoE comparten la autoridad para exigir el cumplimiento de la Ley cuando se rellenan humedales sin permiso o en contravención de las disposiciones del permiso.

- LEY PÚBLICA FEDERAL 93-205 DE 1973, SEGÚN ENMENDADA (LEY FEDERAL DE ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN)

La Ley Federal de Especies en Peligro de Extinción fue aprobada con el propósito de proteger todas las especies que se encuentran amenazadas con desaparecer y para respaldar las medidas mediante las cuales pueden protegerse los hábitats de éstas. Con estos fines, se faculta a las agencias para que reglamenten a favor de la protección de especies, lo que puede indirectamente incluir la protección del hábitat.

La Ley especifica cuáles son las especies consideradas en peligro de extinción, mediante un proceso de clasificación y establece dos categorías para identificar su estado: especies amenazadas y especies en peligro de extinción. Esta prohíbe matar, poseer, importar, exportar o vender estas especies o parte de sus productos: huevos, plumas, joyería, etcétera. Además, designa habitáculos críticos para algunas especies.

## **2 - Disposición de programas y planes vigentes aplicables a las áreas restringidas del carso o porciones de éstas, compatibles con la política pública, la definición y delimitación de dichas áreas conforme presentadas en el Estudio del Carso**

En algunas de las *áreas restringidas* del carso, o porciones de éstas, están en vigor una serie de programas y planes dirigidos a la protección, manejo y restauración de los recursos naturales. La implantación eficiente y rigurosa de estos mecanismos contribuirá a la resolución de los potenciales conflictos presentes y futuros, y asegurará el uso sostenible de los recursos geológicos, hidrológicos, biológicos, paisajísticos o culturales para el disfrute de las presentes y futuras generaciones de puertorriqueños.

- **PLANES DE ORDENACIÓN TERRITORIAL (POT) DE MUNICIPIOS EN DONDE UBICAN TOTAL O PARCIALMENTE LAS ÁREAS RESTRINGIDAS DEL CARSO**

La Ley de Municipios Autónomos, Ley 81 de 30 de agosto de 1991, según enmendada, otorga a los municipios los mecanismos, poderes y facultades legales, fiscales y administrativas necesarias para asumir un rol central y fundamental en su desarrollo social, económico y urbano. Asimismo, a establecer política, estrategias y planes dirigidos a la ordenación de su territorio, la conservación de sus recursos y su óptimo desarrollo.

El proceso de ordenación del territorio se realiza mediante Planes de Ordenación, entre éstos, el Plan Territorial, en cuyo contenido se delinearán las estrategias y disposiciones para el manejo del suelo urbano, la transformación del suelo urbanizable en suelo urbano y la conservación, protección y utilización, de forma no urbana, del

suelo rústico. A través de este instrumento de ordenación integral y estratégico, los Municipios deben, entre otras cosas, propiciar el uso y manejo del suelo rústico; proteger las aguas superficiales y subterráneas, y su cuenca hidrográfica inmediata; proteger los sistemas ecológicos, los hábitats de fauna y flora en peligro de extinción, y otros sistemas de recursos naturales de valor ecológico.

○ Municipios de Puerto Rico en donde ubican las áreas restringidas del carso:

- Aguadilla
- Aguas Buenas
- Arecibo
- Barceloneta
- Barranquitas
- Bayamón
- Cabo Rojo
- Caguas
- Camuy
- Canóvanas
- Carolina
- Cayey
- Ciales
- Comerío
- Dorado
- Florida
- Guánica
- Guayanilla
- Guaynabo

- Hatillo
- Hormigueros
- Isabela
- Juana Díaz
- Lajas
- Lares
- Loíza
- Manatí
- Mayagüez
- Moca
- Morovis
- Peñuelas
- Ponce
- Quebradillas
- Sabana Grande
- San Juan
- San Sebastián
- Toa Alta
- Toa Baja
- Utuado
- Vega Alta
- Vega Baja
- Yauco

A la fecha presente, sólo 18 de los 42 municipios mencionados han completado el proceso administrativo de ordenamiento del territorio; los restantes se encuentran en distintas etapas específicas dentro del proceso. La Tabla 1 ilustra la situación de los Planes Territoriales, al 30 de julio de de 2009, para los

municipios en donde se encuentran las áreas restringidas presentadas en el Estudio del Carso.

Para que se pueda lograr la protección de la realidad físico-natural de las *áreas restringidas* del carso, el DRNA realizaría las gestiones pertinentes con la JP y con la Oficina del Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico (OPUTPR) para identificar y recomendar los mecanismos adecuados para establecer los usos de terreno de dichas zonas demarcadas que se presentan en el Estudio del Carso. Las gestiones estarían encaminadas a establecer la estrategia para zonificar las áreas de interés, a tono con los requerimientos de uso para ellas que establece la Ley 292 de 21 de agosto de 1999; algunas de estas gestiones conllevarán acciones conjuntas. La JP, como parte de sus responsabilidades, deberá identificar los gobiernos municipales que se integrarán (y que los hemos mencionado en esta sección de la DIA-E), toda vez es el organismo en ley que revisa y aprueba las distintas etapas del proceso de ordenación del territorio que los municipios atienden mediante los Planes de Ordenación Territorial. Este proceso conllevaría revisar las actuales clasificaciones y calificaciones adoptadas en los Planes Territoriales vigentes, determinar si media compatibilidad o no con la normativa de protección requerida por la Ley 292 *supra* para las áreas cársicas delimitadas que ubiquen en cada municipio bajo evaluación. Además, incluye la recopilación de nuevos datos, inventarios y necesidades; la enunciación de nuevas políticas; o la promulgación de reglamentos que sustituyan, amplíen o limiten significativamente el Plan de Ordenación vigente. La JP y el municipio deberán iniciar los procesos normativos aplicables encaminados a formalizar las enmiendas correspondientes que puedan ser necesarias en la clasificación o la calificación o ambas.

Con respecto a los municipios que aún no cuentan con sus Planes Territoriales aprobados, se deberá velar por que incorporen, desde la etapa de Memorial, la información referente a las áreas cárnicas delimitadas dentro de sus terrenos jurisdiccionales, como parte de la recopilación de datos, inventarios y necesidades. Las clasificaciones y calificaciones a ser asignadas durante la etapa de Avance para los terrenos en donde ubiquen las *áreas restringidas* recomendadas en el Estudio del Carso, y la enunciación de nuevas políticas, deberán estar en armonía con la protección requerida por la Ley 292 *supra*.

- **PLAN DE USO DE TERRENOS DE PUERTO RICO**

El documento "Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico", aprobado el 22 de junio de 1977 y revisado el 31 de octubre de 1995, en conformidad con la Ley Núm. 75 de 24 de junio de 1975, según enmendada, establece las guías para el desarrollo urbano, industrial, agrícola, turístico, las áreas inundables, la infraestructura y para los recursos naturales, ambientales y culturales del país. La revisión del documento, se efectuó con miras a lograr el propósito de iniciar un proceso de cambio en los patrones de uso del suelo, así como para, entre otras cosas, corregir las diferencias observadas en la planificación física y formular nuevas políticas y objetivos orientados hacia la utilización eficiente de nuestros recursos, particularmente la tierra, la distribución uniforme del desarrollo socio-económico, la conservación y preservación de los recursos naturales, ambientales y culturales, para el disfrute de nuevas generaciones.

El tema de los hábitats cársicos con méritos para la conservación forma parte implícitamente de los nuevos objetivos formulados en la revisión de dicho documento. Uno de estos está dirigido a “evitar las actividades que puedan causar el deterioro o la destrucción de los sistemas naturales que son críticos para la preservación del medio ambiente, tales como los manglares, los humedales y hábitat de especies en peligro de extinción”.

Al presente el Gobierno le dará un nuevo giro al Plan de Usos de Terrenos (PUT)<sup>1</sup> para, según la JP, convertirlo en un instrumento de trabajo más flexible y dinámico que permita conocer mejor una región y su potencial desarrollo económico utilizando nuevas tecnologías. Para ello, utilizarán como documento maestro el **Plan Integral de Desarrollo Estratégico Sostenible de Puerto Rico (PIDES)**, ya que, de acuerdo a la JP, éste establece la visión de futuro para el desarrollo económico, físico y social del país. Como parte de las estrategias de dicha agencia se encuentra establecer unos Consejos de Gobierno Regionales para servir de eslabón entre los municipios y el gobierno central. El Plan incluye la creación de mapas regionales, que servirán de planes de ordenamiento de uso del terreno para identificar inversiones estratégicas en cada zona.

- **Programa de Manejo de la Zona Costanera**

El Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico fue desarrollado en virtud de la Ley Federal de Manejo de Zonas Costeras de 1972, según enmendada (P.L. 92-583). El Programa fue adoptado por la JP como el

---

<sup>1</sup> El Vocero. “Gobierno decreta fin del Plan de Uso de Terrenos”. 7 de julio de 2009.

elemento costero del Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico, mediante la Resolución PU-002 del 12 de julio de 1978.

El Programa define a la zona costanera como "la franja de terreno costero mil metros lineales (1,000 m) tierra adentro medidos a partir de la línea de costa, así como distancias adicionales necesarias para incluir sistemas naturales claves de la costa. Incluye, además, las aguas territoriales de Puerto Rico y el suelo oceánico o marino bajo éstas (tres leguas marinas, 9 millas náuticas o 10.35 millas terrestres), las islas de Vieques, Culebra, Mona, Monito, Desecheo, Caja de Muertos y todos los cayos e islotes dentro de ellas"

El Programa también definió el concepto "Áreas de Planificación Especial" (APE) y de "Reserva Natural" (RN). Las APE se definen como "áreas importantes de recursos costeros, sujetas a serios conflictos de uso presentes o potenciales y, por lo tanto, requieren una planificación detallada"; por su parte, las RN se definen como las "áreas importantes de recursos costeros, sujetas a serios conflictos de uso presentes o potenciales, que deben preservarse en lo que sustancialmente es su condición actual, o donde sea practicable, restaurarlas a su condición natural previa". En el referido Programa, la designación de un área como reserva natural acarrea dos consecuencias importantes. Primero, las áreas así designadas se especifican como merecedoras de prioridad en la asignación de los escasos recursos públicos disponibles para tareas de inventario, planificación, reglamentación, vigilancia y provisión de instalaciones y servicios públicos, de manera consecuente con los usos planeados. Segundo, se orienta la política pública dominante en dichas áreas hacia la preservación, la conservación y la restauración de los recursos costeros, por lo que se excluyen aquellos usos o actividades no compatibles con dicha política pública.

La agencia líder para la implantación del Programa es el DRNA a través de la Unidad de Zona Costanera, mientras que la JP es responsable de administrar el proceso de Certificación de la Compatibilidad Federal con el Programa. La JCA y ARPE, entre otras, son agencias con injerencia directa y responsabilidades fundamentales asociadas a la promoción de un desarrollo ambiental y ecológicamente sostenible de la zona costanera.

La Zona Costanera es uno de los recursos más preciados, por su incalculable valor ecológico, histórico y paisajístico; la misma está incluida dentro de algunas de las *áreas restringidas* que presenta el Estudio del Carso.

- **Plan de Manejo para el Área de Planificación Especial Laguna Tortuguero**

Este Plan, adoptado por la JP en 1993, abarca el Área de Planificación Especial de la Laguna Tortuguero (APELT) entre los municipios de Vega Baja y Manatí. El APELT, un área de aproximadamente 19,080 cuerdas presente en la zona cársica del centro norte de Puerto Rico, está incluida en el Estudio del Carso como parte de las *áreas restringidas*. Los límites geográficos del APELT definen la cuenca hidrográfica de la Laguna Tortuguero, uno de los únicos dos cuerpos lagunares en la Isla sin conexión natural con el mar, cuya hidrología se nutre principalmente de la emersión de las aguas subterráneas del Acuífero Aymamón presente en el carso norteño. El APELT incluye parte de los rasgos geomorfológicos superficiales y subterráneos característicos de la zona cársica en que ubica. El Plan responde a la necesidad de armonizar las actividades socioeconómicas que se llevan a cabo en

los terrenos de la mencionada cuenca hidrográfica con los recursos naturales, particularmente con los que componen la Reserva Natural designada en 1979 y que abarca gran parte del extremo septentrional del APELT. El objetivo del Plan responde a la política pública del DRNA dirigida a la conservación (uso adecuado y juicioso de los recursos naturales de Puerto Rico), preservación o restauración de los aspectos naturales, ambientales, y culturales presentes en los terrenos; la utilización del gran potencial que tiene la Reserva Natural para la investigación, la educación, la recreación pasiva y el turismo se fomenta de manera ponderada en el Plan.

- **Plan y Reglamento Especial para la Cuenca Hidrográfica de la Laguna Tortuguero**

Este Plan y Reglamento Especial fue adoptado por la JP en el 2000 y aprobado por el Gobernador en el mismo año e incluyó el Mapa de Zonificación Especial para la Cuenca Hidrográfica de la Laguna Tortuguero; reconoce expresamente que la zona cársica constituye uno de nuestros recursos más preciados por sus propiedades geomorfológicas, hidrológicas y ecológicas y paisajísticas. Su adopción tuvo el efecto de derogar el Reglamento y el Mapa de la Cuenca Hidrográfica de la Laguna Tortuguero adoptado anteriormente por la JP en 1978 y aprobado por el Gobernador en 1979. Establece enmiendas a la Zonificación Especial y Estrategias de Intervención para la protección de la Reserva Natural de la Laguna Tortuguero; enmendó también parte de los límites de la reserva natural implicada para excluir áreas por haberse aprobado proyectos de desarrollo en las mismas o por recomendación del DRNA o del Municipio de Manatí e incluir otras áreas de tenencia pública.

- **Plan de Manejo para el Área de Planificación Especial Dunas de Isabela-Aguadilla**

Aún cuando este Plan no ha alcanzado la etapa de adopción por la JP, el mismo al presente cumple con las políticas públicas que compete ministerialmente al DRNA implantar. El ámbito geográfico del Plan guarda estrecha relación con la zona cársica de la Isla en su porción noroccidental. Entre las estrategias de acción que merece destacarse se encuentra la propuesta de zonificación que el mismo presenta para todo el APE y que, conforme hemos evaluado, protegería de cualquier posibilidad de impacto adverso las zonas en donde ubican todos los rasgos cársicos de valor natural dentro del APE. La zonificación que el Plan recomienda para dichas zonas guarda armonía con las *áreas restringidas* que presenta el Estudio del Carso en lo referente a la zona geográfica implicada. La propuesta de calificación para el APE se trabajó de forma conjunta con el municipio de Isabela con el propósito de armonizar el Plan de Manejo con el Plan de Ordenamiento Territorial, lo cual merece destacarse por constituir un esfuerzo de coordinación intergubernamental para la protección del carso.

- **PLANES ESTRATÉGICOS DE DESARROLLO TURÍSTICO Y MERCADEO PARA: REGIÓN PORTA DEL SOL (MUNICIPIOS DEL OESTE); REGIÓN PORTA CARIBE (MUNICIPIOS DEL SUR); REGIÓN NORTE CENTRAL DE PUERTO RICO; Y REGIÓN ESTE CENTRAL**

Estos Planes Estratégicos deben, entre otras cosas, hacer una descripción de los criterios y requisitos necesarios para desarrollar y evolucionar las regiones sur; oeste; este-central; y norte-central como un destino turístico de acuerdo a las "Guías para Lograr la Regionalización Turística y el Desarrollo de un Destino Turístico", según establecidas por la Compañía

de Turismo (CT). La Junta Ejecutiva creada para esos fines, y compuesta por la CT, el Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP), el DRNA, el Banco de Desarrollo Económico de Puerto Rico y otras agencias e instrumentalidades públicas, se encargará de preparar dichos planes estratégicos de desarrollo y mercadeo regional con la participación del sector privado. Las regiones mencionadas guardan relación geográfica con las *áreas restringidas* presentadas en el Estudio del Carso.

El primer proyecto creado como estrategia para el desarrollo y el mercadeo con proyección al turismo interno y mundial fue Porta del Sol en la zona oeste (i.e. Ley Núm. 158 de 20 de diciembre de 2005). En apoyo a las iniciativas de los gobiernos municipales y del sector privado de las áreas sur, norte central, y este central se crearon los proyectos de desarrollo turístico y de mercadeo de Porta Caribe, la Región Turística Este Central (incluye el Municipio de Aguas Buenas) y la Región Turística Norte Central. Esto con la finalidad de, entre otras cosas, mejorar la actividad turística en dichas regiones.

Los municipios en que ubican las áreas de protección del carso pertenecen, en su gran mayoría, al proyecto de desarrollo turístico y mercadeo de: la Región Porta del Sol; la Región Porta Caribe; la Región Este Central; y la Región Norte Central de Puerto Rico.<sup>2</sup> Existen en algunas de las *áreas restringidas* del carso recursos o infraestructura que les habilita a incluirse en el inventario de instalaciones y atracciones turísticas para cumplir con los requisitos básicos de la CT, para ser reconocidos dentro de cada Región Turística. A esos efectos, y cumpliendo con el mandato de las Órdenes Ejecutivas: Núm. 11 de 22 de mayo de 2006; Núm. 45 de 30 de octubre de 2007; y Núm. 20 de 17 de

---

<sup>2</sup> Órdenes Ejecutivas del Gobernador del Estado Libre Asociado de Puerto Rico para crear y demarcar las mencionadas regiones turísticas de Puerto Rico, así como su Junta Ejecutiva y para el desarrollo de su respectivo Plan Estratégico, desde el 2005 hasta el presente.

abril de 2008, el DRNA debe someter un inventario de las reservas, recursos naturales y de las instalaciones recreativas existentes en cada región la Región Turística Norte Central. Debe, además, revisar el Reglamento de Concesiones para aquellas personas o empresas que soliciten concesiones en los predios que la agencia administra, salvaguardando que los objetivos de manejo de las Reservas Naturales, sean estrictamente acatados. La elaboración de estos planes estratégico, que aún no ha culminado, presenta una buena oportunidad para que se fomente el turismo de naturaleza y el ecoturismo, de modo que no se comprometa la integridad ecológica de las áreas de protección del carso.

- **Zona de Interés Turístico**

Una Zona de Interés Turístico (ZIT) se define como cualquier área de Puerto Rico que disponga como parte integrante de su ubicación geográfica o dentro de las inmediaciones de su localización una serie de atractivos naturales y artificiales que estén actualmente desarrollados o que tengan un potencial turístico tales como: playas, lagos, bahías, lugares históricos, edificaciones o ambientes de valor histórico-arquitectónico y parajes de gran belleza natural y otros elementos que son de básica y vital importancia para el desarrollo del turismo en Puerto Rico. La Ley de Zonas Antiguas o Históricas y Zonas de Interés Turístico (Ley 374 del 14 de mayo de 1949, según enmendada) tiene entre sus propósitos el preservar los valores históricos de Puerto Rico y desarrollar el turismo mediante la conservación y protección de lugares y estructuras especiales, a través de la planificación armoniosa en estas zonas. Originalmente, esta ley sólo cobijaba a las zonas antiguas o históricas de Puerto Rico. Por esta razón, la Ley 374 fue enmendada en 1972 para incluir dentro su alcance la designación de Zonas de Interés Turístico

(ZIT) (Ley Núm. 8 del 8 de junio de 1972, según enmendada, conocida como “Ley de Zonas de Interés Turístico”). Las ZIT deben ser designadas mediante resolución por la JP, conforme a las leyes aplicables. Hemos identificado dentro las *áreas restringidas* presentadas por el Estudio del Carso, dos de dichas áreas que forman parte de Zonas de Interés Turístico: una en la ZIT de Cabo Rojo y otra en la ZIT de Guánica.

La Ley de Zonas de Interés Turístico establece un mecanismo mediante el cual la JP en consulta con la Compañía de Turismo de Puerto Rico establece la demarcación de las ZIT, así como la reglamentación especial que existe dentro de las mismas. Así mismo, requiere el informe favorable de la Compañía de Turismo para la aprobación de proyectos ubicados en dichas zonas, tanto de los sometidos a la JP, a la ARPE y a las Oficinas Municipales de Permisos.<sup>3</sup>

- **Planes Regionales de Puerto Rico de la JP, (Borradores)**

Las *áreas restringidas* presentadas en el Estudio del Carso ubican en su gran mayoría en las siguientes 6 regiones de Puerto Rico, del total de 7 que al presente tiene configurada la JP<sup>4</sup>: Metropolitana, Norte, Central, Central Este, Sur y Oeste; queda excluida la Región Este. Por su parte, la JP ha estado trabajando versiones actualizadas de cada Plan Regional como parte del esfuerzo del PUTPR en años recientes; no obstante, la

---

<sup>3</sup> Ley Núm. 270 del 4 de septiembre de 2004. Para adicionar un párrafo 5 al Artículo 17 de la Ley Núm.76 de 24 de junio de 1975, según enmendada, conocida como la “Ley Orgánica de la Administración de Reglamentos y Permisos” a fin de incluir que dicha administración, antes de la aprobación de la construcción de un hotel, parador u otro proyecto o atracción turística requiera un informe favorable vía certificación de la Compañía de Turismo de Puerto Rico.

<sup>4</sup> El actual presidente de la JP, Ing. Héctor Morales Vargas, hizo expresiones a la prensa (Vocero, 21 de septiembre de 2009) referentes a la intención de la JP de definir para el mes de diciembre del corriente año las regiones municipales en que va a ser dividido el país para la implementación del Plan Integral de Desarrollo Estratégico y Sostenible para Puerto Rico (PIDES).

tarea no ha alcanzado aún su etapa final de revisión y adopción para cada uno de estos planes regionales existentes a nivel de borrador. Es como parte de la elaboración del PUTPR que la JP presentó ante los alcaldes de cada una de las regiones el Perfil Regional correspondiente entre los años 2005 y 2008. Los trabajos en curso conllevan la actualización de dichos perfiles a tono con varios asuntos, entre ellos lo referente a las áreas de protección del carso. La JP prospectivamente reconocería las zonas en cada Región donde éstas áreas ubiquen, en armonía con el Estudio del Carso, de manera que se consideren las mismas al momento de identificar las estrategias de implantación a nivel regional más pertinentes.

## **Capítulo II**

### **Descripción del Ambiente Natural**

Puerto Rico es un archipiélago que deriva su nombre de su isla principal y está constituido por islas oceánicas. El área total de su territorio, incluyendo islas, cayos e islotes, es de unas 3,435 millas cuadradas aproximadamente (Cruz-Báez, et al. 2002). Al este de Puerto Rico se encuentran Vieques y Culebra, las dos islas adyacentes de mayor tamaño. Hacia el oeste se encuentran otras tres islas: Mona, Monito y Desecheo. Las otras islas, cayos e islotes son decenas de fragmentos separados de la masa de la isla principal y se encuentran a lo largo de las costas de Puerto Rico, principalmente hacia el sur y este (Cruz-Báez, et al. 2002).

Las formas de relieve de la Isla de Puerto Rico están divididos en tres regiones geomórficas principales: la Región Montañosa Central, los Llanos Costeros Aluviales y la Provincia del Carso Norteño; aunque existen otras dos regiones secundarias de nuestro interés: Faja Caliza del Interior y Región de las Calizas del Sur.

Estas formas de relieve son el resultado de procesos constructivos y destructivos que han estado actuando durante millones de años. Los procesos constructivos, a los que también se le llaman orogénicos, que actuaron y seguirán actuando en la formación de Puerto Rico son la sedimentación, movimientos tectónicos, vulcanismo y plutonismo; mientras que los procesos destructivos son la erosión y meteorización. La forma en que estos procesos acontecieron se explica adelante de forma sencilla y breve.

El nacimiento de Puerto Rico ocurre por erupciones volcánicas (Cruz-Báez, et al. 2002) que formaron pequeñas islas alrededor de las cuales se sedimentaron fragmentos de organismos marinos. Luego movimientos tectónicos laterales hicieron emerger estas rocas (volcánicas y calizas) sobre el nivel del mar quedando así expuestas a la intemperie y a la acción corrosiva de la lluvia. Luego de un periodo de poca actividad orogénica se originó una etapa de erosión, la cual formó una penillanura que actualmente se conoce como la Superficie de Erosión de Barranquitas y que fuera llamada como Penillanura Saint John por Meyerhoff y Penillanura Superior por Lobeck (Picó, 1975; Cruz-Báez, et al. 2002). Esta etapa de erosión fue detenida por nuevas presiones laterales que hicieron emerger la penillanura como un bloque, toda a la vez, con la que emerge nueva roca caliza y se da comienzo a otra etapa de erosión. Este segundo proceso de erosión dio origen a otra penillanura, la Penillanura Caguana, nombrada así por Meyerhoff, y que antes fuera identificada como Penillanura Inferior por Lobeck (Picó, 1975). Al igual que la anterior etapa de erosión ésta termina con la elevación de la nueva penillanura a causa de movimientos tectónicos laterales. Sin embargo, la elevación de la Penillanura Caguana fue desigual, la parte oeste se levanto más con relación al este. Asimismo, hubo un hundimiento al noreste que dejó ese segmento de la penillanura bajo el mar (Cruz-Báez, et al. 2002). Este segundo levantamiento dio origen a la tercera etapa de erosión. Esta etapa es en la que nos encontramos actualmente y la que ha dado formación a los llanos costeros y valles interiores.

Para llevar a cabo el Estudio del Carso se evaluaron diferentes mapas (Monroe, 1976; Junta de Planificación, 2007) en los que se delimitan las regiones de calizas y las regiones de fisiografía cársica en Puerto Rico, esto porque todas las regiones de fisiografía cársica están contenidas dentro de las regiones de calizas. Sin embargo, siempre se mantuvo en perspectiva que el propósito principal de

este estudio es cumplir con el mandato de la Ley Núm. 292, *supra*: la protección y conservación de la fisiografía cársica de Puerto Rico.

## A. Geología



Foto 2. Rasgo cársico en las Cuevas de Aguas Buenas en que se observa precipitación química. (Foto: Daniel Dávila)

Las regiones calizas son definidas como todas las áreas donde se encuentran depósitos o afloramientos de roca cuyo componente principal lo es el carbonato de calcio o calcita. La mayoría de los depósitos calizos son de origen marino, resultado de precipitación orgánica o química (ver Foto 2). Este es el caso de las formaciones que constituyen a Puerto Rico, donde 27.5% (Lugo, et al., 2001) de la superficie expone depósitos de tiza y acumulaciones típicas de formación de arrecifes orgánicos que se desarrollaron en la periferia de islas volcánicas conteniendo algas calcáreas, corales, moluscos y foraminífera. La región caliza se extiende desde Loíza hasta Añasco en el norte, desde Salinas hasta Cabo Rojo en el sur, bajo los terrenos sumergidos de ambas costas y en algunas de las islas limítrofes; a esto se le suman una serie de formaciones de mármol o caliza cristalina (caliza azul) en el interior de Puerto Rico<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Correo electrónico del Geólogo Pedro Gelabert al Planificador Celso Rossy, 13 de diciembre de 2007.

En Puerto Rico los depósitos de rocas calizas más antiguos datan del Periodo Cretácico Inferior (Tabla 2). Los depósitos de este periodo se encuentran localizados en Caguas, Aguas Buenas, Comerío, Barranquitas, Cidra y Cayey (Monroe, 1976). Entre éstos, los de mayor relevancia por su compleja geomorfología son los de la Caliza Aguas Buenas. Esta caliza lenticular posee un color entre gris claro a gris oscuro, además de presentar una abundante cantidad de fósiles de rudistas y gastrópodos. En el área del Sistema de Cuevas de Aguas Buenas, la coloración de esta caliza fluctúa de grisácea a grisácea-azulosa, contiene capas fosilíferas y está altamente fracturada debido a fallas en la roca<sup>6</sup>.

Los depósitos del Periodo Cretácico Superior que se encuentran hacia el este y la zona central de Puerto Rico son comúnmente unidades relativamente delgadas, los más extensos y masivos se encuentran hacia el suroeste (Monroe, 1976). De este periodo aquellas calizas que fueron consideradas por el grupo de trabajo como representativas fueron la Unidad Río Matón de la Formación Robles, Caliza Peñones y Caliza Cotui. La Unidad Río Matón la cual aflora en forma de lentes en Barranquitas y Cayey, consiste de rocas cristalinas grisáceas<sup>7</sup>. La Caliza Peñones tiene tonalidades de marrón grisáceo claro, es una roca mayormente masiva que consiste de fósiles con forma desde angular hasta ligeramente redondeada. Del 20 al 85% de la roca consiste de foraminíferas, fragmentos de conchas, estromatoporoides, fragmentos de equinodermos y algunos rudistas<sup>8</sup>. Afloramientos de Caliza Peñones se observan en San Germán. La Caliza Cotui, con lentes en San Germán, Lajas y Cabo Rojo, muestra tonalidades de grisáceo a marrón grisáceo, ocurre en capas gruesas o masivas y consiste de calizas densas y compuestas de bioclastos<sup>9</sup>. El componente fosilífero más común es el rudisto, especie de molusco importantísimo para la identificación y descripción de paleoambientes.

---

<sup>6</sup> Correo electrónico de la Geóloga Ruth Vélez a la Bióloga Wendy Boneta, 18 de agosto de 2008.

<sup>7</sup> Idem

<sup>8</sup> Idem

<sup>9</sup> Idem

Ya en el Periodo Terciario encontramos formaciones calizas que datan del Paleoceno al Eoceno, en las cuales se han desarrollado cuevas, resaltando la formación Caliza Cuevas que aflora en el sur de la Isla.

No obstante, los depósitos calizos de mayor relevancia en la formación de expresiones cársticas son aquellos del Oligoceno al Mioceno. Estos yacimientos afloran tanto en el norte como en el sur de Puerto Rico, pero su mayor extensión, y donde mejor se manifiesta el carso, es en la amplia franja caliza del norte.

La base secuencial terciaria de estas formaciones calizas descansa principalmente sobre la Formación San Sebastián, compuesta predominantemente de arcilla, arena y algunas estratificaciones lenticulares de caliza arenosa que no exhibe rasgos cársticos<sup>10</sup>. Esta formación constituye una capa impermeable que podría muy bien formar la base de los pasadizos de agua en las cuevas desarrolladas en las calizas superiores. Sobre esta Formación San Sebastián y en orden ascendente de edad, de la más antigua a la más reciente, se han dividido los yacimientos calizos en seis unidades, cada una con características de disolución particulares:

- Caliza Lares – compuesta de caliza casi pura con gran diversidad de fósiles; se extiende desde Corozal hacia Moca.
- Formación Mucarabones – compuesta de capas de caliza arenosa depositados en la antigua región costera; constituye la expresión oriental equivalente a la Caliza Lares y los depósitos inferiores de la Formación Cibao; contiene lentes pequeños de caliza pura que afloran en Morovis.

---

<sup>10</sup> La Formación San Sebastián no se depositó en aquellos lugares donde el terreno se proyectaba sobre el nivel del mar; en estos lugares la Formación Lares descansa directamente sobre una base de arenisca, rocas volcánicas e intrusivas o rocas metamórficas.

- Caliza Cibao – compuesta de varios miembros (Caliza Montebello, Caliza Quebrada Arenas y Río Indio, compuestas de carbonato de calcio depositado en la plataforma interior costera) que tienen una litología heterogénea con composición arenosa, arcillosa, tizosa y depósitos casi puros de carbonato de calcio (caliza). Aflora en Ciales, Corozal, Lares, Florida y Camuy.
- Formación Los Puertos o Caliza Aguada – compuesta principalmente de caliza con pocas impurezas depositada en ambientes marinos, confundible con los depósitos calizos de la Formación Cibao. Aflora a lo largo del cinturón calizo del norte.
- Caliza Aymamón – compuesta principalmente de caliza muy pura, sin arcilla o arena y alto grado de fracturas en las rocas. Se extiende desde Loíza hasta Aguadilla.
- Formación Camuy o Caliza Quebradillas – compuesta de arena, arcilla y de caliza depositada en ambientes marinos internos, fuera de la plataforma costera que constituyen un cinturón discontinuo desde el Río de La Plata hasta Isabela.

En la región sur de la Isla la geología del Periodo Terciario que presenta características propias del proceso de carsificación esta dividida en:

- La Formación Juana Díaz (del Oligoceno y Mioceno) que se subdivide en varias unidades lenticulares y entrelazadas de arena, arcilla, grava, cienos, tiza y caliza. En la Formación Juana Díaz la caliza ocurre en diferentes estratos y se extiende desde la Bahía de Guánica hasta la ciudad de Ponce. Aunque aflora también, pero en pequeñas áreas, cerca de Santa Isabel y de Salinas. La única parte de esta formación que exhibe rasgos cársicos ubica al Sur-Suroeste de Peñuelas, donde se han desarrollado varias cuevas de gran tamaño.
- La Caliza de Ponce (del Mioceno) que además contiene arena, grava y cienos. Esta formación (que litológicamente asemeja las características de las formaciones de Aymamón y Aguada en el norte) podría desarrollar una gran diversidad de rasgos cársicos si estuviese ubicada en una parte de la Isla con mayor humedad.

En algunos sectores, las formaciones calizas descritas se encuentran cubiertas por depósitos costeros, aluviales o de manto arenoso que no están compuestos

de material calcáreo y por lo tanto, no exhiben rasgos cársicos. Sin embargo, el agua superficial percola a través de éstos, acidificándose, y disolviendo la caliza subyacente. Este proceso resulta en episodios de subsidencia del terreno en algunos lugares.

Por su parte las islas adyacentes donde se observan depósitos calizos son: Mona, Monito, Caja de Muertos y Vieques.

La Isla de Mona y el Islote de Monito son dos mesetas de roca carbonatada de origen sedimentario. Se formaron de la deposición de carbonato cálcico en el fondo marino y el subsiguiente levantamiento durante el Mioceno. La Isla de Mona está compuesta por Dolomita de Isla de Mona y Formación Lirio (Caliza Lirio) (Frank, et al., 1998). La Formación Lirio descansa sobre la Dolomita de Isla de Mona, formando la superficie de Isla de Mona (Frank, et al., 1998).

Las otras tres islas son de origen volcánico. Vieques es parte de una gran masa de granito conocida como el Batolito de San Lorenzo, ubicada entre San Lorenzo, Las Piedras y Humacao, que al igual de Puerto Rico, estuvo parcialmente sumergida; periodo durante el cual se depositó carbonato de calcio y este luego emergió por movimientos tectónicos. El depósito calizo más importante de Vieques se encuentra en la Punta Este.

Al norte de la Isla Caja de Muertos existe una capa de caliza del Mioceno en el Periodo Terciario (DRNA, 1980). Esta caliza en Caja de Muertos ha sido identificada por sus características físicas, estructurales y paleontológicas como Caliza Ponce, la misma caliza presente al sur de Puerto Rico (DRNA, 1980).

## B. Geomorfología

Por otro lado, el término cársico es un geomorfológico con el que se describe la fisiografía de una región. Por lo tanto, las regiones cársicas contienen rasgos topográficos de expresión superficial y subterránea particulares, donde se han desarrollado ecosistemas únicos con una gran diversidad de especies de flora y fauna. Este terreno se desarrolla en una geología compuesta por rocas carbonatadas<sup>11</sup> a través de la disolución (proceso químico) o por la abrasión (proceso mecánico). El proceso, ya sea químico o mecánico, que disuelve o desgasta la roca carbonatada y propicia el desarrollo de una fisiografía superficial y subterránea se conoce como carsificación.

El proceso químico es el más común y para que haya disolución de la roca se necesitan de tres componentes principales: dióxido de carbono, agua y carbonato de calcio. El agua ( $H_2O$ ) recoge el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) del aire y del suelo, formando ácido carbónico ( $H^+(HCO_3)^-$ ), transformando en el proceso el agua pura en agua acidulada<sup>12</sup>. Al entrar en contacto con la roca caliza ( $CaCO_3$ ) el ión libre del ácido ( $H^+$ ) se combina con el ión del carbonato de calcio ( $CO_3$ )<sup>-2</sup> para formar un ión de bicarbonato ( $HCO_3$ )<sup>-</sup>, que en efecto es una sal soluble. El escurrimiento y la infiltración del agua acidulada en la roca caliza, a través de grietas, fracturas o aperturas, disuelve la misma, dando paso a un sistema geomorfológico e hidrológico característico asociado a estas rocas solubles.

---

<sup>11</sup> Estas son rocas que contienen sobre 75% de carbonato de calcio, como la caliza (compuesta principalmente por calcita) o la dolomía (constituida esencialmente de dolomita a la que se le mezcla a menudo calcita).

<sup>12</sup> Estudios han demostrado que el agua que drena a través de suelos húmedos ricos en materia orgánica contienen una concentración mucho mayor de ácido carbónico que el agua de lluvia sola. Otros ácidos, como el  $HNO_3$ , derivado del nitrógeno en la atmósfera y fijado por la acción de las bacterias, y el ácido húmico, derivado del humus, entre otros, podrían tener algún efecto sobre la disolución de la caliza. Sin embargo, la actividad bacteriana actúa sobre los mismos casi al contacto, transformándolos en  $CO_2$ .

La reacción química que ocurre puede resumirse como sigue:



En estas zonas, por tanto, existe un proceso activo de disolución causado por la hidrología de la superficie y del terreno subterráneo debido a la constitución de carbonato de calcio de la roca caliza que es disuelta por la escorrentía de las aguas.

Pero esta reacción y la subsiguiente formación de las geoformas dependen de diversos factores, tales como:

- Características estructurales y de litología de la roca: densidad, porosidad primaria, porosidad secundaria (fracturas) bien desarrollada y tamaño, entre otras.
- Características químicas de las rocas: solubilidad, cantidad y calidad de calcita (pureza) y proporción de contenido de minerales arcillosos o sílice (en forma de granos de cuarzo, calcedonia o pedernal). Las rocas más comunes son: la caliza ( $CaCO_3$ ), la dolomita ( $CaMg_2CO_6$ ) y el yeso ( $CaSO_4 + H_2O$ ).
- El clima y la temperatura promedio de la región: la humedad presente en el trópico resulta en eventos de precipitación recurrentes y abundantes que facilita el transporte y transformación del dióxido de carbono para formar agua acidulada.
- La cantidad de vegetación: Mientras mayor cobertura vegetal sobre una capa de suelo, mayor disponibilidad de dióxido de carbono y la formación de agua acidulada con capacidad de disolver la roca caliza subyacente.
- El levantamiento de las rocas y la situación hidrogeológica presente: La exposición de los yacimientos calizos a la intemperie permite la formación de suelo, el desarrollo de una cobertura vegetal en su superficie y el escurrimiento e infiltración de agua dulce acidulada, incrementando el ritmo de disolución de la roca; la cual también es afectada por el paso de corrientes subterráneas de agua acidulada y cambios en el nivel freático.

- Corrientes de vientos alisios: el viento empuja la lluvia entre las grietas de las rocas en las laderas este y noreste de los mogotes, provocando que estas se empapen más que las del oeste.

La disolución de roca carbonatada es una reacción reversible, por lo que ligeros cambios en temperatura, disminución en la presión de vapor de CO<sub>2</sub>, o la pérdida de agua, ocasionaría que la solución pierda CO<sub>2</sub>; por lo que se rompe el bicarbonato de calcio restableciendo el CaCO<sub>3</sub>, que tiende a reprecipitarse. Mediante este proceso, conocido como recristalización, se crea una costra superficial que endurece la roca, restringiendo el impacto de los procesos erosivos sobre las mismas. Muchos depósitos calizos en Puerto Rico han pasado por el proceso de recristalización.

La expresión del terreno cársico de Puerto Rico es reconocida en la literatura científica internacional como única en su clase dentro de la zona tropical<sup>13</sup>. La topografía del carso forma un sistema geomórfico distintivo. En la superficie presenta rasgos tales como: sumideros o dolinas, valles de disolución, acantilados costeros, cañones, cuevas marinas, chimeneas, zanjones, karren (también conocido como "dientes de perro"), manantiales y un extenso sistema de colinas compuesto de torres, mesetas y mogotes (también conocidos como pepinos). En algunos sectores se configura un cinturón de colinas calizas interconectadas, mientras que en otros se distingue un patrón esporádico de mogotes aislados. En el carso prevalece una topografía ondulada, a veces con pendientes muy precipitadas hacia valles aluviales o sumideros<sup>14</sup>. En el ámbito subterráneo se destaca la presencia de cuevas, cavernas, túneles y ríos

---

<sup>13</sup> La gran variedad de rasgos cársicos desarrollados en la Isla ha capturado el interés de los especialistas en la materia (particularmente europeos). Se destacan el carso de cono, de torre y las altas cuevas calizas, entre otros rasgos menores reportados sólo en Puerto Rico. (Monroe, 1976).

<sup>14</sup> Las elevaciones máximas dentro de la región del carso alcanzan sobre los 400 metros en la escarpa desarrollada en el extremo sur; en este sector el punto más alto es de 530 metros. Las depresiones desarrolladas en el carso profundizan desde menos de 1 metro hasta más de 70 metros. Proyecciones de carso de cono se alzan 100 metros sobre el nivel del fondo de las depresiones contiguas y los mogotes alcanzan sobre los 50 metros de altura. (Monroe, 1976).

subterráneos. Los túneles, por donde los ríos fluyen, forman junto a las grietas, fisuras y cavidades en la roca un complejo sistema de drenaje.

### Provincia del Carso Norteño

La Provincia del Carso Norteño, ubicada en el noroeste de Puerto Rico, entre el espinazo montañoso y las llanuras costeras, presenta todos los relieves topográficos cársicos que se encuentran en Puerto Rico. En esta área los mogotes han ido desapareciendo de forma acelerada hacia el este del Río de la Plata. Muchos mogotes en esa zona han sido derrumbados para la obtención de relleno, elaboración de materiales de construcción (particularmente agregados) y/o el desarrollo de estructuras residenciales, comerciales, industriales y carreteras. Hacia el oeste del Río de la Plata la topografía cónica típica del carso es geomorfológicamente más compleja y se encuentra mejor conservada (Cruz-Báez, et al. 2002). Entre el Río Grande de Loíza y el Río de la Plata el patrón de mogotes aislados y algunos cinturones de colinas calizas interconectados que existía originalmente están cada vez más dispersos, fragmentados y significativamente perturbados. Ejemplos de los remanentes son los Mogotes de Santa Inés en Loíza, los Montes de Caneja localizados en el municipio de Guaynabo al norte de la Base Fuerte Buchanan y los Mogotes de Campanilla-Sabana Seca en Toa Baja, entre otros.

La Provincia del Carso Norteño se interrumpe en varios segmentos con los profundos cañones que discurren de sur a norte y que fueron formados por los ríos Guajataca, Camuy, Grande de Arecibo y Grande de Manatí (Picó, 1975). Asimismo, hacia su lado oeste la Provincia esta incompletamente dividida en dos fajas, la norte y la sur. Esta división es formada por los valles de varios tributarios de los ríos Culebrinas, Guajataca y Camuy, que en conjunto se conocen como Hondonada de Cibao (Picó, 1975). Los grupos de mogotes que componen la faja norte, Sierra de Jaicoa, Sierra de Aymamón y los Montes de

Guarionex, se conoce como las Lomas de los Puertos (Picó, 1975). La faja sur de la Provincia la constituyen las Lomas de Lares.

Otros rasgos cárscicos interesantes presentes en la Provincia son las cuevas y cavernas. El DRNA estima que en Puerto Rico deben existir unas 2,000 cuevas; pero sólo han documentado 207 de éstas (DRNA, 1972). Las cuevas en Puerto Rico se forman principalmente por la disolución de la roca caliza con el paso de corrientes de agua subterráneas o por el agua que se filtra desde la superficie a través de la roca caliza percolable (Cruz-Báez, et al. 2002). Este proceso además de formar cavidades bajo la superficie terrestre forma concreciones calcáreas tales como estalactitas, estalagmitas, columnas y sorbetos, entre otros espeleotemas, que le imprimen belleza e interés a las mismas.



Foto 3. Vista de algunos de los espeleotemas observables en la Cueva Lirio de Isla de Mona. (Foto: Daniel Dávila)

### Región de las Calizas del Sur

La Región de las Calizas del Sur se extiende, de manera fragmentada, desde el municipio de Juana Díaz hasta Cabo Rojo y ésta no presenta los relieves

topográficos que encontramos en la Provincia del Carso Norteño. Esta área exhibe rasgos cársicos menores, principalmente karren, desde Peñuelas hacia el oeste; sin embargo, en los municipios de Peñuelas, Guayanilla y Juana Díaz se localizan lugares donde se han desarrollado cuevas o sistemas de cuevas bien reconocidos tales como: el sistema de cuevas en el Cerro Las Cuevas y el sistema de cuevas El Convento.

### Faja Caliza del Interior

Dentro de la Región Montañosa Central se encuentran áreas de calizas que no están asociadas a la Provincia del Carso Norteño o a la Región de las Calizas del Sur. Estas áreas se conocen como la Faja Caliza del Interior y son la evidencia de los depósitos de sedimentos calcáreos que ocurrieron en las partes sumergidas de Puerto Rico, en el océano, antes de ser levantadas por los movimientos tectónicos laterales. Los afloramientos de roca caliza en esta región se encuentran entre los más antiguos de Puerto Rico y presentan un buen desarrollo de fisiografía cársica. Ejemplo de estos elementos fisiográficos son: el sistema de cuevas de Aguas Buenas, Cueva La Mora en Comerío, Cañón Las Bocas, cuevas en el Barrio Matón Arriba de Cayey, cuevas en diferentes barrios del municipio de San Germán y el espectacular ejemplo de karren con puntas de varios metros de altura en Punta Guanaquilla, Cabo Rojo.

## Islas adyacentes

De las islas adyacentes solo Isla de Mona, Islote de Monito e Isla Caja de Muertos presentan desarrollo de fisiografía cársica.



Foto 4. Vista panorámica de la costa sudeste de Isla de Mona en donde se destaca parte de los farallones en la Caliza Lirio. (Foto: Daniel Dávila)

En la Isla de Mona la Formación Lirio está carsificada extensamente con cuevas, dolinas, lapiaz, farallones y simas, entre otros rasgos (Frank, et al., 1998). La mayor parte de las cuevas se encuentran en la periferia de la isla y se localizan en el área de contacto entre la Formación Lirio y Dolomita de Isla de Mona (Frank, et al., 1998). Otros rasgos cársicos importantes, además de las cuevas, son: una depresión en el medio de la isla conocida como Bajura de los Cerezos, una serie de simas llamadas las Cuevas del Centro, un valle de disolución

conocido como Los Corrales de los Indios, un área en el Camino de los Cerezos que contiene gran cantidad de lapiaz y la superficie de la isla completamente cubierta por dolinas (Frank, et al., 1998). Aunque las cavernas en la Isla de Mona no se encuentran descritas en el Inventario de cuevas de Puerto Rico del DRNA; las mismas han sido identificadas y documentadas a través de estudios arqueológicos, geológicos y espeleológicos que se han llevado a cabo, tanto por empleados como por visitantes. En varias de estas cuevas se pueden observar en sus paredes petroglifos y pictografías taínas.

El Islote de Monito es un promontorio de caliza que está siendo erosionado por las fuertes corrientes y marejadas que azotan sus precipitados acantilados (Cardona-Bonet, 1985). La isla posee dos cuevas en su superficie y otras cuevas y abrigos rocosos se encuentran en la periferia del islote (Cardona-Bonet, 1985). También se aprecia la plataforma del islote recubierta de karren.

En la terraza caliza de Caja de Muertos, cerca del faro, se encuentran varios abrigos rocosos y una cueva de relativa extensión que incluye pasadizos, pasos a diferentes niveles y varias simas de hundimientos (DRNA, 1980). Los espeleotemas en esta cueva son escasos, encontrándose solo algunas estalactitas y estalagmitas poco definidas (DRNA, 1980). La superficie de la caliza está cubierta por karren.

## **C. Hidrografía**

### Hidrografía superficial

La topografía de la Isla define su hidrografía. En la Cordillera Central nacen la mayor parte de los ríos de Puerto Rico, la cual por su topografía escarpada forma cuatro vertientes principales (Picó, 1975): norte, sur, este y oeste. A través de

estas vertientes es que discurren las aguas de lluvia desde las montañas hacia el mar.

La vertiente norte o vertiente Atlántica es la más importante y significativa de la Isla por la relativa abundancia de precipitación, efecto de la lluvia orográfica, y por la constancia y gran caudal de sus corrientes de agua. Los ríos en esta vertiente son largos, abundantes y de aguas tranquilas en comparación con los ríos de la vertiente sur (Picó, 1975). Los ríos que se encuentran en esta vertiente bajan de las montañas, cruzan la región del carso norteño para luego atravesar los llanos costeros. El Llano Costero Aluvial del Norte tiene áreas de elevación negativa con relación al nivel del mar, dando lugar a la formación de pantanos, ciénagas y a lagunas.

Los ríos que pertenecen a la vertiente norte y que fluyen a través de la región cársica son: el Río Guajataca, el Río Camuy, el Río Tanamá, el Río Grande de Arecibo, el Río Grande de Manatí, el Río Indio, el Río Cibuco y el Río de La Plata.



Fotos 5a y 5b. Vistas de los ríos Grande de Arecibo (izquierda) y Guajataca (derecha) cuyos cauces discurren a través de la zona cársica del norte de Puerto Rico. (Fotos: Oficina Plan de Agua, DRNA)

El paso de algunos de estos ríos como el Guajataca, Grande de Arecibo y Grande de Manatí han esculpido impresionantes cañones a través del Carso Norteño. Los ríos en la zona cársica se comportan casi de la misma manera que los ríos en zonas volcánicas, esto principalmente por la impermeabilización de sus lechos

por los depósitos de aluvión que han arrastrado de las montañas. Aún así, los ríos y otros cuerpos de agua que están en esta área, aportan a la infiltración del agua a través de conductos y canales subterráneos.

La vertiente del este definió la topografía que se observa en la costa este, cuando sus ríos cortaron en las líneas de montañas estrechos valles de forma triangular (Picó, 1975). En el interior montañoso de la costa este los cauces de los ríos están bien definidos, mientras que en el llano costero sus cuencas presentan poca profundidad, razón por la cual se desbordan con facilidad en eventos de lluvias fuertes (Picó, 1975).

La vertiente sur tiene ríos con cauces cortos debido a la proximidad de la Cordillera Central a la costa (Picó, 1975). La mayoría de los ríos y quebradas son intermitentes. Estos mantienen su flujo solamente durante la época de lluvia, o cuando ocurren eventos climatológicos anormales que resultan en lluvias intensas en la época de sequía. Aún cuando algunos ríos en la parte alta de las laderas exhiben corrientes de agua la mayor parte del tiempo, una vez el flujo avanza hacia los valles aluviales, la infiltración y evapotranspiración consumen la mayor parte del agua, secándose los cauces. Es esta pérdida de agua, junto a un clima predominantemente seco, la principal razón para que las regiones calizas al sur y suroeste de Puerto Rico tengan un desarrollo de fisiografía cársica tan pobre.

La vertiente oeste se caracteriza por un régimen lluvioso; régimen cuyo pico más alto se encuentra entre los meses de mayo a noviembre (Picó, 1975). Ésta tiene ríos de cauces largos y cuencas relativamente extensas, en comparación con los ríos de la vertiente sur. Sin embargo, son similares a los ríos del norte, porque se mantienen fluyendo durante todo el año; aunque sus caudales disminuyen considerablemente durante la época seca (diciembre a abril) (Picó, 1975).

## Hidrografía subterránea

Las regiones cársicas se caracterizan por su sistema geomorfológico e hidrológico. La naturaleza permeable de la roca caliza y su tendencia a fracturarse, aumenta la permeabilidad secundaria que permite la formación de sistemas de drenajes subterráneos configurados por una red intrincada de fisuras, cavidades y conductos de diversas dimensiones, creados por la circulación del agua. Comparado con otros sistemas hidrológicos, la naturaleza permeable del carso hace posible que la circulación del agua a través de las diversas rutas de drenaje se de en un gradiente vertical y horizontal. Debido precisamente a las fracturas y a las redes de disolución internas desarrolladas, en la zona cársica no existe un escurrimiento superficial definido ni permanente, sino que la mayor parte de la escorrentía se infiltra al subsuelo y a los acuíferos a través de las cavidades abiertas en la roca caliza.

La disolución de la caliza produce rutas alternas para el movimiento y el almacenaje del agua subterránea. El flujo del agua subterránea es rápido, convergente y turbulento en los conductos y cavidades que resultan de la disolución en las rocas solubles. En este terreno el drenaje primario es subterráneo y se nutre del agua que escurre sobre y a través de cavidades en los mogotes y de las escorrentías superficiales que recogen los sumideros. Estas zonas constituyen el sistema de recarga de mayor magnitud para el abastecimiento de los cuerpos de agua subterráneos o acuíferos, así como su emanación en la superficie en forma de manantiales, lagunas, quebradas y ríos.

En general, la productividad de los acuíferos en la Isla es una función de los materiales que los forman, los cuales incluyen rocas calizas sedimentarias de porosidad variable, depósitos aluviales de alta porosidad y rocas de origen volcánico de porosidad limitada. Existen tres maneras o formas de medir la capacidad de un acuífero para transmitir agua: la conductividad hidráulica, la

permeabilidad y la transmisividad. Los tres valores están directamente influenciados por el tamaño, forma y deposición de los minerales y las rocas que constituyen los acuíferos.

La utilización planificada de un acuífero requiere que la cantidad de agua subterránea que se extrae no exceda su recarga natural, a menos que se aumente de forma artificial la misma. Esta utilización planificada ayuda a evitar problemas tales como: reducciones significativas en los niveles de agua, intrusión de agua salada, aumento en cantidad de sólidos disueltos y detrimento en la calidad del agua por contaminación (aguas usadas de pozos sépticos domésticos o derrames industriales), entre otros.

### *Región del Carso Norteño*

En la región norte se encuentran los acuíferos más importantes de la Isla, especialmente los dos sistemas principales, denominados el Acuífero Superior (Acuífero Llano o Freático) y el Acuífero Inferior (Acuífero Profundo o Artesiano). A través de conductos subterráneos en la Provincia del Carso Norteño circula rápidamente mucha agua desde las áreas de recarga (sumideros, fracturas, y grietas) hasta los puntos de descarga (manantiales, ojos de agua, humedales y mar).

El Acuífero Superior de la Costa Norte es el más productivo y de mayor capacidad de almacenaje de agua en Puerto Rico. Este acuífero está formado por capas de aluvión de alta porosidad sobre rocas calizas con niveles de desarrollo de fracturas y canales de solución que varían de moderados a altos. El aluvión descansa sobre las rocas calizas en forma de abanicos en los valles costaneros de los ríos que cruzan la zona, principalmente desde Toa Baja hasta Arecibo. Rocas calizas de las formaciones Aymamón y Aguada descansan sobre

barros impermeables de la Formación Cibao, que separa el Acuífero Superior del Inferior.

El espesor de este acuífero varía desde 0 a 1,640 pies, con promedios en los valles individuales de 0 a 500 pies. La porosidad del aluvión es de hasta un 15 por ciento, mientras que las rocas calizas exhiben valores de hasta 20 por ciento. Estas características promueven valores de conductividad hidráulica (K) y transmisividad (T) de 300 y 3,000 pies por día, respectivamente, entre los más elevados de la Isla. Conjuntamente con la lluvia abundante en las zonas de recarga del acuífero en las laderas de la Cordillera Central y la Zona del Carso Norteño, estas propiedades resultan en la alta productividad del acuífero. El rendimiento seguro del Acuífero Superior, estimado por el USGS, fluctúa entre 0.10 y 0.15 pies cúbicos por pie cuadrado.

El Acuífero Superior de la Provincia Norte recibe una recarga anual que varía geográficamente y a través del año desde 10 a 12 pulgadas de agua. La recarga varía con la permeabilidad de los materiales que forman el acuífero, siendo estos los factores más críticos en el mantenimiento de la elevación del manto freático o nivel de agua. En general, la recarga es mayor en las zonas donde predominan las rocas calizas en el Acuífero Superior (al sur de la antigua Carretera PR-2) que en los valles aluviales. En las zonas de rocas calizas la recarga natural es de hasta 28 pulgadas, mientras que en los valles aluviales de los ríos rara vez excede 8 pulgadas.

El Acuífero Inferior incluye capas de roca caliza de las formaciones San Sebastián, Lares y Montebello confinadas por estratos de barros y cienos de la formación Cibao. Aunque el acuífero se extiende desde la zona metropolitana de San Juan hasta Aguadilla, las zonas con mayor capacidad de producción de agua se encuentran entre Manatí y Arecibo. El flujo de agua subterránea en el Acuífero Inferior es primordialmente hacia el Norte-Noroeste, con puntos de descarga en

la costa y el mar. Este acuífero es la fuente principal de agua en la Isla para usos industriales en la zona de Manatí a Barceloneta y supe abastos moderados para consumo.

La productividad del Acuífero Inferior es definida, entre otros aspectos, por la transmisividad de las rocas calizas que lo forman. Debido a que el acuífero se encuentra confinado, el espesor saturado no varia y su productividad está determinada por el producto de este espesor fijo y la conductividad hidráulica (K) intrínseca del material. Los valores de transmisividad fluctúan desde 1,000 pies cuadrados por día en áreas de recarga a un máximo de 5,000 pies cuadrados por día en el área industrial de Barceloneta.

### *Región de las Calizas del Sur*

Por otro lado, en la región sur no existe un acuífero, sino una serie de valles aluviales separados por ríos en segmentos principales hidráulicamente independientes. Esto quiere decir que cada valle aluvial se comporta de manera aislada, y las actividades de extracción de agua o recarga en un valle no afectan el otro directamente. En esta región sur los depósitos o estratos geológicos que forman los acuíferos costaneros desde Patillas hasta Ponce consisten principalmente de arena, grava y rocas (mezcla llamada aluvión) arrastradas por los ríos desde las montañas a través de millones de años. Estos descansan sobre rocas calizas de origen marino y rocas volcánicas, ambas de baja porosidad. En la zona de Ponce hasta Peñuelas no existen depósitos aluviales significativos y predominan en la superficie las rocas calizas de origen marino.

El acuífero de baja permeabilidad, compuesto de la Formación Juana Díaz, denominado el acuífero de Ponce a Juana Díaz no constituye una fuente de agua confiable. Las colinas de caliza que se observan desde la Carretera Num. 2 al

cruzar desde el oeste de Ponce hasta el límite este de Guayanilla son parte de esta formación y no constituyen un acuífero productivo.

### *Isla de Mona*

La Isla de Mona posee un clima semiárido con temperaturas promedio entre 80° y 90°F y recibe un promedio anual de 51 pulgadas de lluvia. Las altas temperaturas y el efecto secante de los vientos alisios constantes, provocan tasas de evapotranspiración altas. La evaporación de casi toda la lluvia que recibe la isla no permite la existencia de ríos o quebradas, aunque si se puede encontrar agua empozada luego de las lluvias. Por otro lado, en Mona si existen acuíferos subterráneos, aunque éstos son escasos y su capacidad es muy limitada, debido principalmente a la geología y tamaño de la Isla.



Foto 6. Cueva del Agua en la zona nordeste de Isla de Mona; muestra uno de los escasos acuíferos aislados de esta isla de origen calizo. (Foto: Daniel Dávila)

### *Islote de Monito*

El Islote de Monito tiene características climáticas muy parecidas a la de Isla de Mona, pero su reducido tamaño limita más aún la cantidad de lluvia que recibe y hace su tasa de evapotranspiración aún más alta. En el islote no existen cuerpos de agua superficiales y no se tiene información de la existencia de acuíferos.

## D. Ecología

El archipiélago de Puerto Rico está constituido por islas oceánicas (Gibson, 1990), cuyas características biogeográficas e históricas particulares han creado sus ecosistemas y su propia dinámica de evolución. En las islas oceánicas, los ecosistemas presentes han evolucionado en aislamiento y espacio reducido, por lo que los cambios en la biodiversidad ocurren en escalas de miles a millones de años (Lean, 2004). En general, las islas han desarrollado floras y faunas silvestres muy especializadas. Estos altos niveles de especialización están



asociados a la abundancia de especies endémicas, así como a fenómenos como el gigantismo, asociaciones mutualistas, incapacidad

Foto 7. Lagarto verde de Puerto Rico (*Anolis cuvieri*), endémico, considerado el lagarto anólido de mayor tamaño en la Isla; su distribución abarca el curso húmedo y muy húmedo. (Foto: Alberto Puente).

para volar y plantas dioicas (UNEP, 2004). Asimismo, los ecosistemas isleños presentan una alta dependencia de las aguas oceánicas circundantes, diversidad genética restringida, capacidad competitiva reducida y poblaciones relativamente pequeñas o concentradas en áreas pequeñas y específicas; evidenciándose estos

fenómenos con la gran cantidad de especies endémicas que se encuentran en peligro de extinción en muchas islas (UNEP, 2004). Todo esto convierte a estos ecosistemas en entidades altamente frágiles y vulnerables ante perturbaciones físicas (explotación de recursos, contaminación) y biológicas (especies exóticas) causadas por las actividades humanas que ocurren en escalas de meses a decenas de años (Lean, 2004). Esta fragilidad se acrecienta con la vulnerabilidad que tiene las islas y sus ecosistemas ante los desastres naturales (huracanes, sequías, inundaciones, maremotos); circunstancias que cada vez ocurren con mayor frecuencia y con más intensidad a consecuencia del aumento en el calentamiento de la Tierra, entre otras razones (Fisher, 2004).

Por consiguiente, los ecosistemas presentes en las áreas cársicas de Puerto Rico son únicos y especialmente importantes de proteger, ya que no sólo son resultado de la evolución de islas oceánicas, sino que también responde a su particular evolución por su origen geológico y formación por acciones hidrogeológicas.

Tanto las formaciones terrestres, como aspectos relacionados a las variaciones en los regímenes hidrológicos que se manifiestan, juegan roles fundamentales en ello, relacionándose a la diversidad de ecosistemas que han sido identificados bajo distintos sistemas de clasificaciones ecológicas (e.g. tres zonas de vidas sensu Holdridge [Ewell y Whitmore, 1973]; dieciocho zonas geoclimáticas sensu Figueroa [Lugo, et al., 2001]).

Los ecosistemas presentes en el carso se han desarrollado, tanto en condiciones puramente terrestres (superficiales o subterráneas), como en dinámicas de naturaleza acuática, estas últimas bajo distintas influencias químicas (e.g. salinidades). Estos ecosistemas cársicos abarcan desde sistemas marinos como playas de rasgos variables; humedales leñosos o herbáceos en los llanos costeros, estuarinos o palustres; sistemas cavernosos complejos, algunos de

ellos asociados a cuerpos de agua; y bosques, arboledas, matorrales o praderas de diversos perfiles fisonómicos, biodiversidad (florística y faunística), tanto de origen nativo, como introducidos por influencias antropogénicas, cubriendo la superficie de la alta variedad de rasgos geomorfológicos que caracterizan la mayor parte del ámbito terrestre de nuestra zona cársica.

Los inventarios biológicos realizados en el carso reflejan que los grados de cobertura boscosa en las zonas interiores y de topografía accidentada, particularmente en los sectores que no han tenido una considerable perturbación previa, son amplios y densos y sostienen un grado significativo y valioso de biodiversidad. En la actualidad veintiocho (28) especies de la fauna y veintisiete (27) especies de la flora que habitan en la región cársica del archipiélago de Puerto Rico están oficialmente designadas como en peligro de extinción o vulnerables (Tabla 3). Además, más de un centenar de especies, principalmente de flora, en las *áreas restringidas* son consideradas como elementos críticos por su distribución limitada (Tablas 4, 5, 6 y 7). También se observa como especies nativas predominan sobre las exóticas.

Las *áreas restringidas* que se recomiendan en el Estudio del Carso incluyen terrenos cársicos que sirven de hábitat a una parte de nuestra biodiversidad de particular valor patrimonial, incluidas las áreas identificadas por su alta diversidad de elementos críticos. Consisten fundamentalmente de extensiones de terrenos firmes, compuestos por distintos rasgos geomorfológicos, y por distintos patrones de biodiversidad, aunque predomina sobre sus superficies vastas extensiones de bosques o arboledas en las zonas húmedas o muy húmedas del norte central y del noroeste. Otras zonas cársicas forestadas recomendadas por su rol como hábitats de relevancia para componentes de la biodiversidad patrimonial en estado crítico, ubican en la zona de vida seca del sudoeste de la Isla. Algunos sistemas cársicos subterráneos, entre ellos: cuevas, cavernas, sumideros y tramos de ríos subterráneos, forman, de igual manera, parte

integral de las *áreas restringidas* en el Estudio del Carso, entre éstos: el sistema de Cuevas de Aguas Buenas y Cerro Las Cuevas en Juana Díaz. Estos rasgos cársicos subterráneos componen ecosistemas específicos con su biodiversidad particular.

La expansión de estas áreas naturales protegidas puede lograrse con el compromiso de fondos para la compra de terrenos o con asignaciones presupuestarias que permitan los procesos de adquisición. Otro mecanismo que se puede considerar es la de incentivar a los dueños de terrenos en estas áreas a que participen de aquellas estrategias de conservación y manejo de sus terrenos a cambio de recibir un beneficio por esta práctica. Además, la coincidencia de ubicación entre los Bosques Estatales en esta región norte-noroeste y los terrenos identificados en el estudio facilitará al DRNA solicitar fondos por medio de diferentes mecanismos para ampliar el sistema de Bosques Estatales en dicha región.

### Flora

Los bosques cársicos, tanto los de las zonas de vida húmeda o muy húmeda, como en los de la zona seca, se caracterizan por varios aspectos principales: doseles de altura bastante uniforme con pocos árboles emergentes y con poca diferencia de altura por sobre el estrato arbóreo subemergente; los árboles de gran tamaño son escasos y suelen estar presentes en puntos en donde existe mayor acumulación de suelo y menores afloraciones rocosas; bajos números de especies arbóreas dominantes y relativa alta diversidad de especies de algún grado de rareza (Lugo, 1991); alta densidad de árboles de poco diámetro y follajes predominantemente escleromorfos, con altas proporciones de especies arborescentes caducifolias, aproximadamente hasta un 25% de estas especies, con un porcentaje aún mayor como caducifolias facultativas en condiciones de sequía extrema (Lugo, et al., 2001).

El proceso de pérdida foliar en estos bosques, primordialmente en sus estratos de mayor altura, se manifiesta durante las estaciones de sequía que suelen regir

en la primera mitad del año en la Isla.



Foto 8. Yerba parrera (*Gesneria cuneifolia*); herbácea endémica a la zona cársica húmeda y muy húmeda de Puerto Rico. (Foto: Vicente Quevedo)

Por lo general, se le adjudica este efecto a las rápidas escorrentías que provoca la percolable geología cársica subyacente, junto al bajo nivel de almacenamiento hídrico de los suelos (Lugo, et al. 2001) que, aunque presentes sobre ciertos microhábitats, por lo general suelen no ser profundos y exhibir frecuentes afloraciones rocosas. El bajo índice de precipitación pluvial del sudoeste de Puerto Rico, cayos e islas en la costa asociada a dicha región, agudiza aún más el mencionado efecto de caducifoliedad en sus coberturas vegetales arbóreas sobre las zonas calizas cársicas allí presentes.

El número de especies arbóreas por unidad de área ha sido reportado como uniforme en todos los bosques de la Isla (Lugo, 1991), lo que indica que no deben haber diferencias muy significativas, en este aspecto, entre distintas regiones del carso en nuestro País, tanto del norte como del sur. La riqueza de especies arbóreas que se ha encontrado en promedio, es de aproximadamente 44 especies por cada 1,000 individuos censados, lo cual se considera relativamente alto; no obstante, este número varía en términos absolutos entre

distintos puntos. Es relevante puntualizar que el conteo mayor de especies de árboles por 0.1 hectárea se encontró en un bosque cársico al norte del País (Lugo, et al, 2001). No obstante, estos datos reseñados excluyen otras formas de crecimiento vegetal: lianas, tanto leñosas como herbáceas, que son evidentes en el interior de los bosques cársicos de nuestra zona norte, al igual que varias especies nativas de plantas epifitas, como helechos, bromelias, y anturios, entre otras. En el carso del sur también se observa la presencia de plantas epifitas, pero con menor diversidad de especies. Estas especies epifitas viven adheridas a los troncos de los árboles o arbustos o sobre la hojarasca en descomposición retenida sobre los afloramientos rocosos que configuran promontorios sobre el piso o escalones en las laderas de los rasgos geomorfológicos emergentes.

El sotobosque en los ecosistemas forestados del carso se mantiene bastante despejado de enredaderas y especies arbustivas invasoras, dependiendo de cuan intervenido adversamente haya estado, ya sea por actividades que hayan generado el corte, el entresaque o la quema de la vegetación espontánea presente por varias décadas o lustros.

La superficie forestada en las zonas cársicas, incluidas las áreas recomendadas en este informe, manifiesta variaciones fisonómicas a través de gradientes de estructura vegetal, apariencia sobre el perfil del suelo o sustrato, y composición de especies. Estas variaciones parecen responder al grado de perturbación o alteración histórica por intervención humana - mencionada previamente - y a otras variables naturales a que han estado expuestos, según se documenta en estudios disponibles (Chinea, 1980).



Foto 9. Patrones distintos de bosques a través del gradiente elevacional de la Caliza Aymamón en el norte central de Puerto Rico (mogotes); éstos denotan los grados de perturbación humana recibidos. (Foto: Vicente Quevedo)

La variedad de gradientes ambientales y topográficos de las regiones cársicas estudiadas incluyen: los gradientes de lluvia de este (mayor lluvia) a oeste (menor lluvia), por los patrones orográficos de los vientos alisios; y gradientes de norte a sur, producto de la topografía, con índices de precipitación mayor en el norte, según la elevación. Aspectos fisonómicos que han sido relacionados con mayores regímenes de lluvia incluyen una mayor altura de los árboles y un menor por ciento de especies con hojas esclerófilas.

El grado de exposición a los vientos también parece jugar un rol regulador en este aspecto, estableciendo dos gradientes en la zona norte, particularmente sobre el cinturón cársico compuesto principalmente por los rasgos geomorfológicos emergentes conocidos como mogotes. Una mayor exposición al

viento tiende a caracterizar las laderas nordestes y menor en las sudoestes; por su parte, las cimas son impactadas por vientos más fuertes que las faldas de estos mogotes.

Un tercer gradiente identificado lo es la disponibilidad de suelo, entre los suelos profundos y de mayor fertilidad asociados a los valles intermogotes o abras, condiciones edáficas intermedias en las laderas, y los suelos de poca profundidad, pedregosos y de menor fertilidad en las cimas.

Distintos autores han generado varios sistemas de ordenación de la vegetación sobre regiones cársicas con aplicación en Puerto Rico (Beard, 1944; 1955; China, 1980; Álvarez, et al., 1983; Dugger, et al., 1979), tanto para todo nuestro carso, como para una parte de éste (e.g., la zona muy húmeda subtropical del carso en Utuado, la zona seca subtropical del sudoeste, la franja cársica del norte central). Estos trabajos se han basado en criterios como, los gradientes que ya han sido expuestos en párrafos anteriores, la fisonomía de la vegetación, la edad del bosque (cuando se conoce), y las posiciones topográficas (e.g. valles, pendientes, cimas). Estos sistemas de ordenación y clasificación, algunos de ellos distintos entre sí, reconocen variaciones en los patrones de organización de nuestra biodiversidad vegetal cársica (en estructura y composición biológica) mediante distintos tipos de bosques, arboledas, matorrales, etc.; podemos hacer referencia a estos tipos de vegetación cársica como asociaciones vegetales, en las cuales existen comunidades faunísticas particulares asociadas.

Estas asociaciones varían fisonómicamente entre sí, principalmente en la complejidad estructural, la altura máxima de la vegetación, la composición de tamaños y tipos de hojas, los por cientos de especies caducifolias, etc. Sus florísticas varían, en mayor o menor grado, tanto en composición de especies, como en los grados de dominancia de algunas de las especies en común, cuando

aplica, o en la fisonomía comparada de dichas especies. Hay especies cuya presencia suele detectarse en una sola de estas asociaciones vegetales, mientras otras pueden existir de manera espontánea en más de un tipo de asociación; la frecuencia o grado de dominancia de cada especie varía a través de cada asociación con la cual se le relaciona en el caso de aquellas especies de mayor grado de plasticidad ecológica.

Los estudios disponibles identifican especies arbóreas del carso que también existen en la geología volcánica, u otras que tanto existen en la zona cársica húmeda como en otras geologías calizas (no cársicas) de clima seco o en condiciones fisiográficas distintas como lo son el carso costero en comparación al carso montañoso (Chinea, 1980).

Foto 10. Árbol de violeta (*Polygala cowellii*), endémico a Puerto Rico; presente en la zona cársica. (Foto: Daniel Dávila)



El grado de rareza de estas especies es determinado por la amplitud de su distribución, tanto en la Isla, como globalmente.

Contamos con algunos estimados de la riqueza de especies que componen la biodiversidad vegetal de distintas zonas del carso en Puerto Rico, tanto en la zona de vida muy húmeda subtropical (principalmente en el área ocupada por el Bosque Estatal de Río Abajo) como en la húmeda tropical (la mayor parte del

carso restante); hasta 1,030 especies de plantas vasculares se han documentado sobre el carso de Río Abajo en Utuado con cerca de un 85% de dicha diversidad constituida por especies de plantas nativas (Acevedo Rodríguez y Axelrod, 1999). Una parte de estas especies habitan también el carso restante en la Isla, de topografía emergente accidentada. Cerca de un 23% de las especies arbóreas endémicas a Puerto Rico habitan en el carso muy húmedo mientras que un 16% se observa en el carso húmedo de mayor extensión de superficie (Figueroa Colón, 1995). Entre las familias botánicas más representadas en las asociaciones vegetales del carso muy húmedo y en el húmedo se encuentran Leguminosae, Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae y Euphorbiaceae (Lugo, et al., 2001) y algunas de sus especies arbóreas típicas, comunes o raras (Tabla 8).



Aproximadamente unas 120 especies de plantas vasculares (de distintas morfologías o formas de crecimiento) presentes espontáneamente en las áreas de fisiografía cársica emergente, tanto en el norte húmedo como en el muy húmedo, son consideradas elementos críticos conforme el Banco de Datos para la Conservación del Programa de Patrimonio Natural del DRNA.

Foto 11. *Psychilis kräenzlinii*, orquidácea presente en el carso de Puerto Rico y endémica a la Isla. (Foto: Alberto Puente)

Por su parte, el área caliza del sur de Puerto Rico, parte de ella de naturaleza cársica, alberga aproximadamente 40 especies de plantas vasculares igualmente

considerados elementos críticos; un número bajo de éstas habitan también en áreas cárnicas húmedas o muy húmedas del norte central o el noroccidente de la Isla.

Del uso de dicha herramienta de planificación hemos derivado uno de los criterios en el análisis aplicado, que nos ha permitido distinguir aquellas regiones del carso que deben ser incluidas en el Estudio del Carso, por constituir zonas, aún no protegidas, de mayor biodiversidad sensitiva. Estas especies son consideradas como elementos críticos por su rareza y escasez, endemismo de distribución restringida, o por su merma debido a aspectos naturales (aspectos de su biología o ecología) o antropogénicos como por ejemplo la destrucción del hábitat por el desarrollo urbano o la sobrecolección de la especie por sus usos de valor económico, hortícola o cultural.

## Fauna

### *Aves*

Puerto Rico sostiene una avifauna de aproximadamente 312 especies (Raffaele, et al., 1998); en las áreas cárnicas, se pueden distinguir, visual y auditivamente, unas 223 especies dentro de 46 familias (Lugo, et al., 2001). De todas las especies en Puerto Rico 17 son especies endémicas (Raffaele, et al., 1998; Oberle, 2002 y AOU, 2008), 96 son especies residentes, 163 son especies migratorias y 36 son especies exóticas introducidas (Raffaele, et al., 1998). Las especies endémicas de Puerto Rico son: pájaro bobo mayor (*Saurothera vieillot*), cotorra de Puerto Rico (*Amazona vittata*), múcaro de Puerto Rico (*Megascops nudipes*), guabairo pequeño de Puerto Rico (*Caprimulgus noctitherus*), colibrí verde (*Anthracothorax viridis*), zumbadorcito de Puerto Rico (*Chlorostilbon maugaeus*), san pedrito (*Todus mexicanus*), carpintero de Puerto Rico (*Melanerpes portoricensis*), juí de Puerto Rico (*Myiarchus antillarum*), bien-te-veo

(*Vireo latimeri*), reinita mariposera (*Dendroica adelaidae*), reinita de bosque enano (*Dendroica angelae*), llorosa (*Nesospingus speculiferus*), reina mora (*Spindalis portoricensis*), come ñame de Puerto Rico (*Loxigilla portoricensis*), bobito (*Contopus portoricensis*) y mariquita (*Agelaius xanthomus*) (Raffaele, et al., 1998; Oberle, 2002 y AOU, 2008), siendo la reinita de bosque enano la única que no se ha observado en ninguna área cársica de Puerto Rico (Lugo, et al., 2001). Asimismo, nuestra avifauna cuenta con 13 subespecies endémicas, las cuales son: zumbador dorado (*Anthracothorax dominicus aurulentus*), paloma sabanera (*Patagioenas inornata wetmorei*), clérigo (*Tyrannus caudifasciatus taylori*) (Oberle, 2002 y Peterson, 2005), rolita de Puerto Rico (*Columbina passerina portoricensis*), rolita de Mona (*Columbina passerina exigua*), mariquita de Puerto Rico (*Agelaius xanthomus xanthomus*), mariquita de Mona (*Agelaius xanthomus monensis*), mozambique (*Quiscalus niger brachypterus*), guaraguao de bosque (*Buteo platypterus brunnescens*), falcón de sierra (*Accipiter striatus venator*), múcaro de sabana (*Asio flammeus portoricensis*), calandria (*Icterus dominicensis portoricensis*) (Oberle, 2002) y reinita común (*Coereba flaveola portoricensis*)<sup>15</sup>; las cuales han sido observadas en las áreas de carso (Lugo, et al., 2001).

Por su parte, se han identificado 11 especies de aves en peligro de extinción (Tabla 3) que dependen de nuestras regiones calizas; gran parte de estas especies habitan o han habitado en el carso del norte o del sur, entre ellas: la paloma sabanera, el guabairo y la cotorra puertorriqueña, especies que fueron comunes en el pasado como parte de la ornitofauna de nuestras regiones cársicas y en otras regiones calizas de la Isla.

Los bosques o arboledas que recubren los mogotes y sus zonas inmediatas adyacentes o cercanas en el norte, y los bosques, arboledas o matorrales sobre

---

<sup>15</sup> [Animal Diversity Web](http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu), University of Michigan – Museum of Zoology ([www.animaldiversity.ummz.umich.edu](http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu))

los sustratos calizos de tiempo geológico más joven en el sur (parte de ellos de naturaleza cársica) ofrecen hábitat de descanso, reproducción o alimentación para este componente de la vida silvestre, del cual parte ha sido desplazado por el aumento paulatino de la expansión urbana.



Foto 12. Mariquitas (*Agelaius xanthomus monensis*), alimentándose del fruto de una especie cactácea en la meseta de Isla de Mona. (Foto: Daniel Dávila)

Las aves son componentes funcionales importantes en los ecosistemas que habitan, por lo que se consideran especie clave (Joglar, 2005). Esto se evidencia con la participación de las aves en la propagación de plantas mediante la dispersión de semillas y la polinización de flores, y en el control de plagas o poblaciones cuando actúan como depredadores de insectos y otros animales; acciones que de no darse pondrían en peligro las especies dependientes o a todo el ecosistema. Sin embargo, las mismas son amenazadas por la destrucción de

habitáculos y la presencia de aves exóticas, entre otros. Las aves requieren de diferentes tipos de habitáculos según la actividad que necesitan llevar a cabo: alimentarse, dormir, aparearse, crías polluelos, etc., por lo que la destrucción de áreas naturales puede afectar su supervivencia y el rol que ocupan en ese lugar. Por otro lado, la presencia de especies exóticas en estado silvestre supone otras presiones para las aves nativas, tales como: el desplazamiento por la competencia por espacio y fuentes de alimento, transmisión o propagación de enfermedades, depredación de especies de fauna nativa, parasitismo y/o el entrecruce con especies nativas (DRNA, 1999).

### *Herpetofauna*

En Puerto Rico existen 25 especies de anfibios, de los cuales 19 son nativos y 6 son introducidos (Joglar, 2005 y DRNA, 2007); además de 55 especies de reptiles, entre las que se cuentan 51 nativas y 4 exóticas (Joglar, 2005). Cerca de 51 especies de anfibios y reptiles habitan en áreas cársicas (Lugo, et al., 2001) y entre éstos existen 12 especies legalmente protegidas (Tabla 3).

Las especies de anfibios confrontan problemas de supervivencia que se reflejan con la disminución de las poblaciones, designación de especies como vulnerables o en peligro de extinción e informes de especies como posiblemente extintas. Sin embargo, la disminución de las poblaciones de anfibios es un escenario que se observa también en otras partes del mundo. Se ha encontrado que poblaciones de anfibios se ven negativamente afectadas por la presencia de hongos quitridiomycetos en la piel (Joglar, 2005). En Puerto Rico se descubrió la presencia de uno de estos mortales hongos, el *Batrachochytrium dendrobatidis*, en la piel de anfibios desde el 1976 (Joglar, 2005). Asimismo, se ha observado que por los anfibios poseer una piel permeable a gases y líquidos, éstos reaccionan rápidamente a cambios en su medioambiente; actuando como bioindicadores sobre el estado de salud del ambiente en el que se encuentran.

Los cambios climáticos, como cambios en los patrones de precipitación y cambios en las temperaturas son otras de las razones que puedan estar afectando adversamente a las poblaciones de anfibios. Otro factor que perturba de diferentes maneras a los anfibios y sus poblaciones son las especies de anfibios exóticos que son introducidas a la Isla. Los anfibios exóticos compiten con los anfibios nativos por espacio y alimento; además, de que pueden ser depredadores de nuestras especies y transmitirle enfermedades para las cuales no tienen defensas.

Por otro lado, las poblaciones de reptiles son diversas y abundan, lo que les hace ser un importante segmento en las redes alimentarias, aunque las mismas se encuentran amenazadas por variados factores. Uno de los factores que afectan a los reptiles en Puerto Rico, así como a la flora y la fauna en general, lo es la destrucción, modificación y fragmentación de hábitáculos (Joglar, 2005). Estas acciones representan cambios radicales

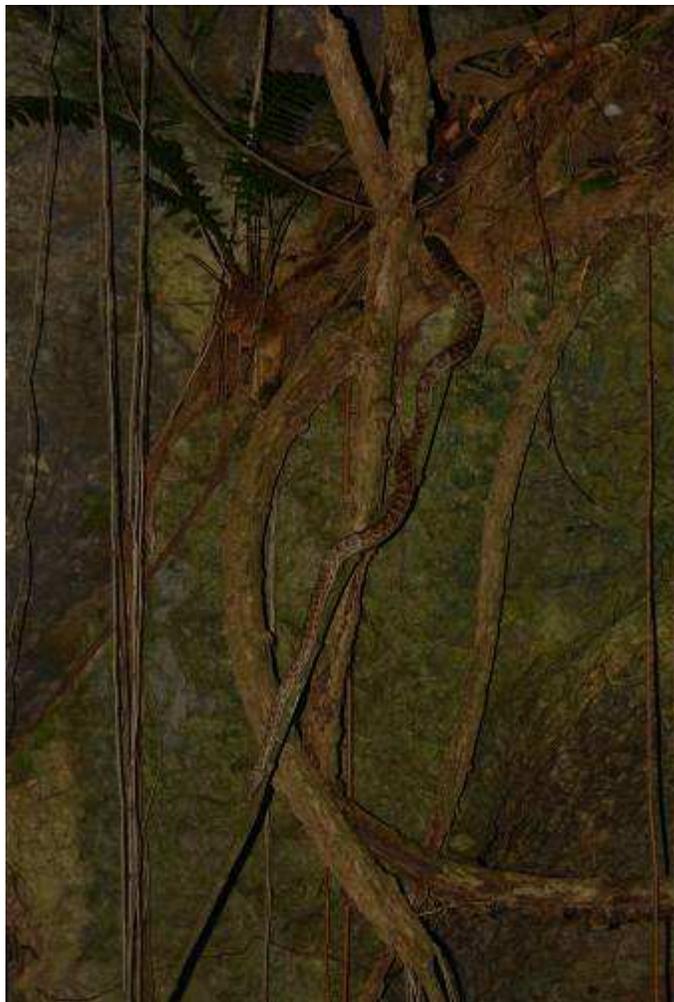


Foto 13. Boa de PR (*Epicrates inornatus*) en la Cueva de los Culebrones en el carso de Arecibo. (Foto: Alberto Puente)

para las poblaciones que habitan en los lugares en que se llevan a cabo y algunas de sus consecuencias pueden ser la destrucción, total o parcial, de

poblaciones de plantas y animales, cambios en la diversidad de especies y en la abundancia de éstas, cambios en su comportamiento y capacidad de supervivencia, y ocupación del área por especies exóticas, entre otras. Algunas especies de reptiles se deben enfrentar a otras situaciones como el miedo u odio que manifiestan algunas personas cuando les ven (Joglar, 2005). Un ejemplo de esta situación se observa con las culebras, las cuales son atacadas o matadas por el temor de las personas a ser mordidas y envenenadas por ellas; reflejo del desconocimiento del comportamiento y biología de nuestras especies. Por otro lado, hay especies de reptiles que son capturados de manera ilegal con propósitos comerciales variados, tales como: vender para consumo la carne o huevos, usar partes con fines “medicinales” o disponer de ellos para la venta en el negocio de mascotas, entre otros. Otro factor que perturba de diferentes maneras a los reptiles y sus poblaciones son las especies exóticas que son introducidas a la Isla. Los reptiles exóticos compiten con los nativos por espacio y alimento; además, de que pueden ser depredadores de nuestras especies y transmitirle enfermedades para las cuales no tienen defensas.

### *Mamíferos*

El ambiente protegido y estable en las cavernas, refugios y conductos



subterráneos, generados por la continua disolución del sustrato calizo en las regiones cársicas, provee abrigo para otro grupo faunístico, los mamíferos.

Foto 14. Murciélago en reposo en las Cuevas de Aguas Buenas. (Foto: Daniel Dávila)

En Puerto Rico la única representación que queda de los mamíferos terrestre nativos son los murciélagos. De las trece (13) especies de murciélagos solamente uno es endémico (Rodríguez Durán, 1987) y cerca de 10 especies de murciélagos dependen de las cuevas o cavernas ubicadas en el carso para sobrevivir (Tabla 9).

Los murciélagos son los únicos mamíferos con capacidad de volar y todas las especies que habitan en la Isla son capaces de navegar utilizando el sonido (microquirópteros). Estos mamíferos son útiles en el control de insectos, polinización de flores y la dispersión de semillas, entre otras cosas; sin embargo, están siendo gravemente amenazados por la destrucción de cuevas y cavernas con la explotación de la roca caliza, así como por la deforestación, causante de la disminución de sus fuentes alimentarias.

### *Invertebrados*

Foto 15. Hembra del guabá de cuevas (*Phrinus longipes*), cargando sus crías; visto en la Cueva Las Carmelitas en Vega Alta. (Foto: Daniel Dávila)

Otro grupo que se ve beneficiado por la geomorfología subterránea que se desarrolla en las áreas cársicas son los invertebrados troglobitas, así como los troglófilos. Escasos estudios se han llevado a cabo con el propósito de identificar las especies de invertebrados en los ambientes subterráneos de Puerto Rico; pero con los que se han



realizado se han identificado unas 151 especies de las cuales 8 son troglobitas

(Lugo, et al., 2001). De las cuevas que se utilizaron para identificar los invertebrados resalta por su riqueza en especies la Cueva Los Chorros en Arecibo y su protección es altamente recomendada. Dos especies de invertebrados trogloditas y otro de la superficie se encuentran actualmente protegidos por ley (Tabla 2).

### *Fauna Acuática*

La mayor parte de la macrofauna acuática de Puerto Rico se encuentra presente de una forma u otra en las regiones cársicas de Puerto Rico. Se han identificado más de cien especies de peces de agua dulce para Puerto Rico, así como 24 especies de crustáceos (Lugo, et al. 2001). Las especies piscícolas nativas que están en nuestros ríos son: anguila (*Anguilla rostrata*), dajao (*Agonostomus monticola*), lisa morón (*Joturus pichardi*), morón (*Eleotris pisonis*), guavina (*Gobiomorus dormitor*) y guavina morón (*Guavina guavina*).

Estas especies se vieron afectadas por los cambios en los aspectos físicos y químicos del ecosistema acuático cuando desde el 1908 se comenzaron a construir embalses en nuestra Isla. Los peces nativos, que viven en ríos, no pudieron adaptarse a este nuevo hábitat; ya que como parte de su ciclo de vida éstos necesitan migrar al mar o al estuario para reproducirse, convirtiéndose las represas en sus obstáculos. Ante esta situación y temiendo que la ictiofauna desapareciera, el Departamento de Agricultura, introdujo especies exóticas que pudiesen existir en el nuevo ecosistema acuático. En la actualidad se construyen "escaleras para peces" en las represas del país, permitiendo la migración y tránsito de los peces (nativos y exóticos) a través de las corrientes.

Entre los crustáceos más conocidos que se encuentran en las áreas cársicas están el camarón gigante de río (*Macrobrachium carcinus*) y la buruquena (*Epilobocera sinuatifrons*), ambas comúnmente capturadas para consumo.

Todas estas especies se han visto afectadas de una u otra manera por la construcción de embalses y la introducción de exóticos, pero estos no son los únicos factores que les afectan negativamente. Entre otros de los problemas que les afectan están la canalización de ríos y quebradas, aumento en la cantidad de sólidos presentes en el agua a causa de la erosión, contaminación de las aguas con químicos industriales o por la descarga de aguas crudas, la pesca con artes de pesca poco selectivos y la sobrepesca.

## **E. Áreas Naturales Protegidas**

Las zonas de fisiografía cársica delimitadas como *áreas restringidas* en el Estudio del Carso ocupan aproximadamente una superficie de 219,804 cuerdas de terrenos, dentro de las 637,154 cuerdas en Puerto Rico que poseen rocas calizas, subyacentes y expuestas como geología característica. Una porción significativa de los terrenos restringidos ya forma parte de las áreas naturales protegidas en la Isla y poseen algún tipo de designación, ya sea administrativa o estatutaria, con la resultante protección para los recursos naturales en ellas existen. A continuación se mencionan y describen estas áreas naturales protegidas.

### Bosques Estatales

Los bosques estatales en Puerto Rico están protegidos y regidos por la Ley Núm. 133 del 1 de julio de 1975, según enmendada y conocida como "Ley de Bosques de Puerto Rico". En ésta se reconoce que los bosques conservan el suelo, el agua, la flora y la fauna; proveen servicios ambientales, recursos madereros, productos no madereros y proveen oportunidad para la recreación, el relajamiento, la inspiración y empleo. Asimismo, mediante la Ley Núm. 213 del 5 de agosto de 1999, conocida como "Ley de Bosques Urbanos de Puerto Rico",

también se pueden designar como Bosques Urbanos aquellas áreas forestadas que se encuentran en los centros urbanos o muy cercanos a éstos y que ofrecen beneficios ecológicos y sociales. En Puerto Rico existen 20 bosques estatales designados.

En 1976 el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales preparó el documento conocido como "The Master Plan for the Commonwealth Forests of Puerto Rico", herramienta que guía el manejo y administración de los bosques estatales. En dicho documento los bosques estatales fueron clasificados bajo las siguientes categorías: bosques de costas, bosques de la región montañosa y bosques de la región de la caliza del norte; sin embargo, la proclama de los bosques San Patricio y Nuevo Milenio, requirió que se integrara una nueva categoría: bosques urbanos.

Las *áreas restringidas* delimitadas como parte del Estudio del Carso incluyen parcial o totalmente los siguientes bosques estatales:

#### *Bosque Estatal de Guajataca*

El Bosque Estatal de Guajataca está localizado en el municipio de Isabela, en la región cárstica al noroeste de Puerto Rico; ocupa un área de 2,357 cuerdas. Se caracteriza por la presencia de mogotes, cuyas elevaciones fluctúan entre 150 y 300 metros sobre el nivel del mar, separados por sumideros (DRNA, 1986). La vegetación de este bosque puede separarse entre la que se encuentra en las laderas de los mogotes y la de los valles o sumideros. La primera crea un ambiente xerofítico por encontrarse en suelos calcáreos y porosos de desagüe excesivo. La segunda, aunque abarca menos área (24%), es más exuberante por encontrarse en los terrenos húmedos de los valles y protegida entre los mogotes (DRNA, 1986). Se han registrado unas 156 especies de árboles en esta área natural protegida, entre las que se puede observar la maga (*Thespesia*

*grandiflora*), el ceboruquillo (*Thouinia striata*), el cedro (*Hyronima clusioides*), el úcar (*Bucida buceras*), el almácigo (*Bursera simaruba*), la uvilla (*Cocoloba diversifolia*), la maría (*Callophylum calaba*), el capá prieto (*Cordia alliodora*), el aquilón (*Terebraria resinosa*) y el tintillo (*Randia aculeata*) (DRNA, 1986). Este bosque muestra otra característica típica de la zona cársica, las cuevas. La más accesible al público es la Cueva del Viento, la cual en su interior posee espeleotemas calcáreos (estalactitas, estalagmitas, columnas, etc.) de gran belleza.

### *Bosque Estatal de Río Abajo*

El Bosque Estatal de Río Abajo, con unas 8,676 cuerdas de extensión, ubica entre los municipios de Utuado y Arecibo. El mismo está contenido dentro de la Provincia del Carso Norteño, por lo que en el mismo predomina una topografía irregular, hileras de mogotes, abras, sumideros y cuevas. Las elevaciones en este bosque fluctúan entre 200 y 424 metros (DRNA, 1986). Este bosque fue designado en el 1943 con el propósito de proteger las cuencas hidrográficas asociadas a su ubicación geográfica y para manejar los sistemas forestales presentes en su superficie.

Como parte del manejo de sistemas forestales, en el Bosque Estatal de Río Abajo se lleva a cabo la siembra, cuidado y manejo de árboles madereros. Hay especies nativas y exóticas entre los árboles que se manejan. La madera que se obtiene de estas plantaciones madereras se utiliza en trabajos artesanales y en la obtención de postes para verjas.

En este bosque se han identificado unas 175 especies arbóreas, entre las que se encuentran 23 especies endémicas, 13 exóticas y 30 en peligro de extinción (DRNA, 1986). Algunas de las especies arbóreas presentes son: el algarrobo (*Hymenea courbari*), el camasey peludo (*Heterotrichum cymosum*), la canelilla

(*Licaria salicifolia*), el capá blanco (*Petitia dominguensis*), la cojoba (*Pithecellobium arboreum*), la palma de coyor (*Aisphanes acantophylla*), el cedro macho (*Hyeronima clusoides*), la tabaiba (*Sapium laurocerasus*), el espino rubial (*Zanthoxylum martinicense*) y el higüerillo (*Vitex divaricata*) (DRNA, 1986). Además de las especies arbóreas en peligro de extinción, hay otras 17 especies florísticas con igual designación: 5 arbustos, 5 bejucos, 4 epífitas y 3 herbáceas (DRNA, 1986). Se considera que los dos factores responsables para la presencia en este bosque de tantas especies en peligro de extinción son la distribución limitada de las especies y la destrucción de sus habitáculos fuera de los límites del bosque.

Entre su fauna silvestre, para el bosque se han identificado 35 especies de aves, 4 de anfibios y 15 de reptiles (DRNA, 1986). Entre las aves presentes, se destaca, como una de las más importantes, la cotorra de Puerto Rico (*Amazona vittata*); especie en peligro de extinción que fue reintroducida en el 2006 a la zona. La introducción de la cotorra de Puerto Rico al Bosque Estatal de Río Abajo es uno de los esfuerzos que se llevan a cabo entre el DRNA y agencias federales para la recuperación de esta especie.

Los problemas que mayormente afectan este bosque estatal son la presión continua y creciente para la utilización de sus terrenos para viviendas, la construcción de carreteras e infraestructura dentro de sus límites, la descarga de aguas crudas en sumideros y suelos calizos y el depósito ilegal de desperdicios sólidos en sumideros, cuevas y terrenos del bosque.

### *Bosque Estatal de Cambalache*

El Bosque Estatal de Cambalache se encuentra entre los municipios de Arecibo, Manatí y Barceloneta. El mismo consta de tres segmentos mayores, además de aproximadamente una veintena de parcelas más pequeñas que en total suman

1630 cuerdas. Este bosque se distingue por sus mogotes, sumideros, valles intermogotes, farallones y cuevas, entre otros rasgos cársicos.

Debido a la gran deforestación (Domínguez, 2000) que sufrió el área donde ahora ubica este bosque estatal, actualmente sus valles están poblados por vegetación en etapa secundaria; mientras que las cimas de los mogotes, por su poca accesibilidad, aún poseen la vegetación original del área (DRNA, 1986). Se han identificado unas 149 especies de árboles de los cuales 15 son endémicos y 10 están en peligro de extinción (DRNA, 1986). Algunas de las especies que allí se observan son: matabuey (*Goetzea elegans*), palo de Ramón (*Banara vanderbiltii*), palo de rosa (*Ottoschulzia rhodoxylon*), ceboruquillo (*Thouinia striata*), moca (*Andira inermis*), almácigo (*Bursera simaruba*), guara (*Cupania americana*), roble blanco (*Tabebuia heterophylla*) y *Tetrazygia eleagnoides* (DRNA, 1986). Con relación a su fauna, se han reportado 42 especies de aves, 3 especies de anfibios y 8 de reptiles (DRNA, 1986).

Algunas de las actividades humanas que impactan negativamente al bosque son la construcción de residencias en sus lindes o en sus terrenos, la construcción de carreteras dentro de sus límites, liberación de mascotas (perros y gatos) dentro del bosque, descarga de aguas crudas en sumideros y suelos calizos y depósito de desperdicios sólidos en sumideros, cuevas y terrenos del bosque.

### *Bosque Estatal de Vega*

Está localizado en la Provincia del Carso Norteño entre los municipios de Vega Baja y Vega Alta. Este bosque cubre un área aproximada de 1,139 cuerdas (448.2 ha) y está subdividido en seis segmentos (DRNA, 1986). La elevación de sus terrenos varía desde 5 hasta 50 metros (DRNA, 1986).

Los problemas que mayormente afectan este bosque estatal son la presión continua y creciente para la utilización de sus terrenos para prácticas agrícolas y para vivienda; además de la presencia del vertedero municipal en sus lindes. Es la cercanía del vertedero municipal lo que puede explicar el aumento en las poblaciones de ratas, mangostas y ratones que afectan la vida silvestre del área (DRNA, 1986).

### *Bosque Estatal San Patricio*

El Bosque Estatal San Patricio abarca un área total de 70 cuerdas que se dividen en 53 cuerdas llanas y 17 cuerdas de terrenos calizos (un mogote) (DRNA, 2001). Está ubicado entre las urbanizaciones Villa Borinquen, Borinquen Towers y Caparra Heights de San Juan. Una base de la Marina de los Estados Unidos estuvo localizada en estos terrenos por espacio de 20 años, hasta que a finales de la década de 1960 los terrenos fueron traspasados para la construcción de viviendas de interés social o lo que hoy es el Departamento de la Vivienda. Nunca fue desarrollado para los propósitos para los que fue traspasado, permitiéndole recuperar espontáneamente una cubierta forestal; convirtiéndose en refugio y hábitat de especies de aves, reptiles y anfibios.

### *Bosque Estatal de Guánica*

El Bosque Estatal de Guánica está compartido por los pueblos de Guánica, Yauco, Guayanilla, Peñuelas y Ponce, ocupando un área de aproximadamente 11,000 cuerdas. En los municipios de Peñuelas y Ponce solamente se encuentran algunos islotes de mangle. Este bosque tiene la distinción en el mundo entero de ser probablemente el Bosque Subtropical Seco mejor preservado y menos alterado por el hombre, por lo que además de ostentar las designaciones de bosque estatal, reserva natural y refugio de vida silvestre, también está protegido por la Organización de Educación Científica y Cultural de

las Naciones Unidas (UNESCO) bajo el Programa el Hombre y la Biosfera. Debido a ello ha sido proclamado como Reserva Biosférica Internacional en Puerto Rico. Esta compuesto por arrecifes de coral, manglares, playas, salitrales, lagunas y ciénagas, bosque de matorral, bosque xerofítico de calizas, bosque deciuo, bosque semi-siempre verde y cayos de mangle. Una de las áreas de más interés turístico en el bosque son los Cayos de Caña Gorda, islotes que poseen abundancia y diversidad de peces de gran interés comercial y recreativo en sus aguas marinas asociadas.

La zona ocupada por el bosque es la más seca y de mayor radiación solar en Puerto Rico (DRNA, 1986). Los fuertes vientos, el salitre y la escasez de agua presentes en esta área natural le confiere condiciones adversas que limitan el crecimiento de la vegetación. Por esta razón encontramos una flora adaptada a la zona, tales como: suculentas, cactáceas y árboles y arbustos espinosos. Sin embargo, se han identificado más de 700 especies de plantas; de las cuales 246 son leñosas espinosos; 48 están consideradas como raras en Puerto Rico o en peligro de extinción y 16 son endémicas a la Isla (DRNA, 1986).

### Reserva Naturales

Como principio fundamental del Plan de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico, aquellas áreas con recursos costeros de importancia y que están sujetas a serios conflictos de uso, son designadas como reservas naturales para procurar conservarlas, preservarlas o restaurarlas a su condición natural (DRNA, 2004). Sin embargo, el término reserva natural también se utiliza, primordialmente por la Legislatura, para designar aquellas áreas que por sus características físicas, ecológicas, geográficas o por el valor de los recursos naturales existentes en ellas ameriten ser conservadas, preservadas o restauradas a su condición natural; independientemente de si están o no presentes recursos costeros.

En Puerto Rico existen 37 reservas naturales; 29 designadas por vía administrativa bajo el Programa de Manejo de la Zona Costanera, siete (7) mediante leyes y una por encomienda de una Orden Ejecutiva. Dentro de las *áreas restringidas* identificadas en el Estudio del Carso encontramos las siguientes reservas naturales:

### *Reserva Natural Laguna Tortuguero*

La Reserva Natural Laguna Tortuguero, una de las dos lagunas de agua dulce naturales en Puerto Rico, está ubicada entre los municipios de Vega Baja y Manatí. La reserva se compone de terrenos anegados, terrenos firmes que incluyen rasgos cárscicos y otra laguna de hidrología laminar, La Laguna Rica. La Ciénaga Cabo Caribe consiste de terrenos anegados en la llanura del extremo oriental de la reserva; ésta fue drenada parcialmente a través de la construcción de un sistema de canales como un intento de adecuarlos al cultivo cañero en el pasado. El abandono del manejo del sistema de canales y de la actividad agrícola ha permitido revertir su hidrología en cierto grado, combinándose al presente zonas de agua abierta en canales menos sedimentados con la proliferación de áreas de eneas.

Este sistema recibe agua de dos fuentes principales: el agua subterránea del Acuífero Aymamón y el agua de lluvia, que al caer en la cuenca se filtra y llega a éste. Finalmente, el agua contenida en el sistema, que se estima en 708 millones de galones, llega al mar a través de un canal que conecta la Laguna Tortuguero con el mar. Este canal es particularmente importante porque permite el paso de manatíes pequeños y peces hasta el sistema. Esta área natural protegida se distingue por su gran diversidad en especies de flora y fauna. Se han identificado 717 especies de plantas pertenecientes a 119 familias, de éstas, cerca de 40 especies son raras y dos de ellas se han designado en peligro de extinción, 4 de estas especies son plantas insectívoras;

83 especies de aves, 30 de las cuales son migratorias y cuatro endémicas; y 23 especies de peces.

También está establecida en este sistema una población de caimanes (*Caiman crocodilus*). Se entiende que probablemente esta población sea el resultado de la liberación o escape de la especie cuando la misma se permitía como mascota en Puerto Rico. La importación y compra-venta de caimanes como mascotas se permitió hasta el 1986, cuando estas actividades se prohibieron con la aprobación del Reglamento para regir la conservación y el manejo de la vida silvestre, las especies exóticas y la caza en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Actualmente esta reserva se encuentra seriamente amenazada por la contaminación y erosión resultantes de los proyectos de construcción, cada vez más cercanos a sus lindes, poniendo en peligro la calidad de sus aguas y la estabilidad de sus habitáculos.

#### *Reserva Natural Pantano Cibuco*

La Reserva Natural Pantano Cibuco se encuentra en Vega Baja, ocupando un área aproximada de 1,000 cuerdas (DRNA, 1992). Esta reserva, además del Pantano Cibuco, también incluye el sistema de cayos y arrecifes conocidos como Isletas Garzas.

En el pasado sus terrenos fueron utilizados para prácticas agrícolas, especialmente para el cultivo de caña de azúcar y ganadería. Para cumplir con estos propósitos se deforestó el área y se construyeron los Caños Cabo Caribe y Las Pozas para poder drenarle. Actualmente, el pantano, por tener un nivel freático en o cerca de la superficie, se inunda frecuentemente por el desbordamiento del Río Cibuco, el Caño Cabo Caribe, Las Pozas y las aguas de

escorrentías. Además de recibir agua de estas fuentes, en el Pantano Cibuco se han identificado cuatro manantiales por donde afloran acuíferos aluviales y artesianos (DRNA, 1992).

Por su cercanía a la Reserva Natural Laguna Tortuguero, esta otra reserva natural se enfrenta a los mismos problemas que la primera.

### *Reserva Natural Río Indio*

El Río Indio es el mayor afluente del Río Cibuco. El mismo discurre por la Provincia del Carso Norteño, uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad de la Isla, y que hace recarga en los acuíferos.

La Legislatura estimó que el área que comprende toda la cuenca hidrográfica relacionada al Río Indio requiere urgente atención para evitar su deterioro debido a la presión de desarrollos residenciales y comerciales. A estos efectos aprobó la Ley Núm. 471 del 23 de septiembre de 2004 en la que propone proteger un área de alrededor de 1,817 cuerdas, todas comprendidas en el municipio de Vega Baja. Los terrenos designados mediante esta ley crearán un corredor ecológico que ayudara a reducir la fragmentación de ecosistemas, así como de aquellas áreas naturales de importancia o protegidas cercanas, tales como: Reserva Natural Pantano Cibuco, Bosque Estatal de Vega, Balneario de Puerto Nuevo y los humedales de Algarrobo.

### *Reserva Natural Sistema de Cuevas y Cavernas de Aguas Buenas*

La Reserva Natural del Sistema de Cuevas y Cavernas de Aguas Buenas se localiza entre los municipios de Aguas Buenas y Caguas. A través de este sistema discurren superficial y subterráneamente, las aguas producto de las lluvias en el área; las cuales al unirse dan origen al Río Cagüitas. Sin embargo,

aún en conocimiento de la importancia de este sistema natural las presiones de desarrollo dentro y en los alrededores del mismo son cada vez mayores; por lo que la Asamblea Legislativa determinó que era imprescindible protegerlo. La aprobación de la Ley Núm. 245 del 19 de octubre de 2002 cumplió con este propósito al designar esta área como reserva natural.

### *Reserva Natural Isla de Mona e Islote de Monito*

La Reserva Natural Isla de Mona e Islote de Monito está compuesta por dos islas con características independientes, por lo que ambas serán descritas por separado.

La Isla de Mona está localizada a unas 50 millas náuticas al oeste de Mayagüez. Mide unas 14,043 cuerdas y deriva su nombre del vocablo arauaco Amoná, que significa "lugar de reposo", haciendo alusión al hecho de que la isla era un punto de descanso en el viaje entre la Española y Borinquen. La isla es predominantemente una meseta de piedra caliza rodeada de acantilados interrumpidos por fajas de playas. Como parte de su topografía y por su composición geológica en la isla se pueden encontrar muchas cuevas, entre las que se han descubierto petroglifos indígenas, piscinas naturales y hermosas formaciones rocosas típicas de áreas cársicas.

Por su clima seco y territorio limitado, se considera a la isla como un área de poca vegetación; sin embargo, se han descrito unas 413 especies de plantas, de las cuales 5 son endémicas (3 arbustos, 1 epífita y 1 enredadera) y 162 son exóticas en la isla. La flora de Isla de Mona se parece a la del suroeste de Puerto Rico, pero también tiene semejanza con la de la República Dominicana. Entre su vegetación encontramos árboles venenosos o urticantes, con los cuales debemos evitar contacto, los cuales son: el papayo (*Metopium toxiferum*), el manzanillo (*Hippomane mancinella*), el chicharrón (*Comocladia dodonaea*) y el

indio desnudo (*Euphorbia petiolaris*). Otras especies florísticas comunes son: el almácigo (*Bursera simaruba*), el roble blanco (*Tabebuia heterophylla*), el jagüey blanco (*Ficus citrifolia*), la tea (*Amyris elemifera*), el higo chumbo (*Harrisia portoricensis*), el cacto lanoso (*Mammillaria nivosa*), la pitahaya (*Hylocereus trigonus*), el melón de costa (*Melocactus intortus*), el cacto gato (*Opuntia repens*), la tuna (*Opuntia rubescens*), el dildo (*Pilosocereus royerii*) y el dildo español (*Stenocereus peruvianus*).

En esta isla podemos observar una fauna variada y diversa entre la que encontramos insectos, reptiles, mamíferos, aves, invertebrados terrestres y marinos, y un anfibio. Entre aquellas especies más conocidas y que son fácilmente avistadas encontramos la iguana de Mona (*Cyclura stejnegeri*), cabros (*Capra hircus*), cerdos (*Sus scrofa*), gatos ferales (*Felis silvestris*), cobo ermitaño (*Coenobita clypeatus*), tórtola cardosantera (*Zenaida aurita*), chirre de cola blanca (*Phaethon lepturus*) y tijerilla (*Fregata magnificens*). En las áreas llanas de la costa podemos encontrar insectos venenosos, tales como: araña viuda negra, escorpiones y ciempiés. Además, por sus aguas costeras conservarse en perfecto estado natural, en ella se desarrolla una abundante vida marina; reflejándose con las 270 especies identificadas entre Isla de Mona y el Islote de Monito.

El Islote de Monito, por su parte, es una pequeña isla que se encuentra localizada a unas 1.25 millas de la Isla de Mona en dirección norte-noroeste. Su área total es de 40.7 cuerdas, aproximadamente. El islote es una meseta de piedra caliza bordeada solamente por acantilados que pueden llegar a medir unos 200 metros de altura, lo que hace al mismo prácticamente inaccesible. Esta meseta es el área de anidaje de un gran número de aves, tales como: tijeretas, pelícanos, chirres, bobas y gaviotas; las cuales contribuyen en la aportación de nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. La vegetación que cubre este islote no es muy alta, la cual está dominada por el

paliguan (*Capparis flexuosa*) y algunos árboles emergentes de jagüey blanco (*Ficus citrifolia*), uña de gato (*Pithecellobium unguis-cati*) y *Guapira discolor*. El Islote de Monito posee unas 37 especies de flora en total.

### *Reserva Natural Punta Guaniquilla*

La Reserva Natural Punta Guanaquilla está ubicada en el municipio de Cabo Rojo y se extiende nueve millas náuticas mar afuera a partir de la línea de la costa oeste. La misma está constituida por dos lagunas salobres, arrecifes de coral, pantanos, colinas calizas, cuevas, salitrales, manglares y bosque seco, entre otros ecosistemas (DRNA, 2002). La porción terrestre cubre un área estimada de 431.92 cuerdas (DRNA, 2002). Esta reserva natural es administrada por el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico.

Las dos lagunas salobres, que en conjunto abarcan aproximadamente 33.08 cuerdas, se encuentran al sur-suroeste de la reserva como parte de una llanura inundable (DRNA, 2002). La laguna más hacia el oriente, que tiene una extensión estimada de 24.17 cuerdas, posee una serie de promontorios calizos que sobresalen de sus aguas o substratos (DRNA, 2002). Asimismo, como parte de la geomorfología calcárea del lugar se pueden observar algunas colinas calizas, las cuales no sobrepasan los 46 metros de altura (DRNA, 2002), y en las que podemos encontrar cuevas solitarias o sistemas cavernosos.

La flora que ha sido identificada en la Reserva Natural incluye 89 especies de árboles, 77 especies de plantas herbáceas y 46 especies de arbustos (DRNA, 2002). De todas estas especies las 7 que son endémicas de Puerto Rico son: la palma de lluvia (*Gaussia attenuate*), la ausuba (*Manilkara pleeana*), el San Bartolomé (*Cordia rickseckeri*), la bromelia (*Hohembergia antillana*), el marunguey (*Zamia portoricensis*), la *Poitea paucifolia* y la *Rondeletia inermes*

(DRNA, 2002). Con respecto a las aves, 81 especies han sido reportadas en la reserva, siendo 6 de éstas endémicas (DRNA, 2002).

### *Reserva Natural Caja de Muerto*

La Reserva Natural Caja de Muertos se encuentra localizada a 4.8 millas náuticas de la costa sur de Ponce. Esta reserva está compuesta por Isla Caja de Muertos, Islote Morrillito y Cayo Berbería.

La Isla Caja de Muertos mide 2.75 km de largo y 1.85 km de ancho. Entre sus atractivos naturales encontramos playas arenosas, arrecifes de coral, praderas de yerbas marinas, manglares, costa rocosa, bosque seco, cuevas, y áreas de anidaje de aves y tortugas marinas. Tiene muy poca fauna y su flora se compone principalmente de maleza, cactus y árboles pequeños. Algunas de las especies de árboles que podemos observar están el manzanillo, la tea, el limoncillo, el bariaco, hoja menuda, el guayacancillo, el espinillo, las uvas playeras y mangle rojo y blanco. La isla no posee ríos, quebradas ni lagunas. La Isla cuenta con un faro, monumento histórico, construido por el gobierno Español en el 1880. Esta Isla ha sido llamada de diferentes maneras a través del tiempo, pero fue en el siglo XVIII que un escritor francés la llamó "Coffre A'morr" (Caja de Muertos), haciendo alusión a que cuando se observa la Isla desde cierto punto da la impresión de ver la figura de un muerto extendido sobre el borde de un ataud, nombre que se ha perpetuado hasta nuestros días.

El Islote Morrillito se encuentra ubicado al suroeste de la Isla Caja de Muertos. El Cayo Berbería se considera un islote de mangle, el cual está localizado a unos 5.5 km al noreste de la Isla Caja de Muertos. Tiene 1.5 km de largo y 200 m de ancho. Esta cubierto con una abultada vegetación de mangle rojo, con presencia de mangle negro en sus bordes; tierra adentro el mangle rojo se entremezcla con mangle blanco.

## Hábitat Natural Crítico

Un Hábitat Natural Crítico es designado por el Secretario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, al amparo de la Ley Núm. 241 del 15 de agosto de 1999, según enmendada y conocida como “Nueva Ley de Vida Silvestre”, y del Reglamento para regir las especies vulnerables y en peligro de extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico (Reglamento Núm. 6766 del 11 de febrero de 2004). En este reglamento se definen dos clases: hábitat natural crítico y hábitat natural crítico esencial. Un hábitat natural crítico son aquellos terrenos específicos dentro del área geográfica donde se encuentra o puede ser reintroducida una especie designada como vulnerable o en peligro de extinción que posee características físicas y biológicas esenciales para la conservación de la especie y que necesita protección o manejo especial. Un hábitat natural crítico esencial es todo hábitat necesario para la supervivencia de especies vulnerables o en peligro de extinción que posea características físicas y biológicas esenciales para la conservación de la especie y que necesiten protección o manejo especial.

Hasta el momento el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales ha designado como hábitat natural crítico esencial un área para una especie nueva y ha adoptado y designado las áreas ya denominadas por el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre para seis especies en peligro de extinción. De estas siete especies cinco tienen hábitats naturales críticos esenciales designados que están contenidos, parcial o totalmente, dentro de las *áreas restringidas* identificadas en el Estudio del Carso (Anejo 1). Estas especies son: el coquí llanero (*Eleutherodactylus juanariveroi*), la mariquita (*Agelaius xanthomus*), la iguana de Isla de Mona (*Cyclura cornuta stejnegeri*), la boa de Isla de Mona (*Epicrates monensis*) y el gecko del Islote de Monito (*Sphaerodactylus micropithecus*).

### Bosques Auxiliares

A través de su Negociado de Servicio Forestal, el DRNA designa, con el consentimiento voluntario del titular, terrenos privados bajo el Programa de Bosque Auxiliares, como estrategia para la conservación de terrenos forestados en manos privadas. Este Programa provee a los propietarios de los terrenos exención contributiva sobre la propiedad y sobre cualquier ingreso proveniente de la venta de productos forestales de estos terrenos mientras mantenga las condiciones y cumpla con los requisitos mínimos del Programa. Un total de 107 bosques auxiliares con 11,668. cuerdas de terrenos forestales están acogidos a este Programa en todo Puerto Rico (DRNA, 2006).

### Áreas con prioridad de conservación

El DRNA, a través del Programa de Patrimonio Natural, mantiene un inventario de aquellas especies de flora y fauna que sean consideradas como especies raras en Puerto Rico (tanto nativas como endémicas); vulnerables o en peligro de extinción; así como de comunidades naturales. Estas especies y comunidades naturales son conocidas bajo el Programa como elementos críticos. De esta manera cuando se identifican elementos críticos en un área o región particular, la misma es evaluada y un perímetro es delimitado. El área contenida dentro del perímetro, que de ser protegida, aseguraría la supervivencia de los elementos críticos, entonces es denominada como un área con prioridad de conservación al amparo de la Ley Núm. 150 del 4 de agosto de 1988, conocida como "Ley del Programa de Patrimonio Natural de Puerto Rico".

En Puerto Rico se han identificado 93 áreas con prioridad de conservación; algunas de las cuales pueden incluir, parcial o totalmente, áreas naturales ya protegidas (bosques estatales, reservas naturales, refugios de vida silvestre

estatales y federales, reservas marinas, hábitat crítico, etc.), áreas centrales para las aves acuáticas y áreas críticas para la vida silvestre.

Aquellas áreas con prioridad de conservación que están, total o parcialmente, comprendidas dentro del área delimitada por el Estudio del Carso son:

- Bahía Ballena, Guánica
- Bajura, Isabela-Aguadilla
- Bosque de San Patricio, San Juan
- Cañón Las Bocas, Barranquitas-Comerío
- Caliza Los Peñones, Lajas- San German-Cabo Rojo
- Carso Arrozal-Biáfara, Arecibo
- Carso del Noroeste, Aguadilla-Moca-Isabela
- Carso del Norte, Bayamón-Toa Baja-Toa Alta-Dorado-Vega Alta-Morovis-Corozal-Vega Baja-Manatí-Barceloneta-Florida
- Carso Río Abajo, Utuado-Arecibo
- Carso Río Camuy, Camuy
- Cayo Berbería y Reserva Natural Isla Caja de Muerto, Ponce
- Cerro Cuevas, Juana Díaz
- Cordillera Central (desde Orocovis hasta Maricao)
- Cuevas de Aguas Buenas, Aguas Buenas-Caguas
- Hábitats del Guabairo, Guánica-Yauco-Peñuelas-Guayanilla
- Hábitats del Sapo Concho, Isabela
- Humedales, Acantilados y Bosques Costeros del Noroeste, Aguadilla-Isabela
- Islas de Mona y Monito
- Joyudas – Lagunas Cabo Rojo, Mayaguez-Cabo Rojo
- Laguna Tortuguero, Cabo Caribe, Vega Baja-Manatí
- Megareserva del Carso, Ciales-Florida-Arecibo-Manatí

- Mogotes Río Lajas y Névarez, Bayamón-Toa Baja-Toa Alta-Dorado
- Piñones- Río Mameyes, Loíza-Río Grande
- Quebrada Bellaca, Quebradillas
- Región Montañosa Bosque Estatal Carite, Cayey
- Río Guajataca y Desfiladeros, Quebradillas-Isabela

### Áreas Críticas para la vida silvestre

El concepto de áreas críticas para la vida silvestre fue por primera vez utilizado en el 1974 por Carlos Carrera, empleado del entonces Departamento de Recursos Naturales, durante el Primer Simposio de los Recursos Naturales. En su trabajo Carrera define un área crítica como cualquier habitáculo que es indispensable para la supervivencia de una especie o un grupo de especies y estipula los criterios para la identificación de estas áreas. En el 1979 Herbert Raffaele y Joan M. Duffield prepararon el documento Critical Wildlife Areas of Puerto Rico, en el que identificaron 81 áreas utilizando la metodología desarrollada por el señor Carrera.

En el 1988 el entonces Departamento de Recursos Naturales, hoy DRNA, revisó este documento enfocando sus esfuerzos primordialmente en las áreas costeras y en las islas satélites de Puerto Rico. Debido a que solo se evaluaban áreas en la zona costanera, se desarrolló un grupo diferente de categorías para llevar a cabo este trabajo. De este esfuerzo se produjo el documento Critical Coastal Wildlife Areas of Puerto Rico, en el cual se identificaron 74 áreas.

En enero de 2005 el DRNA publicó el documento Puerto Rico Critical Wildlife Areas, una revisión y actualización de los documentos del 1979 y 1988. Para este trabajo se utilizaron todos los criterios utilizados en las publicaciones

pasadas y en el cual se identificaron 87 áreas críticas para la vida silvestre de Puerto Rico.

Contenidas dentro de las *áreas restringidas*, según identificadas en el Estudio del Carso, encontramos las siguientes áreas críticas para la vida silvestre:

- Bosque Estatal de Río Abajo
- Mogotes en la Base Buchanan
- Isla Caja de Muerto
- Punta Ventana
- Bosque Estatal de Guánica
- Bosque Estatal de Guajataca
- Embalse Guajataca
- Quebrada Bellaca
- Bosque Estatal de Cambalache
- Punta Guaniquilla
- Isla de Mona
- Islote de Monito
- Barrio Coto y los desfiladeros de Guajataca
- Laguna Tortuguero
- Pantano Cibuco
- Bosque Estatal de Vega
- Mogotes Río Lajas y Nevárez

#### Áreas centrales para las aves acuáticas

El Estado Libre Asociado de Puerto Rico, a través del DRNA, forma parte de la Iniciativa Conjunta de la Costa Atlántica ("Atlantic Coast Joint Venture"). La Iniciativa es un esfuerzo conjunto entre todos los estados y territorios de los Estados Unidos que pertenecen a las rutas migratorias de aves acuáticas en la

costa del Atlántico Norte; el cual tiene como propósito crear y mantener una base de datos científicos que ayude en la evaluación, planificación e implementación en los trabajos de conservación. Con esta base de datos se identifican y conservan áreas claves para la reproducción, migración e invernación de las especies de aves acuáticas con prioridad en las rutas migratorias de la costa del Atlántico Norte, las cuales se conocen como Áreas Centrales para las Aves Acuáticas (“Waterfowl Focus Areas”). Estas áreas están constituidas principalmente por humedales y otros hábitáculos no costeros asociados.

Los criterios que se utilizan para designar las áreas son:

1. Importancia regional que tiene el área en una o más etapas de vida o del uso durante temporadas para las aves migratorias.
2. Calidad del paisaje, nivel de conservación y biodiversidad.
3. Demostrar una clara importancia ornitológica con la presencia de hábitáculos diferenciados y distintivos o heterogéneos y compuestos.
4. Ser lo suficientemente grande como para proveer todos los requisitos necesarios para la supervivencia de las aves durante la temporada en que el área se ha identificado como importante; excepto cuando áreas pequeñas y discontinuas son identificadas como críticas para la supervivencia y existe una conexión biológica entre ellas.

En Puerto Rico se han designado 20 áreas centrales para las aves acuáticas, de las cuales solo una se encuentran dentro del área delimitada por el Estudio del Carso: Pantano Cibuco. Esta área se describe en la publicación del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales Puerto Rico Waterfowl Focus Areas (2005).

## Otras áreas ó recursos naturales importantes

Además de las áreas naturales protegidas que son administradas y manejadas por el DRNA también encontramos áreas que poseen importantes recursos naturales y están bajo la administración y manejo de otras agencias o han sido adquiridas o son administradas por organizaciones sin fines de lucro que como principal objetivo tienen la protección de los recursos naturales. Adelante mencionamos estas áreas:

### *Las Cuevas del Barrio Guayabal en Juana Díaz*

El Cerro Las Cuevas del Barrio Guayabal en Juana Díaz fue declarado monumento natural mediante la Ley Núm. 129 del 21 de julio de 2000. Esta medida se tomó tomando en consideración que el DRNA recomendó que el mismo fuera protegido de posibles desarrollos, que se promoviera la reforestación del área y se designara como bosque.

### *Reserva Natural Mata de Plátano*

Aunque su nombre incluyó el término Reserva Natural, esta área natural no posee la mencionada designación. La misma abarca un área de aproximadamente 144.27 ha. Esta área pertenece y es manejada por la organización no gubernamental Ciudadanos del Karso, Inc.

### *Finca Guillermety*

Propiedad de Ciudadanos del Karso, Inc. que abarca unas 195.02 ha.

### *Parque Nacional Cavernas del Río Camuy*

Es un sistema de cuevas, sumideros y segmentos subterráneos del Río Camuy. Este sistema está ubicado en unas 300 cuerdas de terreno entre los municipios de Camuy, Hatillo y Lares. El mismo es administrado por la Compañía de Parques Nacionales.

Entre algunas de las atracciones que se encuentran en este lugar está el Sumidero Tres Pueblos, impresionante depresión con 400 pies de profundidad y 650 pies de diámetro en cuyo fondo se puede ver el Río Camuy; la Cueva Clara de Empalme, amplia cueva en la que se observan ejemplos de variadas geoformas (estalactitas, estalagmitas, columnas, cortinas, sorbetos, excéntricas, etc.) y la cual está preparada para la visitación con rampas, veredas, puentes y caminatas guiadas.

### *Parque Nacional de la Zona Cárstica del Río Tanamá*

Mediante la Ley Núm. 395 del 21 de septiembre de 2004 se designó el Parque Nacional de la Zona Cárstica del Río Tanamá. La designación del área, que ocupa unas 3,800 cuerdas en los municipios de Utuado, Hatillo y Arecibo, tiene como propósito la protección de los recursos naturales, culturales y paisajísticos que allí se encuentran. En los terrenos designados se incluyen aquellos que se extienden longitudinalmente por el Río Tanamá, en un trecho aproximado de 19.2 kilómetros, comenzando por el sur en el barrio Caguana, aledaño al Parque Ceremonial Indígena, continuando hacia el norte a lo largo del Río Tanamá entre los barrios Santa Rosa y Hato Nuevo al este y hacia el oeste colindando con los barrios Ángeles, Aibonito, Esperanza y Dominguito hasta Cueva Ventana; en el área de la desembocadura del Río Grande de Arecibo con los barrios Dominguito y Tanamá por el norte. En esta ley se le ordena a la Compañía de Parques

Nacionales hacer el mapa y desarrollar un plan para la conservación y manejo de este parque.

El Río Tanamá, uno de los componentes naturales más importantes de este parque nacional, nace en Adjuntas y transcurre por un complejo sistema de túneles y cañones hasta su unión al Río Grande de Arecibo. En su paso a través de la Provincia del Carso Norteño el Río Tanamá aporta agua a los acuíferos. Asimismo, el área posee diversidad de formaciones geomorfológicas calizas (mogotes, farallones, cuevas, cavernas, sumideros) que hacen de la misma un tesoro desde el punto de vista paisajístico.

La presencia en esta zona de tan importante cuerpo de agua y la variada topografía, hacen de la misma una rica en microhabitáculos, lo que a su vez promueve la diversidad en la flora y fauna. Sin embargo, la riqueza en microhabitáculos hace de este lugar el único o especial refugio para algunas especies.

Aunque el área está relativamente poblada y la infraestructura es escasa, su designación busca evitar o detener aquellas acciones humanas (extracción de corteza terrestre, contaminación de acuíferos, etc.) que puedan poner en peligro los recursos que allí se encuentran; además de actuar como corredor ecológico para las especies presentes en el Bosque Estatal de Río Abajo.

Actualmente el Proyecto del Parque Nacional del Río Tanamá se encuentra en la fase de adquisición de los terrenos, entre los que se han identificado áreas con potencial para la ubicación de un Centro de Visitantes y una Hospedería Ecoturística.

### *Parque Nacional Julio Enrique Monagas*

Esta área pertenece al sistema de parques nacionales administrados por la Compañía de Parques Nacionales. El parque es un abra rodeado de mogotes que pertenecen a la zona cársica de Puerto Rico. En el mismo se proveen espacios para caminar, trotar, observar flora y fauna, fotografiar la naturaleza y paisajes, meditar acampar y cabalgar (Escuela Ecuestre). Otras actividades permitidas en este lugar lo son el senderismo, escalar montañas, ciclismo de montaña y observación astronómica, entre otras.

### *Área Natural Protegida del Río Encantado*

El Área Natural Protegida del Río Encantado abarca unas 826 cuerdas y se encuentra localizada entre los municipios de Manatí, Florida y Ciales<sup>16</sup>. Es administrada y manejada por el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico.

Esta área natural está contenida dentro de la Provincia del Carso Norteño, por lo que sus terrenos sirven como parte de la zona de recarga del norte de la Isla, ayudando a nutrir los acuíferos de la zona; además, de los ríos subterráneos. El Río Encantado, principal recurso natural del área, es el río subterráneo más largo de Puerto Rico. El mismo está asociado a un impresionante sistema de cuevas y cavernas.

## **F. Valor añadido**

De la Exposición de Motivos de la Ley Núm. 292, supra, se desprende que nuestros legisladores se preocuparon por cómo las actividades descritas como dañinas afectaban no solo a la geología, el recurso agua y la biota, sino también

---

<sup>16</sup> Área Natural Protegida del Río Encantado, Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico ([www.fideicomiso.org](http://www.fideicomiso.org))

a aquellos lugares de alto valor recreativo, turístico, arqueológico y social o los paisajes. Es por esta razón que se añadieron, entre los criterios a utilizarse para evaluar la fisiografía cársica en el Estudio del Carso, otros que fueron nominados como valor añadido.



Foto 16. Paisaje observable en la Cueva Espinar en Isla de Mona. (Foto: Daniel Dávila)

Estos criterios buscaban identificar aquellas áreas que proveyeran un alto potencial recreativo y turístico, paisajes con calidad escénica o en los que estuvieran presentes valores arqueológicos o culturales.

La recreación ocupa un espacio importante en toda sociedad, ya que permite que se desarrollen actitudes y valores que promueven la convivencia, unen a las familias y fortalecen los lazos sociales. Las actividades recreativas pueden ser un medio por el cual los valores culturales, naturales e históricos se fomenten entre

nuestros ciudadanos, además de propiciar el desarrollo económico de nuestra sociedad. Entre las actividades recreativas o turísticas que se identificaron con una alta potencialidad de ser desarrolladas o practicadas en las zonas cársticas están senderismo, escalar, exploración de cuevas, observación de aves, agricultura turística, fotografía y exploración de ríos subterráneos, entre otras. Algunas de las áreas que presentaban la potencialidad de desarrollar las mismas o que ya proveían estas fueron: Parque de las Cavernas del Río Camuy, Parque Nacional de la Zona Cárstica del Río Tanamá, Bosque Estatal de Cambalache, Bosque Estatal de Guajataca, Cañón Las Bocas, Sistema de Cuevas El Convento y Reserva Natural Isla de Mona e Islote de Monito.

La observación de paisajes hermosos eleva el espíritu y crea una sensación de bienestar en las personas, además de evocar o crear gratos recuerdos. Cuando se evaluaron áreas en las que se pudieran apreciar paisajes con calidad paisajística se tomó en consideración la accesibilidad para llegar a los mismos y que desde donde fuera posible observar el paisaje no se observaran vistas que pudieran distraer al observador o disminuyeran el sentido de la experiencia. Entre las áreas que se identificaron que cumplieron con este criterio se encuentran: Cueva Ventana, Cañón Las Bocas, Desfiladeros de Guajataca, Punta Guaniquilla, Punta Ventana, Sumidero Tres Pueblos, Río Encantado, Quebrada Bellaca y Embalse Guajataca.

Para determinar qué áreas presentaban valores arqueológicos o culturales que merecían ser conservados se solicitó a la Oficina del Consejo de Arqueología Terrestre que nos identificaran aquellos recursos arqueológicos que estuvieran asociados a áreas cársticas y que su conservación fuese importante. Esta información nos fue provista con un estricto requerimiento de confidencialidad, según reconocido en la ley que crea esta instrumentalidad. La mayor parte de estos recursos estaban asociados a cuevas o sistemas cavernarios o cerca de cuerpos de agua. Entre los valores arqueológicos que se protegieron están los

petroglifos y pictografías indígenas y los remanentes de estructuras relacionadas con industrias o actividades ya desaparecidas (eg. siembra de caña de azúcar). Algunas de las áreas que poseen estos valores son: Isla de Mona, Cueva La Mora y áreas del municipio de Arecibo.

## Capítulo III

# Descripción y evaluación de los probables impactos adversos al medio ambiente

La adopción del Estudio del Carso no tiene impactos adversos al medio ambiente por el contrario los impactos son positivos ya que las *áreas restringidas*, según delimitadas por el Estudio, protegerán una representación adecuada de aquellos recursos geológicos, hidrológicos y bióticos que están presentes y definen los terrenos de fisiografía cársica en Puerto Rico. Con esto se procura conseguir la permanencia de un recurso que, una vez destruido, no puede ser remplazado, mejorar la calidad y cantidad de nuestros abastos de agua subterránea y permitir que las especies de flora y fauna que habitan en estas áreas se mantengan saludables o mejoren.

Entre los beneficios de este trabajo se destaca su utilidad como mecanismo para conectar terrenos protegidos que forman parte de las áreas naturales protegidas por el DRNA. La presencia y ubicación de los bosques de Guajataca, Río Abajo, Cambalache, y Vega en la zona cársica del norte configura una franja de terrenos designados como Bosques Estatales que puede utilizarse como punto de partida para conectar sistemas con prioridad de conservación que coincidan dentro de esta zona, conforme se documenta en el Estudio del Carso. Los Bosques Estatales, por ser terrenos protegidos por varias décadas, sirven como fuente de semillas, áreas de recarga de los acuíferos, refugios de vida silvestre y de la biodiversidad en general.

Además, la conservación de áreas naturales, sean cársicas o no, mejoran la calidad de vida de las comunidades sociales cercanas, a través de los beneficios que se derivan de: la reducción o amortiguamiento de los niveles de ruido; la

reducción de la erosión de los suelos; la reducción de sedimentos en los cuerpos de agua; el mejoramiento de la calidad de aire; y permitir el disfrute directo de los recursos y paisajes naturales. Este estudio protege y conserva terrenos en 42 municipios en Puerto Rico garantizando una mejor calidad de vida para sus ciudadanos.

## **Capitulo IV**

# **Descripción y evaluación de las alternativas consideradas al plan, política o programa propuesto**

El DRNA no consideró otras alternativas que no fueran la adopción del Estudio del Carso ya que este fue un mandato impuesto a través de la Ley Núm. 292, *supra*.

## **Capítulo V**

# **Evaluación de la relación entre usos a corto plazo del medio ambiente y la conservación, y el mejoramiento de la productividad a largo plazo dentro del contexto del plan, política o programa**

El propósito del estudio y la ley que lo origina es proteger y conservar los valores y funciones (ambientales y socioeconómicas) de la fisiografía cársica en Puerto Rico para el beneficio de las presentes y futuras generaciones. Dentro de los atributos a protegerse podemos mencionar los extensos y valiosos recursos geológicos, la variada y amenazada vida silvestre, los recursos escénicos, recreativos y turísticos, y sobre todo, la propiedad del carso de mantener la calidad y disponibilidad del recurso agua. Sin lugar a dudas este conjunto de atributos resultan esenciales para el desarrollo ambiental y económico del país. Dentro de este contexto podemos afirmar que la acción propuesta (el estudio y sus recomendaciones) van dirigidas, en todo su conjunto, a mantener un balance de usos que no represente una amenaza a la integridad de las áreas cársicas además de promover y mantener la productividad y uso juicioso de sus recursos. Es decir, en la medida que se logre proteger y conservar las funciones ofrecidas por las áreas cársicas, estaremos garantizando la permanencia de sus recursos, y la potencialidad de su aprovechamiento.

A tales efectos, luego de evaluar las implicaciones ambientales asociadas a dicho estudio podemos concluir que su adopción, como política pública ordenada por

ley, redundará a corto y largo plazo en un mejoramiento ambiental duradero de los valores contenidos en esta fisiografía.

## **Capítulo VI**

### **Descripción y evaluación de las medidas de prevención y reducción de los impactos negativos sobre el medio ambiente**

Al la acción no tener impactos negativos sobre el medioambiente no fue necesario desaerollar o evaluar medidas para prevenir los mismos.

## **Capítulo VII**

# **Evaluación de la interrelación y compatibilidad del plan, política o programa con otros planes locales, regionales, sectoriales y estatales**

Las áreas restringidas identificadas en el Estudio del Carso han sido delimitadas, como resultado del ejercicio técnico interdisciplinario e interagencial realizado, debido a su importancia geológica y geomorfológica, hidrológica, ecosistémica y demás valores añadidos de índole paisajísticos y culturales. Dichas áreas no puedan ser utilizadas bajo ningún concepto para la extracción de materiales de la corteza terrestre con propósitos comerciales, ni para explotaciones comerciales, según establece la Ley 292 de 21 de agosto de 1999, Ley para la Protección y Conservación de la Fisiografía Cársica de Puerto Rico. La política pública dictada por esta fuente estatutaria para dichas áreas una vez identificadas, persigue protegerlas, conservarlas y que sean manejadas a tono con sus valores y funciones naturales de relevancia para el interés público. Esta política pública es cónsona con los objetivos generales o particulares que se ha pretendido alcanzar a través de una serie de otros estatutos vigentes que hemos revisado como parte del Capítulo 1 de la presente DIA-E, los cuales también fijan responsabilidades al Gobierno Estatal a tono con la protección y sabio uso de los recursos naturales de que está dotada la Isla para el beneficio de todos y todas.

Con los estatutos evaluados claramente se ha estructurado, dentro del ordenamiento jurídico vigente en Puerto Rico, la sabia conservación de los

recursos naturales como política pública a nivel constitucional; la creación de estructuras administrativas gubernamentales (e.g., el DRNA, la JP y la CPN) para articular dicha labor mediante funciones definidas relacionadas a la protección de los recursos naturales, ya sea mediante la reglamentación de actividades de usos de recursos naturales particulares o a través de prohibiciones expresas de ley; mediante la zonificación y reglamentación del uso del suelo; o vía el manejo directo y adecuado de las áreas naturales del país con especial mérito para ello. Los recursos naturales geomorfológicos, hidrológicos, ecosistémicos, paisajísticos y culturales asociados a las *áreas restringidas* ubicadas en nuestras zonas cársicas están implicados, explícita o implícitamente, en particulares componentes de la normativa, programas y planes revisados y reciben inclusión en el ámbito de sus objetivos.

En lo particular, para que se pueda lograr la protección de la realidad físico-natural de estas *áreas restringidas* del carso puertorriqueño, el DRNA realizaría las gestiones pertinentes con la JP y con la Oficina del Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico (OPUTPR) para identificar y recomendar los mecanismos adecuados para establecer los usos de terreno de las zonas demarcadas que se presentan en el Estudio del Carso como Áreas de Planificación Especial; y áreas particulares de protección. Las gestiones estarían encaminadas a establecer la estrategia para zonificar las áreas de interés, a tono con los requerimientos de uso para ellas que establece la Ley 292 *supra*; algunas de estas gestiones conllevarán acciones conjuntas con ciertos municipios. La JP, como parte de sus responsabilidades, deberá identificar los gobiernos municipales que se integrarán y que los hemos mencionado previamente en el Capítulo 1, toda vez es el organismo en ley que revisa y aprueba las distintas etapas del proceso de ordenación del territorio que los municipios atienden mediante los Planes de Ordenación Territorial.

No obstante, es relevante mencionar que la actual Administración de Gobierno ha hecho expresiones referentes a que dará un nuevo giro al Plan de Usos de Terrenos (PUT)<sup>17</sup> para, según la JP, convertirlo en un instrumento de trabajo más flexible y dinámico que permita conocer mejor una región y su potencial desarrollo económico utilizando nuevas tecnologías. Para ello, utilizarán como documento maestro, el **Plan Integral de Desarrollo Estratégico Sostenible de Puerto Rico (PIDES)**, ya que, de acuerdo a la JP, éste establece la visión de futuro para el desarrollo económico, físico y social del país; este Plan debería estar listo a finales de octubre del 2009, y recién terminó la ronda de siete vistas públicas para el mismo en diferentes municipios de la Isla<sup>18</sup>. Como parte de las estrategias de dicha agencia se encuentra establecer unos Consejos de Gobierno Regionales para servir de eslabón entre los municipios y el gobierno central. El Plan incluye la creación de mapas regionales, que servirán de planes de ordenamiento de uso del terreno para identificar inversiones estratégicas en cada zona o región. Las áreas de protección presentadas en el Estudio del Carso deben ser incorporadas en estos mapas regionales, de igual manera que en los Planes de Ordenamiento Territorial de los 48 municipios en cuyo interior ubica la delimitación de estas áreas.

Por último, en lo referente a las facultades ministeriales y competencias del DRNA, la agencia reconoce como una acción viable a corto plazo atender el mandato expreso de la Ley 292 *supra* mediante la emisión de denegatorias a las solicitudes de extracción de material de la corteza terrestre para fines comerciales cuando se corrobore que efectivamente el lugar propuesto ubica dentro de las *áreas restringidas* del Estudio del Carso. La revisión del Reglamento Núm. 6916 de 17 de diciembre de 2004 (Reglamento para Regir la Extracción de Materiales de la Corteza Terrestre) se atiende al presente como acción complementaria a dicho objetivo. Por otra parte, el DRNA evaluaría las

---

<sup>17</sup> El Vocero. "Gobierno decreta fin del Plan de Uso de Terrenos". 7 de julio de 2009.

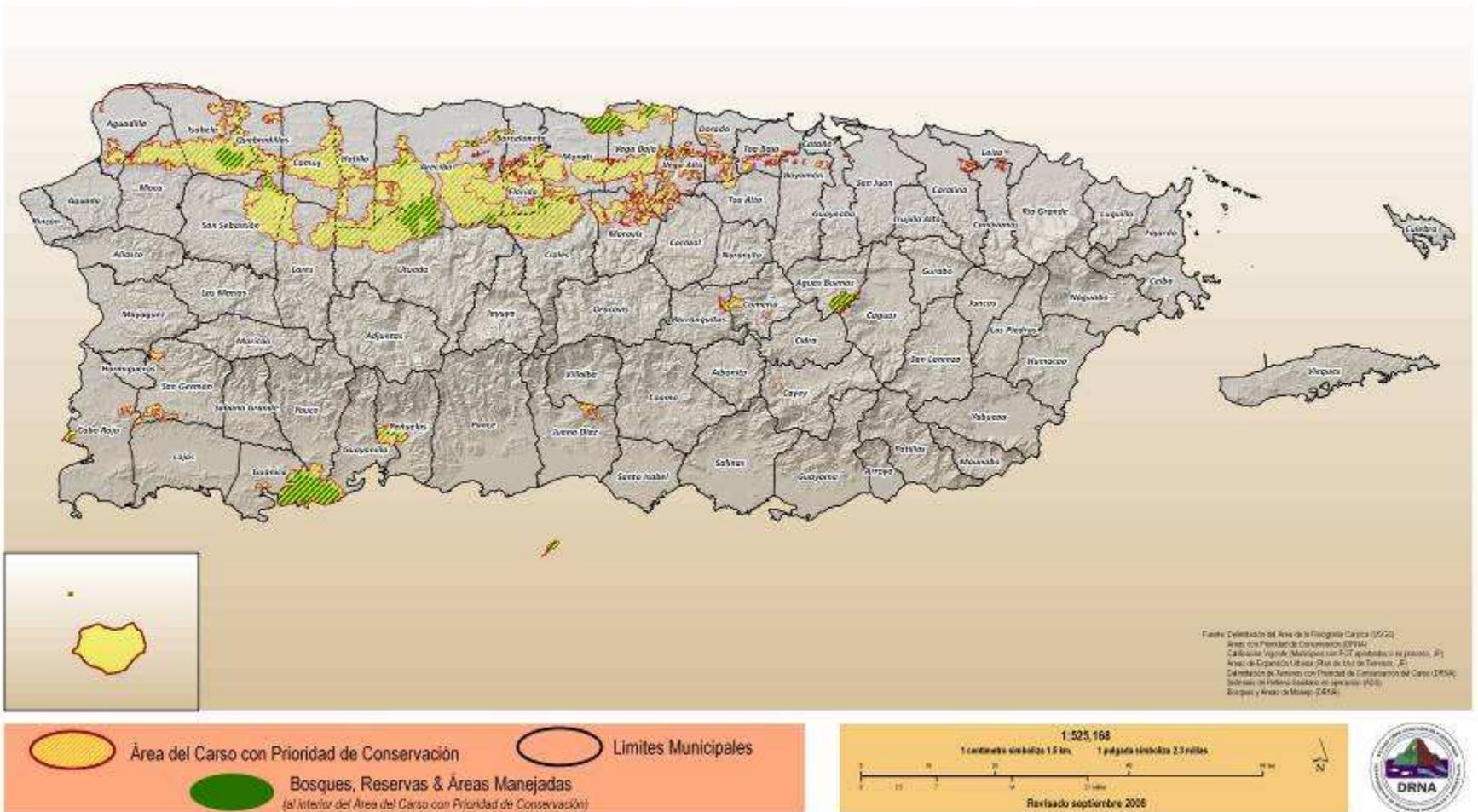
<sup>18</sup> El Nuevo Día. "Proponen empresas como eje económico. Culminan vistas públicas del Plan Integral de Desarrollo". 22 de septiembre de 2009.

solicitudes de extracción de la corteza terrestre para fines comerciales conforme a los estatutos vigentes cuando se corrobore que el lugar propuesto ubica fuera de las *áreas restringidas* o que, aunque se sitúen en éstas, el sitio esté severamente alterado por acciones humanas.

## **Apéndices**

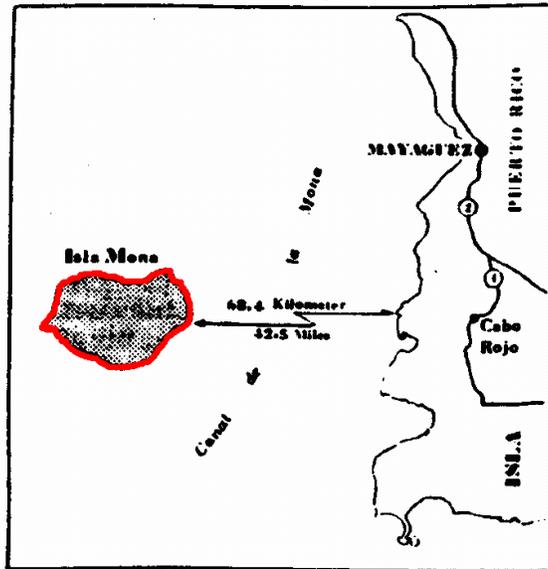
Mapa 1

# Terrenos del Carso con Prioridad de Conservación

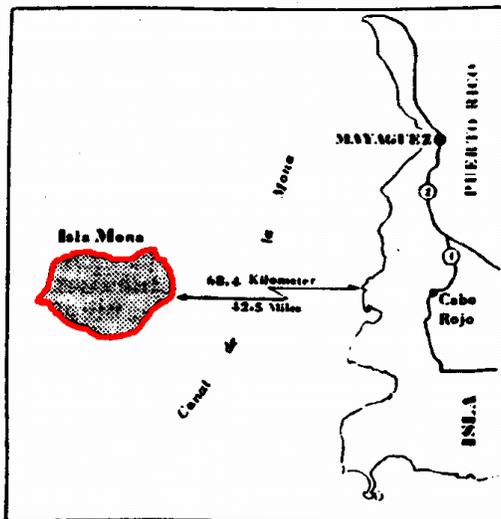


## Anejo 1: Áreas Designadas como Hábitat Natural Crítico Esencial localizadas dentro de las áreas restringidas del Estudio del Carso

1. Hábitat Natural Crítico Esencial de la iguana de Mona (*Cyclura stegnetjeri*)<sup>19</sup>



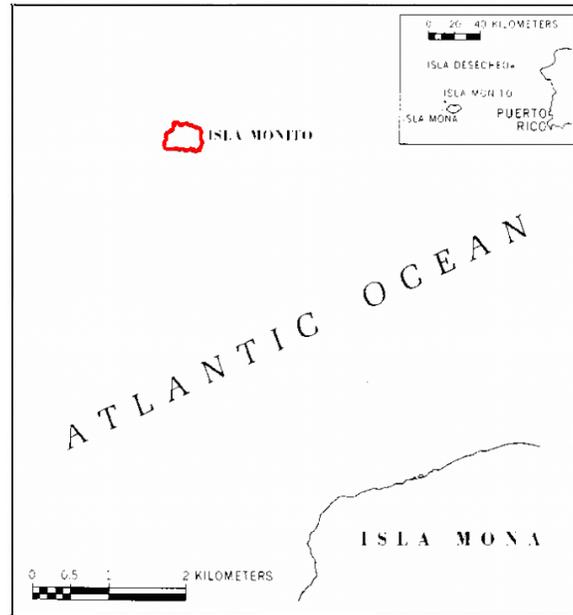
2. Hábitat Natural Crítico Esencial de la boa de Isla de Mona (*Epicrates monensis monensis*)<sup>20</sup>



<sup>19</sup> 50CFR Part 17.95(c), Electronic Code of Federal Regulations ([http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?sid=9b24c99ca6e666f94cbf987e17f70f05&c=ecfr&tpl=ecfrbrowse/Title50/50tab\\_02.tpl](http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?sid=9b24c99ca6e666f94cbf987e17f70f05&c=ecfr&tpl=ecfrbrowse/Title50/50tab_02.tpl)), 2005

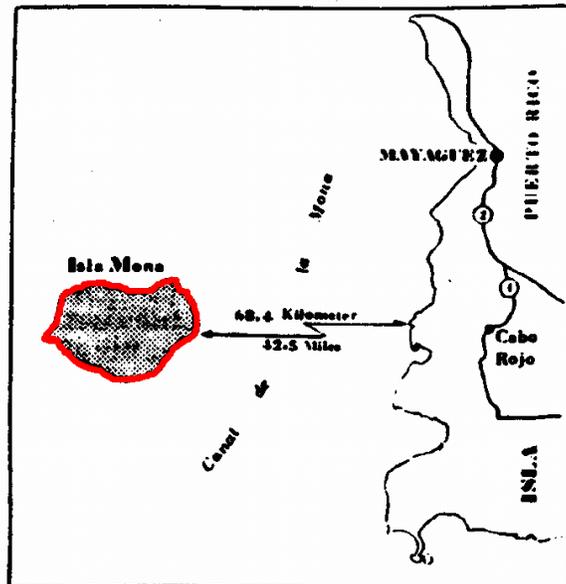
<sup>20</sup> Idem

3. Hábitat Natural Crítico Esencial del gecko del Islote Monito (*Sphaerodactylus micropithecus*)<sup>21</sup>



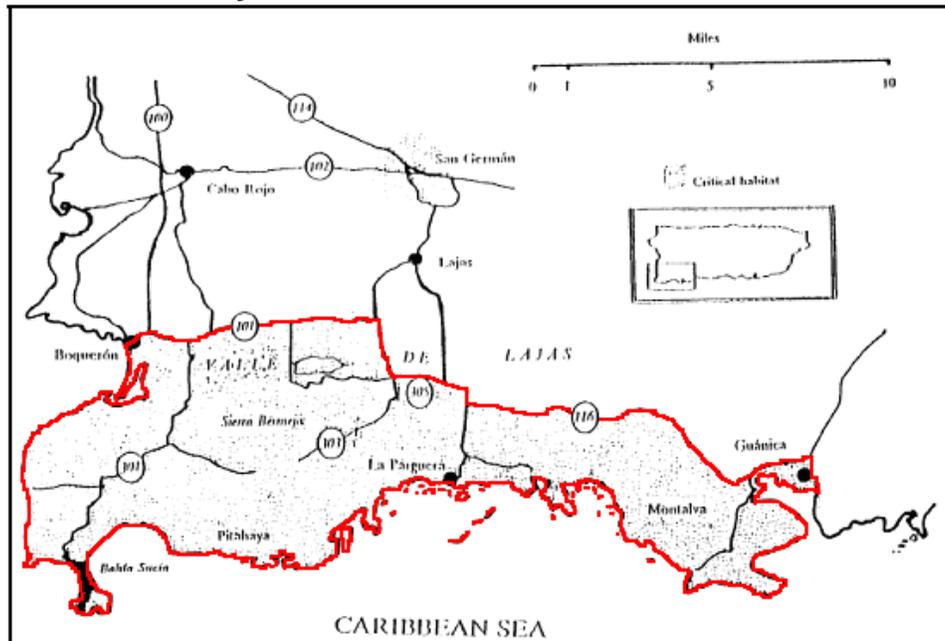
4. Hábitat Natural Crítico Esencial de la mariquita (*Agelaius xanthomus*)<sup>22</sup>

Sección: Isla de Mona



<sup>21</sup> Idem  
<sup>22</sup> Idem

Sección Cabo Rojo – Guánica

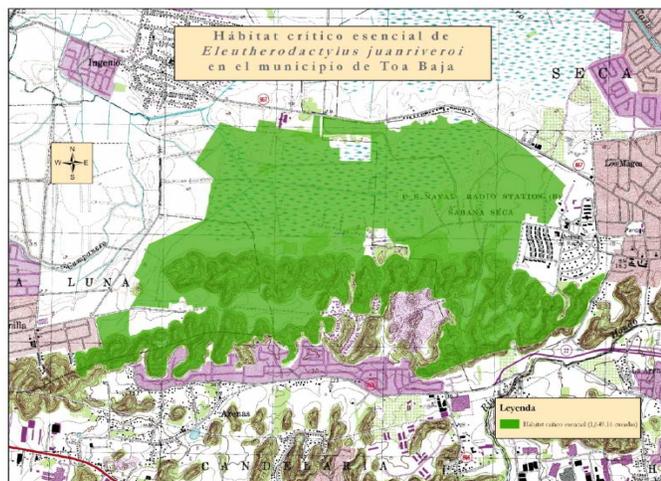


Sección: San Germán

Porción circular en la Isla de Puerto Rico, que posee un radio de una milla y su centro se localiza en la intersección entre las Carreteras PR-360 y PR-102 en el pueblo de San Germán.

5.

6. Hábitat Natural Crítico Esencial del coquí llanero (*Eleutherodactylus juanariveroi*)<sup>23</sup>



<sup>23</sup> Documento de designación del hábitat natural crítico esencial del coquí llanero, *Eleutherodactylus juanariveroi* (Ríos-López y Thomas): Una nueva especie para Puerto Rico, 2007. ([www.drna.gobierno.pr/avisos-publicos/HABITATCRITICOCOQUILLANEROJUEVES19.pdf](http://www.drna.gobierno.pr/avisos-publicos/HABITATCRITICOCOQUILLANEROJUEVES19.pdf))

**Tabla 1: Situación de los Planes Territoriales para los Municipios de Puerto Rico en donde ubican las áreas restringidas del carso, al 30 de julio de 2009.**

<b>Municipio</b>	<b>Fase I Enunciación de Objetivos</b>	<b>Fase II Memorial</b>	<b>Fase III Avance</b>	<b>Fase IV Plan Final</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Planes de Área</b>	<b>Planes de Ensanche</b>	<b>Revisiones adoptadas o en curso</b>
Aguadilla					✓			
Aguas Buenas			✓					
Arecibo				✓				
Barceloneta					✓			Revisión Parcial y Revisión Integral adoptada por la JP el 9 de julio de 2007
Barranquitas				✓				

<b>Municipio</b>	<b>Fase I Enunciación de Objetivos</b>	<b>Fase II Memorial</b>	<b>Fase III Avance</b>	<b>Fase IV Plan Final</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Planes de Área</b>	<b>Planes de Ensanche</b>	<b>Revisiones adoptadas o en curso</b>
Bayamón					✓			Revisión Integral del Plan Final (adoptada por la JP el 21 de mayo de 2008)
Cabo Rojo					✓			Revisión Integral del Plan Final (Fase IV) en curso
Caguas					✓	✓		Revisión Integral (al presente se revisa la Fase III o Avance)
Camuy				✓				
Canóvanas					✓			Revisión Parcial en curso
Carolina					✓	✓		
Cayey					✓			

<b>Municipio</b>	<b>Fase I Enunciación de Objetivos</b>	<b>Fase II Memorial</b>	<b>Fase III Avance</b>	<b>Fase IV Plan Final</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Planes de Área</b>	<b>Planes de Ensanche</b>	<b>Revisiones adoptadas o en curso</b>
Ciales					✓			
Comerio					✓			
Dorado				✓				
Florida				✓				
Guánica				✓				
Guayanilla		✓						
Guaynabo					✓	✓	✓	Revisión Parcial y Revisión Integral en curso (al presente se revisa la Fase I-Enunciación de Objetivos)
Hatillo				✓				
Hormigueros				✓				

<b>Municipio</b>	<b>Fase I Enunciación de Objetivos</b>	<b>Fase II Memorial</b>	<b>Fase III Avance</b>	<b>Fase IV Plan Final</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Planes de Área</b>	<b>Planes de Ensanche</b>	<b>Revisiones adoptadas o en curso</b>
Isabela				✓				
Juana Díaz				✓				
Lajas				✓				
Lares				✓				Revisión Parcial aprobada por el Gobernador el 18 de julio de 2007
Loíza		✓						
Manatí					✓	✓		Revisión Parcial en curso
Mayaguez					✓			
Moca					✓	✓		

<b>Municipio</b>	<b>Fase I Enunciación de Objetivos</b>	<b>Fase II Memorial</b>	<b>Fase III Avance</b>	<b>Fase IV Plan Final</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Planes de Área</b>	<b>Planes de Ensanche</b>	<b>Revisiones adoptadas o en curso</b>
Morovis					✓			Revisión Parcial adoptada en principio por la JP el 18 de julio de 2008
Peñuelas		✓						
Ponce					✓	✓		
Quebradillas				✓				
Sabana Grande					✓			
San Juan					✓			Segunda Revisión Parcial en curso
San Germán					✓			
San Sebastián					✓			

<b>Municipio</b>	<b>Fase I Enunciación de Objetivos</b>	<b>Fase II Memorial</b>	<b>Fase III Avance</b>	<b>Fase IV Plan Final</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Planes de Área</b>	<b>Planes de Ensanche</b>	<b>Revisiones adoptadas o en curso</b>
Toa Alta			✓					
Toa Baja			✓					
Utulado			✓					
Vega Alta				✓				
Vega Baja				✓				
Yauco	✓							

**Tabla 2: Tiempo geológico**

<b>ERA</b>	<b>PERIODO</b>		<b>ÉPOCA</b>	<b>MA</b>
Cenozoica	Cuaternario	Antropogeno	Holoceno	0.01
			Pleistoceno	1.64
	Terciario	Neogeno	Plioceno	5.2
			Mioceno	S
				M
				I
		Paleogeno	Oligoceno	S
				M
				I
			Eoceno	55
Paleoceno	65			
Mesozoica	Cretácico	S	89	
		I	146	
	Jurásico	208		
	Triásico	245		

Leyenda:

MA – millones de años

S - superior

M - mediano

I - inferior

**Tabla 3: Especies designadas como en peligro de extinción o vulnerables, según los estatutos estatales y federales**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Accipiter striatus venator</i>	falcón de sierra	ave	CR, ENF
<i>Adiantum vivesii</i>		helecho	CR, ENF
<i>Agelaius xanthomus</i>	mariquita de Puerto Rico	ave	EN, ENF
<i>Alloweckellia gurnee</i>	anfípodo ciego o camarón cavernícola de agua dulce	invertebrado	CR
<i>Amazona vittata vittata</i>	cotorra de Puerto Rico	ave	CR, ENF
<i>Anolis cooki</i>	lagartijo del seco	reptil	EN
<i>Atlantea tulita</i>	mariposa	invertebrado	CR
<i>Aurodendron pauciflorum</i>		árbol	CR, ENF
<i>Banara vanderbiltii</i>	palo de Ramón	árbol/arbusto	CR, ENF
<i>Buteo platypterus brunnescens</i>	guaraguao de bosque	ave	CR, ENF
<i>Buxus vahlii</i>	diablito de tres cuernos	árbol	EN, ENF
<i>Callicarpa ampla</i>	capá rosa o péndula cimarrona	árbol	CR, ENF
<i>Calyptronoma rivalis</i>	palma manaca	árbol	EN, VUF
<i>Caprimulgus noctitherus</i>	guabairo pequeño de Puerto Rico	ave	EN, ENF
<i>Catesbaea melanocarpa</i>		arbusto	ENF
<i>Chamaecrista glandulosa var. mirabilis</i>		arbusto	EN, ENF
<i>Chelonia mydas</i>	peje blanco	reptil	EN, VUF
<i>Cordia belonis</i>		arbusto	EN, ENF
<i>Cornutia obovata</i>	palo de nigua	árbol	CR, ENF
<i>Cyclura cornuta stejnegeri</i>	iguana de Mona	reptil	EN, VUF
<i>Daphnopsis helleriana</i>		árbol/arbusto	CR, ENF
<i>Dendrocygna arborea</i>	chiriria nativa	ave	CR

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Dermochelys coriacea</i>	tinglar	reptil	EN, ENF
<i>Eleutherodactylus juanariveroi</i>	coquí llanero	anfibio	CR
<i>Eleutherodactylus karlschmidti</i>	coquí palmeado	anfibio	CR
<i>Epicrates inornatus</i>	boa de Puerto Rico	reptil	VU, ENF
<i>Epicrates monensis monensis</i>	boa de Mona	reptil	EN, VUF
<i>Eretmochelys imbricata</i>	carey de concha	reptil	EN, ENF
<i>Erophylla sezekorni</i>	murciélago marrón come flores	mamífero	VU
<i>Eugenia woodburyana</i>		árbol	CR, ENF
<i>Falco peregrinus tundrius</i>	falcón peregrino	ave	CR
<i>Fulica caribaea</i>	gallinazo nativo	ave	VU
<i>Goetzea elegans</i>	matabuey	árbol	EN, ENF
<i>Harrisia portoricensis</i>	higo chumbo	cactus	VU, VUF
<i>Mabuya mabuya sloanei</i>	Santa Lucía	reptil	VU
<i>Mitracarpus maxwelliae</i>		arbusto	EN, ENF
<i>Mitracarpus polycladus</i>		arbusto	EN, ENF
<i>Myrcia paganii</i>	ausú	árbol	CR, ENF
<i>Ottoschulzia rhodoxylon</i>	palo de rosa	árbol	CR, ENF
<i>Oxyura jamaicensis</i>	pato chorizo	ave	VU
<i>Pelecanus occidentalis occidentalis</i>	pelicano pardo	ave	EN, ENF
<i>Peltophryne lemur</i>	sapo concho	anfibio	CR, VUF
<i>Peperomia wheeleri</i>		hierba	EN, ENF
<i>Pleodendron macranthum</i>	chupacallos ó aceitillo	árbol	CR, ENF
<i>Schoepfia arenaria</i>	araña	árbol	EN, VUF
<i>Solanum drymophilum</i>	erubia	arbusto	EN, ENF
<i>Sphaerodactylus micropithecus</i>	salamanquita o gueco de Isla de Monito	reptil	CR, ENF
<i>Sthalia monosperma</i>	cobana negra	árbol	VU, ENF
<i>Stenoderma rufum darioi</i>	murciélago rojo frutero	mamífero	VU

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Sterna dougallii dougallii</i>	palometa	ave	VU, VUF
<i>Tectaria estremerana</i>		helecho	CR, ENF
<i>Thelypteris verecunda</i>	oxa	helecho	CR, ENF
<i>Trichilia triacantha</i>	bariaco	árbol	CR, ENF
<i>Typhlatya monae</i>	camarón de cuevas de Mona	invertebrado	CR
<i>Zanthoxylum thomsonianum</i>		árbol	EN, ENF

Leyenda:

CR            en peligro de extinción crítico - Estatal  
EN            en peligro de extinción - Estatal  
ENF          en peligro de extinción - Federal  
VU            vulnerable - Estatal  
VUF          vulnerable - Federal

**Tabla 4: Elementos críticos en las áreas cársicas protegidas del norte;  
según el Programa de Patrimonio Natural  
del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Accipiter striatus venator</i>	falcón de sierra de Puerto Rico	ave	CR,ENF,EC
<i>Actinostachys pennula</i>		helecho	EC
<i>Adiantum macrophyllum</i>	culantrillo	helecho	EC
<i>Adiantum vivesii</i>		helecho	CR,ENF,EC
<i>Adiantum wilsonii</i>		helecho	EC
<i>Amaranthus australis</i>	blero de agua	herbácea acuática	EC
<i>Aniseia martinicensis</i>		bejuco	EC
<i>Anolis occultus</i>	lagartijo enano	reptil	DD,BV
<i>Antirhea portoricensis</i>	quina	árbol	EC
<i>Antirhea sintenisii</i>	quina	árbol	EC
<i>Aristida spiciformis</i>		gramínea	EC
<i>Auerodendron pauciflorum</i>		árbol/arbusto	CR,ENF,EC
<i>Baccharis dioica</i>		arbusto	EC
<i>Banara portoricensis</i>	palo de Ramón	árbol	EC
<i>Banara vanderbiltii</i>	palo de Ramón	arbusto	CR,ENF,EC
<i>Beilschmiedia pendula</i>	aguacate cimarrón ó cedro macho	árbol	EC
<i>Bletia patula</i>	bletia, flor de pasmo ó mariposilla	orquídea	EC
<i>Bourreria revoluta</i>		árbol/arbusto	EC
<i>Bouteloua juncea</i>		gramínea	EC
<i>Brunfelsia portoricensis</i>		arbusto	EC
<i>Buchnera longifolia</i>	espiga de San Antonio	árbol	EC
<i>Bulbostylis junciformis</i>		junco	EC
<i>Bulbostylis pauciflora</i>		junco	EC
<i>Bumelia bellonis</i>	tabloncillo ó varital	árbol	EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Burmannia capitata</i>		herbácea	EC
<i>Buteo platypterus brunnescens</i>	guaraguao de bosque	ave	CR,ENF,EC
<i>Buxus portoricensis</i>		arbusto	EC
<i>Buxus vahlii</i>	diablito de tres cuernos	árbol	EN,ENF,EC
<i>Calyptroanthus zuzygium</i>		árbol	EC
<i>Calyptronoma rivalis</i>	palma manaca	palma	EN,VUF,EC
<i>Campylocentrum pachyrrhizum</i>		orquídea	EC
<i>Canavalia nitida</i>	haba de burro de jardín ó mato color	árbol	EC
<i>Chamaecrista glandulosa var mirabilis</i>		arbusto	EN,ENF,EC
<i>Chelonia mydas</i>	peje blanco	reptil	EN,VUF,EC
<i>Chionanthus axilliflora</i>	hueso	árbol/arbusto	EC
<i>Chionanthus ligustrina</i>	hueso	árbol	EC
<i>Clidemia portoricensis</i>	camasey	arbusto	EC
<i>Coccoloba pallida</i>		árbol	EC
<i>Coccoloba rugosa</i>	ortegón	árbol	EC
<i>Coccoloba tenuifolia</i>		árbol	EC
<i>Cochleanthes flabelliformis</i>		orquídea	EC
<i>Patagioenas leucocephala</i>	paloma cabeciblanca	ave	DD,EC
<i>Cornutia obovata</i>	nigua	árbol	CR,ENF
<i>Cornutia pyramidata</i>	azulejo	árbol/arbusto	EC
<i>Corymborchis flava</i>		orquídea	EC
<i>Cynometra portoricensis</i>	oreganillo	árbol	EC
<i>Cyperus uniolooides</i>		junco	EC
<i>Cyrtopodium punctatum</i>	cañuela ó piñuela	orquídea	EC
<i>Daphnopsis helleriana</i>		árbol/arbusto	CR,ENF,EC
<i>Dendrocygna arborea</i>	chirriría nativa	ave	CR,EC
<i>Dennstaedtia cicutaria</i>		helecho	EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Dennstaedtia globulifera</i>		helecho	EC
<i>Dermochelys coriacea</i>	tinglar	reptil	EN,ENF,EC
<i>Dichantheium aciculara</i>		gramínea	EC
<i>Dichantheium dichotomum</i>		gramínea	EC
<i>Dichantheium sabulorum</i>		gramínea	EC
<i>Dioclea hexandra</i>	bejuco de mato	bejuco	EC
<i>Diospyros revoluta</i>	guayabota ó zapote negro	árbol	EC
<i>Diospyros sintenisii</i>	guayabota ó guayabota níspero	árbol	EC
<i>Diploglossus pleei</i>	culebra de cuatro patas	reptil	END
<i>Dracontium polyphyllum</i>	guapa	árbol/arbusto	EC
<i>Drosera capillaris</i>		herbácea insectívora	EC
<i>Drypetes ilicifolia</i>	encinillo	arbusto	EC
<i>Drypetes lateriflora</i>	cueriduro	arbusto	EC
<i>Echinodorus tenellus var latifolius</i>		herbácea acuática	EC
<i>Eleocharis pachystyla</i>		junco	EC
<i>Eleocharis rostellata</i>		junco	EC
<i>Epicrates inornatus</i>	boa de Puerto Rico ó culebrón	reptil	VU,ENF,EC
<i>Epidendrum oncioides</i>		orquídea	EC
<i>Eptesicus fuscus wetmorei</i>	murciélago alioscuro ó marrón mayor	mamífero	DD,EC
<i>Eriosema crinitum</i>		arbusto	EC
<i>Erythrina eggersii</i>	brucayo, búcar, bucaré ó bucayo	árbol	EC
<i>Eugenia sintenisii</i>	murta	árbol/arbusto	EC
<i>Eugenia stewardsonii</i>		árbol	EC
<i>Eugenia underwoodii</i>		arbusto	EC
<i>Eupatorium borinquense</i>		arbusto	EC
<i>Eupatorium oteroi</i>		arbusto	EC
<i>Euphorbia oerstediana</i>		herbácea	EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Fulica caribaea</i>	gallinazo nativo	ave	VU,EC
<i>Gaussia attenuate</i>	palma de lluvia	palma	EC
<i>Goetzea elegans</i>	matabuey ó manzanilla	árbol	EN,ENF,EC
<i>Govenia utriculata</i>		orquídea	EC
<i>Guatteria caribaea</i>	haya blanca ó yaya	árbol	EC
<i>Gymnopogon foliosus</i>		yerba	EC
<i>Heliotropium lagoense</i>		herbácea	EC
<i>Hemicarpha micrantha</i>		junco	EC
<i>Hernandia sonora</i>	mago ó toporite	árbol	EC
<i>Hibiscus trilobus</i>		arbusto	EC
<i>Hyeronima clusioides</i>	cedro macho	árbol	EC
<i>Hyperbaena domingensis</i>		bejuco leñoso	EC
<i>Ilex urbaniana</i>	cuero de sapo	arbusto	EC
<i>Ipomoea horsfalliae</i>	campanitas de coral	bejuco	EC
<i>Ipomoea setifera</i>	bejuco de puerco ó gloria de la mañana	bejuco	EC
<i>Lagenocarpus guianensis</i>		junco	EC
<i>Leiphaimos parasitica</i>		herbácea	EC
<i>Leiphaimos portoricensis</i>		herbácea	EC
<i>Licaria triandra</i>	lebisa ó palo misanteco	árbol	EC
<i>Lindsaea portoricensis</i>		helecho	EC
<i>Mabuya mabouya sloanei</i>	Lucía ó Santa Lucía	reptil	VU,EC
<i>Malpighia fucata</i>	olaga ó palo bronco	herbácea	EC
<i>Manilkara pleeana</i>	ausuba, mameyuelo ó zapote de costa	árbol/arbusto	EC
<i>Mappia racemosa</i>		árbol	EC
<i>Maytenus elongata</i>	cuero de sapo	arbusto	EC
<i>Maytenus ponceana</i>	cuero de sapo	arbusto	EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Melanerpes portoricensis</i>	carpintero de Puerto Rico	ave	END
<i>Mitracarpus villosus</i>		arbusto	EC
<i>Monophyllus redmani portoricensis</i>	murciélago de flores de Puerto Rico ó lengüilargo	mamífero	DD,EC
<i>Mormoops blainvillii cinnamomeum</i>	murciélago barbicacho	mamífero	DD,EC
<i>Mouriri domingensis</i>	caimitillo, guasavara ó murta	árbol/arbusto	EC
<i>Muhlenbergia capillaris</i>	rabo de pavo real ó yerba de pelos	yerba	EC
<i>Myiarchus antillarum</i>	juí de Puerto Rico	ave	END
<i>Myrcia paganii</i>	ausu	árbol	CR,ENF,EC
<i>Najas marina</i>		planta acuática	EC
<i>Nidema ottonis</i>		orquídea	EC
<i>Nymphaea ampla</i>	calderón ó flor de agua	herbácea acuática	EC
<i>Osmunda cinnamomea</i>		helecho	EC
<i>Ossaea scabrosa</i>	camasey	árbol/arbusto	EC
<i>Ossaea scalpta</i>		arbusto	EC
<i>Ottoschulzia rhodoxylon</i>	palo de Rosa	árbol	CR,ENF,EC
<i>Oxyura jamaicensis</i>	pato chorizo	ave	VU,EC
<i>Panicum dichotomilorum</i>		yerba	EC
<i>Passiflora murucuja</i>		bejuco	EC
<i>Pelecanus occidentalis</i>	pelícano pardo	ave	EN,ENF,EC
<i>Peltophryne lemur</i>	sapo concho	anfibio	CR (NP), EN (SP), VUF, EC
<i>Peperomia wheeleri</i>		herbácea	EN,ENF,EC
<i>Persea krugii</i>	canela	árbol	EC
<i>Philodendron fragrantissimum</i>		bejuco	EC
<i>Phyla stoechadifolia</i>	poleo	hierba	EC
<i>Piper swartzianum</i>		junco	EC
<i>Piriqueta viscosa</i>		herbácea	EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Pisonia helleri</i>	escambrón ó uña de gato	arbusto	EC
<i>Pleodendron macranthum</i>	chupacallos	árbol/arbusto	CR,ENF,EC
<i>Polygala cowellii</i>	árbol de violeta	árbol	EC
<i>Polypodium decumanum</i>		helecho	EC
<i>Polystichum echinatum</i>		helecho	EC
<i>Porzana flaviventer</i>	gallito amarillo	ave	DD,EC
<i>Ptenorotus parnellii portoricensis</i>	murciélago bigotudo mayor	mamífero	DD,EC
<i>Rhexia cubensis</i>	camasey Mariana		EC
<i>Rhynchospora fasciculari subs fascicularis var distans</i>		junco	EC
<i>Rhynchospora microcarpa</i>		junco	EC
<i>Rhynchospora nitens</i>		junco	EC
<i>Rhynchospora odorata</i>		junco	EC
<i>Rhynchospora plumosa</i>		junco	EC
<i>Rhynchospora rariflora</i>		junco	EC
<i>Rollinia mucosa</i>	anón cimarrón	árbol	EC
<i>Sabicea cinerea</i>		bejuco leñoso	EC
<i>Schizaea poepigiana</i>		helecho	EC
<i>Schoepfia arenaria</i>	arana	árbol	EN,VUF,EC
<i>Scleria ciliata</i>		junco	EC
<i>Scleria georgiana</i>		junco	EC
<i>Scleria secans</i>	cortadora de altura	yerba	EC
<i>Scleria verticillata</i>		junco	EC
<i>Setaria magna</i>		yerba	EC
<i>Sloanea amygdalina</i>	motillo	arbusto	EC
<i>Solanum antillarum</i>	guilarte	yerba	EC
<i>Stahlia monosperma</i>	cobana negra	árbol	VU,ENF,EC
<i>Stenoderma rufum darioi</i>	murciélago frutero nativo	mamífero	VU,EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Sterna dougallii</i>	palometa	ave	VU,VUF,EC
<i>Tachybaptus dominicus</i>	tigua ó zaramagullón chico	ave	DD,EC
<i>Tadarida brasiliensis antillarum</i>	murciélago viejo ó de cola libre	mamífero	LR-ca, EC
<i>Thelypteris hastate var heterodoxa</i>		helecho	EC
<i>Thelypteris verrecunda</i>		helecho	CR,ENF,EC
<i>Tillandsia flexuosa</i>		bromelia	EC
<i>Tillandsia tenuifolia</i>		bromelia	EC
<i>Tournefortia filiflora</i>	nigua	árbol/arbusto	EC
<i>Utricularia juncea</i>		herbácea acuática	EC
<i>Utricularia pusilla</i>		herbácea acuática	EC
<i>Utricularia subulata</i>	grasilla	herbácea acuática	EC
<i>Zanthoxylum thomasianum</i>		árbol	EN,ENF,EC

Leyenda:

BV	bajo vigilancia
CR	en peligro de extinción crítico - Estatal
EC	elemento crítico
EN	en peligro de extinción - Estatal
END	endémico
ENF	en peligro de extinción - Federal
DD	deficiencia de datos
LR-ca	riesgo menor – casi amenazada
NP	población del norte
SP	población del sur
VU	vulnerable - Estatal
VUF	vulnerable – Federal

**Tabla 5: Elementos críticos en las áreas cársicas protegidas del sur;  
según el Programa de Patrimonio Natural  
del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Abutilon commutatum</i>	terciopelo	arbusto	EC
<i>Agelaius xanthomus</i>	mariguata de Puerto rico	ave	EN, ENF, EC
<i>Alsophis portoricensis</i>	culebra corredora	reptil	NAT
<i>Anolis cooki</i>	lagartijo del seco	reptil	EN, EC
<i>Bourreria virgata</i>	roble de guayo	árbol/arbusto	EC
<i>Bulbostylis curassavica</i>		junco	EC
<i>Bulbostylis pauciflora</i>		junco	EC
<i>Caprimulgus noctitherus</i>	guabairo pequeño	ave	EN, ENF, EC
<i>Catesbaea melanocarpa</i>		arbusto	EN, ENF, EC
<i>Chamaesyce cowellii</i>		arbusto	EC
<i>Chelonia mydas</i>	peje blanco	reptil	EN, VUF, EC
<i>Cordia rupicola</i>		árbol/arbusto	EC
<i>Croton nummulariifolius</i>		arbusto	EC
<i>Cynometra portoricensis</i>	oreganillo	árbol	EC
<i>Epicrates inornatus</i>	boa de Puerto Rico ó culebrón	reptil	VU, ENF, EC
<i>Eptesicus fuscus wetmorei</i>	murciélago alioscuro ó marrón mayor	mamífero	EC
<i>Eretmochelys imbricata</i>	carey ó carey de concha	reptil	EN, ENF, EC
<i>Eugenia bellonis</i>		arbusto	EC
<i>Gaussia attenuata</i>	palma de lluvia	palma	EC
<i>Guaiacum sanctum</i>	guayacán blanco ó guayacanillo	árbol	EC
<i>Guapira discolor</i>	barrehorno	árbol	EC
<i>Leptocereus quadricostatus</i>	sebucán ó pitahaya	cactus	EC
<i>Mabuya sloanei</i>	Lucía ó Santa Lucía	reptil	VU, EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Manilkara pleeana</i>	ausuba, mameyuelo ó zapote de costa	árbol/arbusto	EC
<i>Mitracarpus maxwelliae</i>		arbusto	EN,ENF,EC
<i>Mitracarpus polycladus</i>		arbusto	EN,ENF,EC
<i>Ottoschulzia rhodoxylon</i>	palo de Rosa	árbol	CR,ENF,EC
<i>Oxandra lanceolata</i>	haya prieta	árbol	EC
<i>Peltophryne lemur</i>	sapo concho	anfibio	CR (NP), EN (SP), VUF, EC
<i>Polygala cowellii</i>	árbol de violeta	árbol	EC
<i>Polygala hecatantha</i>		arbusto	EC
<i>Portulaca caulerpoides</i>		hierba	EC
<i>Psychilis krugii</i>		orquídea	EC
<i>Reynosa guama</i>	guamá	árbol	EC
<i>Sabal causiarum</i>	palma de sombrero	palma	EC
<i>Stahlia monosperma</i>	cobana negra	árbol	VU,ENF,EC
<i>Tadarida brasiliensis antillarum</i>	murciélago viejo ó de cola libre	mamífero	LR-ca, EC
<i>Tillandsia flexuosa</i>		bromelia	EC
<i>Tillandsia lineatispica</i>	piñón	bromelia	EC
<i>Trichilia triacantha</i>	bariaco, maricao ó guayabacón	árbol	CR, ENF, EC
<i>Waltheria calcicola</i>		arbusto	EC

Leyenda:

CR	en peligro de extinción crítico – Estatal	NP	población del norte
EC	elemento crítico	SP	población del sur
EN	en peligro de extinción – Estatal	VU	vulnerable - Estatal
ENF	en peligro de extinción – Federal	VUF	vulnerable – Federal
LR-ca	riesgo menor – casi amenazada		
NAT	nativo		

**Tabla 6: Elementos críticos en los lentes calizos protegidos;  
según el Programa de Patrimonio Natural  
del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACION</b>
<i>Prockia crucis</i>	guasimilla	árbol/arbusto	EC
<i>Eleutherodactylus karlshmidtii</i>	coquí palmeado	anfibio	CR, EC
<i>Ptenorotus parnellii portoricensis</i>	murciélago bigotudo mayor	mamífero	DD, EC
<i>Eptesicus fuscus wetmorei</i>	murciélago alioscuro ó marrón mayor	mamífero	DD, EC

Leyenda:

CR            en peligro de extinción crítico – Estatal  
 EC            elemento crítico  
 DD            deficiencia de datos

**Tabla 7: Elementos críticos en las áreas cársicas protegidas de las islas limítrofes; según el Programa de Patrimonio Natural del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>
<i>Abutilon commutatum</i>	terciopelo	arbusto	EC
<i>Agelaius xanthomus</i>	mariquita de Puerto rico	ave	EN,ENF,EC
<i>Bulbostylis curassavica</i>		junco	EC
<i>Caesalpinia monensis</i>	mato negro		EC
<i>Caesalpinia portoricensis</i>	mato negro		EC
<i>Chamaesyce cowellii</i>		arbusto	EC
<i>Chamaesyce monensis</i>	lechecillo de Mona	arbusto	EC
<i>Chamaesyce orbifolia</i>	lechecillo	herbácea	EC
<i>Cyclura cornuta</i>	iguana de la Mona	reptil	EN, VUF, EC
<i>Cynanchum monense</i>		bejuco	EC
<i>Epicrates monensis monensis</i>	boa de Mona	reptil	EN, VUF, EC
<i>Falco peregrinus anatum</i>	falcón peregrino	ave	CR, EC
<i>Guaiacum sanctum</i>	guayacán blanco ó guayacanillo	árbol	EC
<i>Guapira discolor</i>	barrehorno	árbol	EC
<i>Harrisia portoricensis</i>	higo chumbo	cactus	VU, VUF, EC
<i>Mabuya sloanei</i>	Lucía ó Santa Lucía	reptil	VU,EC
<i>Morisonia americana</i>	palo de peo		EC
<i>Mormoops blainvillii cinnamomeum</i>	murciélago barbicacho	mamífero	DD,EC
<i>Opuntia moniliformis</i>	tuna	cactus	EC
<i>Portulaca caulerpoides</i>		herbácea	EC
<i>Pseudophoenix sargentii</i>		palma	EC

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>	<b>TIPO DE ORGANISMO</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>
<i>Psychilis krugii</i>		orquídea	EC
<i>Schoepfia chrysophylloides</i>		arbusto	EC
<i>Sphaerodactylus micropithecus</i>	gecko o salamanita de la Isla de Monito	reptil	CR, ENF, EC
<i>Ziziphus taylorii</i>		arbusto	EC

Leyenda:

CR	en peligro de extinción crítico – Estatal
DD	deficiencia de datos
EC	elemento crítico
EN	en peligro de extinción – Estatal
ENF	en peligro de extinción – Federal
VU	vulnerable – Estatal
VUF	vulnerable – Federal

**Tabla 8: Especies arbóreas típicas en áreas de fisiografía cársica**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>NOMBRE COMUN</b>
<i>Aiphanes acanthophylla</i>	palma de coyor
<i>Gaussia attenuata</i>	palma de lluvia
<i>Coccoloba diversifolia</i>	uvilla
<i>Coccoloba pubescens</i>	moralón
<i>Licaria salicifolia</i>	canelilla
<i>Bucida buceras</i>	úcar
<i>Bursera simaruba</i>	almácigo
<i>Cedrela odorata</i>	cedro hembra
<i>Hyeronima clusioides</i>	cedro macho
<i>Sapium laurocerasus</i>	tabaiba
<i>Thouinia striata</i>	ceboruquillo
<i>Polygala cowelii</i>	árbol de violeta
<i>Thespesia grandiflora</i>	maga
<i>Ochroma pyramidale</i>	balsa
<i>Clusia rosea</i>	cupey
<i>Terazygia eleagnoides</i>	verdiseco
<i>Sideroxylon salicifolia</i>	tortugo amarillo
<i>Guettrada scabra</i>	cucubano
<i>Terebria resinosa</i>	aquilón
<i>Coccothrinax alta</i>	palma de abanico
<i>Gymnanthes lucida</i>	yaití
<i>Thrinax morisii</i>	palma de petate

**Tabla 9: Especies de murciélagos, alimento y refugio diurno<sup>24</sup>**

<b>NOMBRE CIENTIFICO</b>	<b>FUENTE ALIMENTARIA</b>	<b>REFUGIO DIURNO</b>
murciélago pescador – <i>Noctilio leporinus mastivus</i> )	peces e insectos	Reside en cuevas y árboles huecos
murciélago bigotudo menor – <i>Pteronotus quadridens fuliginosus</i>	insectos	Reside en cuevas
murciélago bigotudo mayor – <i>Pteronotus parnelli portoricensis</i>	insectos	Reside en cuevas
murciélago barbicacho – <i>Mormoops blainvilli cinnamomeum</i>	insectos	Reside en cuevas
murciélago frutero común – <i>Artibeus jamaicensis jamaicensis</i>	frutas y hojas	Reside en cuevas, árboles huecos y arboledas
murciélago frutero nativo – <i>Stenoderma rufum darioi</i>	frutas	Reside en arboledas
murciélago alioscuro – <i>Eptesicus fuscus wetmorei</i>	insectos	Reside en cuevas y arboledas
murciélago rabipeludo – <i>Lasiurus borealis minor</i>	insectos	Reside en arboledas
murciélago viejo – <i>Tadarida brasiliensis antillarum</i>	insectos	Reside en cuevas
murciélago de techos – <i>Molossus molossus fortis</i>	insectos	Reside en casas y frondas de palmeras
murciélago hocico de cerdo - <i>Brachyphylla cavernarum intermedia</i>	insectos y frutas	Reside en cuevas
murciélago de las flores - <i>Erophylla sezekorni bombifrons</i>	frutas y polen	Reside en cuevas
murciélago lengüilargo - <i>Monophyllus redmani portoricensis</i>	polen	Reside en cuevas

<sup>24</sup> Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 1983. Los murciélagos de Puerto Rico.

## **Bibliografía**

Acevedo, M. 1996-97. Carsología General y Aplicada con notas sobre los carsos de Puerto Rico. Escrito desarrollado para un curso ofrecido en la UMET.

Acevedo Rodríguez, P. y Axelrod, F.S. 1999. "Annotated Checklist for the tracheophytes of Río Abajo forest reserve, Puerto Rico". Caribbean Journal of Science. 35: 265-285.

Altschuler, D.R. "Pisadas y Huellas". Periódico El Nuevo Día, 26 de enero de 2003.

Álvarez, M., Acevedo Rodríguez, P. y Vázquez Otero, M. 1983. "Quantitative description of the structure and diversity of the vegetation in the limestone forest of Río Abajo Forest". Puerto Rico Department of Natural Resources, Progress Report, Project W-10.

B.A. Blackwell and Associates LTD. 1995. Literature Review of Management of Cave/Karst Resources in Forest Environments. Vancouver, British Columbia.

Baijal, Vivek S. 1995. "Protecting Endangered Species: A GIS Decision Support System". GIS'95 Symposium, Vancouver, British Columbia.

Beard, J.S. 1949. "Natural vegetation of the windward and leeward islands". Oxford Forestry Memoirs, 21:1-192.

Beard, J.S. 1955. "The classification of tropical America vegetation types". Ecology, 36:89-100.

Beck, B. 1984. 1984. Sinkhole Terminology in Proceedings of the First Multidisciplinary Conference on Sinkholes. Orlando, FLA. 15-17 Oct.

Bennett, G.D. y Giusti, E.V. 1976. Water resources of the North Coast Limestone Area, Puerto Rico. US Geological Survey Water Resources Investigations Report 75-42. 47 pp.

Cappiella, Karen y Ken Brown. 2001. Watershed Environmental Sensitivity Index (ESI). Center for Applied Research and Environmental Systems (CARES). Missouri, USA.

Cardona Bonet, Walter A. 1985. Islotes de Borinquen: (Amoná, Abey, Piñas, Sikeo y otros) Notas para su Historia.

Cherry, G.S. 2001. Simulation of flor in the Upper North Coast Limestone aquifer, Manatí-Vega Baja Area, Puerto Rico. US Geological Survey Water resources Investigations Report 00-4266. 82 pp.

China, J.D. 1980. The Forest Vegetation of the Limestone Hills of Northern Puerto Rico. Cornell University, Ithaca, NY. 70 p.

Cook, K., Faulkner, A., Hall, K., Mooney, P., Healey, M. y Schreier, H. 1994. "A georeferenced information system for environmental sensitive area assessment". GIS'94 Symposium, Vancouver, British Columbia.

Cruz Báez, A. D., Guilbe, C. J. y López, A .R. 2002. Vive la geografía de nuestro Puerto Rico. Editorial Cordillera, Inc. 2002.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2007. Documento de designación del hábitat natural crítico esencial del coquí llanero, *Eleutherodactylus juanariveroi* (Ríos-López y Thomas): Una nueva especie para Puerto Rico. ([www.drna.gobierno.pr/avisos-publicos/HABITATCRITICOCOQUILLANEROJUEVES19.pdf](http://www.drna.gobierno.pr/avisos-publicos/HABITATCRITICOCOQUILLANEROJUEVES19.pdf))

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2006. Programa de Bosques Auxiliares.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2004. Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico (Preliminar).

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 2001. Naturambiente, Año VII, Número 44.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 1998. Guías de reforestación para las cuencas hidrográficas de Puerto Rico.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 1992. Documento de Designación - Reserva Natural Pantano Cibuco.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 1986. Compendio Enciclopédico de los Recursos Naturales de Puerto Rico, Volumen X, Tomo II (Los Bosques de Puerto Rico)

Departamento de Recursos Naturales, Área de Investigaciones Científicas. 1980. Suplemento Técnico para la Reserva Natural Caja de Muertos.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Borrador del Reglamento para la protección, conservación, uso y manejo de las cuevas, cavernas y sumideros.

Domínguez Cristóbal, C.M. 2000. Panorama histórico forestal de Puerto Rico.

Dugger, K.R. 1979. Aspectos ecológicos del Bosque de Guánica. Departamento de Recursos Naturales, Proyecto W-8. 37p.

Ewell, J.J. y Whitmore, J.L. 1973. The Ecological Life Zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Forest Service Research Paper ITF-18. U.S. Department of Agriculture. 72 pp. and map.

Figueroa Colón, J. 1995. "Phytogeographical trends, center of high species, richness and endemism and the question of species extinction in the native flora of Puerto Rico". The Scientific Survey of Puerto Rico and the Virgin Islands: An eighty year assessment of the island's natural history, J. Figueroa Colón ed. Annals of the New York Academy of Science. New York.

Fisher, Elaine. 2004. "Island Ecosystems Conservation and Sustainable Use: Problems and Challenges". INSULA: International Journal of Island Affairs, Año 13 (Special Edition).

Ford, D. y Williams, P. 2007. Karst Hydrogeology and Geomorphology. John Wiley and Sons, Ltd.

Frank, E., Wicks, C., Mylroie, J., Troester, J., Calvin-Alexander, E. (Jr.) y Carew, J. 1998. "Geology of Isla de Mona, Puerto Rico"; Journal of Cave and Karst Studies.

Garrido, O., Wiley, J. y Kirkconnell, A. 2005. "The genus *Icterus* in the West Indies". Ornithology Neotropical, 16:449-470.

Gelabert Marqués, Pedro A. 1973. "La geología ambiental aplicada a Puerto Rico". Boletín de la Academia de Artes y Ciencias de Puerto Rico, Tomo IX-Números 3 y 4:169-192.

Gibson, Lorna J. 1990. "Species on Islands: Evidence of Changes". Geoscience Reports, No. 12.

Girón, Antonio M. 1972. "Disoluciones y cavidades kársticas en Puerto Rico". Urbe.

Giusti, E.V. 1978. Hydrogeology of the karst of Puerto Rico: US Geological Survey Professional Paper 1012, 68 pp.

Gómez-Gómez, F. 1998. "Hydrochemistry of the south coastal plain aquifer system of Puerto Rico and its relation to surface water recharge". Regional Aquifer System of the United States: Aquifers of the Caribbean Islands, editado por Gómez-Gómez, F., Quiñones-Aponte, V., y Johnson, A.I. American Water Association Monograph Series No. 15. International Symposium on Tropical Hydrology, July 1990, San Juan, Puerto Rico. p. 57-75.

Hengstenberg, D.W. y Vilella, F.J. 2004. Reproductive biology, abundance, and movement patterns of the Broad-winged Hawk in a limestone forest of Puerto Rico. Final Report, USGS Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Cooperative Agreement No. 14-45-009-1543-59. Mississippi State, Mississippi, USA.

Instituto Ambiental COTICAM de Puerto Rico. 2002. Well Head Protection for Barceloneta – Manatí Environmental Protection Project.

Joglar, Rafael L. (Editor). 2005. Biodiversidad de Puerto Rico: vertebrados terrestres y ecosistemas. Editorial del Instituto de Cultura Puertorriqueña. San Juan, Puerto Rico

Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico. 2004. Informe sobre el Estado y Condición del Ambiente de Puerto Rico 2003.

Junta de Planificación de Puerto Rico. 2004. Situación de los planes de ordenamiento municipales.

Langer, William H. Potential Environmental Impacts of Quarrying stone in Karst: A Literature Review. U.S. Geological Survey Open-File Report 01-0484.

Lean, Geoffrey. 2004. "De un vistazo: mares, océanos e islas pequeñas". Nuestro Planeta: Mares, Océanos e Islas Pequeñas, Tomo 15, No. 1.

Legrand, H.E. 1973. "Hydrological and Ecological Problems of Karst Regions". Science, Volume 179, Number 4076.

Lugo, A.E. 1991. "Dominancia y diversidad de plantas en Isla de Mona". Acta Científica, 5:65-71.

Lugo, A.E., Miranda Castro, L., Vale, A., López, T.M., Fernández Pietro, E., García Martínó, A., Puente Rolón, A.R., Tossas, A.G., McFarlane, D.A., Miller, T., Rodríguez, A., Lundberg, J., Thomlinson, J., Colón, J., Schellekens, J.H., Ramos, O. y Helmer, E. 2001. Puerto Rican Karst-A Vital Resource. Gen. Tech. Report WO-65. U.S. Department of Agriculture.

- Monroe, Watson H. 1976. The Karst Landforms of Puerto Rico: US Geological Survey Professional Paper 899.
- Monroe, Watson H. 1980. Geology of the Middle Tertiary Formations of Puerto Rico: US Geological Survey Professional Paper 953.
- Monroe, Watson H. 1980. Some Tropical Landforms of Puerto Rico: US Geological Survey Professional Paper 1159.
- Oberle, Mark W. 2002. Puerto Rico's Birds in Photographs.
- Olcott, P.G. 1997. Puerto Rico and the Virgin Islands, in Ground water atlas of the United States: Hydrologic Investigations Atlas 730-N. p. N32-N35.
- Peterson, Allan P. (M.D.). 2005. World Birds Taxonomic List: Genera and Species. ([www.zoonomen.net/avtax/troc.html](http://www.zoonomen.net/avtax/troc.html)).
- Picó, Rafael. 1975. Nueva geografía de Puerto Rico: física, económica y social.
- Puertorriqueños en Defensa del Patrimonio Nacional. 2002. "Terrenos del Karso que serían expropiados". Boletín: Quieren quitarnos lo último que nos queda. Año 1, Número 1.
- Queen, Lloyd P. y Charles R. Blinn. 1993. The Basics of Geographic Information Systems. Minnesota Extension Service.
- Raffaele, Herbert, James Wiley, Orlando Garrido, Allan Keith y Janis Raffaele, 1998. A guide to the Birds of the West Indies.
- R.G. LaFleur, Allen & Unwin Inc. 1984. Groundwater as Geomorphic Agent, Chapter 10:227-293.
- Rivero, Juan A. 1998. Los anfibios y reptiles de Puerto Rico (2da Edición).
- Rodríguez Durán, Armando. 1987. Los murciélagos de Puerto Rico (Espeleología, Boletín de la Sociedad Espeleológica de Puerto Rico).
- Smith, Gary K. 1998. Glossary of caving terms. (<http://wasg.iinet.net.au/glossary.html>)
- Snyder, N.F.R., J. W. Wiley y C.B. Kepler. 1987. The parrots of Luquillo: natural history and conservation of the Puerto Rican parrot. WFVZ, Los Angeles, CA. 384, pp.

Stone, Dan y Gleary M. Schindel. 2002. "The application of GIS in support of land acquisition for the protection of sensitive groundwater recharge properties in the Edwards Aquifer of South-Central Texas". Journal of Caves and Karst Studies, 64(1): 38-44.

Strahler, A. 1987. Geología Física. Ediciones Omega, S.A.

The Nature Conservancy. 2003. An Ecoregional Plan for Puerto Rico: Preliminary Results.

Torres-González, S., Planert, M. y Rodríguez, J.M. 1996. Hydrogeology and simulation of ground-water flow in the upper aquifer of the Río Camuy to Río Grande de Manatí area, Puerto Rico. US Geological Water Resources Investigations Report 95-4286. 102 p.

Troester, J.W., Elizabeth I. White y William B. White. 1984. "A comparison of sinkhole depth frequency distributions in temperate and tropic karst regions". Proceedings of the First Multidisciplinary Conference of Sinkholes, Orlando, Florida, USA. 15-17 de octubre de 1984.

Trudgill, S. 1985. Limestone Geomorphology. Longman Inc., New Cork. 196p.

United Nations Environment Program - Convention on Biological Diversity – AD HOC Technical Expert Group on Island Biodiversity. Status and Trends of, and Major Threats to, Island Biodiversity, UNEP/CBD/AHTEG-IB/1/3/28 July 2004. ([www.biodiv.org/doc/meetings/island/tegib-01/official/tegib-01-02-en.pdf](http://www.biodiv.org/doc/meetings/island/tegib-01/official/tegib-01-02-en.pdf))

United States Department of Agriculture. 2004. Forest Inventory Analysis Fiscal Year 2003 Business Report. Forest Service FS-806.

United States Department of Agriculture. Soil Survey of Mayagüez Area of Western Puerto Rico. Soil Conservation Service in cooperative with University of Puerto Rico –Agricultural Experiment Station.

United States Department of Agriculture. Soil Survey of San Juan Area of Puerto Rico. Soil Conservation Service in cooperative with University of Puerto Rico – College of Agricultural Sciences.

United States Department of Agriculture. Soil Survey of Humacao Area of Eastern Puerto Rico. Soil Conservation Service in cooperative with University of Puerto Rico – College of Agricultural Sciences.

United States Environmental Protection Agency. 1988. Hydrogeologic Mapping: Needs for Ground-Water Protection and Management. Workshop Report.

United States Environmental Protection Agency. 2002. A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology (Supercedes EPA/600/R-99/006, 1/99).

United States Fish and Wildlife Service. 1999. Technical/Agency Draft Revised Recovery Plan for the Puerto Rican Parrot (*Amazona vittata*). Atlanta, GA. 77 pp.

United States Fish and Wildlife Service. Acta Federal de Especies en Peligro de Extinción del 1973 (Listings by Status and Territory as of 07/09/2005: Puerto Rico, [http://ecos.fws.gov/tess\\_public/servlet/gov.doi.tess\\_public.servlets.UsaLists?state=PR](http://ecos.fws.gov/tess_public/servlet/gov.doi.tess_public.servlets.UsaLists?state=PR)

United States Forest Service. 2004. Forest Inventory Analysis Fiscal Year 2003. Business Report, FS-806.

United States Geological Survey. Simulation of Flow in the Upper North Coast Limestone Aquifer, Manatí-Vega Baja, Puerto Rico. Water Resources Investigations Report 00-4266

United States Geological Survey. Geology and Hydrogeology of the Caribbean Islands: Aquifer System of the Commonwealth of Puerto Rico and the US Virgin Islands: Regional Aquifer System Analysis. US Geological Survey Professional Paper 1419.

University of Michigan – Museum of Zoology. Animal Diversity Web. ([www.animaldiversity.ummz.umich.edu](http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu))

Valeiras Miní, Evelio. 2001. "Factores que afectan la conservación y manejo de las dolinas en la región cárstica de Puerto Rico". XXIV Simposio de Recursos Naturales del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. pp. 64-76

Ventosa-Febles, E., María Camacho Rodríguez, José L. Chabert Llompарт, José Sustache Sustache y Daniel Dávila Casanova. 2005. Puerto Rico Critical Wildlife Areas. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.

White, W.B. 1984. "Rate processes: chemical kinetics and karst landform development". Groundwater as a geomorphic agent, Edited by R.G. La Fleur. London, Boston, Sydney: Allen and Unwin, 227-248.

Wunderle, J.M. 1996. Guiding principles and recommendations for the recovery of the endangered Puerto Rican Parrot. Workshop held December 6-8, 1995. IITF, Río Piedras, Puerto Rico USDA Forest Service. 29 pp.

### **Mapas, Listas, Figuras, Capas Digitales de Información e Imágenes**

Autoridad de Carreteras y Transportación. 2003. Mapa de carreteras estatales de Puerto Rico.

Centro de Recaudación de Ingresos Municipales. Mapas CRIM (Edición digital).

Briggs. R.P. y J.P. Akers. Hydrogeologic map of Puerto Rico and adjacent islands. US Geological Survey-Hydrologic Investigations, Atlas HA - 197.

Ciudadanos del Karso, US Fish and Wildlife Service y US Department of the Interior. Cartel El Karso Norteño.

Departamento d Recursos Naturales y Ambientales y Centro de Recaudación de Ingresos Municipales. 2007. Fotos aéreas de Puerto Rico (ortorectificadas)

Departamento d Recursos Naturales y Ambientales. Mapa de Áreas Naturales Protegidas de Puerto Rico.

Gómez-Gómez, F. Mapa: Hydrogeology of Puerto Rico, modified from Briggs Hydrogeology Map: following UNESCO guidelines. Unpublished data.

Imágenes IKONOS. 2002.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Mapa de Municipios de Puerto Rico.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Mapa delimitando la zona cársica de Puerto Rico (Edición digital).

Junta de Planificación de Puerto Rico. 2004. Mapa de Puerto Rico e Islas Limítrofes: Cuevas y Cavernas (Edición digital).

Junta de Planificación de Puerto Rico. 2003. Mapa: Zona de conservación del Carso Área Caliza del Norte (Tamaño 11 X 17).

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Aguadilla.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Bayamón.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Cabo Rojo.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Caguas.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Canóvanas.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Carolina.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Cataño.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Ciales.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Cidra.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Culebra.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Guaynabo.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Humacao.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Jayuya.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Lares.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Manatí.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Morovis.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Ponce.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Sabana Grande.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de San Germán.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de San Juan.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de San Sebastián.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Santa Isabel.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Toa Baja.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Utuado.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Plan de Ordenamiento Territorial: Municipio de Vieques.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Lista de Consultas radicadas en la Junta de Planificación 1997-2000: Casos aprobados, pendientes y en suspenso.

Junta de Planificación de Puerto Rico. Lista de Consultas radicadas en la Junta de Planificación 2001-2003: Casos aprobados, pendientes y en suspenso.

Junta de Planificación de Puerto Rico y US Environmental Protection Agency. 2004. Mapa: Zonas de conservación del Carso de Puerto Rico (Tamaño 11 X 17).

Junta de Planificación de Puerto Rico y US Geological Survey. 2004. Mapa de análisis de pendientes del Carso: Cuevas y Depresiones (Edición digital).

Sociedad Espeleológica de Puerto Rico, Inc. Base digital de recursos espeleológicos y cárnicos.

United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. Mapa de suelos de Puerto Rico.

United States Department of Agriculture. 2004. Fotos aéreas de Puerto Rico (ortorectificadas).

United States Geological Survey. 1962. Puerto Rico e islas limítrofes (Escala 1: 240,000).

United States Geological Survey. Mapas topográficos de Puerto Rico (Edición digital).

United States Geological Survey. Mapas geológicos de Puerto Rico (Edición digital).

United States Geological Survey. 2004. 3 Mapas: Hydrogeology and Hydrology of the North Coast Limestone Aquifer System, Puerto Rico (Edición digital).

United States Geological Survey, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales y Junta de Planificación de Puerto Rico. 2003. Mapa: Localización de pozos y manantiales en Área Caliza del Norte, Secciones Noroeste, Central Norte y Noreste.

United States Geological Survey y United States Environmental Protection Agency. 2004. Mapas del Acuífero Artesiano Profundo y del Acuífero Artesiano del nivel freático (Edición Digital).

### **Leyes y reglamentos**

Ley Núm. 132 de 25 de junio de 1968, según enmendada. Ley para reglamentar la extracción de corteza terrestre ó "Ley de arena, grava y piedra".

Resolución Conjunta Núm. 1 de 18 de febrero de 1972. Declarar monumento histórico la cueva María La Cruz en Loíza.

Ley Núm. 133 de 1 de julio de 1975, según enmendada. Ley de bosques de Puerto Rico.

Ley Núm. 111 de 12 de junio de 1985, según enmendada. Ley para la protección y conservación de cuevas, cavernas o sumideros de Puerto Rico.

Ley Núm. 112 de 20 de julio de 1988, según enmendada. Ley para la protección del patrimonio arqueológico terrestre.

Ley Núm. 150 de 4 de agosto de 1988, según enmendada. Ley del Programa de Patrimonio Natural de Puerto Rico.

Ley Núm. 241 de 15 de agosto de 1999, según enmendada. La Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico.

Ley Núm. 292 de 21 de agosto de 1999. Ley para la protección y conservación de la fisiografía cársica de Puerto Rico.

Ley Núm. 93 de 7 de junio de 2000. Ley para declarar como monumento histórico de Puerto Rico la Cueva Lucero y el manantial que se origina en el mismo lugar en el municipio de Juana Díaz.

Ley Núm. 129 de 21 de julio de 2000. Para declarar como monumento natural Las Cuevas del Barrio Guayabal en Juana Díaz.

Ley Núm. 180 de 21 de agosto de 2000. Para declarar el Monte Santa Ana de Bayamón como servidumbre de conservación.

Reglamento de Planificación Número 4 de 28 de junio de 2008. Reglamento de Calificación de Puerto Rico.

Ley Núm. 245 de 19 de octubre de 2002. Ley para declarar el sistema de cuevas y cavernas de Aguas Buenas como área de Reserva Natural.

Ley Núm. 51 de 4 de enero de 2003, según enmendada. Ley para el Acuerdo Cooperativo Conjunto y Fondo Especial para servicios del US Geological Survey.

Reglamento Núm. 6765 de 11 de febrero de 2004. Reglamento para regir la conservación y el manejo de la vida silvestre, las especies exóticas y la caza en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Reglamento Núm. 6766 de 11 de febrero de 2004. Reglamento para regir las especies vulnerables y en peligro de extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Reglamento Núm. 6916 de 17 de diciembre de 2004. Reglamento para regir la extracción, excavación, remoción y dragado de los componentes de la corteza terrestre.

Ley Núm. 395 de 21 de septiembre de 2004. Ley para designar el Parque Nacional de la Zona Cársica del Río Tanamá.

Ley Núm. 471 de 23 de septiembre de 2004. Ley de Reserva Natural del Río Indio.

Ley Núm. 550 de 3 de octubre de 2004, según enmendada. Ley para el Plan de Uso de Terrenos del ELA de Puerto Rico.

### **Direcciones del Internet**

50CFR Part 17.95(c), Electronic Code of Federal Regulations ([http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?sid=9b24c99ca6e666f94cbf987e17f70f05&c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title50/50tab\\_02.tpl](http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?sid=9b24c99ca6e666f94cbf987e17f70f05&c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title50/50tab_02.tpl)). 2005.

Flora del mundo: Glosario, Proyecto Species Plantarum (*Species Plantarum*, originally published in English as part of the Introduction volumen). Traducido por Dr. Mónica Moraes. Australian Biological Resources Study. 2003. ([http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/iopi/SPPspanish\\_glossary.pdf](http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/iopi/SPPspanish_glossary.pdf)).

The AOU Check-list of North American Birds, American Ornithologist's Union ([www.aou.org/checklist/birdlist46.pdf](http://www.aou.org/checklist/birdlist46.pdf))

### **Informes técnicos**

Inventario Forestal de Puerto Rico y los futuros trabajos en la zona del carso. Escrito preparado por Edgardo González del Negociado de Servicio Forestal, DRNA. febrero 2005.

Terrenos de Conservación Posible Expansión y Conexión de Áreas Naturales Protegidas. (Escrito relacionado: Extensión de los bosques y de las otras tierras boscosas) Escritos preparados por Edgardo González, Negociado Servicio Forestal, DRNA. marzo 2005.

Información de restauración y costos. Escrito preparado por Edgardo González, Negociado Servicio Forestal, DRNA. marzo 2005.

Valor ambiental y costo de restauración. Escrito preparado por Andrea Handler Ruiz, Negociado de Servicios Especializados, SAP, y Edgardo González, Negociado Servicio Forestal, DRNA. marzo 2005.

Recomendaciones sobre zonificaciones en el carso. Escrito preparado por Giovanna Fuentes, Negociado de Endosos, SAP, DRNA. febrero 2005.

Proceso de Carsificación. Escrito preparado por Andrea Handler Ruiz, Negociado de Servicios Especializados, SAP, DRNA. marzo 2005.

Descripción de la Biodiversidad encontrada en la Zona Cársica. Escrito preparado por Vicente Quevedo Bonilla. División de Patrimonio Natural, Área de Planificación Integral, DRNA. marzo 2005.

Metodología para la revisión de la delimitación de los terrenos con prioridad de conservación en el Carso e inclusión de nuevas áreas. Escrito preparado por el Plan. Pedro Guevara, Junta de Calidad Ambiental. 9 de abril de 2008.

Alcance de la definición de la zona cársica de Puerto Rico para el Caso KPE02-24-48 (907). Preparado por el Geol. Pedro A. Gelabert, US Environmental Protection Agency. 13 de diciembre de 2007.

Caracterización geológica de Guanaquilla. Preparado por la Geol. Ruth H. Vélez, Negociado de Servicios Especializados, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 17 de junio de 2008.

Elementos críticos localizados en el carso. Preparado por Daniel Dávila, División de Patrimonio Natural, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. 7 de julio de 2008.

Sitios arqueológicos del Carso. Preparado por la Arqueóloga Tamara González, Consejo de Arqueología Terrestre de Puerto Rico. 17 de julio de 2008.

### **Otros documentos**

Acuerdo Cooperativo entre el Departamento de Recursos Naturales y la Sociedad Espeleológica de Puerto Rico, Inc. 1996.

