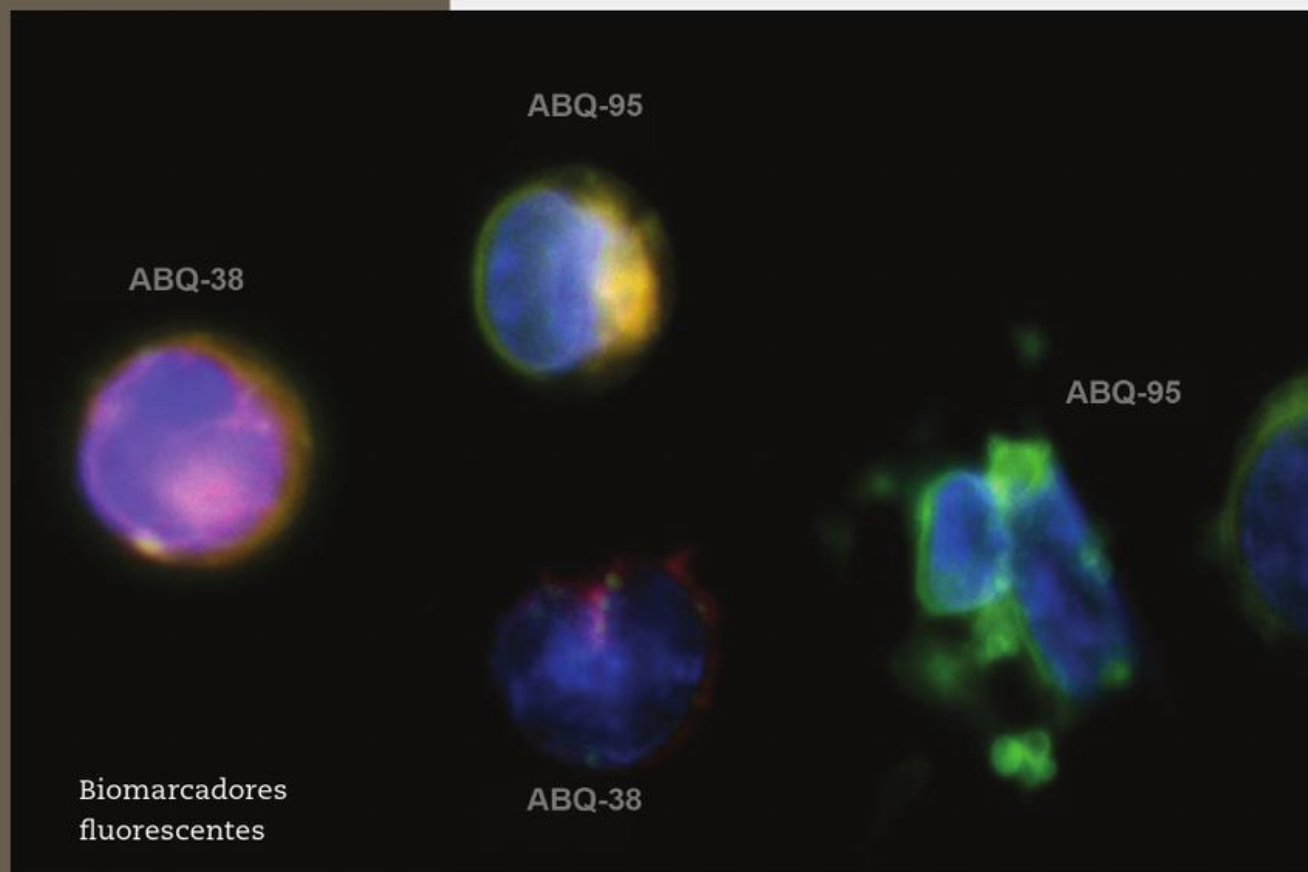


Perspectivas

en asuntos ambientales

Revista Profesional
de la Escuela de
Asuntos Ambientales

volumen 1 – 2012



En esta edición

Regeneración urbana en la acción estatal España durante periodo 2004-2011

Evaluación de cumplimiento de las mitigaciones requeridas por el Reglamento, Siembra, Corte y Reforestación de Puerto Rico

Evaluación de la estructura y composición forestal de zonas en terrenos del eco-parque del Tanamá, Utuado

Estudio de geomorfología y distribución de sedimentos en la playa Cibuco, Vega Baja, Puerto Rico

Energía del océano para producir electricidad y otros componentes de una cartera energética para Puerto Rico

Puerto Rico's coral reefs: Strategies for conservation and protection



Perspectivas

en asuntos ambientales



Perspectivas

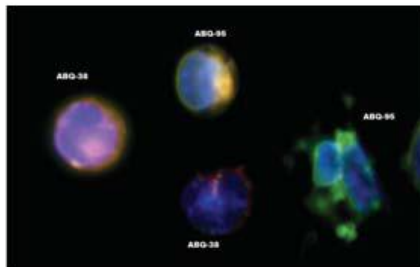
en asuntos ambientales

La revista *Perspectivas en Asuntos Ambientales* (PAA) es un organismo informativo de la Escuela de Asuntos Ambientales (EAA) de la Universidad Metropolitana en el que estudiantes, profesores y colaboradores diseminan sus trabajos relacionados con el tema ambiental. El foro incluye trabajos producto de tesis, tesinas y proyectos de planificación ambiental, así como evaluaciones de programas implantados e investigaciones de profesores que aborden los asuntos ambientales. También incluye ensayos de opinión o perspectivas sobre los asuntos ambientales. Estos componentes enmarcan la tónica de lo que en principio será la función de la revista como instrumento de difusión y foro de discusión.

La EAA aporta hacia la capacitación de profesionales, el desarrollo de la conciencia ambiental y la solución de problemas ambientales que enfrenta nuestra sociedad a través de sus componentes académicos, investigativos y proyectos de impacto comunitario y educación profesional. Incluye los programas graduados de Maestría en Ciencias en Gerencia Ambiental, Maestría en Planificación Ambiental y Maestría en Artes en Estudios Ambientales. Además, contamos con centros de adiestramiento especializado, certificados profesionales e investigación como el Instituto de Educación Ambiental, Atlantic OSHA Training Center, el Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable (CEDES), el Laboratorio de Química, Ambiental y Toxicología Molecular (ChemTox), Estación de Investigación Las Cucharillas, y el Photonics Laboratory.

PAA (ISSN 2167-4752 impreso) y (ISSN 2167-6828 en línea) se publica anualmente. Para los detalles de color en los gráficos y fotos, favor de remitirse al documento en PDF en línea en nuestra página: <http://www.suagm.edu/umet/perspectivas/index.asp>. Las instrucciones para autores que desean someter artículos se encuentran disponibles en línea bajo la misma dirección electrónica. Dirija su correspondencia a través del correo electrónico: perspectivasaa@suagm.edu.

Foto portada



Montaje en microscopía con focal (100x) con tinción diferencial con células Toledo de linfoma expuestas a los nuevos compuestos ABQ desarrollados en laboratorio.

Foto: Carlos Rosado, Jessica Soto y Christian Vélez

Descargo de responsabilidad

La EAA no se responsabiliza por la precisión de hechos y opiniones aquí presentadas o por omisiones en la utilización de fuentes primarias en el contenido de los artículos de los autores que colaboraron en esta edición. El lector debe hacer su propia evaluación en términos de cuán apropiado es el contenido y los métodos utilizados.

Diseño gráfico: www.mneyid.com

Impresión

La impresión de esta edición ha sido posible gracias a fondos federales de Título V Graduado *Promoting Postbaccalaureate Opportunities for Hispanic Americans*. Centro de Estudios Graduados de la Universidad Metropolitana. P031M090022

Derechos de Autor 2012, Sistema Universitario Ana G. Méndez. Prohibida la reproducción total o parcial de los textos y fotografías incluidos en la revista, sin previa autorización de sus autores y la EAA.

volumen 1 – 2012

ISSN 2167-4752 (Impreso)

ISSN 2167-6828 (En línea)

COMITÉ EDITORIAL

María Calixta Ortiz, MSEM, Editora en Jefe

José Orlando García, MP, PPL, ABD

Christian Vélez, MSEM

Juan Carlos Musa, Ph.D.

Oswaldo Cox, Ph.D.

CONSEJO ASESOR

Carlos M. Padín Bibiloni, Ph.D., Director

Evelyn García, Ed.D.

Ivette Torres Negrón, Ph.D.

Javier Saracho

Yvonne Guadalupe

Universidad Metropolitana
PO Box 21150, San Juan, PR 00928

Formato para citar esta revista:

Autores (2012). Título del artículo. *Perspectivas en Asuntos Ambientales*, 1(1),1-124.

CONTENIDO TEMÁTICO

Editorial

- Difusión del conocimiento desde las universidades.....7
María Calixta Ortiz, MSEM

Comentario

- Hice un descubrimiento, y ahora ¿qué hago?.....11
Luis García Feliú, MBA & Osvaldo Cox, Ph.D.

Artículo temático

- Descripción de la invención y sus aplicaciones en la investigación14
Beatriz Zayas, Ph.D. & Osvaldo Cox, Ph.D.

Avances

- Reducción de Cadmio con nanopartículas de hierro cerro valente para la
 remediación de metales pesados19
Keyla Soto, MSEM, Beatriz Zayas, Ph.D., Osvaldo Cox, Ph.D. & Carlos R. Cabrera Ph. D.

- Efectos tóxicos de los plastificantes en los linfocitos humanos.....21
Carlos Rosado, MSEM, Christian Vélez, MSEM & Beatriz Zayas, Ph. D.

- Tasa de cambio de nutrientes en los bosques de manglar de borde y cuenca
 en reserva Laguna Joyuda, Cabo Rojo.....23
Juan C. Musa, Ph. D. & Carla Mejías, BS

- Mariposa arlequín clasificada como especie en peligro de extinción25
Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre

Artículos originales

Regeneración urbana en la acción estatal en España durante el periodo 2004-201127

Sonia De Gregorio Hurtado, Ph.D.

Evaluación de cumplimiento de las mitigaciones requeridas por el Reglamento, Siembra, Corte y Reforestación de Puerto Rico.....52

Lourdes M. Febres, MSEM, Alberto Puente, Ph.D., Carlos Ramos, Ed.D., María Calixta Ortiz, MSEM & Edgardo González, MF

Evaluación de la estructura y composición forestal de zonas agrícolas abandonadas en terrenos del Eco-Parque del Tanamá, Utuado66

Selinette Álvarez Rodríguez, MSEM, Javier Vélez Arocho, MS, Carlos Conde, MS, & María Calixta Ortiz, MSEM

Estudio de geomorfología y distribución de sedimentos en la playa Cibuco, Vega Baja, Puerto Rico87

José Antonio Nevárez Rivera, BA, Stephanie Cuevas Vázquez BA & Maritza Barreto Orta, Ph. D.

Energía del océano para producir electricidad y otros componentes de una cartera energética para Puerto Rico100

Agustín A. Irizarry Rivera, Ph.D., P.E., Efraín O'Neill Carrillo, Ph.D., P.E., José A. Colucci Ríos, Ph.D., P.E., Sorangelís Rodríguez, EIT

Puerto Rico's coral reefs: Strategies for conservation and protection.....113

Álida Ortiz Sotomayor, Ph.D.

DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO DESDE LAS UNIVERSIDADES

María Calixta Ortiz, MSEM¹

Editora en Jefe

Las universidades no deben ser centros aislados donde se imparte el conocimiento a los estudiantes, también deben contribuir a la diseminación abierta de ideas y perspectivas, así como los resultados producto de la investigación académica y científica. Mucho del conocimiento se transfiere a través de los canales tradicionales de la academia como conferencias y congresos o a través de una publicación escrita como ésta. Ante la necesidad de más foros académicos para publicar en el área ambiental, la Escuela de Asuntos Ambientales de la Universidad Metropolitana organizó un Comité Editorial y una Junta Asesora para desarrollar la revista *Perspectivas en Asuntos Ambientales*. Tras un año de preparación, consultas, convocatorias y reuniones, compartimos con el público el esfuerzo y el conocimiento producido por estudiantes, profesores y colaboradores que se unieron en esta edición.

La difusión del conocimiento también ocurre cuando logramos licenciar o registrar una patente producto de la investigación, lo cual confiere potestad para transferir los descubrimientos a la industria u otros constituyentes que beneficien a la ciudadanía. La universidad también adquiere prestigio y deriva beneficios económicos directos al patentizar los descubrimientos. Se estima que las ganancias de las universidades por patentizar productos subieron de 218 millones en 1991 a 1.385 mil millones en el 2004 (Merritt, 2006). Sin embargo, antes que generar ingresos, las universidades tienen el deber de difundir el conocimiento a la comunidad.

Luego de un estudio sobre patentes en las universidades del Reino Unido, Andersen & Rossi (2011) encontraron que solo una mínima porción del conocimiento o de los descubrimientos en las universidades es patentizado, ya sea porque tienen poca conciencia sobre la oportunidad o por la inhabilidad de usar estos instrumentos disponibles. Aún así, el total de solicitudes de patentes por parte de las universidades de los Estados Unidos para el 2004 evidenciaron un incremento de tres veces comparado con el 1991 (Merritt, 2006). En el 2010, la Asociación de

¹ Catedrática asociada, Escuela de Asuntos Ambientales, Universidad Metropolitana

Dueños de Propiedad Intelectual documentó el nombre de 14 universidades entre las 300 organizaciones que recibieron certificaciones de la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (Fillmore, 2011). Las primeras 13 universidades, según el número de patentes adquiridas, son la Universidad de California, Universidad del Sur de Florida, MIT, Stanford, Universidad de Wisconsin, Caltech, Universidad de Texas, Universidad de Illinois, Universidad de Columbia, Universidad of Michigan, Cornell, University of Pennsylvania, y la Universidad de Washington (todas en los Estados Unidos) y la Universidad de Tsinghua en China.

Los estudios demuestran que las universidades son más propensas a patentizar invenciones en el campo de la biotecnología (drogas y productos químicos) que en otros campos de la investigación. Las estadísticas de patentes para el 2002 producto de la academia presentan un 15% de todas las solicitudes en biotecnología contra un 1% en otros sectores como la industria automovilística (van Zeebroeck, Van Pottelsberghe, & Dominique, 2008). Esta tendencia de aumento de patentes en biotecnología se ha mantenido desde el 1980, cuando se declaró el Acta Bayh-Dole o el Acta de Patentes y Marcas Registradas (CFR, 2002). La Bayh-Dole legisla sobre la propiedad intelectual que surge de investigaciones auspiciadas con fondos federales en los Estados Unidos. Entre otras cosas, el Acta les otorga a las universidades, pequeños negocios u organizaciones sin fines de lucro, el control de las invenciones y cualquier otra propiedad intelectual que resulte de esos fondos.

Para entender cómo transferir el conocimiento a través de patentes, es necesario que las universidades establezcan políticas claras que rijan el proceso, en las que se establezcan los beneficios para los investigadores. Además, deben existir oficinas de apoyo a los investigadores. La Vicepresidencia Asociada de Comercialización y Patentes del Sistema Universitario Ana G. Méndez (SUAGM) lleva años organizando la estructura que apoya la divulgación del conocimiento y la protección de los derechos de sus autores. Para entender este proceso, Luis García Feliú y el Dr. Osvaldo Cox comentan sobre lo que debemos hacer luego de un descubrimiento científico.

La Universidad Metropolitana del SUAGM ha entrado en ese reducido número de instituciones en Puerto Rico que logró licenciar su primera patente por la síntesis y análisis de la toxicidad de nuevas sustancias con potencial de uso biomédico. El grupo de investigación está compuesto por profesores y estudiantes de la Escuela de Asuntos Ambientales, en el que se unieron la capacidad de las aplicaciones toxicológicas de la Dra. Beatriz Zayas y la vasta experiencia del Dr. Osvaldo Cox como químico orgánico en la síntesis de sustancias, unido a la estructura y disciplina de trabajo del asistente de investigación Christian Vélez y los estudiantes Luz

Arroyo, Sujey Carro, Carlos Rosado, Dennise Molina y Jessica Soto. El grupo ha trabajado sobre cinco años con estos compuestos para evaluar sus propiedades tóxicas con potencial de drogas anticancerosas o como marcadores de células malignas. Las sustancias sintetizadas podrían beneficiar en la investigación científica, diagnóstico o tratamiento de condiciones como el cáncer. Estas aplicaciones son descritas en el artículo temático Descripción de la invención y sus aplicaciones en la investigación, escrito por los autores de la patente. La portada de esta edición despliega una foto sobre células malignas tratadas con estas sustancias novedales. No hay duda que los equipos de trabajo con una visión compartida, obtienen los mejores resultados.

La revista incluye además una sección de *Avances* en el campo ambiental redactados en forma breve. Por su parte, la sección de *Artículos originales* incluye estudios producidos en la UMET, así como colaboraciones externas. Esta sección elabora temas diversos sobre planificación urbana y conservación de recursos. Se incluye un estudio sobre la estructura forestal de fincas abandonadas en Utuado, una evaluación de las mitigaciones de siembra llevadas a cabo en los últimos 10 años en proyectos de construcción en Puerto Rico, y las estrategias de acción local sugeridas para la conservación de arrecifes de coral. En estos artículos se ve reflejado cómo la Universidad colabora con instituciones y agencias, mediante contratos de consultoría o acuerdos colaborativos en los que se comparte el conocimiento, equipo y los recursos humanos. A través del reclutamiento de estudiantes o el intercambio de facultad entre instituciones, aseguramos que se propaguen las ideas y visiones de la comunidad universitaria. Las colaboraciones de la Universidad de Puerto Rico, Recintos de Mayagüez y Río Piedras nos brindan una evaluación de la cartera energética y las posibilidades para la Isla, y los cambios en el perfil de la costa de la Playa Cibuco en Vega Baja, respectivamente. Para obtener perspectivas distintas a nuestra realidad inmediata, incluimos una evaluación sobre los eventos históricos ocurridos del 2004 al 2011 en materia de la regeneración de los centros urbanos en Madrid, España, como una colaboración del Ministerio de Fomento en Madrid.

Esperamos que esta revista sirva de apoyo en otras iniciativas y nos brinde otra perspectiva del mundo académico. Más aún, esperamos abrir horizontes para la colaboración entre instituciones que aporten significativamente hacia la solución de las situaciones ambientales que enfrenta nuestra historia.

Literatura Citada

Andersen, B., & Rossi, F. (2011). UK universities look beyond the patent policy discourse in their intellectual property strategies. *Science & Public Policy (SPP)*, 38(4), 254-268.

Fillmore, R. (2011). NAI congratulates 14 top universities worldwide for patent success. Recuperado de http://www.eurekalert.org/pub_releases/2011-06/uosf-nc1062011.php

Merritt, R. (2006). For academia, patents mean BIG\$\$\$. *Electronic Engineering Times* (01921541), (1420), 1-18.

van Zeebroeck, N., van Pottelsberghe, B., & Dominique, G. (2008). Patents and academic research: A state of the art. *Journal of Intellectual Capital*, 9(2), 246-263.

US Code of Federal Regulations. (2002). Title 37- Patents, Trademarks, and Copyrights. Part 401--rights to inventions made by nonprofit organizations and small business firms under government grants, contracts, and cooperative agreements. Recuperado de http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_02/37cfr401_02.html

HICE UN DESCUBRIMIENTO, Y AHORA ¿QUÉ HAGO?

Luis García Feliú, MBA¹ & Osvaldo Cox, Ph.D²

¹Vicepresidencia Asociada de Comercialización y Patentes,
Sistema Universitario Ana G. Méndez, PO Box 21345,
San Juan, PR 00928-1345, ac_lgarcia@suagm.edu

²Laboratorio de Química, Ambiental y Toxicología Molecular (ChEMTox),
Escuela de Asuntos Ambientales,
Universidad Metropolitana, Apartado 21150,
San Juan Puerto Rico, 00928-1150, um_ocox@suagm.edu

Cómo saber que hemos logrado una invención o descubrimiento, es una pregunta que se han hecho los investigadores a través del tiempo. Una cita famosa atribuida a Galileo dice: “toda verdad es evidente y fácil de entender una vez descubierta, la dificultad estriba en descubrirla”. Esta frase es cierta tanto para invenciones, descubrimientos e innovaciones. Un *descubrimiento* es un hallazgo sobre algún aspecto oculto o desconocido hasta entonces. Los descubrimientos surgen de la investigación sistemática, aunque en ocasiones pueden surgir al azar. Una invención, entre otras cosas, es la creación de un objeto, instrumento, proceso, propiedad intelectual, o composición de la materia hasta entonces desconocido. Las invenciones normalmente se derivan de modelos o ideas ya conocidos o concebidas de manera independiente. Las invenciones son novedades y no obvias a alguien experto en el área de interés. Este último aspecto es importante al reclamar protección del invento a través de una patente ante la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos.

La invención se refiere a los nuevos conceptos o productos derivados de las ideas o de la investigación. Por otro lado, la innovación se refiere a la transformación de un producto o idea en un producto comercializable. Una vez usted reconozca que ha hecho una invención debe tener en cuenta que para tener derecho de excluir a otros de fabricar, vender o de alguna manera manejar el producto objeto de su invención, la misma debe estar protegida por una patente. Esto, en efecto le otorga el derecho exclusivo de su explotación económica durante la vida de la patente.

Las patentes son otorgadas por el Gobierno Federal de Estados Unidos a través de la Oficina de Patentes y Marcas (USPTO, por sus siglas en inglés). La Ley

de Patentes de los Estados Unidos está fundamentada en su Constitución. Dicho sea de paso el Presidente Abraham Lincoln a quien le fue otorgada una patente dijo: “The Patent System added the fuel of interest to the fire of genius”, y en 1858, catalogó la ley de patentes como uno de los tres desarrollos más importantes en la historia moderna. Un invento puede ser llevado al mercado sin la estricta necesidad de una patente, pero el espacio protegido que ésta, en la práctica, confiere representa un gran incentivo a investigadores y empresas a invertir en la creación de nuevos productos con la expectativa de lograr una satisfactoria recuperación de su inversión.

El proceso para obtener una patente es uno técnico que requiere ser atendido con la ayuda de un abogado o un agente de patentes. Los abogados y los agentes de patentes le asesorarán sobre si el invento, o algún aspecto del mismo, son patentables y finalmente le ayudarán a someter la solicitud al USPTO y gestionar la obtención de la misma. Es importante mencionar que el proceso de evaluar un invento para conceder una patente es muy riguroso y que solo una fracción de las solicitudes sometidas en efecto obtiene una patente. Una vez se otorga el derecho de patente, este será efectivo por un periodo de 20 años a partir de la fecha en que se radicó la solicitud.

El próximo paso es la comercialización. Para tales propósitos, el Sistema Universitario Ana G. Méndez (SUAGM) cuenta con la Oficina de Comercialización y Patentes, dirigida por Luis Garcia Feliú. Esta oficina se encarga de coordinar el proceso de tramitar la solicitud de patentes y de velar por la formulación y eventual implantación de los procesos de comercialización de la invención. De esta manera, la Oficina atiende tanto los intereses de la institución como los de los inventores.

En este aspecto, el SUAGM está a la vanguardia de las exigencias del mundo moderno y la economía del conocimiento que impone a las universidades un rol importante en la creación y transferencia de tecnología. De esta forma, la creación y comercialización de propiedad intelectual se convierte en una actividad medular universitaria. La universidad se convierte así en el punto focal del desarrollo económico para contribuir al bienestar de la sociedad. Este rol permite además a las universidades atraer y retener el mejor talento intelectual y generar nuevas fuentes de ingresos que apoyen su desarrollo.

A fin de consolidar efectivamente esta función por parte de universidades y pequeños negocios, el Congreso de los Estados Unidos aprobó la legislación conocida como el Bayh-Dole Act de 1980. Bajo las disposiciones de esta ley, las universidades, los negocios pequeños y las organizaciones sin fines de lucro retienen la propiedad de invenciones hechas mediante investigaciones financiadas por agencias federales. Al amparo de esta legislación, el SUAGM al igual que la inmensa mayoría de univer-

sidades en los Estados Unidos y ya en el resto del mundo, formula y mantiene una política de patentes que establece las normas de creación título y manejo de invenciones y creaciones que puedan ser objeto de protección por medio de una patente.

La Política de Patentes de SUAGM (La Política), aprobada en noviembre de 2011, pretende estimular la investigación con potencial de convertirse en aplicaciones útiles y promueve la innovación. La Política establece que un “Invento apoyado por el SUAGM” es un invento que fue concebido, creado o reducido a la práctica en parte o en su totalidad bajo uno de las siguientes condiciones:

1. con el uso directo o indirecto de fondos provistos por el Sistema, así como fondos asignados a y administrados por el Sistema;
2. utilizando espacio, instalaciones, equipo, materiales u otros recursos provistos por el Sistema;
3. bajo el contrato de empleo del inventor con el Sistema.

Bajo estas condiciones, la titularidad del invento y otros derechos e intereses le pertenecerán al Sistema. No obstante, el inventor tendrá derecho a un porcentaje de cualesquiera regalías generadas por la comercialización de su invento, según se establece en la Sección G de esta Política. El Sistema reconoce los esfuerzos de los inventores individuales en las patentes que pertenecen al Sistema. Para promover estos esfuerzos, el Sistema comparte sus ingresos netos por regalías de patentes en un 50% para el inventor, y en proporciones similares a la escuela a la que pertenece el inventor (15%), la institución (15%), a la VPA de Comercialización y Patentes (15%) y a la Oficina el Presidente (5%).

De manera implícita el SUAGM asume las obligaciones de evaluar si el invento se puede patentar, evaluar su viabilidad de mercado, coordinar la solicitud de patente, así como desarrollar e implantar el plan de comercialización. Además, la Oficina de Comercialización y Patentes del SUAGM negociarán licencias, velará por el cumplimiento de acuerdos con terceros, administrará la distribución de ingresos y velará por el mantenimiento efectivo de dicha propiedad intelectual.

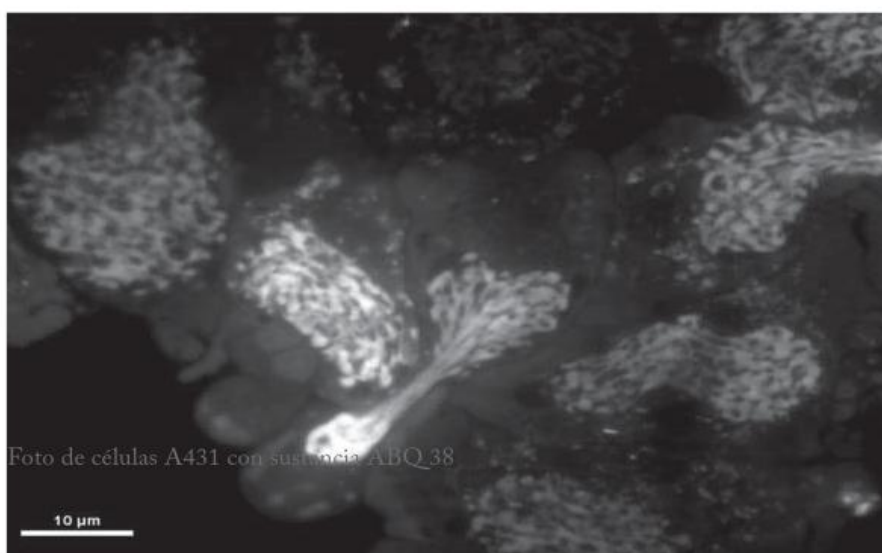
La Oficina de Comercialización y Patentes el SUAGM apoya el trabajo disciplinado a la vez que creativo de nuestros investigadores y asociados en su afán de aportar nuevo conocimiento que pueda traducirse en productos y bienes útiles para nuestra sociedad y creadores de calidad de vida y bienestar para todos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN Y SUS APLICACIONES EN LA INVESTIGACIÓN

Beatriz Zayas, Ph.D.¹ & Osvaldo Cox, Ph.D.¹

Los científicos Beatriz Zayas, Ph.D. y Osvaldo Cox, Ph.D. de la Universidad Metropolitana registraron en la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos una serie de sustancias novedales y sus respectivos análisis de la toxicidad de estas sustancias con potencial de uso biomédico. La patente (US Patent 8,124,770 B2), aprobada en febrero del 2012, protege sustancias sintetizadas que podrían ser útiles en diferentes aplicaciones en la investigación científica. Sus propiedades fluorescentes y la capacidad de penetrar la membrana celular le confieren la capacidad de ser utilizadas como marcadores celulares.

Palabras clave: sustancias, fluorescentes, patente, biomédico, marcadores, toxicidad



¹ Universidad Metropolitana, Escuela de Asuntos Ambientales, Laboratorio de Química, Ambiental y Toxicología Molecular (ChEMTox), Apartado 21150, San Juan Puerto Rico, 00928-1150, bzayas@suagm.edu, um_ocox@suagm.edu

Importancia de la invención

Los científicos continuamente estudian sustancias que sirven como marcadores celulares para entender cómo el cuerpo humano o los micro-organismos responden a estímulos endógenos (internos) o exógenos (del medioambiente). Estos estímulos pueden ser causados por enfermedades, tratamientos médicos o cualquier estímulo ambiental. En la búsqueda de este tipo de marcadores, estudiamos una serie de compuestos novedales creados por el Dr. Cox (co-inventor de la patente), los cuales demostraron actividad biológica en líneas celulares humanas *in vitro*. La actividad biológica monitoreada nos permite evaluar la capacidad terapéutica de estos compuestos para ser utilizados como un agente potencialmente anticanceroso. Las propiedades físicas de estos compuestos, como lo es la fluorescencia en una subfamilia, son un criterio clave para la aplicación de estas sustancias en el campo de investigación biomolecular y ambiental. Las sustancias con características fluorescentes son capaces de absorber energía y luego emitir parte de esa energía en forma de luz visible. La utilización de sustancias fluorescentes para evaluar el impacto o daño a nivel celular, permite evidenciar la interacción de estos compuestos con organelos celulares pues se convierten en marcadores fluorescentes de gran interés en investigaciones moleculares, diagnósticas y clínicas. Este invento, ahora protegido, podría tener también aplicaciones ambientales, como en el estudio de la contaminación en agua o suelo.

La patente protege la invención de nuevos métodos para la síntesis de las sales cloruros de benzazolo[3,2-a]quinolinio (BQS), los cuales son análogos sintéticos de alcaloides encontrados en la naturaleza. La patente también incluye las actividades biológicas y fluorescentes observadas en experimentos de células mamarias de origen tumoral y células normales en cultivo. Además, describe dos categorías de estos BQS dependiendo del grupo sustituyente que incorporan en su estructura: los que poseen un sustituyente nitro (NBQS) y los que incorporan un grupo amino (ABQS). Las diferencias de la estructura de estas categorías les confieren diferencias en sus actividades biológicas y efectos en las células expuestas, lo cual permite aplicaciones diversas de acuerdo a su estructura química. Por ejemplo, los compuestos con el grupo amino presentan mayor intensidad de fluorescencia. Esta propiedad permite que los ABQ puedan ser observados dentro de las células o microorganismos tratados con estos compuestos.

La toxicidad y los mecanismos de acción de estos compuestos fueron evaluados en el laboratorio de Química, Ambiental y Toxicología Molecular (ChEMTox) de la UMET, el cual es dirigido por la Dra. Zayas (co-inventora). Los estudios

estaban dirigidos principalmente a determinar la toxicidad de estos compuestos en células malignas y normales y sus mecanismos de acción. Entre los mecanismos de acción evaluados se incluyen: la inducción de muerte celular por apoptosis; la interacción con la membrana mitocondrial; la formación de aductos con el ADN; y la generación de Especies Reactivas de Oxígeno (ROS), entre otras. La relación entre estructura y efectos entre los compuestos también fue documentada.

La evaluación de los usos y la actividad biológica de los compuestos con el grupo amino (ABQS) en la línea de células humanas malignas A-431 mostró mayor actividad biológica y una mayor toxicidad hacia las células malignas, en comparación con los otros análogos que contienen el grupo nitro. Los estudios también han demostrado la capacidad de estos compuestos de inducir citotoxicidad a través de la inducción de apoptosis y la activación de caspasas en células humanas normales o malignas en cultivo. Una característica clave de estos compuestos fluorescentes es su capacidad de enlazarse a organelos celulares lo que provoca que las células muestren fluorescencia y puedan ser observados a través de microscopía confocal de fluorescencia. Esta propiedad le confiere a los ABQS la capacidad de ser utilizados como marcadores celulares con aplicaciones biomédicas para la investigación, el diagnóstico y tratamiento o en aplicaciones ambientales.

En general, la patente documenta nuevos métodos de síntesis para estos compuestos y las actividades biológicas observadas en experimentos donde células mamarías de origen maligno y normal son tratadas en cultivo. Los siguientes hallazgos y actividades biológicas reportadas en la patente hacen de estos compuestos herramientas potenciales en el campo de la investigación molecular, clínica y ambiental:

1. Nuevos procedimientos y métodos de síntesis para los cloruros de benzazolo [3,2-a]quinolinio (BQS) no reportados anteriormente (compuestos diseñados y sintetizados por el Dr. Osvaldo Cox)
2. Células normales y malignas en cultivos presentan auto-fluorescencia al ser tratadas con los ABQ.
3. Capacidad de los compuestos para enlazarse a los organelos celulares como el ácido desoxirribonucleico (ADN) y mitocondrias.

4. Capacidad de formar aductos covalentes con el ADN en células tumorales expuestas.
5. Capacidad de inducir muerte celular a través de apoptosis.
6. Algunos compuestos presentan mayor toxicidad hacia las células tumorales en contraste con células normales.
7. Capacidad de enlazarse a bacterias en soluciones acuosas y teñir su membrana celular. Estos hallazgos dan base a que estos compuestos fluorescentes pueden utilizarse para detectar la presencia de microorganismos en el medio ambiente incluyendo cuerpos de agua y suelos, ya que al igual que las células humanas las bacterias poseen organelos celulares que sirven de enlace para estos compuestos fluorescentes.

Estado actual de la invención

Estos compuestos y sus nuevos análogos continúan bajo estudio para ser usados en proyectos de investigación de los doctores Zayas y Cox en la Universidad Metropolitana, financiados por el Instituto Nacional de Salud (NIH) de los Estados Unidos. Proyectamos continuar estudiando estos compuestos a la vez que los damos a conocer a la comunidad científica y comercial. Destacamos el potencial comercial que tienen los compuestos con mayor capacidad de fluorescencia ya que pueden ser utilizados como marcadores en múltiples aplicaciones, además de la baja toxicidad de algunos análogos hacia células normales en comparación con células malignas. Aunque no se han realizado estudios en animales, nuestros resultados demuestran la capacidad potencial de estos compuestos para utilizarse como una herramienta terapéutica y diagnóstica.

Valor académico e investigativo

Los marcadores para células malignas o marcadores de cáncer son de gran necesidad y aplicación como herramientas de diagnóstico y pronóstico. Sus aplicaciones podrían permitir la identificación de tumores vs tejidos normales, ya que los compuestos evaluados han presentado mayor selectividad hacia las células malignas en cultivo en comparación con las células normales.

Segundo, es una herramienta de investigación *in vitro*. Cuando hablamos de investigaciones *in vitro* nos referimos a los estudios de laboratorio con células

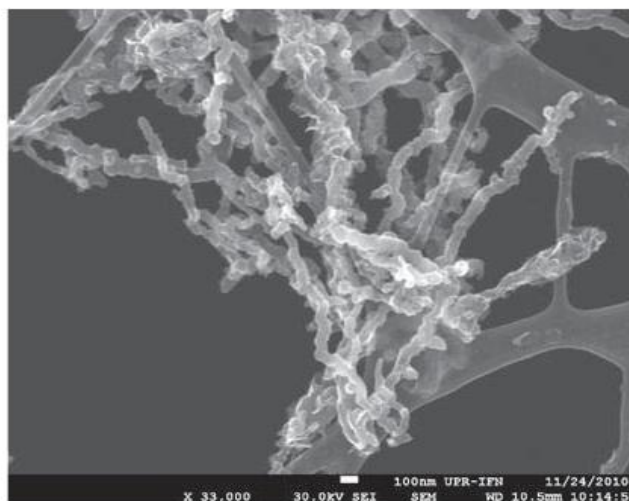
humanas en cultivo o microorganismos para comprender o predecir efectos en humanos o animales. Finalmente, podrían ser utilizadas como una herramienta terapéutica: el mecanismo de acción de la invención presentada es evaluada como agente terapéutico contra el cáncer. Los mecanismos de acción identificados son comparables al cisplatín (un agente antitumoral aplicado en tratamientos contra el cáncer).

Referencias

- Alegría, A. E., Sanchez-Cruz, P., Kumar, A., García, C., González, F.A., Orellano, A.,... Gordaliza, M. (2008). Comparison of the nucleic acid covalent binding capacity of two nitro substituted benzazolo [3,2-a]quinolinium salts upon enzymatic reduction. *Free Radic Res.*, 42(1),70-81.
- Colón, I. G., González, F. A., Cordero, M., Zayas, B., Veléz, C., Cox, O., ... & Alegría, A. E. (2008). Role of the Nitro Functionality in the DNA Binding of 3-Nitro-10-Methylbenzothiazolo [3,2-a] quinolinium Chloride. *Chem Research Tox.* 21, 1706-1715.
- Zayas, B., Beyley, J., Terrón, M., Cordero, M., Hernandez, W., Alegría, A. E., & Cox, O. (2007). Comparison of the nucleic acid covalent binding capacity of two nitro substituted benzazolo [3, 2-a]quinolinium salts upon enzymatic reduction. *Toxicology In vitro*, 21(6),1155-64.

REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO UTILIZANDO NANOPARTÍCULAS DE HIERRO CERO VALENTE PARA LA REMEDIACIÓN DE METALES PESADOS

Keyla Soto, MSEM¹, Beatriz Zayas, Ph.D.¹, Osvaldo Cox, Ph.D.¹ & Carlos R. Cabrera Ph. D.²



El Cadmio es un metal pesado que puede ser encontrado en lugares contaminados conocidos como superfondo y designados así por la Agencia de Protección Ambiental. Es de gran interés la viabilidad de estrategias novedales para remediar áreas contaminadas con metales pesados. Investigamos la eficiencia de utilizar nanopartículas de hierro cero valente (nZVI) en la reducción de la concentración de Cadmio en suelos contaminados. Para detectar la eficiencia de reducción del Cadmio, utilizamos un microscopio electrónico de barrido (SEM), el cual provee imágenes de la superficie de las nanopartículas, espectroscopia de fotoelectrones de rayos X (XPS). De esta forma, determinamos la reducción de las nanopartículas por medio de la síntesis con borohidruro de sodio y difracción de rayos X (XRD) para analizar la especialización y posible reacción de una absorción compleja de reacción de oxidación y reducción de las nZVI. A través del *Inductively Coupled Plasma* (ICP), determinamos que la eficiencia para la eliminación de cadmio al utilizar nZVI fue de 80 a 90%, basado en tres concentraciones iniciales diferentes. El

¹Universidad Metropolitana, Escuela de Asuntos Ambientales, Apartado 21150, San Juan, Puerto Rico 00928-1150

²Universidad de Puerto Rico, Departamento de Química y el Centro de Materiales a Nanoescala, Recinto de Río Piedras, P.O. Box 23346, San Juan, Puerto Rico 00931-3346

uso de un soporte de Carbono en la síntesis de nZVI para reducir la aglomeración y el aumento de la superficie, produjo la reducción de cadmio en más de un 90% en concentraciones de 1, 3 y 6 ppm en un periodo de 300 minutos. Para confirmar estos resultados, hicimos un análisis de cartografía con fluorescencia de energía dispersiva de rayos X, el cual indicó la presencia de iones cadmio en el nZVI superficie.

Los resultados de esta investigación demostraron claramente el gran potencial que poseen estas nanopartículas como mecanismo de remediación para metales pesados. Según estos resultados experimentales, se evidencia que un tratamiento con nZVI puede ser probablemente más eficiente que las técnicas actuales de barreras permeables reactivas (PRB, por sus siglas en inglés) y bomba y tratamiento (P&T, por sus siglas en inglés), las cuales son altamente costosas y sus procesos de remoción de contaminantes fluctúa entre 10 a 15 años.

EFFECTOS TÓXICOS DE LOS PLASTIFICANTES EN LOS LINFOCITOS HUMANOS

Carlos Rosado, MSEM¹, Christian Vélez, MSEM¹ & Beatriz Zayas, Ph. D.¹

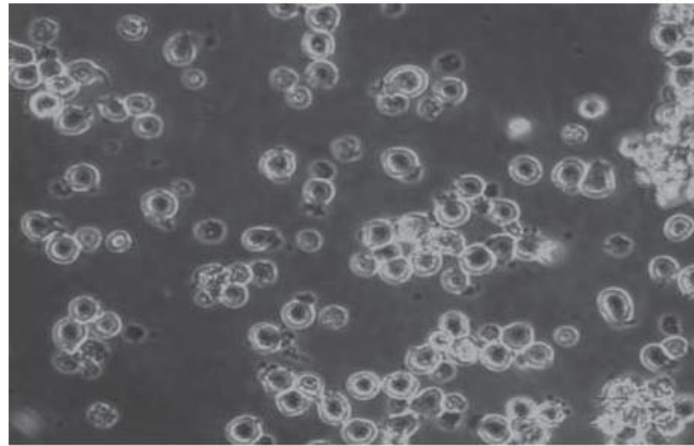


foto: Carlos Rosado y Christian Vélez

Figura 1. Linfocitos Normales Tk6 microscopia de luz objetivo 40X.

Los plásticos son materiales altamente utilizados en el empaque de artículos de consumo como alimentos, productos de cuidado personal y equipos médicos, entre otros. Algunos de estos materiales utilizados contienen componentes potencialmente perjudiciales a la salud, como los plastificantes o ftalatos, que son aditivos que se le agregan al plástico. Estos agentes plastificantes han sido catalogados como perturbadores endocrinos, tóxicos para el sistema reproductor y alteradores del material genético. Los ftalatos han sido detectados en abastos de sangre y plasma, los cuales han sido almacenados en envases plásticos. El uso amplio del plástico y la exposición a sus componentes, nos hace preguntarnos sobre los posibles efectos en el sistema inmune.

El grupo de toxicología ambiental de la Escuela de Asuntos Ambientales en la Universidad Metropolitana estudió los efectos de toxicidad celular y el mecanismo de muerte celular producido por el dietilhexil ftalato (DEHP) y monoetilhexil ftalato (MEHP) en linfocitos normales humanos (línea de células TK6). A través del estudio, determinamos la concentración (dosis) a la cual se inhibe el 50% del crecimiento (IC50) de los linfocitos, luego de 48 y 72 horas de

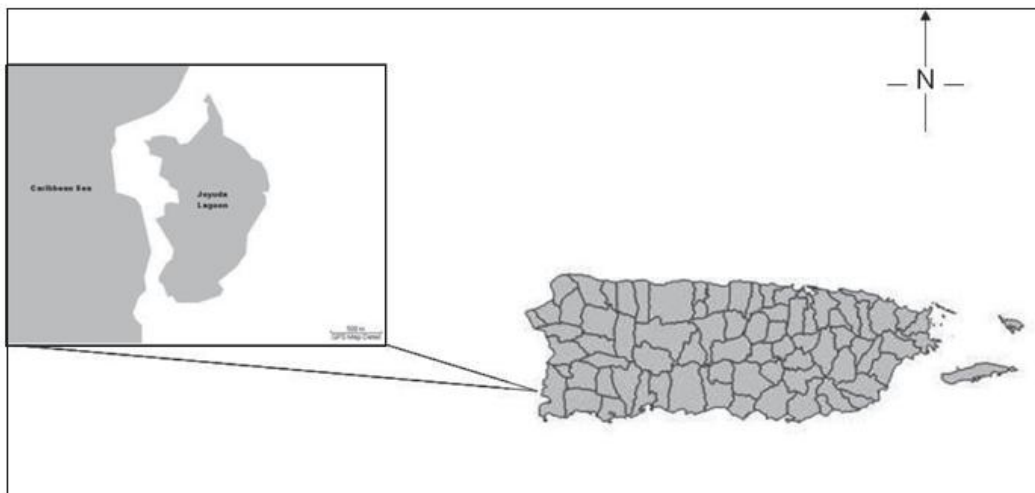
¹ Universidad Metropolitana, Escuela de Asuntos Ambientales, Laboratorio de Química, Ambiental y Toxicología Molecular, Apartado 21150, San Juan Puerto Rico 00928-1150

exposición a dosis entre 10 μ M (micromolar) hasta 500 μ M. También, expusimos las células Tk6 a los ftalatos para analizar el efecto sobre la mitocondria (centro energético de la célula), la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) y la activación de caspasas 3 y 7, enzimas claves en el proceso de muerte celular conocido como apoptosis.

Los resultados obtenidos reflejaron un IC50 para 48 horas fue de 234 μ M y 196 μ M para DEHP y MEHP, respectivamente. DEHP y MEHP afectaron el potencial de la membrana mitocondrial, produjeron generación de especies reactivas de oxígeno y activaron las caspasas, lo cual sugiere que estos compuestos tienen la capacidad de inducir apoptosis en las células Tk6 del sistema inmune. Los resultados obtenidos reflejan, en primer lugar, que estas sustancias tienen efectos nocivos sobre las células del sistema inmune. Segundo, las dosis a las cuales ocurren estos efectos son las mismas que se han documentado que se encuentran en el medio ambiente. Estos hallazgos sugieren que estos compuestos pudieran alterar la capacidad del sistema inmune para defender el cuerpo de las enfermedades. Estos resultados nos sugieren iniciar la discusión de estrategias para regular la exposición del ser humano a estos contaminantes ambientales.

TASA DE CAMBIO DE NUTRIENTES (N, P, K, CA, CO) EN LOS BOSQUES DE MANGLAR DE BORDE Y CUENCA EN RESERVA NATURAL LAGUNA JOYUDA, CABO ROJO

Juan C. Musa, Ph. D.¹ & Carla Mejías, BS¹



La laguna Joyuda es un sistema semi-cerrado ubicado en en la zona subtropical húmeda del oeste de Puerto Rico (18°7'54 "N, 67°42'7"0). La presencia de los bosques de manglar de borde y cuenca, incluyen especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), y mangle de botón (*Conocarpus erectus*). El estudio de los nutrientes (N, P, K, Ca y Carbono orgánico) es necesario para definir la composición de estas especies, su diversidad y la estabilidad de las comunidades presentes.

La eficiencia de los nutrientes de los manglares puede ser determinada por la cantidad de nutrientes presentes en la hojarasca, la cual expresa la fisiología de los árboles e influye en el reciclaje de nutrientes. El Nitrógeno participa en la formación de proteínas, enzimas y ADN; el fósforo (P) es una parte esencial en moléculas de ATP y fosfolípidos; el calcio (Ca) actúa como agente osmótico; el potasio (K) trabaja en el transporte en las células; y el magnesio (Mg) es un componente de la clorofila. La hojarasca se transforma en detritus influenciada por las características físicas del suelo y la presencia de los diferentes microorganismos. Una vez disponible, los

¹ Universidad Metropolitana, Escuela de Asuntos Ambientales, Apartado 21150, San Juan PR 00928-1150

nutrientes entran en la cadena alimentaria desde los diferentes niveles tróficos para aumentar la eficiencia energética.

Para calcular la tasa de cambio de estos nutrientes, establecimos 20 parcelas de 0.1 ha: 10 en el bosque de borde y 10 en el bosque de cuenca. La hojarasca fue recolectada en canastas de 0.25 m² colocadas a una altura de 1.5 m sobre el suelo durante 12 meses. Una vez al mes, el material recolectado en las canastas de las 20 parcelas se secó a 70° C durante 72 horas y se pesó. Mientras la hojarasca acumulada en el suelo se recolectó mensualmente en muestras de 0.25 m² de área. Las muestras se secaron a 70° C durante 27 horas y separados por componentes. Calculamos la tasa de cambio de los nutrientes dividiendo la concentración de nutrientes en la hojarasca (kg/ha/año) entre la cantidad de nutrientes en la hojarasca en el suelo (kg/ha). Llevamos a cabo el análisis químico para calcular los nutrientes presentes en la hojarasca. Consideramos el efecto de los afluentes de agua dulce en la tasa de cambio de los nutrientes.

Los análisis de ANOVA indicaron que la tasa de cambio de N fue significativa ($P < 0.05$) en el manglar de borde. El Ca y K mostraron ser altamente significativos ($P < 0.01$) en ambos bosques de manglar. Las diferencias estadísticas sugieren que el aporte de los afluentes de agua dulce influye en la tasa de cambio de los mencionados nutrientes, lo cual impacta en la productividad de los tipos de bosque de manglar y en la exportación de nutrientes a los ecosistemas aledaños.

MARIPOSA ARLEQUÍN CLASIFICADA COMO ESPECIE CON PROTECCIÓN FEDERAL

Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre¹



Como resultado de una evaluación del estatus de la mariposa arlequín de Puerto Rico (*Atlantea tulita*), conocida como la quebradillana, el Servicio de Pesca y Vida Silvestre (USFWS, por sus siglas en inglés) añadió la especie a su Lista de Especies Candidatas a protección federal (www.fws.gov/caribbean/es/harlequin.html). Esta clasificación permite que el USFWS y otras organizaciones trabajen de forma cooperativa para evaluar su hábitat. Esto podría incluir asistencia técnica y financiera y el desarrollo de acuerdos de conservación con salvaguardas para los dueños de terrenos privados que proactivamente quieran tomar acciones en favor de la especie.

En el 2009, Javier Biaggi-Caballero presentó una petición para proteger la mariposa arlequín de Puerto Rico y designar su hábitat crítico. La Ley de Especies en Peligro de Extinción requiere que el USFWS determine si la petición presenta suficiente información para una determinación. Esta determinación fue positiva y se publicó en el Registro Federal en el 2010, seguido por una evaluación más profunda. Esta mariposa se ha logrado reproducir en estudios

¹ PO Box 491 Boqueron, Puerto Rico, 00622
<http://www.usfws.gov>

controlados bajo la dirección de Hernán Torres de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

La mariposa arlequín depende exclusivamente de la planta espinosa para alimentarse, descansar, depositar sus huevos y proveerle nutrientes a la oruga. La especie habita el karso norteño, y se observa en bosques y farallones costeros en esta zona y la región montañosa volcánica en la zona central del oeste de la Isla, específicamente en el Bosque del Estado en Maricao. La arlequín de Puerto Rico se parece a la mariposa monarca. La parte superior es mayormente anaranjada con manchas negras y la parte posterior tiene un patrón muy elaborado de manchas de líneas blancas, negras, anaranjadas y rojas. La mariposa mide cerca de 2 pulgadas con sus alas extendidas. El principal riesgo para la sobrevivencia de la especie es la pérdida y fragmentación de hábitat. Otros riesgos incluyen la baja capacidad reproductiva de la especie, números poblacionales bajos y que su ciclo de vida depende de una sola planta hospedera.

LA REGENERACIÓN URBANA EN LA ACCIÓN ESTATAL EN ESPAÑA DURANTE EL PERIODO 2004-2011. UNA HISTORIA A CONTINUAR

Sonia De Gregorio Hurtado, Ph.D.¹

During the period 2004-2011 the Spanish Government has undertaken an activity (developing acts, propositional documents, and regeneration instruments) regarding the urban matter which is based on a reflection on the urban environment and reveals a new interest on urban regeneration. Due to its subject and its intensity, this activity has no precedents in the country. This paper reviews it by putting the focus on the contribution that it could have done to the practice of urban regeneration in Spain, a practice that, with some exceptions, has been characterized from the eighties by its sectoral approach, aimed primarily at the physical rehabilitation of the urban environment, and where the Central Government has not been a proactive agent (largely because the main competences in this field are regional and local). The review and analysis presented in this paper reveal that the action undertaken by the Central Government during the period 2004-2011 can be initiating a relevant change, as it puts urban regeneration in the centre of sustainable urban development, in order to stop urban growth and make cities more resilient, through the development of regeneration projects based on multi-level, integrated and participatory approaches. This action has made a relevant contribution to the practice of regeneration in the country. It alone can not interiorize sustainable urban development criteria in regions, municipalities, private sector and citizens, but it is a necessary step towards change, which has been initiated and should be continued and fostered by the new Government elected in November 2011.

Palabras clave: políticas urbanas, regeneración urbana, política de ciudades, gobierno de españa, desarrollo urbano sostenible.

¹Investigadora en CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Ministerio de Fomento de España). Calle Alfonso XII, 3 y 5, 28.014 Madrid. sdegregorio@mailpersonal.com

Introducción

Durante el periodo 2004-2011, el Gobierno Central de España llevó a cabo una actividad en relación al tema de la regeneración urbana sin precedentes. Esta circunstancia se refleja principalmente en el número de acciones acometidas desde distintos ámbitos (provisión de directrices, desarrollo de legislación, desarrollo de redes de intercambio de experiencia, puesta en marcha de instrumentos de regeneración). Se trata de una actuación, acompañada de una reflexión sobre la ciudad, que se ha desarrollado desde distintos Ministerios, principalmente el Ministerio de Vivienda (integrado hoy en el Ministerio de Fomento), el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MAMRM) y el Ministerio de Fomento. Dicha acción se ha dado a pesar de que el Gobierno Central tiene pocas competencias relativas al urbanismo en virtud de la Constitución.

Las motivaciones que han llevado al Gobierno a dirigir su atención a la temática urbana en las dos últimas legislaturas (periodo 2004-2011) son de diversa índole. En primer lugar, se destaca la influencia del debate sobre las políticas urbanas que desde el final de los años ochenta se viene dando en el ámbito de la Unión Europea (UE) y los instrumentos comunitarios de regeneración urbana que se han implementado en el País. También ha contribuido en potenciar el interés del Estado, la crisis actual que tiene importantes tintes urbanísticos, y que ha llevado al Gobierno a intentar iniciar un cambio de paradigma de desarrollo urbano.

Aunque la acción desarrollada por la Administración Central durante el periodo de estudio no permite señalar la existencia de una “política de ciudades” o el desarrollo de una dimensión urbana de la política del Gobierno cercana a la que existe en otros países de la UE (como Francia, Reino Unido u Holanda), la misma revela un cambio de actitud del Estado en relación al tema de la ciudad respecto a los años anteriores a 2004. Esta atención a la regeneración urbana se ha plasmado a través de distintas vías de actuación, buscando mecanismos para no invadir las competencias de las Comunidades Autónomas y los gobiernos locales. Las principales actuaciones han consistido en la provisión de directrices, el desarrollo de legislación y la puesta en marcha de instrumentos de regeneración urbana (en gran medida cofinanciados con Fondos Estructurales de la UE). La labor realizada ha hecho una contribución relevante a la práctica de la regeneración urbana, que pone en evidencia la importancia de que ésta sea continuada por el partido actual en el Gobierno. Es precisamente en el contexto de cambio del Ejecutivo, donde radica el interés de hacer un análisis y balance de lo llevado a cabo por el Gobierno anterior, para tratar de entender qué contribución ha hecho al contexto español de la actuación en el medio urbano y

sacar conclusiones sobre la misma. El interés de saber dónde estamos en relación a este tema se acrecienta en un contexto en el que se está debatiendo el futuro de la dimensión urbana de la Política de Cohesión de la UE para el periodo post 2013.

Método

Este artículo aborda el análisis de la acción del Gobierno Central en España en relación al medio urbano durante el periodo 2004-2011, durante las dos últimas legislaturas a través de:

1. La revisión y análisis de legislación, instrumentos de regeneración urbana y los documentos operativos y de directrices desarrollados por el Gobierno Central con incidencia en el ámbito de la regeneración urbana durante el periodo 2004-2011.
2. La revisión de fuentes secundarias de interés a esta investigación y de literatura científica y no convencional sobre el tema.

El punto 1 lleva a “reconstruir” la acción del Gobierno Central en relación a la regeneración urbana para, a través del análisis, entender cuáles han sido sus principales motivaciones y objetivos. Dicho análisis permite valorar la contribución que dicha acción ha hecho a la práctica de la regeneración en España. Esto ha consentido identificar los resultados ya visibles y las lagunas y limitaciones que podría haber presentado. Para ello ha sido necesario reconstruir, asimismo, la situación existente en el país durante el periodo precedente a este estudio, con el fin de poder señalar los posibles avances. El análisis desarrollado ha permitido llegar a conclusiones. También ha puesto de manifiesto el interés de seguir el análisis iniciado en este trabajo en el futuro cercano, con el fin de identificar si se da continuidad en la tendencia iniciada en la actividad del Gobierno Central y en qué modo. La revisión y análisis de los documentos mencionados en los puntos 1 y 2 se enmarcan en la Tesis Doctoral de la autora, titulada *Políticas Urbanas de la Unión Europea desde la Perspectiva de la Planificación Colaborativa. Las Iniciativas Comunitarias URBAN y URBAN II en España*, dirigida por la Profesora Inés Sánchez de Madariaga en el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (Universidad Politécnica).

La atención del Gobierno Central hacia el medio urbano en el periodo 2004-2011

En España el Gobierno Central detenta pocas competencias en materia de urbanismo (las tiene en materia de vivienda y suelo, compartidas con las Comunidades Autónomas). Esta situación, sumada al reciente pasado histórico del país, ha derivado en que la atención hacia el medio urbano consolidado por parte de la Administración Central no cuente con una tradición comparable con la de otros países de la UE, donde constituye una política bien definida, que incluso se considera estratégica desde el punto de vista económico debido a la importancia que se reconoce a las ciudades como principales nodos de desigualdad económica y social, pero también como centros de innovación y desarrollo socioeconómico.

Otra de las causas que explican la menor actividad desarrollada por los Gobiernos en España, radica en que las situaciones de degradación urbana no han llegado a tener un grado de relevancia desde el punto de vista social comparable a las que se han dado en ámbitos como el francés o el británico. La suma de las políticas sectoriales desarrolladas por el Gobierno con incidencia en las ciudades ha sido capaz en dos décadas de dar lugar a una transformación muy relevante de los barrios. En efecto, dichas políticas actuando separadamente sobre la vulnerabilidad social, el medio físico y la dimensión económica, han conseguido elevar la calidad de vida en las áreas urbanas y paralelamente mejorar los indicadores socioeconómicos de las ciudades haciéndolas más competitivas. A esto han contribuido distintas políticas sectoriales desarrolladas por la Administración Central, en colaboración con las Comunidades Autónomas y las ciudades desde los años ochenta (política de vivienda, política de provisión de servicios sociales locales, política de transportes, política económica, política de empleo y formación, políticas medioambientales con incidencia en el medio urbano). Además de estas, las CCAA y las ciudades han venido desarrollando sus propias acciones, generalmente de carácter sectorial, con incidencia en la mejora de los barrios. También la Unión Europea ha hecho una contribución relevante a la misma, a través de las distintas actuaciones cofinanciadas por los Fondos Estructurales (el Fondo Europeo de Desarrollo Regional –FEDER– y el Fondo Social Europeo –FSE–) y el Fondo de Cohesión.

Las motivaciones que han llevado a dirigir la atención de la Administración Central a la temática urbana en el periodo 2004-2011 son de diversa índole, respondiendo a un panorama complejo. En primer lugar, la influencia de las políticas de la UE, que se ha plasmado a través de documentos propositivos, directrices e instrumentos de actuación (especialmente la contribución de los Proyectos Piloto

Urbanos (PPU) y la Iniciativa Comunitaria URBAN de regeneración urbana). La reflexión y el debate en torno a las políticas urbanas en el marco de la Unión Europea cristalizó en el año 2007 en la Carta de Leipzig, en la que los Gobiernos de los Estados miembros se comprometieron con el desarrollo urbano sostenible y, dentro de él, con la regeneración urbana integrada y participativa (Ministros de Desarrollo Urbano y Cohesión Territorial, 2007). El Gobierno español asumió ese compromiso a pesar de las limitaciones competenciales mencionadas.

Otra de las motivaciones que han llevado a la Administración Central a actuar en relación a este tema es la actual crisis, que en el caso español tiene importantes connotaciones urbanísticas. Como respuesta a esta realidad, el Gobierno Central habría intentado iniciar un cambio de paradigma de desarrollo urbano que sustituyera el basado en el crecimiento de baja densidad, la especialización espacial y el consumo de suelo y otros recursos naturales. Desde el paradigma propuesto (de ciudad compacta y compleja), la regeneración de las áreas urbanas se entiende como un ámbito relevante de creación de empleo y la oportunidad para aplicar criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica a tejidos urbanos formados por edificios que en un 60% fueron construidos con anterioridad a 1980 (Instituto Nacional de Estadística, 2001).

Como tercer factor es de interés señalar una aspiración de concertación de la acción en las ciudades por parte del Gobierno Central con la acción de las Comunidades Autónomas y los Ayuntamientos, que es posible detectar al analizar la actuación de la Administración Central desde los años ochenta. Ese enfoque, según el cual las instituciones estatales buscan ámbitos de actuación en concertación con los gobiernos regionales y municipales con competencias, se ha intensificado en algunos momentos, entre los que cabe destacar el inicio de la década de los noventa y el periodo de estudio. En este sentido, la observación del principio de subsidiariedad, (respetando los ámbitos competenciales de los niveles de gobierno regional y local), así como la referencia de contextos como el alemán, donde el Gobierno Federal, a pesar de no tener competencias, ha desarrollado políticas urbanas concertadas con los *Länder* (estados federados equivalentes a las Comunidades Autónomas en España) que han constituido la base sobre la que se ha buscado avanzar en el periodo 2004-2011 para cumplir con el compromiso plasmado en la Carta de Leipzig.

A pesar de las limitaciones competenciales, la Administración Central ha mantenido dentro de su estructura la tarea de representar al país en las reuniones sectoriales de las instituciones europeas sobre el tema urbano desde la incorporación

de España a la CEE en 1986 (podría no haber sido así, como sucede en otros países fuertemente descentralizados como Bélgica). Esta tarea ha mantenido a la Administración Central “activa” en el ámbito de las políticas urbanas, de manera que en su estructura ha estado presente de modo sostenido, y más o menos intenso según los periodos, una actividad de reflexión y trabajo en torno a este tema que se ha plasmado, entre otros, en la política de rehabilitación urbana. Esta política se ha venido integrando en los Planes de Vivienda que se han sucedido y dentro de los cuales ya, desde los años noventa, se definió el Área de Rehabilitación Integrada (ARI), un instrumento que asume un enfoque *area based* de acción en el medio urbano degradado y que ha ido evolucionando a lo largo del tiempo desde un planteamiento principalmente de mejora física, en su inicio, a un enfoque más integrado en el último periodo.

Principales actuaciones en el ámbito de la regeneración urbana en el periodo 2004-2008

En 2004, como resultado de las elecciones generales, tuvo lugar un cambio de Gobierno. El nuevo Ejecutivo creó el Ministerio de Vivienda, constituyéndolo en la institución encargada de ejercer las competencias que corresponden al Estado según la Constitución “en materia de vivienda y suelo” (Real Decreto 553/2004), que en los años anteriores habían estado integradas dentro de la estructura del Ministerio de Fomento. Dicha acción fue contestada desde diferentes sectores y en función de distintas motivaciones (principalmente económicas y de “rivalidad” competencial con la Comunidades Autónomas). Sin embargo, en la base de este “gesto” del nuevo Gobierno subyacía la intención de lanzar el mensaje de que se era consciente de las consecuencias sociales y ambientales de la evolución de los precios de la vivienda y del modelo urbanístico que se estaba imponiendo, y de que existía la intención de actuar en ese ámbito, tal y como se había adelantado en su programa electoral (Partido Socialista Obrero Español, 2004, p. 129).

Una de las primeras actuaciones fue el desarrollo del *Plan de Vivienda 2005-2008* (Real Decreto 801/2005), a través del cual se pretendía incidir sobre el mercado residencial para atajar el problema social de acceso a la vivienda. Situado desde este posicionamiento, el Plan se propuso como un instrumento a favor del desarrollo urbano sostenible con tres objetivos principales: 1) la consecución de la calidad y conservación medioambiental, 2) la equidad y prevención de la exclusión social y 3) la eficiencia y productividad integral de la economía (Real Decreto 801/2005). Junto a esa mención a las tres dimensiones del desarrollo urbano sostenible, este Plan de

Vivienda estableció objetivos que iban más allá de la provisión y rehabilitación de vivienda y de las áreas en declive (a través del instrumento mencionado del Área de Rehabilitación Integral), para proponerse como el instrumento que facilitase “el acceso de los ciudadanos a una vivienda asequible, en una ciudad más habitable que contribuya a construir un territorio más equilibrado” (Real Decreto 801/2005), lo que expresaba una intención de subrayar en el discurso estatal la incidencia de la política de vivienda en la dimensión urbana y territorial y la vocación redistributiva del Plan, orientada a actuar contra los procesos de segregación y vulnerabilidad que estaban reapareciendo en las ciudades. Tomando como base esto último se hacía explícita una visión más integrada de la política de vivienda y rehabilitación urbana con el resto de políticas con incidencia en la ciudad.

En relación a las actuaciones en el medio urbano consolidado, el Plan mantuvo la figura del Área de Rehabilitación Integral (ARI). Como novedad, introdujo una variante al ARI que denominó Área de Rehabilitación de Centros Históricos - en la que estableció como financiable la rehabilitación de edificios y viviendas, la ejecución de la urbanización o la reurbanización situados en esos enclaves. El Plan también introdujo el Área de Renovación Urbana (ARU), definiéndola como el tejido urbano o barrio en proceso de degradación física, social o ambiental (aplicable en los casos en los que el elevado nivel de deterioro de las viviendas o razones de índole técnica y/o económica, aconsejaran la demolición de la edificación existente).

La definición del ARU que se hizo en dicho Plan, sugiere que desde el mismo se intentó hacer un acercamiento más integrado a la acción en los barrios más vulnerables, al establecer por vez primera la definición de medidas en las dimensiones ambiental, social y económica y la introducción de la participación de la comunidad local afectada en el proceso de regeneración como condiciones para que los Ayuntamientos y Comunidades Autónomas pudieran beneficiarse de las ayudas económicas estatales dirigidas a la regeneración de las ARU. De esa manera se asumía una metodología de actuación en la ciudad consolidada con paralelismos significativos a la que caracterizaba la Iniciativa Comunitaria URBAN para la regeneración de áreas urbanas degradadas (enfoque estratégico, integrado y participativo, a su vez fuertemente influido por los esquemas británicos de regeneración urbana del principio de los años noventa como *City Challenge* o *Single Regeneration Budget*).

Aunque en el caso del Plan de Vivienda, la metodología integrada y participativa de URBAN se introdujo como obligatoria sólo en el caso de las ARU (limitando su aplicación a las actuaciones en las que era necesario renovar el ámbito urbano en su totalidad) hay que reconocer el paso adelante dado, al poner a disposición de

la actuación en las áreas con más problemas de degradación física y subceptibles de gentrificación, una metodología de actuación que empezaba a dejar atrás el enfoque sectorial, dirigido a la mejora física que había caracterizado en general las actuaciones de rehabilitación financiadas por los Planes de Vivienda anteriores. En relación a la orientación general del Plan, comparado con los planes precedentes, se inició un cambio de rumbo en la política de vivienda desde el Gobierno Central, y sobre todo en el discurso que la sostenía. Es cuando se abre a conceptos y referencias que, aunque estaban en la realidad de la práctica y el debate urbanístico en el país, el Estado no había llegado a incorporar explícitamente en su política de actuación en el medio urbano.

Las siguientes acciones relevantes llevadas a cabo por el Gobierno Central estuvieron contextualizadas por el pronunciamiento del Parlamento Europeo en relación al urbanismo que se estaba practicando en España en dos resoluciones de 2005 y 2007. En 2009 tuvo lugar una nueva resolución basada en el *Informe Auken* (Auken, 2009) en el que, entre otros extremos, se señalaba que las administraciones Central, autonómicas y locales del país habían permitido un desarrollo urbano insostenible, con graves consecuencias ambientales, sociales y económicas. En parte para iniciar un cambio de rumbo respecto a lo señalado por el Parlamento Europeo, pero también en gran medida atendiendo a una reflexión interna y a la creciente demanda de algunos sectores que venía tomando forma desde hacía años en el país, el Gobierno Central empezó a realizar una actividad propositiva y de provisión de directrices que abordaba de manera explícita la regeneración urbana entre otros contenidos. En gran medida esas acciones surgieron también como transposición de directrices y estrategias comunitarias al marco español. Como consecuencia, en los últimos años se han aprobado distintos documentos de carácter no vinculante que, por lo tanto, tienen el valor de declaración de principios y recomendaciones a las Comunidades Autónomas, los Ayuntamientos y los actores privados. Su transposición a la legislación queda en el ámbito de decisión de los gobiernos regionales y locales, por lo que su aplicación real depende de la voluntad política de sus decisores.

El documento marco en este sentido es la *Estrategia Española de Desarrollo Sostenible* (MAMRM, 2007a), de la que derivan entre otras (desarrolladas también por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MAMRM) en colaboración con otros Ministerios e instituciones) un conjunto de documentos de aplicación directa al medio urbano. Estos son: la *Estrategia Española de Medio Ambiente Urbano (EEMAU)* (MAMRM, 2008) y su documento programático, el *Libro Verde del Medio Ambiente Urbano* (MAMRM, 2007b). También se cuenta entre estos documentos (aunque fueron aprobados en la legislatura siguiente) la

Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana y Local (EESUL) (MAMRM, 2011) y la Estrategia Española de Movilidad Sostenible (MAMRM, 2009a).

La EEMAU establece el modelo de ciudad y de desarrollo urbano propuesto por el Gobierno Central en sustitución del predominante en ese momento, señalando como objetivo proponer “las directrices y medidas que han de conducir a los pueblos y ciudades de España hacia escenarios más sostenibles manteniendo su competitividad” (MAMRM, 2007a, p. 6). Para ello promueve el modelo de ciudad compacta, compleja, eficiente y cohesionada socialmente con la meta de mejorar la calidad urbana de los pueblos y ciudades y el aumento de la calidad de vida de la ciudadanía.

Para dar respuesta a todos esos objetivos, la EEMAU atiende a cinco grandes ámbitos: a) el urbanismo, b) la movilidad urbana, c) la edificación, d) la gestión urbana y f) la sostenibilidad, entre los ámbitos rural y urbano. Además, hace una aportación relevante al tema de estudio, sobre todo al referirse al ámbito del urbanismo. Así, hace un repaso de cuáles son los grandes conflictos derivados de los patrones de urbanización vigentes todavía en España, sus causas y tendencias. Basándose en el conocimiento de la situación de partida, establece objetivos para alcanzar un urbanismo sostenible y una serie de directrices a seguir en relación a la estructura urbana, la biodiversidad y preservación de valores naturales, la eficiencia de recursos y el metabolismo urbano, la complejidad y mezcla de usos, la sociedad del conocimiento, la estabilidad social y los instrumentos urbanísticos.

El documento apuesta abiertamente por la regeneración urbana y la recuperación de *brownfields* en el interior de las ciudades, por “recuperar y rehabilitar la ciudad existente” (MAMRM, 2007a, p. 12). Así, señala que el planeamiento urbano en España sigue poniendo “el énfasis en el crecimiento en lugar de la recuperación y revitalización de las zonas de oportunidad (suelo vacante, cambio de uso, etc.), cuyo desarrollo cuenta con las ventajas de una situación plenamente urbana (accesibilidad, servicios, infraestructuras existentes, etc.)” (MAMRM, 2007a, p. 10). Además, pone en evidencia los problemas a los que se enfrentaban las ciudades cuando se decidían a poner en marcha proyectos de regeneración urbana todavía en ese momento en el país. Como directriz, se propone priorizar la recuperación y rehabilitación de la ciudad frente a la creación de nuevos sectores de expansión, absorbiendo el crecimiento dentro de la misma, rehabilitando las zonas vulnerables y barrios en crisis social y ambiental, fomentando la integración social y la mezcla de usos y rentas en todas las áreas urbanas (MAMRM, 2007a). Las demás estrategias y documentos mencionados desarrollan una visión consistente con la descrita en el caso de la EEMAU en relación al urbanismo y la regeneración urbana. Aunque estos documentos no han

aportado nuevas ideas o modos de actuación innovadores en el medio urbano (ya que las directrices y objetivos que contienen en relación al desarrollo urbano sostenible, y en particular en relación a la regeneración urbana, habían sido introducidos previamente en el contexto español por las comunicaciones de la Comisión Europea, la contribución de centros de investigación, universidades y expertos), llevan a cabo una aportación relevante, al constituir la primera ocasión que en documentos emanados del Gobierno Central dirigidos específicamente a la temática urbana se expresa explícitamente la necesidad de cambiar el modelo de desarrollo urbano dominante por otro en el que la regeneración ocupe un papel central.

El cuestionamiento de la práctica urbanística, de los modelos de crecimiento, los instrumentos de planeamiento y la gestión urbana que lleva a cabo la EEMAU y las directrices que provee, no son suficiente para llevar a cabo de manera efectiva el cambio de modelo de desarrollo urbano e incentivar la regeneración integrada y participativa en el país, pero constituyen un punto de partida necesario para empezar dicho cambio. En especial, los documentos mencionados contribuyen a proveer unas directrices claras a las Comunidades Autónomas y las ciudades a la hora de elaborar respectivamente sus planes de ordenación territorial, los planes urbanísticos y otros instrumentos sectoriales. Hasta ese momento las Comunidades y ciudades más proactivas en este ámbito habían tenido que buscar referencias de actuación en ejemplos y buenas prácticas comunitarias, así como en los documentos propositivos de la UE y otras instituciones y países.

Los principios expresados en la EEMAU en relación a la regeneración urbana, están siendo puestos en práctica por parte del Gobierno Central y otras instituciones implicadas a través de la denominada *Iniciativa Urbana* (2007), un instrumento de regeneración que se ha situado dentro del eje de desarrollo local y urbano de la programación del FEDER que cada Estado de la UE tiene que plasmar en su Marco Estratégico Nacional de Referencia. En el caso español el Gobierno Central ha optado por establecer dos tipos de actuaciones en función del tamaño de la ciudad dentro del mencionado eje:

- a. En los municipios de más de 50.000 habitantes (y capitales de provincia) se ha elegido dar continuidad a la mencionada *Iniciativa Comunitaria URBAN*. Para ello se implementan en las áreas degradadas de las ciudades españolas estrategias novedosas de regeneración urbana, basadas en un enfoque inte-

grado (que contempla aspectos sociales, económicos y medioambientales) y que favorecen el desarrollo urbano sostenible, de acuerdo a los principios y orientaciones estratégicas de las políticas comunitarias. Actualmente se encuentran en desarrollo 46 proyectos dentro de la Iniciativa Urbana que han sido seleccionados a través de dos convocatorias.

La tarea que la Administración Central se ha puesto por delante con la Iniciativa Urbana tiene dos ejes de especial importancia por su efecto potencial: por un lado el Gobierno se encuentra con la oportunidad de implementar un número elevado de programas de regeneración urbana, que pueden continuar en el marco español la introducción del presupuesto integrado y participativo de la Iniciativa Comunitaria URBAN, al actuar en un número relevante de contextos municipales. En efecto, se pasará de un total de 39 ciudades con conocimiento directo de la Iniciativa al finalizar los programas URBAN II en 2006, a un total de 82 ciudades una vez que finalicen en 2013 los programas de la Iniciativa Urbana (Figura 1).

Por otro lado, el aprendizaje ya llevado a cabo a través de los programas de regeneración desarrollados dentro de URBAN (1994-1999) y URBAN II (2000-2006) puede derivar en una mejora de la calidad de los proyectos de la Iniciativa Urbana, al contarse ahora con la experiencia y el *know how* desarrollados a través de la gestión e implementación de los mencionados URBAN y URBAN II en las ciudades españolas.

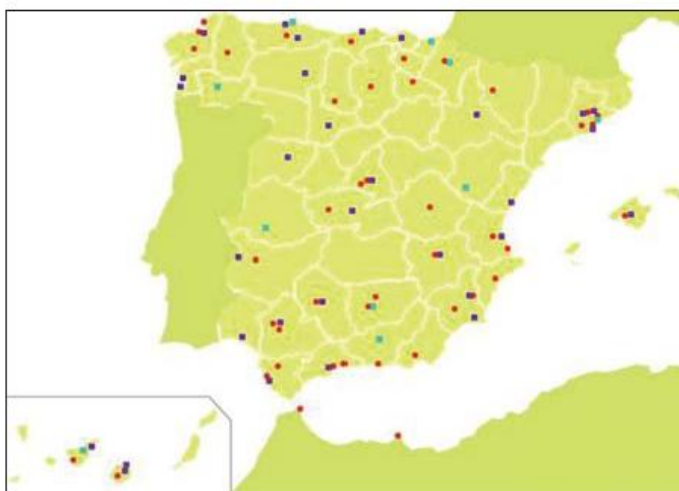


Figura 1. Distribución geográfica de las ciudades que contarán con un conocimiento directo del "método URBAN" en 2013 en España. Morado: I C URBAN (1994-1999); Azul: I C URBAN II (2000-2006); Rojo: Iniciativa Urbana cofinanciada por el FEDER (2007-2013). Fuente: elaboración propia.

La Iniciativa Urbana constituye una arena en la que instituciones de todos los niveles de gobierno (comunitario, central, regional y municipal) trabajan juntos

en torno a la regeneración, lo que permitirá avanzar en la gobernanza multinivel en este ámbito de política. Las actuaciones de la Iniciativa Urbana están todavía en fase de implementación, por lo que aún no se puede hacer una valoración de sus resultados. Habrá que esperar a su finalización (prevista formalmente en 2013, aunque las ciudades podrán justificar gasto hasta 2015) para saber en qué grado los programas han incorporado el enfoque integrado y colaborativo en sus estrategias de regeneración y cómo han desarrollado estas últimas.

- b. En el caso de los municipios de mediano y pequeño tamaño se han definido actuaciones encaminadas a conseguir un desarrollo local sostenible y la cohesión económica, territorial y social. Estas ayudas están dirigidas a Ayuntamientos con una población comprendida entre 20.000 y 50.000 habitantes y Diputaciones Provinciales (hay 112 proyectos aprobados en fase de desarrollo). Estos contribuirán a introducir criterios de sostenibilidad urbana actuando sobre la ciudad consolidada también en municipios de pequeño y medio tamaño, que en el país constituyen el 3,11% del total (los municipios de más de 50.000 habitantes constituyen el 1,78% (Instituto Nacional de Estadística, 2011).

En el contexto de lanzamiento de la Iniciativa Urbana, el Gobierno Central puso en marcha la Red de Iniciativas Urbanas (Ministerio de Fomento, 2010), una de las redes sectoriales previstas en el Marco Estratégico Nacional de Referencia para España durante el periodo presupuestario de la Política de Cohesión de la UE 2007-2013. La Red tiene como objetivo funcionar como mecanismo principal de coordinación en materia de desarrollo urbano y fondos comunitarios en España. Además de una labor de gestión en relación a los proyectos de la Iniciativa Urbana y las actuaciones en municipios medianos y pequeños, ejerce la función de foro de intercambio de información y buenas prácticas, jugando un papel relevante como instrumento de difusión de los resultados que potencialmente alcanzarán los proyectos que gestiona y de conexión con otras iniciativas comunitarias como *URBACT* (programa europeo de intercambio de conocimiento y potenciación del desarrollo urbano sostenible) y otras redes de intercambio de experiencia y buenas prácticas (como European Urban Knowledge Network [EUKN], Eurociudades, Council of European Municipalities and Regions [CMRE], etc.).

La RIU también tiene asignada una labor de análisis de políticas urbanas (desarrolladas en los marcos español y europeo) y de la contribución de los fondos comunitarios a estas. La Red está integrada por todos los organismos implicados en el desarrollo de la Iniciativa Urbana (Dirección General de Política Regional de la Comisión Europea, programa URBACT, Ministerio de Economía y Hacienda, Ministerio de Fomento, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Ministerio de Política Territorial, Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP), las 17 Comunidades Autónomas y un buen número de Diputaciones Provinciales). Uno de los objetivos a conseguir en el momento en el que se creó era que se constituyera en foro para la cooperación entre las distintas Administraciones implicadas o con competencias en el ámbito de la regeneración, persiguiendo el objetivo de avanzar en la consolidación de un enfoque multinivel.

En el mismo periodo (agosto de 2007) el Gobierno aprobó la Ley 8/2007 de Suelo en la que había venido trabajando con el objetivo de cumplir su compromiso electoral de actuar sobre la subida del precio de la vivienda y sus efectos. En la exposición de motivos se hacía explícito uno de los ámbitos principales en los que se pretendía incidir a través de este texto legislativo, al tiempo que se señalaba el interés de potenciar la regeneración urbana, y se reconocía la influencia del ámbito comunitario y la reflexión en torno a la ciudad que estaba teniendo lugar en el contexto europeo en la posición asumida por el Gobierno:

...la del urbanismo español contemporáneo es una historia desarrollista, volcada sobre todo en la creación de nueva ciudad. Sin duda, el crecimiento urbano sigue siendo necesario, pero hoy parece asimismo claro que el urbanismo debe responder a los requerimientos de desarrollo sostenible, minimizando el impacto de aquel crecimiento y apostando por la regeneración de la ciudad existente. La Unión Europea insiste claramente en ello, por ejemplo en la Estrategia Territorial Europea o en la más reciente comunicación de la Comisión sobre una Estrategia Temática para el Medio Urbano (Ley 8/2007).

Aunque esta Ley no iba dirigida de forma explícita a potenciar la regeneración, o al menos este no era su objetivo principal, pretendía limitar el crecimiento urbano actuando a través de la política de suelo, lo que conllevaba un posicionamiento que ponía necesariamente el foco en la actuación en la ciudad ya construida, donde operando a través de proyectos de regeneración se debían

adaptar los espacios y edificios existentes a las necesidades de la sociedad del inicio del siglo XXI. De nuevo un principio de actuación que había sido aceptado hacía tiempo en el ámbito académico y propositivo quedaba plasmado en un instrumento desarrollado por el Estado Español, esta vez en forma de Ley.

Principales actuaciones en el ámbito de la regeneración urbana en el periodo 2008-2011

En 2008 el partido en el Gobierno fue reelegido por los ciudadanos. En la legislatura que comenzaba se dio continuidad al enfoque en relación al urbanismo y, dentro de este, a la regeneración urbana que había caracterizado los cuatro años anteriores. Como se ha dicho, en 2007 los Estados miembros de la UE se habían comprometido a través de la Carta de Leipzig con el desarrollo urbano sostenible. En la Carta se recomienda que los principios de las políticas de desarrollo urbano se asienten a nivel nacional (Reunión Informal de Ministros sobre Desarrollo Urbano y Cohesión Territorial, 2007) y se afirma que los Ministros de Desarrollo Urbano y Cohesión Territorial de cada Estado miembro se comprometen a “iniciar un debate político en sus países sobre cómo integrar los principios y estrategias de la Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles dentro de las respectivas políticas de desarrollo nacional, regional y local” (Reunión Informal de Ministros sobre Desarrollo Urbano y Cohesión Territorial, 2007, p. 1), y a “hacer uso de la herramienta de desarrollo urbano integrado y la gobernanza asociada para su puesta en marcha, y, para este propósito, establecer a nivel nacional los marcos necesarios” (Ibidem).

Una parte de este compromiso del Gobierno Español se plasmó pocos meses después de formar el nuevo Ejecutivo en el *Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2012* (Real Decreto 2066/2008), que señalaba en su introducción:

En relación con la rehabilitación urbana, se asumen las recomendaciones establecidas en la Carta de Leipzig sobre Ciudades Europeas Sostenibles, y en la Resolución del Parlamento Europeo “El seguimiento de la Agenda Territorial de la UE y de la Carta de Leipzig: Hacia un programa de acción europeo para el desarrollo espacial y la cohesión territorial” en las que se recomienda hacer un mayor uso de los enfoques relacionados con una política integrada de desarrollo urbano y prestar especial atención a los barrios vulnerables o desfavorecidos dentro del contexto global de la ciudad (Real Decreto 2066/2008).

Los criterios de Leipzig en relación a la regeneración urbana fueron asumidos por el Plan a través de su eje número 3, denominado Áreas de rehabilitación integral de centros históricos, centros urbanos, barrios degradados y municipios rurales. Este comprende: Las Áreas de Rehabilitación Integral de centros históricos, centros urbanos, barrios degradados y municipios rurales (ARI), las Áreas de renovación urbana (ARU) y los Programas de ayuda para la erradicación del chabolismo. Los dos primeros instrumentos se refieren explícitamente a acciones de actuación en el medio urbano.

El programa de ARI está dirigido a la mejora de áreas urbanas y rurales, con el fin de recuperar funcionalmente conjuntos históricos, centros urbanos y barrios degradados que presenten situaciones de mal estado de edificios y viviendas, de infravivienda o de urbanización y espacios públicos en mal estado (Ibídem).

El programa de ARU está orientado a la renovación integral de barrios o conjuntos edificatorios y viviendas a través de su demolición de lo existente, la construcción de nuevos edificios, la urbanización y la creación de dotaciones y equipamientos necesarios. Para ello incluye también el realojo temporal de los residentes (Ibídem).

Hasta aquí las diferencias respecto al Plan de Vivienda anterior en la definición de ambas figuras son de matiz, sino fuera porque para que las ARI y las ARU puedan ser declaradas se establece que el Ministerio de Vivienda deberá recibir como parte de la documentación a presentar por las Comunidades Autónomas (con la colaboración de los Ayuntamientos) un Programa de Acciones Integradas coherente con los objetivos enumerados en el diagnóstico y que especifique de forma pormenorizada las instituciones y actores implicados, la estimación de costes y las fuentes de financiación, así como los compromisos establecidos para su puesta en marcha, desarrollo y seguimiento, y su viabilidad financiera (Ibídem). Dicho Programa de Acciones debe incluir propuestas en los siguientes ámbitos: socio-económico; educativo y cultural; dotaciones y equipamientos públicos; eficiencia energética y utilización de energías renovables; mejora de la habitabilidad y accesibilidad del entorno urbano y de las viviendas y edificios incluidos en el área. Se establece además que el Programa de Acciones Integradas incluya un cuadro de indicadores de seguimiento para verificar la incidencia de las actuaciones en la mejora de la situación de vulnerabilidad del área, así como una Memoria que acredite la participación ciudadana en el diseño del programa (Ibídem).

De todo esto deriva que, a partir del Plan de Vivienda 2009-2012, el enfoque integrado y la participación se han convertido en condiciones necesarias para que las Comunidades Autónomas y las ciudades accedan a la financiación que el Estado pone a su disposición para llevar a cabo acciones de regeneración urbana. De esta manera, la política de rehabilitación urbana que el Gobierno Central lleva desarrollando desde los años ochenta integrada en la política de vivienda, habría dado un paso más en el camino iniciado por el Plan de Vivienda precedente para dejar atrás el enfoque sectorial, sustituyéndolo por un enfoque integrado en el que la comunidad local pueda hacerse oír e implicarse en los proyectos de transformación de sus hábitats.

En relación a la regeneración urbana, el Plan de Vivienda 2009-2012 ha tenido muy en cuenta la Iniciativa Comunitaria URBAN, por lo que es posible señalar que a través de este instrumento se ha hecho explícita la influencia de dicha Iniciativa en el marco español. Además, de hacer explícita la penetración e interiorización del “método URBAN” en la labor del Gobierno Central en torno al tema de la regeneración urbana, el Plan de Vivienda, ha introducido en el país una de las indicaciones en las que más se ha insistido a nivel de la UE en los últimos diez años: la necesidad de contar con modos de hacer seguimientos eficaces de las políticas (urbanas) que se emprenden, de manera que sea posible valorar sus resultados y efectuar modificaciones si se considera necesario.

Continuando con la revisión de las acciones desarrolladas por el Gobierno, y concretamente por el desaparecido Ministerio de Vivienda, en ese periodo es de interés señalar la publicación del *Libro Blanco de la sostenibilidad del planeamiento en España* (Ministerio de Vivienda, 2010), desarrollado con el objeto de conocer la situación de la práctica del planeamiento en 2010 en el país y dar lugar a una serie de recomendaciones que ayudasen a iniciar un cambio en el mismo, en función de los criterios que eran consistentes con documentos como la EEMAU y el nuevo texto de la Ley del Suelo. Dicho trabajo contó con la implicación de expertos y de las Comunidades Autónomas, poniendo el foco en la legislación que cada una de ellas había desarrollado en materia de planeamiento, en el intento de atender la multiplicidad de situaciones existentes en los contextos regionales. La principal aportación de este documento, desde la perspectiva de este trabajo, deriva del interés por potenciar la regeneración urbana, al poner el acento una vez más en la necesidad de abordar un nuevo modelo de desarrollo urbano en las ciudades españolas que sustituya el crecimiento ilimitado por la intervención en la ciudad existente desde una perspectiva integrada y participativa, propiciada por modelos renovados de gestión.

El Gobierno ha reforzado esta visión a través de la Ley 2/11 de Economía

Sostenible (2011), cuyo Capítulo IV está dedicado a Rehabilitación y Vivienda. La Ley contempla la rehabilitación urbana como un campo de interés prioritario, debido a la actividad económica que puede generar (en sustitución de parte de la que se generaba en años pasados a través del desarrollo y construcción de nuevas áreas urbanas). El mencionado Capítulo contiene los Artículos del 107 al 111, de los que el Artículo 109 y 110 están dedicados de manera explícita a la regeneración urbana. Procede profundizar en el contenido del Artículo 109 (titulado *Rehabilitación y renovación para la sostenibilidad del medio urbano*). En el mismo se establece que desde el Gobierno Central se favorecerá (siempre en el ámbito de sus competencias y en colaboración con las administraciones competentes en materias de ordenación del territorio y urbanismo) “las acciones de rehabilitación y renovación de la ciudad y los demás núcleos residenciales existentes que reúnan las siguientes condiciones:

- a. Tengan por objetivo la cualificación, revitalización y, en general, puesta en valor de las tramas y los tejidos correspondientes,
- b. Se articulen preferentemente en planes, programas o instrumentos integrales que, considerando las pertinentes variables de naturaleza ambiental, económica y social en ámbitos urbanos obsoletos, desfavorecidos, degradados o que padezcan problemas de naturaleza análoga determinados al efecto, combinen las medidas de creación o mejora del espacio urbano con las de reequipamiento en dotaciones y servicios y garanticen su coherencia y eficacia.
- c. Contribuyan, cuando tengan carácter aislado, al objetivo a que se refiere la letra anterior y a un marco urbano coherente, en el que se aborde la mejora y refuerzo de dotaciones y servicios y se consideren cuantas variables de naturaleza socioeconómica son inherentes al proceso rehabilitador” (Ley 2/11).

Aunque la Ley hace una descripción muy general de las acciones de rehabilitación urbana que cofinanciará el Estado, los puntos que desarrollan el Artículo 109 hacen mención a algunos de los elementos presentes y caracterizadores de los documentos analizados hasta aquí y en instrumentos de regeneración como la Iniciativa Comunitaria URBAN o la Iniciativa Urbana. Es significativo, sin embargo, que

a pesar del peso que el Libro Blanco y la EEMAU dan a la necesidad de potenciar la participación de la comunidad local en los procesos de regeneración urbana, esta Ley no haga mención a la introducción de esta dimensión en dichos procesos de manera explícita. En relación a este tema, se echa de menos una potenciación decidida de la inclusión de procesos de participación de la comunidad local en las acciones de regeneración.

Durante este periodo tuvo lugar la presidencia española de la Unión Europea (enero-junio de 2010). El Ministerio de Vivienda centró el debate comunitario en el análisis del enfoque integrado, tanto en las políticas de desarrollo urbano en general, como en particular en relación a la regeneración urbana, con el interés de promover una reflexión que pusiera en el centro de atención la ciudad existente. Para potenciar dicho debate se desarrollaron dos eventos relacionados, cuya temática se centró significativamente en torno a la acción en la ciudad (la Conferencia de Alto Nivel titulada *Sostenibilidad Urbana y regeneración urbana integrada en Europa* y el Seminario *La Práctica de la Regeneración Urbana en España. Hacia un nuevo modelo de desarrollo urbano*). La temática escogida subraya de nuevo el interés hacia la acción en el medio urbano desde la Administración Central, a través de lo que (haciendo uso de los términos que aparecen en la Carta de Leipzig) el Ministerio ha venido llamando regeneración urbana integral. Ambos eventos se orientaron como previos a la cumbre de Ministros de Vivienda y Desarrollo Urbano de la presidencia española de la UE, en la que el Ministerio de Vivienda logró alcanzar un compromiso europeo en la adopción de criterios en relación a la regeneración urbana integrada, a través de la firma de los 27 Estados miembros de la Declaración de Toledo, en la que se recogió el compromiso político de la UE para definir y aplicar la regeneración urbana integrada como una de las herramientas principales de la Estrategia 2020 de la UE.

En noviembre de 2010, el Gobierno integró el Ministerio de Vivienda en el Ministerio de Fomento, a través de la Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas. A pesar de que desde su nacimiento el Ministerio de Vivienda fue una institución controvertida, la actividad llevada a cabo desde el Gobierno Central a lo largo del periodo de estudio fue instrumentalizada en gran medida por dicha institución, por lo que previsiblemente con el paso del tiempo tendrá lugar una revisión de sus aciertos y errores, a los que con la perspectiva temporal se dará un valor distinto al extendido en la actualidad (que está basado sobre todo en que la actividad inmobiliaria continuó la dinámica existente cuando se creó esta institución en 2004 hasta que la crisis financiera empezó a frenarla en torno a 2008). Más allá de las limitaciones que pudo presentar su actuación en ese y otros ámbitos, la aportación

hecha en el campo de la regeneración urbana en cuanto al número de iniciativas acometidas y a su contenido ha quedado ilustrada.

Dentro del repaso cronológico realizado, es de interés mencionar que la Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas del Ministerio de Fomento que está continuando la labor del desaparecido Ministerio de Vivienda, hizo una contribución relevante a través del Real Decreto Ley 8/2011, en particular mediante los artículos relativos a la regeneración urbana que introducen nuevas medidas para impulsarla, buscando reforzar los contenidos que tratan este tema en la Ley de Economía Sostenible. Este Real Decreto viene a suplir a la más ambiciosa Ley de calidad y sostenibilidad del medio urbano que estuvo en proyecto durante el periodo analizado, pero que por distintos motivos el Gobierno no consiguió aprobar (de hecho no se llegó a hacer su envío a las Cortes). Entre los objetivos del Real Decreto están el contribuir a hacer de la rehabilitación una actividad económica relevante y sostenible y facilitar las actuaciones de rehabilitación y regeneración urbana, estableciendo derechos y deberes de los propietarios de terrenos e inmuebles urbanos. Establece asimismo instrumentos para facilitar la gestión y la cooperación entre administraciones en relación a este tema y generaliza la Inspección Técnica de Edificios a todas aquellas construcciones de más de 50 años situadas en municipios de más de 25.000 habitantes.

La Dirección General de Suelo y Políticas Urbanas del Ministerio de Fomento presentó recientemente el *Observatorio de la vulnerabilidad Urbana* (Ministerio de Fomento, s.f.), que pretende hacer un análisis pluridisciplinar de los barrios desfavorecidos, basado en la recopilación de indicadores de vulnerabilidad urbana, que permita la definición de áreas estadísticas y barrios en declive potencial. Un instrumento clave para entender cuáles son los problemas de las ciudades españolas y diseñar políticas urbanas que resulten más eficaces y con el que cuentan desde hace tiempo países como Gran Bretaña o Francia.

En el caso español, se había realizado un ejercicio parecido en el año 1996 por parte del Ministerio de Fomento sobre la base del Censo de 1991. Es de interés resaltar que la comparación de los datos obtenidos en ese momento con los obtenidos por el Observatorio de la Sostenibilidad (a base de datos del Censo de 2001 y del Padrón de habitantes de 2006) muestran que se ha incrementado la población que reside en barrios vulnerables (si con anterioridad en torno a 2.900.000 personas habitaban en áreas urbanas de estas características, en el último estudio se ha visto que estas han aumentado hasta 4.000.000, pasando de suponer un 7,4% a ser un 11% del total). Esta circunstancia pone aún más en evidencia la importancia de

consolidar lo conseguido y seguir adelante en el camino recorrido hasta el momento en el ámbito de la regeneración urbana.

La observación del periodo 2004-2011 permite afirmar, a pesar de la cercanía temporal, que se ha iniciado un cambio en relación a la acción del Gobierno en el ámbito del medio urbano existente. Esta transformación empieza a presentar sus resultados en el momento presente, al iniciar a calar el discurso Estatal en otras instituciones, en los funcionarios y técnicos, e incluso en la sociedad. Se trata de un cambio que aún no está consolidado, por lo que la continuación de la labor del Gobierno Central en este contexto es necesaria para que fructifique el esfuerzo realizado y se avance introduciendo criterios de actuación, como la participación de los actores relevantes en el proceso de regeneración, que no han calado aún lo suficiente como para dar el salto del discurso propositivo a la práctica de las actuaciones concretas.

Limitaciones

Las limitaciones que se han presentado a la hora de llevar adelante el análisis y sacar conclusiones en relación al tema de este trabajo, tienen que ver principalmente con lo reciente de los instrumentos y acciones puestas en marcha por el Gobierno Central en el contexto de dinámicas que cuentan con gran inercia y se transforman lentamente. La perspectiva temporal es todavía corta y dificulta el análisis de los efectos de las acciones revisadas. Es por eso que, la valoración de los mismos se ha centrado en sus contenidos y en la contribución que éste hace al escenario existente. Por este motivo, aunque las conclusiones a las que se ha llegado se consideran válidas en el momento presente, han de seguir actualizándose en trabajos futuros, con el fin de proveer un conocimiento completo de las consecuencias y resultados a medio plazo a los que ha dado lugar la actuación del Gobierno Central en relación al tema urbano durante el periodo 2004-2011.

Conclusiones

El conjunto de acciones que desde 2004 ha desarrollado el Gobierno Central, y en particular su número y contenido, ponen de manifiesto que ha existido un interés por potenciar la regeneración urbana que, aunque todavía está lejos de lo que auspicia la Carta de Leipzig, constituye un paso sin precedentes en el ámbito español. Aunque la creación de una política urbana nacional de regeneración urbana explícita no se ha dado y, además este tema está fuera del debate político actual, todo lo visto hasta aquí, permite sugerir que el Gobierno Central ha utilizando los “resortes” de los que dispone para orientar en un determinado camino

la acción de los otros niveles de gobierno con competencias en el ámbito urbano: las Comunidades Autónomas y las ciudades, así como del sector privado. Para ello ha introducido el concepto de la regeneración urbana integrada y participativa en instrumentos en los que tradicionalmente el Estado, las CCAA y las ciudades han trabajado de manera conjunta (como los Planes de Vivienda) y en instrumentos nuevos en los que también colabora con dichos niveles de gobierno en el marco de la regeneración urbana (como la Iniciativa Urbana). A través de esta actuación, además de una acción de mejora del medio urbano, se está dando un inicio de transformación de la gobernanza multinivel en el ámbito de la regeneración urbana, que con el tiempo podría derivar en una relación colaborativa entre instituciones que han de que trabajar de manera conjunta en este campo, coordinando al máximo los esfuerzos y recursos.

Al mismo tiempo se estaría intentando lanzar una reflexión sobre un nuevo paradigma de desarrollo urbano que cale en las administraciones, la ciudadanía y el sector privado. La inclusión de instrumentos específicos dirigidos a la regeneración integrada y participativa en el Plan de Vivienda, el desarrollo de documentos de directrices y análisis, así como instrumentos de seguimiento de la vulnerabilidad urbana y los contenidos específicos incluidos en la Ley de Economía Sostenible y el Real Decreto Ley 8/2011, revelan la intención de legislar o lanzar iniciativas de regeneración concretas basadas en un marco de desarrollo urbano sostenible coherente con el marco europeo, al alcance de todos los actores relevantes.

Es de interés señalar que a pesar del esfuerzo realizado, la acción llevada a cabo desde el Gobierno Central en este periodo es desconocida por la mayoría de los ciudadanos. En este sentido, debido a la importancia que la implicación y acción de la ciudadanía tiene en la transformación del medio urbano, se debería hacer un esfuerzo coordinado con CCAA y municipios para que el debate y la reflexión sobre la ciudad lleguen a esta y para incentivarla a constituirse en un agente activo en los procesos de regeneración. El análisis de los instrumentos, la legislación y los documentos producidos por el Gobierno durante el periodo 2004-2011 ha puesto de relieve la existencia de barreras a la implicación de la Administración Central con el medio urbano, que residen principalmente en la arquitectura institucional, el reparto de competencias en relación al medio urbano y el modo en el que estas se han consolidado y la inercia al cambio. En particular, se pone en evidencia la necesidad de integrar la regeneración urbana con otras políticas, desde una visión global del hecho urbano, haciéndola consistente con las estrategias de desarrollo local y regional y evitando avanzar hacia la potenciación de un modelo en el que la mejora

de los barrios se convierta en otra política sectorial, sin las necesarias conexiones con otros ámbitos de actuación. Dicho análisis pone en evidencia que se ha de avanzar en la transformación de la gobernanza multinivel y la cultura política dominante (abriéndola a enfoques integrados y participativos) en relación a la acción de los distintos niveles de gobierno en el medio urbano. Un desafío que, como se ha dicho, desde finales de 2011 está en gran medida en manos del nuevo Gobierno.

Desde la revisión de los pasos dados por su antecesor, el análisis realizado evidencia que el compromiso del Gobierno Central hacia las ciudades ha de mantenerse y evolucionar hacia una posición más firme si se quiere ayudar a estas a resolver sus contradicciones internas (nodos de desarrollo pero al mismo tiempo de desigualdad y segregación) y aprovechar las oportunidades que presentan en aras de la mejora de la calidad de vida y la competitividad. Una tarea que la crisis actual pide poner en el centro de la acción política (y que además está presente con un papel relevante en la Estrategia 2020 de la Unión Europea). El nuevo Ejecutivo tiene por delante la labor de consolidar la acción iniciada por su antecesor, en cumplimiento de los compromisos de España en el marco europeo, pero sobre todo para que se interiorice por parte de todas las instituciones con competencias en el medio urbano, el sector privado y la ciudadanía la necesidad de reconducir el desarrollo urbano hacia un modelo sostenible y de mejorar la calidad y competitividad de las ciudades españolas, actuando a través de la regeneración urbana en los ejes de vulnerabilidad que presentan.

Literatura Citada

- Auken, M. (2009). *Proyecto de informe sobre el impacto de la urbanización extensiva en España en los derechos individuales de los ciudadanos europeos, el medio ambiente y la aplicación del Derecho Comunitario*. Parlamento Europeo.
- De Gregorio Hurtado, S., & Kocewicz, R. (2007). *Iniciativa comunitaria URBAN 1994-1999. Análisis comparativo de tres casos españoles de programas europeos de rehabilitación urbana*. Cuadernos de Investigación Urbanística, número 55, Madrid.
- Ministerio de Fomento (2010). Red de Iniciativas Urbanas. Gobierno de España. Recuperado de <http://www.rediniciativasurbanas.es>

Ministerio de Fomento (s.f.). Observatorio de la vulnerabilidad urbana. Gobierno de España. Recuperado de http://siu.vivienda.es/portal/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=41&Itemid=75&lang=es

Instituto Nacional de Estadística (2001). *Censo de población y viviendas 2001*. Madrid: INE.

Instituto Nacional de Estadística (2011). Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del padrón municipal, Recuperado de <http://www.ine.es>

Ley 8/2007, de 28 de mayo, de suelo. BOE número 128 de 2007.

Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible. BOE número 55 de 2011.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MAMRM] (2007a). *Estrategia española de medio ambiente urbano* (Borrador de noviembre de 2007). Madrid: MAMRM.

Ministerio de Medio Ambiente y Medios Rural y Marino [MAMRM] (2007b). *Libro verde de medio ambiente urbano*. Tomo I. Madrid: MAMRM.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MAMRM] (2009). *Estrategia española de movilidad sostenible*. MAMRM, Madrid.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MAMRM] (2011). *Estrategia española de sostenibilidad urbana y local*. MAMRM, Madrid.

Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente [MOPTMA] (1996). Primer catálogo español de buenas prácticas. I Conferencia ONU Asentamientos Humanos. MOPTMA, Madrid.

Real Decreto 553/2004, de 17 de abril, por el que se reestructuran los departamentos ministeriales. Boletín Oficial del Estado (BOE) número 94 de 2004.

Real Decreto 801/2005, de 1 de julio, por el que se aprueba el Plan Estatal 2005-2008, para favorecer el acceso de los ciudadanos a la vivienda. BOE número 166 de 2005.

Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley del suelo. BOE número 154 de 2008.

Real Decreto 2066/2008, de 12 de diciembre, por el que se regula el Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009–2012. BOE número 309 de 2008.

Real Decreto Ley, de 1 de julio, (2011) de medidas de apoyo a los deudores hipotecarios, de control del gasto público y cancelación de deudas con empresas y autónomos contraídas por las entidades locales, de fomento de la actividad empresarial e impulso de la rehabilitación y de simplificación administrativa. BOE número 161 de 2011.

Reunión Informal de Ministros sobre Desarrollo Urbano y Cohesión Territorial (2007). Carta de Leipzig sobre ciudades europeas sostenibles. Leipzig. Recuperado de http://www.rfsustainablecities.eu/IMG/pdf/LeipzigCharte_Es_cle139ba4.pdf

Reunión informal de Ministros de Desarrollo Urbano de la UE (2010). Declaración de Toledo, 22 de junio de 2010. Toledo.

Partido Socialista Obrero Español (2004). *Merecemos una España mejor. Programa electoral elecciones generales 2004.* Madrid: PSOE.

Literatura consultada

Arias Goytre, F. (1996). La política de ciudades de los gobiernos nacionales. *Cuadernos Económicos de Granada*, número 5.

Arias Goytre, F. (1998). Políticas de sostenibilidad en España, las ciudades medias. *VII Semana de estudios urbanos.* Universidad de Lleida.

Comisión Europea (1990). *Libro verde sobre el medio ambiente urbano*, COM (90) 218 final. Publicaciones de la Comunidad Europea.

Comisión Europea (1992). *Europa 2000: Perspectivas de desarrollo del territorio de la Comunidad*, COM (90) 544 final. Publicaciones de la Comunidad Europea.

- Comité de las Regiones (2010). El papel de la regeneración urbana en el futuro del desarrollo urbano en Europa. 85 Pleno, 9 y 10 de junio de 2010. Bruselas.
- De Gregorio Hurtado, S. (2010). El desarrollo de las iniciativas comunitarias URBAN y URBAN II en las periferias degradadas de las ciudades españolas: una contribución a la práctica de la regeneración urbana en España. *Ciudades*, 13, 39-59.
- De Gregorio Hurtado, S., Veiga, C., Coelho, D., & Wyckmans, A. (2011). Urban regeneration as transition pathway towards resilient cities: Comparing Spanish, Norwegian and Portuguese national programmes. *Conferencia The city without limits. EURA*, Copenhagen.
- Fernández Lafuente, F. (1994). Una política para las ciudades. Desarrollo del plan director de infraestructuras en medio urbano. *Ciudad y Territorio: Estudios Territoriales*, (99), 19-30.
- González García, I. (2000). Análisis urbanístico de barrios desfavorecidos en las ciudades españolas. *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Recuperado de <http://habitat.aq.upm.es/bv/agbd03.html>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MAMRM] (2009). *Libro Verde de Medio Ambiente Urbano*. Tomo II. MAMRM, Madrid.
- Parkinson, M. (1998). *Combating social exclusion: lessons from area-based programmes in Europe*. The Policy Press. Bristol.

EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS MITIGACIONES REQUERIDAS POR EL REGLAMENTO DE SIEMBRA, CORTE Y FORESTACIÓN PARA PUERTO RICO (REGLAMENTO DE PLANIFICACIÓN NÚM. 25)

*Lourdes M. Febres, MSEM¹, Alberto Puente, Ph.D.², Carlos Ramos, Ed.D.¹,
María Calixta Ortiz, MSEM¹ & Edgardo González, MF¹*

The mitigation projects, required by the Planning Regulation No. 25 under the Planning Board of Puerto Rico and enforced by the Department of Natural and Environmental Resources (DNER), were monitored to determine compliance. For that purpose, we randomly selected 30 files of mitigation projects of 2002 from the DNER archives (mitigation established on or after five through 10 years). The 30 selected mitigation projects were visited to document the existing vegetation, number of trees, their physical condition and visiting bird species (native and exotics) as required by regulations. The Shannon-Wiener Diversity Index was calculated for the 30 mitigation projects and their wildlife benefits. Our results demonstrated that only 63% of the visited mitigation projects were finalized in the studied period, 58% did not perform the required mitigation, 79% used exotic tree species for the mitigation, and only 21% were mitigated with native tree species. In addition, 79% of the mitigation projects established the plantings in compacted soils, 42% established them in limited space, and 37% of the projects had crooked trees, among other effects. Natives bird species were the most seeing in the mitigated projects as thistle Zenaida Dove (*Zenaida aurita Zenaida*), White-winged Dove (*Zenaida asiática*), warbler (*Coereba flaveo*), King bird (*Tyrannus dominicensis*). The most prominent exotic species seeing was the Greater Antillean Grackle (*Quiscalus niger*). The results demonstrated that the performed mitigations did not comply with Planning Regulation No. 25, there was no continue monitoring by the DNER, and the established mitigations do not sustain an adequate bird's diversity. The new regulations of land use should be evaluated in order to avoid further deficiencies.

Palabras clave: mitigación, reforestación, nativas, exóticas, reglamento número 25, Puerto Rico.

¹Universidad Metropolitana, Escuela de Asuntos Ambientales, Aptdo. 21150, San Juan PR 00928-1150

²Universidad Interamericana de Puerto Rico, Aptdo. 191293, San Juan, PR 00919-1293

Introducción

Los diferentes tipos de hábitat que sustentan la riqueza biológica de Puerto Rico han estado sujetos a la transformación de cobertura forestal debido a las actividades económicas a lo largo de la historia. A principios del siglo XVI, el área total de la Isla estaba cubierta con bosques maduros. Desde el siglo XIX hasta la década de los años cuarenta, la cobertura forestal de la Isla sufrió cambios dramáticos causados por el establecimiento de pastizales y cultivos agrícolas.

Los estudios demuestran claramente que la cobertura forestal en Puerto Rico aumentó en las últimas décadas (Helmer et al., 2002; Brandeis, Helmer & Oswalt, 2007; Gould, 2009). Entre 1950 y 1990, el cambio de desarrollo agrícola por industrial marcó un período de recuperación que incrementó la cubierta forestal. En el 2002, los estudios documentaron una superficie forestal de 41% (Helmer et al., 2002). El estudio del estatus forestal de Puerto Rico arrojó un 57% en la Isla, 85% en Vieques y 88% en Culebra (Brandeis, Helmer & Oswalt, 2007). Gould (2009) documentó un 53% de cobertura terrestre que incluyó bosques (39%), arbustos y matorrales (13%) y manglar (1%).

Este aumento de cobertura forestal ha ocurrido principalmente porque la mayor parte del terreno sometido a desarrollo es agrícola o de pastoreo y sólo un 28% de los nuevos desarrollos ha reemplazado áreas de bosques (Helmer, 2004). El estudio de cambio en la cobertura del terreno basado en imágenes Landsat (Kennaway & Helmer, 2006), evidenció que la cantidad de pastizal revertido a bosques fue aproximadamente cuatro veces mayor que la cantidad de bosques talados para la construcción entre 1992 y 2000. A pesar de estos aspectos positivos, estudios confirman un impacto negativo de plantaciones de árboles que usan especies exóticas (Evans, 1992).

El reglamento de Corte, Siembra y Forestación para Puerto Rico (Reglamento de Planificación Núm. 25), cubre la siembra de árboles en mitigaciones requeridas cuando se desarrolla un proyecto de construcción. El Reglamento requiere que las corporaciones, industrias y desarrollos, mitiguen los efectos en desarrollos urbanos y rurales con dos árboles por cada uno talado, aunque el mismo no especifica la especie de árbol que se va utilizar para efectos de la mitigación. Sin embargo, la Ley para Fomentar la Siembra de Árboles cuyas Frutas o Semillas Provean Alimento a Especies de Aves Silvestres de Puerto Rico cubre este elemento, el cual establece las siembras de especies de árboles adecuadas. La Ley dispone que del total de árboles a ser sembrados en todo proyecto de reforestación donde se utilicen fondos públicos o privados, o una combinación de éstos, el 15% en las áreas rurales y el 10% en las áreas urbanas, deben ser de especies cuyas frutas o semillas sirvan de alimento a las aves silvestres que residan temporal o permanentemente en éstas.

La eliminación de árboles endémicos y sustitución por exóticos afecta adversamente la avifauna nativa, ya que muchas especies dependen de estos árboles para su protección y alimento. Si no se estudia debidamente la introducción de especies de árboles exóticos antes de su utilización, las mismas pueden invadir zonas adyacentes, causando distintos problemas (Robbins, 2002). No se ha comprobado el efecto de las mitigaciones sobre el medioambiente y si en realidad logran mitigar el efecto de la deforestación en el área y sobre todo cómo este tipo de siembra afecta a la biodiversidad y en la recuperación de su antiguo entorno. El cambio del uso del suelo ha sido uno de los factores más importantes en la dramática reducción de la cobertura de bosques naturales y en el aumento de la fragmentación de las superficies remanentes de estos ecosistemas (Didham, Ghazoul, Stork & Davis, 1996; Bustamante, Serey & Pickett., 2003). Este hecho ha sido particularmente negativo para algunas especies de aves en bosques, las que han sufrido una rápida declinación poblacional (Sallabanks, Arnet & Marzluff, 2000; Heske, Robinson & Brown, 2001). Otros estudios confirman que también se ha observado especies que sobreviven y se reproducen en estos paisajes modificados (Clout & Gaze, 1984).

En este estudio determinamos el cumplimiento de las siembras de mitigación y la sobrevivencia de las especies sembradas requeridas por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, (Reglamento de Planificación Núm. 25) y otras agencias relacionadas. Además, evaluamos si las mitigaciones propuestas fueron completadas, según el plan de siembra presentado al DRNA. Además, documentamos las especies de árboles utilizadas en estas mitigaciones y si los individuos sobreviven la siembra, y cómo estos contribuyen como hábitculo para las aves.

Método

Los casos de mitigación estudiados son de naturaleza histórica y de fuente secundaria obtenidos a través de la oficina de almacenamiento de expedientes del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Mediante acuerdo de colaboración, accedimos los casos archivados del 2002 para contar con información de al menos 5 años de haberse completado la mitigación. Este criterio permite que las especies de árboles en mitigaciones tengan un periodo mínimo para su establecimiento. Seleccionamos los casos de mitigación de un total de 302 expedientes archivados del 2002 mediante un muestreo aleatorio simple sin reposición. La muestra de 30 expedientes representó un 40% del total de expedientes.

La muestra seleccionada incluyó proyectos de mitigación en 21 municipios de Puerto Rico. Evaluamos 7 proyectos en la zona este: Fajardo (1), Naguabo (3) y Las

Piedras (3). En la zona norte evaluamos 9 proyectos: Loíza (1), Canóvanas (1), Carolina (1), Gurabo (2), Trujillo Alto (1), Bayamón (1), Toa Alta (1) y Dorado (1). En el área centro, evaluamos cuatro proyectos: Morovis (2), Ciales (1) y Barceloneta (1). En el noroeste, evaluamos cuatro proyectos Isabela: (1), Aguadilla (1), Aguada (1) y Añasco (1). En el área sur y sureste, evaluamos 6 proyectos: Peñuelas (4), Ponce(1) y por último un proyecto de Guayama para un total de 30 proyectos (Figura 1).



Figura 1. Municipios donde se encuentran los 30 proyectos seleccionados para el estudio.

En cada proyecto mitigado, medimos diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP), altura y cobertura de copa de todo árbol con un diámetro igual o mayor (\geq) a 10 cm. Hicimos inventario de las especies sembradas como parte de la mitigación en cada proyecto para cuantificar la cantidad de especies exóticas, nativas y palmas, según estipulado en el Reglamento #25.

Calculamos la abundancia relativa y la riqueza de especies vegetativas en cada uno de los lugares de muestreo, así como la presencia de aves, el índice de Shannon-Wiener, frecuencia de especies de aves presentes en cada proyecto. Para determinar la abundancia de aves, utilizamos el método de puntos de conteo (Carlo, Collazo, & Groom, 2004). Cada punto externo de conteo tuvo una separación de 100 metros del proyecto para asegurar la cercanía al mismo y evitar que otras variables influyeran en el conteo. Las observaciones tuvieron un periodo de 8 a 15 minutos.

Para evaluar daños en la vegetación, consideramos las características del sistema radicular, tronco, dosel, y las estructurales. Bajo sistema radicular consideramos si las raíces estaban atrofiadas y si el sistema radicular estaba confinado. Bajo tronco documentamos corteza abierta, declive del tronco del árbol y hongos. Bajo la copa, evaluamos clorosis, insectos en las hojas. Bajo las características estructurales, evaluamos la distancia del árbol y la estructura, distancia requerida entre individuos de árboles, terreno compactado, espacio limitado y mortandad. Además, comparamos el Reglamento #25, vigente para el periodo de las mitigaciones bajo estudio, derogado por el Reglamento Conjunto de Usos de Terrenos de la Junta de Planificación, Capítulo 47 de Corte, Poda y Forestación.

Resultados y discusión

Del total de proyectos del 2002 evaluados, 11 son públicos y 19 privados. El 63% de los proyectos completaron las mitigaciones. Del 63% que mitigaron, ninguno de los proyectos evaluados cumplió con lo estipulado en el Reglamento de Siembra, Corte y Forestación para Puerto Rico (Reglamento de Planificación Núm. 25). El 21% cumplió en un 75% la reglamentación. El 42% tuvo un bajo cumplimiento, según el Reglamento (Tabla 1).

La proporción recomendada por el Reglamento para la cantidad de siembras en proyectos de mitigación es de 60% para nativos, 16% para exóticos, 12% para palmas y 12% mínimo requerido para especies que provean alimento a la vida silvestre. Al evaluar la cantidad de exóticos y nativos recomendados por el reglamento, encontramos que en 15 proyectos dominaron las especies exóticas y solo en 4 proyectos dominaron las especies nativas, lo cual sobrepasó el 60% de lo requerido. El total de siembras en los 19 proyectos mitigados fue de 4,720 individuos, de los cuales 2,397 individuos fueron nativos (51%). El total de exóticos fue de 1,034 (22%), cuando el reglamento exige sólo un 12%. En cuanto a especies vegetativas que provean alimento a la vida silvestre (aves), se requiere que un 16% de las siembras vayan dirigidas a este propósito. Sin embargo, no evidenciamos ningún individuo sembrado para estos propósitos. Estos datos demuestran que la mayoría de los proyectos no cumplieron con el requisito del 60% de nativos en las siembras. La proporción de especies de árboles exóticas fue mayor a la de nativos.

El total de palmas sembradas en los 19 proyectos mitigados fue de 1,289 (27%). Específicamente, 13 proyectos arrojaron un porcentaje más alto de 12% que es lo establecido por la reglamentación para la siembra de palmas. Esta tendencia en los proyectos de mitigación puede estar influenciada por los beneficios que adquiere el desarrollador con la siembra de palmas. Uno de los aspectos es la estética y el valor que adquiere el uso de palmas ante el potencial comprador. Otro aspecto es el que las palmas ocupan menos espacio de terreno y su sistema radicular es más simple, de tal forma que evita futuros daños estructurales a la propiedad.

De los 19 proyectos mitigados, encontramos que 17 proyectos arrojaron un porcentaje de sobrevivencia alto (98%). En el proyecto de mayor mortandad (13%), se contaron 66 individuos que no prosperaron debido a la selección de un sustrato bajo en nutrientes y el impacto del polvo fugitivo proveniente de un desvío de carreteras cercano al proyecto.

Con relación a las aves que utilizaban estas áreas de mitigación, documentamos que en su mayoría fueron nativas que se adaptan a los grandes disturbios. Entre las especies documentadas están la tórtola cardosantera (*Zenaida aurita*

Tabla 1. *Cumplimiento de proyectos de mitigación en Puerto Rico según el Reglamento de Planificación Núm. 25*

Mitigación		Cumplimiento con el reglamento # 25		Requisitos bajo el reglamento # 25				
Proyecto (Plot)	Σ de árboles in situ	% de Σ árboles in situ	Exótico	%	Nativos	%	Palmas	%
# 1	170	16%	38	22%	125	74%	0	0%
# 2	17	0.03%	1	0.06%	16	94%	1	0.06%
# 3	5	0.01%	5	100%	0	0%	5	100%
# 4	385	72%	309	80%	76	20%	182	47%
# 5	187	92%	187	100%	0	0%	182	97%
# 6	61	0.06%	58	95%	3	0.05%	61	100%
# 7	52	14%	47	90%	5	0.10%	52	100%
# 8	250	12%	144	58%	106	42%	82	33%
# 9	209	37%	182	87%	27	13%	47	22%
# 10	312	100%	234	75%	9	0.03%	107	34%
# 11	334	74%	260	78%	74	22%	148	44%
# 12	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 13	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 14	523	75%	381	73%	141	27%	234	45%
# 15	12	0.03%	12	100%	0	0%	0	0%
# 16	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 17	514	100%	245	48%	203	39%	31	0.06%
# 18	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 19	10	0.01%	0	0%	10	100%	10	100%
# 20	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 21	28	0.02%	22	79%	6	21%	14	50%
# 22	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 23	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 24	181	0.01%	7	0.03%	172	95%	0	0%
# 25	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 26	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 27	95	10%	48	51%	46	48%	0	0%
# 28	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 29	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
# 30	232	55%	217	93%	15	6%	133	57%

zenaida), tórtola aliblanca (*Zenaida asiática*), reinita (*Coereba flaveo*), pitirre (*Tyrannus dominicensis*), rolita (*Columbina passerina*), pájaro bobo menor (*Coccyzus minor*). Las aves exóticas de más abundancia fueron el chango (*Quiscalus niger*), el aura tiñosa (*Cathartes aura*), la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), y el gorrión (*Tiaris bicolor*). Esto significa que la vegetación sembrada en los proyectos sostiene hábitat para especies altamente adaptativas, pues las siembras no estuvieron dirigidas a proveer alimento para especies nativas. Las especies encontradas tienen mayor adaptación a menos densidad forestal.

Durante un punto de conteo en la periferia de uno de los proyectos visitados, (desvío Norte, en la Carretera PR-926 del Bo. La Florencia, Las Piedras) avistamos la paloma turca (*Columba squamosa*), considerada rara o amenazada. Desconocemos por qué esta especie se avistó en un proyecto de baja densidad forestal, pero el dato nos sirve para la toma de decisiones. La monitoria juega un papel central en el manejo de la vida silvestre y provee métodos para la toma de decisiones cuando manejamos un sistema dinámico y variable (Lyons, Runge, Laskowski & Kendall, 2008).

De los 19 proyectos mitigados (Tabla 2), el 79% de los árboles resultó estar sembrado en terrenos compactados, el 42% de árboles están sembrados en un espacio limitado, el 37% se encontró que tenían declive de su tronco, el 32% tiene las raíces atrofiadas, 32% arrojó tener clorosis, 32% de los individuos sembrados no guarda las distancias requeridas por el reglamento entre ellos, 26% tiene su sistema radicular confinado. Así también, el 26% de la población de árboles está infestado con queresas y hongos, el 21% no guardaron las distancias requeridas por el reglamento para la cercanía entre árbol y una estructura, un 15% con la corteza lacerada o abierta, y por último un 11% está afectado por el trípido (*Holopothrips sp.*). Estos datos reflejan malas prácticas de siembra en las mitigaciones y poco mantenimiento de las áreas verdes o ninguno.

El estudio de diversidad de árboles y aves de Shannon y Wiener determina si la cantidad de especies de árboles sostienen la avifauna. Entre los resultados, destacamos que el proyecto 4 tiene una abundancia de 126 individuos de roble argénteo (*Tabebuia argénteo*), con una riqueza de 15 especies y 1.94 como índice de diversidad máxima. En este mismo proyecto, la abundancia de aves es similar con dos especies de aves: 4 individuos de pitirre (*Tyrannus dominicensis*) y 4 individuos de tórtola ali blanca (*Zenaida asiática*), para una riqueza de 3 especies y un índice de diversidad máxima de 1.09. Estos índices reflejan una diversidad baja de avifauna con una riqueza alta.

En la evaluación, encontramos que los proyectos 1 y 24 pertenecientes a la Autoridad de Carreteras y Transportación (ACT), no cumplieron con traspasar terrenos a la agencia reguladora DRNA, según estipulado. El proyecto 1 tenía que mitigar mediante la transferencia de terrenos con un cabida de 25.4598 cuerdas cercanas

al Bosque de Cambalache en el municipio de Arecibo. El proyecto 24 perturbó un área ecológicamente sensitiva donde anidaba el guabairo (*Caprimulgus noctitherus*) y la mariquita (*Agelaius tanthomus*,) denominado así por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre Federal. Esta mitigación que debió efectuarse mediante la compra de 60 cuerdas de terrenos en el sector Peñoncito en el municipio de Peñuelas, no se ha cumplido.

También, el estudio reveló que 18 proyectos no cumplieron con la estipulación de trasplante y conservación de árboles, según estipulado por el Reglamento. Tampoco se monitorearon y se fiscalizaron los mismos.

Limitaciones

Las limitaciones de este estudio están relacionadas al método de punto de conteo de aves, el cual puede tener un margen de error del observador, ya que requiere vasta experiencia en la técnica. Este error fue minimizado al mantener un mismo observador y un mínimo de tiempo en la observación para evitar duplicidad de datos. Recomendamos que para estudios futuros, se aumente el número de proyectos visitados para poder establecer el índice de biodiversidad beta y gama de especies de árboles y de aves, y el índice de valor de importancia de la vegetación.

Conclusiones

A pesar de que el reglamento de siembra, corte, y forestación para Puerto Rico (Reglamento de Planificación Núm. 25), tiene como propósito preservar, conservar y garantizar un desarrollo sostenible en la isla, la mayoría de las mitigaciones no cumplen las disposiciones que expone el reglamento. Existe un bajo cumplimiento del mismo por parte de los desarrolladores. La mayoría de los proyectos, a pesar de que llevan 10 años de aprobados, aún no ha completado los proyectos de mitigación. Por otro lado, las malas prácticas de siembra en los proyectos ponen en peligro la sobrevivencia de los árboles sembrados.

Las mitigaciones evaluadas demostraron un alto porcentaje de especies exóticas por encima de lo permitido en el reglamento. Así también, la siembra de especies nativas es mucho más baja de lo requerido. El porcentaje de la siembra de palmas es más alto de lo requerido por el Reglamento. Estas violaciones afectan y disminuyen el valor ecológico de la mitigación, y por consiguiente afectan la vida silvestre presente en el área. Un factor a considerar en estudios posteriores es que los requisitos de mitigación de árboles no se puedan cumplir por la falta de disponibilidad de especies nativas para los ambientes en que se aplica la reglamentación.

Tabla 2. *Características de daños presentes en los árboles sembrados en los proyectos de mitigación seleccionados*

Proyecto (Plot)	Mitigación	Sistema radicular		Tronco			Copa		
		Σ de árboles in situ	Raíces atrofiadas	Sistema radicular confinado	Corteza abierta	Queresas y hongos	Declive	Clorosis	<i>Holo-potbrrips sp.</i>
# 1		170	0	0	0	59%	88%	0%	37%
# 2		17	0%	71%	0%	0%	0%	0%	0%
# 3		5	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%
# 4		385	62%	96%	10%	68%	56%	19%	50%
# 5		187	0%	0%	0%	0%	0%	97%	0%
# 6		61	0%	82%	0%	0%	16%	95%	0%
# 7		52	100%	100%	0%	0%	0%	60%	0%
# 8		250	0%	49%	0%	45%	0.02%	36%	45%
# 9		209	0%	12%	25%	23%	44%	32%	15%
# 10		312	0%	0%	0%	0%	18%	32%	0%
# 11		334	40%	0%	0%	15%	0%	18%	10%
# 12		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 13		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 14		523	0%	0%	0%	33%	85%	44%	0.06%
# 15		12	0%	0%	0%	0%	83%	0%	0%
# 16		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 17		514	0%	0%	79%	21%	89%	0.06%	22%
# 18		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 19		10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 20		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 21		28	50%	50%	100%	21%	0%	43%	21%
# 22		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 23		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 24		181	77%	0%	84%	49%	88%	363%	49%
# 25		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 26		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 27		95	28%	0%	0%	52%	26%	0%	51%
# 28		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 29		0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
# 30		232	86%	0%	43%	100%	65%	57%	5%

Tabla 2. *Otras características de daños presentes en los árboles sembrados en los proyectos de mitigación seleccionados*

Proyecto (Plot)	Estructurales						
	Mitigación	Σ de árboles in situ	Distancia entre estructura	Distancia entre árboles	Terreno compactado	Espacio limitado	Árboles muertos
# 1		170	0%	0%	100%	0%	0.04%
# 2		17	71%	71%	0%	71%	0%
# 3		5	0%	0%	100%	0%	0%
# 4		385	54%	0%	100%	75%	0%
# 5		187	0%	97%	100%	100%	0%
# 6		61	0%	0%	100%	95%	0%
# 7		52	0%	0%	100%	0%	0%
# 8		250	0%	0%	100%	98%	0.00%
# 9		209	42%	0%	100%	12%	0%
# 10		312	0%	61%	100%	100%	0%
# 11		334	0.09%	13%	0%	82%	0%
# 12		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 13		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 14		523	32%	100%	100%	0.08%	0%
# 15		12	0%	58%	0%	0%	0%
# 16		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 17		514	82%	40%	100%	16%	13%
# 18		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 19		10	0%	0%	0%	0%	0%
# 20		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 21		28	43%	50%	100%	50%	0%
# 22		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 23		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 24		181	44%	0%	100%	0%	0%
# 25		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 26		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 27		95	100%	22%	100%	0%	0%
# 28		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 29		0	0%	0%	0%	0%	0%
# 30		232	0%	38%	100%	0%	0%

Las mitigaciones bien establecidas pueden reducir los impactos de un disturbio en el área, pero en efecto la falta de monitoreo y fiscalización agrava el cumplimiento de la mitigación. Es por esto que se recomienda que la agencia reguladora vuelva a tener a cargo estas disposiciones de las siembras de mitigación y pueda a través de una monitoria externa fiscalizar las plantaciones. La Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) debe actualizar las bases de datos de las mitigaciones aprobadas para mejorar la efectividad en su cumplimiento. Además, se debe ampliar el tiempo estipulado de completar la mitigación para minimizar el no cumplimiento.

Recomendamos evaluar el nuevo reglamento y los estándares de siembra estipulados en la regla 48.7 que recomienda un mínimo de un 10% de especies que provean alimento a la vida silvestre, para que se aumente este porcentaje al menos a un 20% de especies nativas. Las especies deben ser seleccionadas de la lista incluida en la Ley Núm. 97 del 24 de junio de 1998, mejor conocida como la Ley para Fomentar la Siembra de *Árboles Cuyas Frutas o Semillas Provean Alimento a Especies de Aves Silvestres* de Puerto Rico.

Es necesaria la evaluación de la regla 48.10 que dispone las guías de mitigación y siembra en especial cuando existan casos especiales en que resulte imposible la mitigación mediante siembra. Esto ha creado la necesidad de contar con otros mecanismos para mitigar, tales como la transferencia de la titularidad de terrenos con valor natural a favor del gobierno de Puerto Rico, el otorgamiento de servidumbres de conservación a perpetuidad o la aportación de fondos equivalentes a la siembra para fines de reforestación y adquisición de terrenos de valor natural. Recomendamos la acción, monitoreo y fiscalización de los proyectos de mitigación para que el peticionario o desarrollador cumpla con las disposiciones por Ley. El fiel cumplimiento del reglamento de siembra, corte y forestación por concepto de mitigación en desarrollos urbanos y rurales, garantizará que se sustente la riqueza del hábitat para las especies de vida silvestre. Además, la cobertura forestal de áreas perturbadas evitará la pérdida de suelos y, por consiguiente, la sedimentación en nuestros cuerpos de agua. Así también, el sistema radicular asegurará una mejor permeabilidad de las escorrentías y una mejor disponibilidad de agua subterránea en el subsuelo.

Agradecimientos

Agradecemos al personal del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales por la información. Al planificador Miguel Martínez por su ayuda técnica en la preparación de los mapas en Sistema de Información Geográfica (SIG). Al Prof. Roger W. González por su ayuda técnica, corrección del documento y ayuda de campo.

Literatura Citada

- Bustamante, R. O., Serey, I. A., & Pickett, S. T. A. (2003). Forest fragmentation, plan regeneration and invasion processes across edges in Central Chile. In Bradshaw, J. H. & P. K. Marquet (eds.). *How Landscapes Change. Human disturbances and ecosystem fragmentation in the Americas* (145-160). New York:Springer – Verlag.
- Brandeis, T.J., Helmer, E. H., & Oswalt, S. N. (2007). The status of Puerto Rico's forests, 2003. United States Department of Agriculture. Forest Service. *Resource Bulletin SRS-119*.
- Carlo, T., Collazo, J., & Groom, M. (2004). Influences of fruit diversity and abundance on bird use of two shaded coffee plantations. *Biotropica*, 36(4), 602-614.
- Clout, M. N., & Gaze, P. D. (1984). Effects of plantation forestry on birds in New Zealand. *Journal of Applied Ecology*, 21, 795-815.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (1997). Ley para fomentar la siembra de árboles cuyas frutas o semillas provean alimento a especies de aves silvestres de Puerto Rico. Ley Núm. 97 de junio del 1998. LPRA 12 §. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Didham, R. K., Ghazoul, J., Stork, N. E., & Davis, A. J. (1996). Insects in fragmented forest; a functional approach. *Trend in Ecology & Evolution*, 11, 255-260.
- Durland, W.D. (1929). Forest regeneration in Puerto Rico. *Economic Geography*, 5, 369-381.
- Evans, J. (1992). Plantation forestry in the tropics. *Oxford*. 403 pp.
- Franco, P. A., Weaver, P. L., & Eggen-MacIntosh, S. (1900). Forest resources of Puerto Rico. Southern Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture *Resource Bulletin SRS-22*. Asheville, NC.
- Gill, T. (1931). *Tropical forests of the Caribbean*. Baltimore: Tropical plant research foundation and Charles Lathrop pack forestry trust. Washington D.C.

- Gould, W. (2009). Puerto Rico Gap Analysis Project. Final State Project Reports. *Gap Analysis Bulletin*, 16, 71-79.
- Helmer, E. H., Ramos, O., López, T. Del M., Quiñones, M., & Díaz, W. (2002). Mapping the forest type and land cover of Puerto Rico, a component of the Caribbean biodiversity hotspot. *Caribbean Journal of Science*, 38(3-4), 165-183.
- Helmer, E.H. (2004). Forest conservation and land development in Puerto Rico. *Landscape Ecology*. 19, 29-40.
- Heskke, E. J., Robinson, S. K., & Brawn, J. D. (2001). Nest predation and neotropical migrant songbirds: piecing together the fragments. *Wildlife Society Bulletin*, 29, 52-61.
- Junta de Planificación. (1996). Reglamento de siembra, corte y forestación para Puerto Rico. Reglamento de Planificación Núm. 25 del 24 de noviembre del 1998.
- Junta de Planificación. (2011). Reglamento conjunto de uso de terrenos. Capítulo 47, pp. 812-831.
- Kennaway, T., & Helmer, E. H. (2006). Maps and tables of land cover and forest formations of Puerto Rico for the years 1991-92 and 2000. In *The formation type and age classes of forests that undergo clearing for land development in complex tropical landscapes*. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture Forest Service, International Institute of Tropical Forestry. 1-28p.
- Koenig, N. (1953). *A comprehensive agricultural program for Puerto Rico*. US. Department of Agriculture and Commonwealth of Puerto Rico. Washington, D.C.
- Little, E. L. Jr., & Wadsworth, F. H. (1964). *Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands*. United States Department of Agriculture, Forest Service.
- Little, E. L., Woodbury, R. O., & Wadsworth, F. H. (1974). *Trees of Puerto Rico and Virgin Islands*, vol.2, USDA Forest Service Agriculture Handbook 449, Washington, DC, 1024 pp.

- Lyons, J. E., Runge, M. C., Laskowski H. P., & Kendall, W. L. (2008). Monitoring in the context of structured decision-making and adaptive management. *Journal of Wildlife Management*, 72(8), 1683-1692.
- Robbins, M. (2002). Material forestal reproductivo. Recursos genéticos forestales No. 30, Departamento de Montes, Roma, FAO Recuperado de www.fao.org/documents/show_cdr.asopqur/_file_DOCREP/005/Y4341S/4341SO3.htm.
- Sallabanks, R., Arnett, E. B., & Marzluff, J. M. (2000). An evaluation of research on the effects of timber harvest on bird populations. *Wildlife society Bulletin*, 28, 1144-1155.
- Wadsworth, F. H. (1950). Notes on the climax forest of Puerto Rico and their destruction and conservation prior to 1900. *Caribbean Forester*, 11(1), 38-47.

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FORESTAL DE ZONAS AGRÍCOLAS ABANDONADAS EN TERRENOS DEL ECO-PARQUE DEL TANAMÁ, UTUADO

*Selinette Álvarez Rodríguez, MSEM¹, Javier Vélez Arocho, MS¹,
Carlos Conde, MS¹, & María Calixta Ortiz, MSEM¹*

Three abandoned agriculture farms were assessed in the municipality of Utuado, Puerto Rico to determine the vegetation structure and composition of a secondary forest, and to provide recommendations for the development of an eco-tourism park. Tree species were measured and identified in all three parcels using the Luquillo Forest Dynamic Plot Method (LFDP). The diameter at breast height (dbh) ≥ 4 cm, full tree, tree height and estimated structural indices (basal area, tree density and Importance Value (IV) species) were measured. Important topographical features of the site such as elevation, slope, soil type, moisture and pH were considered. Also, during the field work, the forest profile of each plot was completed. A total of 365 trees of 24 species belonging to 17 different families were documented. Of these 24 species, 20 are native, of which five are being fast-growing pioneer species typical of disturbed areas. We found three different families of introduced species (*Pinus caribaea*, *Sphatodea campanulata* and *Coffea robusta*) and a naturalized species (*Eugenia jambos*) commonly known as rose apple. In the past, the three plots showed differences in agricultural land use, which shows a structure and composition characterized by the difference in time of natural succession. The plot A demonstrated an early stage of succession in the forest type IV, dominated by introduced species (*Pinus caribaea*), while plot B was found at an early stage of succession in the forest type III dominated by pioneer species such as (*Miconia prasina*) of rapid growth typical of disturbed areas. Plot C proved to be in a mature stage of succession in the forest type III, dominated by native species typical of the area that have been used for shade grown coffee (*Inga vera*). A comprehensive reforestation program aimed to improve the degraded habitat plots A and B due unsustainable agricultural and forestry practices is recommended.

Palabras clave: bosques secundarios, sucesión natural, estructura forestal, índice estructural, composición forestal, abundancia, dominancia, biodiversidad, uso del suelo, agricultura, manejo forestal.

¹Universidad Metropolitana, Escuela de Asuntos Ambientales, Apartado 21150, San Juan, Puerto Rico 00928-1150

Introducción

La deforestación en Puerto Rico durante el siglo XVI y XVII respondió principalmente a la necesidad de tierra con fines agrícolas, al uso de madera como combustible y el empleo de ésta como materia prima en la construcción de viviendas (Domínguez, 1989a; 1989b). El siglo XVIII representó la etapa previa a la mayor deforestación que ocurrió en la Isla en el siglo XIX (Domínguez, 1989c). El siglo XX marcó una nueva época en la situación forestal de la Isla. A partir de los años 50 y debido al proceso de industrialización en Puerto Rico se abandonaron buena cantidad de terrenos agrícolas. Actualmente, ese abandono ha dado paso a la recuperación natural de la vegetación arbórea. Los nuevos bosques han colonizado lo que décadas atrás eran grandes campos de caña de azúcar, cafetales, tabaco y otros frutos.

La situación de los terrenos agrícolas abandonados se extiende a través de todo Puerto Rico. Sin embargo, es en los municipios localizados en la región montañosa donde es más evidente el fenómeno de la recuperación (reversión) de la vegetación arbórea. Los municipios como Utuado, Lares y Adjuntas donde muchas de las tierras fueron utilizadas para el cultivo del café son de especial interés para el estudio de la reversión forestal.

En esta zona cafetalera se han identificado terrenos agrícolas abandonados que han desarrollado bosques secundarios y existe un potencial interés en el desarrollo de proyectos eco-turísticos. En la finca donde realizamos nuestra investigación, se propone un proyecto eco-turístico que se llamará "Eco-Parque del Tanamá", localizado en el barrio Ángeles del municipio de Utuado, Puerto Rico, cerca de la colindancia con los municipios de Lares y Adjuntas al sur de la zona cárstica (Figura 1).

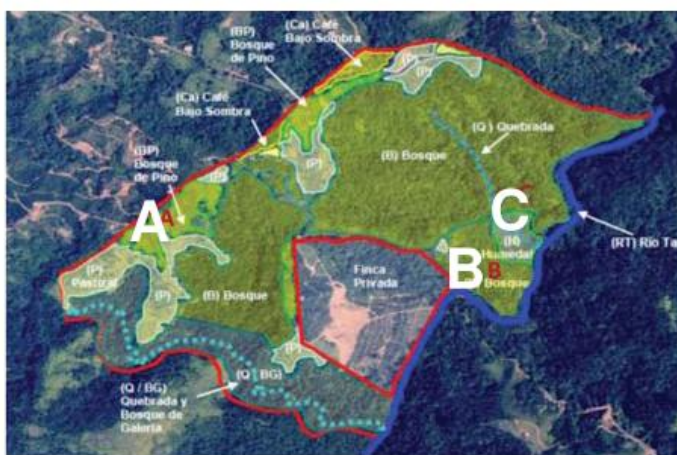


Figura 1. Foto aérea del área de estudio.

La finca tiene una cabida de aproximadamente 200 cuerdas con una topografía escarpada a una elevación entre 420 m sobre el nivel promedio del mar en su parte más baja y 625 m, en su punto más alto. Está compuesta por diversos ecosistemas como bosque secundario (áreas agrícolas abandonadas), bosque de galería asociado a dos quebradas, plantación de café bajo sombra como el *Coffea arabica* (otras variedades de café), plantación abandonada de *Pinus caribaea var. hondurensis* (pino hondureño), pastizales y un humedal ribereño. La finca posee cuatro tipos de suelo: Adjuntas, Humata, Lirio y Toa (Acevedo, 1982). Según los factores de biotemperatura, precipitación y humedad del sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, la zona está clasificada como bosque subtropical muy húmedo (Ewel & Witmore, 1973).

Estos terrenos fueron utilizados con fines agrícolas para el cultivo de caña, café, frutos menores y para el pastoreo de ganado. Uno de los ecosistemas es la presencia de un área con vegetación arbórea, típico de la zona montañosa. Al ser un área forestal en proceso de reversión natural, evaluamos la estructura y composición de la vegetación leñosa, la cobertura forestal en áreas agrícolas abandonadas y las estrategias de manejo que se pueden implementar en las áreas de estudio.

Método

En este estudio, utilizamos las imágenes de satélite más recientes disponible (2004) (Figura 1), para definir la cobertura del terreno y determinar los ecosistemas presentes en el área de estudio. En el análisis, identificamos tres tipos de cobertura del terreno: vegetación natural, silvícola y agrícola, según nomenclatura utilizada en Álvarez & RMA Environmental (2007). Clasificamos la vegetación natural como bosque secundario (maduro o juvenil), pastizales, bosque de galería y humedal (ribereño). La silvícola la clasificamos como plantación de pino caribeño, y la agrícola como plantación de café bajo sombra.

Mediante la información histórica obtenida sobre el uso de esta finca y un análisis de las fotos aéreas históricas de los años 1936, 1963, 1977 y 2004 de la Autoridad de Carreteras, seleccionamos tres áreas que fueron impactadas por prácticas agrícolas desde finales de la década de los años 20 y comienzo de los años 30 (Figura 1). La foto aérea de 1936, nos reveló que el área de estudio A fue la más impactada de las tres áreas, la cual muestra un impacto considerable con vegetación arbórea dispersa. Ese mismo año, el área de estudio B muestra un impacto moderado en el corte de la vegetación. Mientras que el área C no mostró un impacto significativo en la vegetación del lugar. La foto aérea de 1963, indica que para fines de la

década de los años 50 y comienzo de los años 60, el área A tuvo una deforestación total. En este mismo año, el área B tuvo una recuperación de su vegetación leñosa mostrando un bosque con un dosel cerrado, mientras que el área C no mostró un impacto significativo. Para fines de la década los 70, el área A presentó otra deforestación que propició una gran erosión para el año 1977. Posterior a este año, el área C se utilizó con fines silvícolas (plantación de *Pinus caribaea* var. *hodurensis*) para la extracción de madera. En la foto aérea de 1977, el área B estuvo sujeta a una deforestación considerable de la vegetación con fines agrícolas para el cultivo de café al sol, mientras que el área C no mostró ningún impacto en la vegetación arbórea. El análisis de la foto aérea del 2004, muestra que las tres áreas comenzaron su proceso de reversión natural hasta el presente. También tomamos en consideración la entrada de luz y distancia a caminos o carreteras para determinar las áreas a estudiar.

El trabajo de campo lo llevamos a cabo de febrero a mayo del 2009. Establecimos tres parcelas de 20m x 20m en las tres áreas de estudio seleccionadas con el método de parcelas *Luquillo Forest Dynamic Plot* (LFDP, por sus siglas en inglés) de Thompson (2006). Cada parcela fue subdividida en 16 sub-parcelas de 5m x 5m para obtener mayor precisión de los datos.

Hicimos un inventario de árboles y medimos todo tronco ≥ 4 cm de diámetro (incluyendo los renuevos a una altura de 1.30m) en las parcela clasificadas como A, B y C. A cada árbol se le asignó una taquilla enumerada al tronco principal. A los renuevos se le asignó una taquilla con el número del árbol a que pertenecía acompañado con una letra. En cada sub-parcela, medimos número de individuos de árboles y arbustos, diámetro altura de pecho (DBH, por sus siglas en inglés), altura total de los árboles e identificación de la especie con el código de origen: endémica (E), nativa (N), introducida (I) y naturalizada (NA). Para obtener el perfil de altura del bosque, realizamos un transecto de 20m lineales en el centro de cada Parcela (A, B y C), en dirección de norte a sur. Contabilizamos y medimos la altura de los árboles dentro de una distancia de 2 m lineales a ambos lados de cada transecto. Otras variables medidas fueron la topografía (pendiente), elevación, pH y la humedad del suelo de cada sub-parcela. Tomamos tres muestras de suelo en cada parcela a 10 cm de profundidad en la parte alta, media y baja de la sub-parcela. La elevación de cada parcela, la tomamos con un altímetro digital.

Evaluamos las parcelas A, B y C mediante el análisis físico espacial, abundancia por parcela, biodiversidad por parcela, perfil del bosque e índice estructural (área basal, densidad de árboles y valor importancia de especies). Con estos datos, determinamos dominancia, composición y estructura forestal en las áreas de estudio.

Para determinar abundancia, tomamos en consideración el número de individuos de cada especie en las parcelas y el porcentaje de especie por área de estudio. Para determinar estructura, consideramos el diámetro altura de pecho (dap) y altura total de cada árbol. Para determinar el perfil del bosque, consideramos la altura total, la especie y la ubicación relativa de cada individuo. Para determinar la composición, tomamos en consideración la biodiversidad en cada parcela. Para calcular la dominancia, consideramos el valor de importancia de las especies (diámetro altura de pecho, número de individuo y área):

Área basal de un árbol: Πr^2 donde $r = \text{dap} / 2$ ($\Pi \times (\text{dap}/2)^2$) = cm^2 .

Área basal de una parcela (abp): la suma de las áreas basales de todos los árboles de la parcela dividido por el área de la parcela, $\Sigma \text{abp} / 400\text{m}^2$.

Área basal de una especie (abe): la suma de las áreas basales de todos los árboles de la especie dividido por el área de la parcela, $\Sigma \text{abe} / 400\text{m}^2$.

Área basal relativa: el área basal de la especie dividido por el área basal de la parcela expresado en por ciento.

Densidad de árboles: el número de árboles dividido por el área de muestra.

Densidad de árboles de una especie: el número de árboles de una especie dividido por el área de muestra.

Densidad relativa de una especie: la densidad de árboles de una especie dividido por la densidad de árboles de la parcela expresado en por ciento.

Valor de importancia de la especie: la suma del área basal relativa y la densidad relativa, usando la base de 200 por ciento. Estos índices se calcularon para cada especie por parcela, según el método usado para calcular índices estructurales en el bosque del nuevo milenio antes y después del huracán Georges (Lugo, Román, Quiñones, Marcano, & Vicéns, 2005).

Resultados

Las pendientes de las tres parcelas fluctuaron entre 0° a -52° (grados) en dirección norte a sur y de este a oeste, la humedad del suelo fluctuó entre un 45 a 60% y un pH entre 5.3 a 7 (Tabla 1). En las tres parcelas (A, B y C) bajo estudio, encontramos un total de 319 individuos y 46 renuevos para un total de 365 troncos medidos el diámetro altura de pecho (dap) a 1.30m. El total de individuos representan 24 especies de 17 familias diferentes, una especie no identificada del género *Eugenia* y dos individuos no identificados. De las 24 especies documentadas, 20 son nativas entre las que se encuentran *Tabebuia heterophylla* (roble nativo) y *Cordia alliodora* (capá prieto), entre otras especies (Departamento de Agricultura US, 1990). De estas 20 especies nativas, 5 son especies pioneras de rápido crecimiento como el *Cecropia scheberiana* (yagrumo hembra), *Schefflera morototoni* (yagrumo macho), *Miconia prasina* (camasey), *Piper aduncum* (higuillo) y *Alchornea latifolia* (achiotillo) típicas de zonas perturbadas (Little, Wadsworth, & Marrero, 1964; Brandis, Helmer, & Oswelt, 2008). Encontramos tres especies introducidas: *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (pino caribeño / hondureño), *Coffea robusta* (café robusta) y *Spathodea campanulata* (tulipán africano), y una especie naturalizada como *Eugenia jambos* conocida comúnmente como pomarroza (Molina & Alemañy, 1997), actualmente estas especies se consideran naturalizadas.

Tabla 1. *Parámetros medidos en las parcelas A, B y C.*

Parcela	Número de sub-parcelas	pH del suelo	Humedad del suelo (%)	Tipo de Suelo	Elevación en metros (m)	Pendiente en grados (°)
A	1	5.4	55	Adjunta (AdF2)	540m	+11°/-29°
	6	5.4	55			
	16	6	40-45			
B	2	6.1	51	Humata (HmF)	300m	+4°/+11°
	4	6.2	45-50			
	13	6.1	50			
C	4	7	55	Adjunta (AdF2)	428m	-19°/-52°
	9	5.3	55			
	12	5.3	55			

Parcela A:

La parcela A, localizada al límite oeste de la propiedad, está a una elevación de 540 m sobre el nivel promedio del mar, posee pendientes que fluctúan entre 14° a -29° en dirección de norte a sur y de 2° a +11° en dirección de este a oeste. En esta parcela, documentamos un total de 177 individuos y 4 renuevos para un total de 181 trocos medidos que representan seis especies de cinco familias diferentes, una especie naturalizada, cuatro especies nativas y una especie no identificada (spp). Tres de estas especies son pioneras de crecimiento rápido (*Miconia prasina*, *Cecropia scheberiana* y *Schefflera morototoni*) (Tabla 2).

La estructura forestal de la parcela A posee un área basal de 44 m²/hectáreas y una densidad de árboles de 4,525 por hectárea (ha). En esta parcela, observamos que el *Pinus caribaea v.h.* reflejó una abundancia de 59% (Tabla 2), y un área basal relativa de 76.44%. Esta especie obtuvo una densidad relativa de 58.01% y su valor de importancia es de 134.45%, lo cual la clasifica como la especie dominante de la parcela A. La distribución de las especies en esta parcela fue bastante uniforme aunque encontramos más individuos desde el centro hacia la parte baja de la parcela, pero los individuos más grandes se encontraron desde el centro hacia la parte alta de la parcela (Figura 2). En esta Parcela, los árboles tuvieron un diámetro promedio de 9.56 cm. Mientras que en el perfil de altura, los individuos obtuvieron un promedio de 10.5 m de alto (Figura 3).

El *Tabebuia heterophylla* reflejó una abundancia de 24%, un área basal relativa de 7.47% y una densidad relativa de 24.86% su valor de importancia es de 32.33%, lo cual la define como la especie en segundo lugar en dominancia y abundancia en la parcela A (Tabla 2). Las especies *Cecropia scheberiana* y la spp obtuvieron un área basal relativa de 6.32% y 4.02%, una densidad relativa de 4.97% y 6.07 su valor de importancia es de 11.29% y 10.09%, respectivamente. Por otro lado la especie *Schefflera morototoni* obtuvo un 4%, un área basal relativa de 4.59%, una densidad relativa de 3.31% su valor de importancia es de 7.90%. La *Miconia prasina* obtuvo una abundancia total de 3%, un área basal relativa de 0.57%, una densidad relativa de 2.76% su valor de importancia es de 3.33%, lo que la clasifica como la especie de menor abundancia en la parcela A.

Parcela B:

En la parcela B encontramos un bosque fragmentado. Esta área se encuentra al este de la finca en la parte más baja a una elevación 300m sobre el nivel promedio del mar. La Parcela se compone de un bosque juvenil dominado por Miconias. La *Miconia prasina* (familia Melastomatácea) es una especie colonizadora durante las

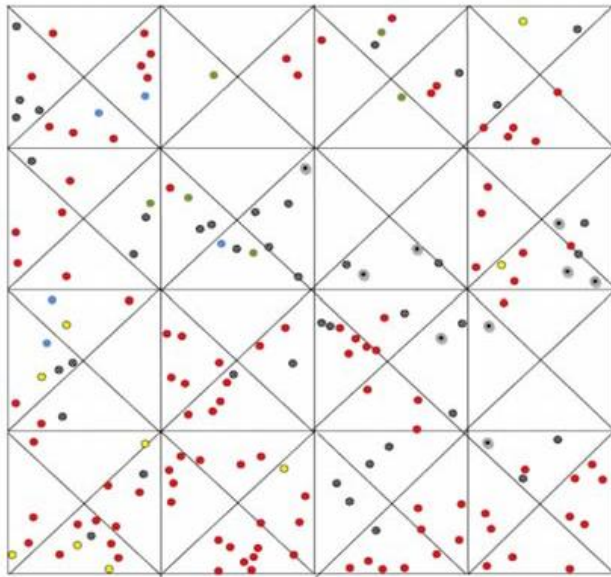


Figura 2. Plano de composición y distribución de especies para la Parcela A (20m x 20m)

TABHET		MICPRA	
PINCAR		CECSCH	
SCHMOR		SPP	

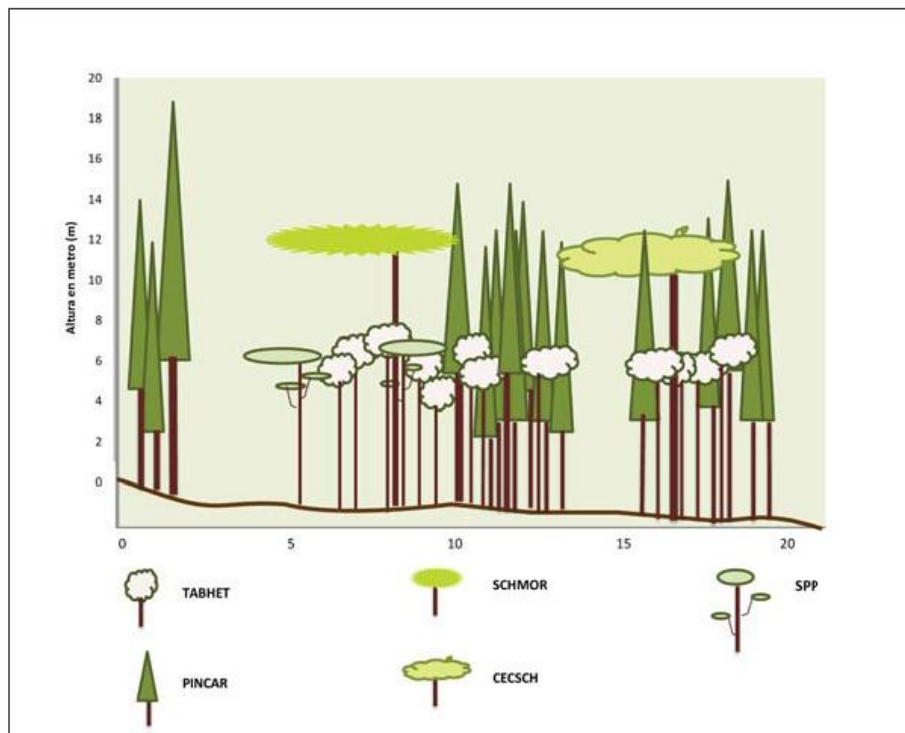


Figura 3. Perfil de altura para la Parcela A (bosque de *Pinus caribaea* v.h.)

etapas tempranas de sucesión secundaria en la Isla y su abundancia declina a medida que el bosque madura (Pascarella, Aide & Zimmerman, 2006). Esta Parcela posee unas pendientes que fluctúan en $+4^\circ$ en dirección de norte a sur y $+11^\circ$ de este a oeste.

Contabilizamos 65 árboles (individuos) y 27 renuevos (para un total de 92 troncos medidos el dap) con 10 especies representadas pertenecientes a ocho familias: dos especies introducidas y 8 especies nativas. Las dos especies introducidas son pioneras de rápido crecimiento (Tabla 2). Esta parcela obtuvo un área basal de $13.5 \text{ m}^2/\text{hectárea}$ (ha) y una densidad de árboles de 2,003 por hectárea.

En esta parcela, la *Miconia prasina* obtuvo con un área basal relativa de 38.09%, una densidad relativa de 76.09% y un valor de importancia de 114.18%. La *Sloanea berteriana* obtuvo una abundancia de 9%, un área basal relativa de 9.29%, una densidad relativa de 8.69 % y un valor de importancia de 17.96%, mientras que las especies *Inga vera* y *Piper aduncum* tuvieron un área basal relativa de 12.96% y 1.85%, una densidad relativa de 3.26% y 5.43% y un valor de importancia de 16.22% y 7.28% para estas dos especies respectivamente (Tabla 2). La *Myrcia splendens* obtuvo una un área basal relativa de 0.65%, una densidad relativa de 1.09% y un valor de importancia de 1.74%, mientras que las especies *Eugenia diversifolia*, *Cecropia scheberiana*, *Spathodea campanulata*, *Guarea guidonia* y *Psidium guava*, obtuvieron la menor abundancia (Tabla 1). Estas cinco especies tuvieron un área basal relativa de 0.52%, 22.22%, 0.19%, 1.33% y 2.07%, una densidad relativa de 1.09% para todos y un valor de importancia de 1.61%, 23.31%, 1.28%, 2.42%, 3.16%, respectivamente.

La distribución de las especies en esta parcela no es uniforme; los individuos estaban más dispersos y en menor cantidad. La distribución de los individuos de mayor estatura y diámetro fue igual tanto arriba como abajo de la parcela (Figura 4). Los individuos de esta parcela tuvieron un diámetro promedio de 5.85 cm. En el perfil de altura, los individuos tuvieron un promedio de 7.46m de alto (Figura 5).

Parcela C:

Esta parcela está ubicada en la parte central norte de la finca a una elevación de 428 m sobre el nivel promedio del mar. El área es escarpada con pendientes que fluctúan entre -19° de norte a sur y -52° de este a oeste. En esta Parcela contamos 77 árboles (individuos) y 15 renuevos para un total de 92 troncos medidos (dap), pertenecientes a 19 especies y 13 familias. Del total, hubo 16 especies nativas, dos especies naturalizadas, lo que la clasifica como el área de mayor biodiversidad (Tabla 2). Luego del análisis de estructural, esta parcela obtuvo un área basal de $36 \text{ m}^2/\text{hectárea}$ (ha.) y una densidad de árboles de 2,300 por ha.

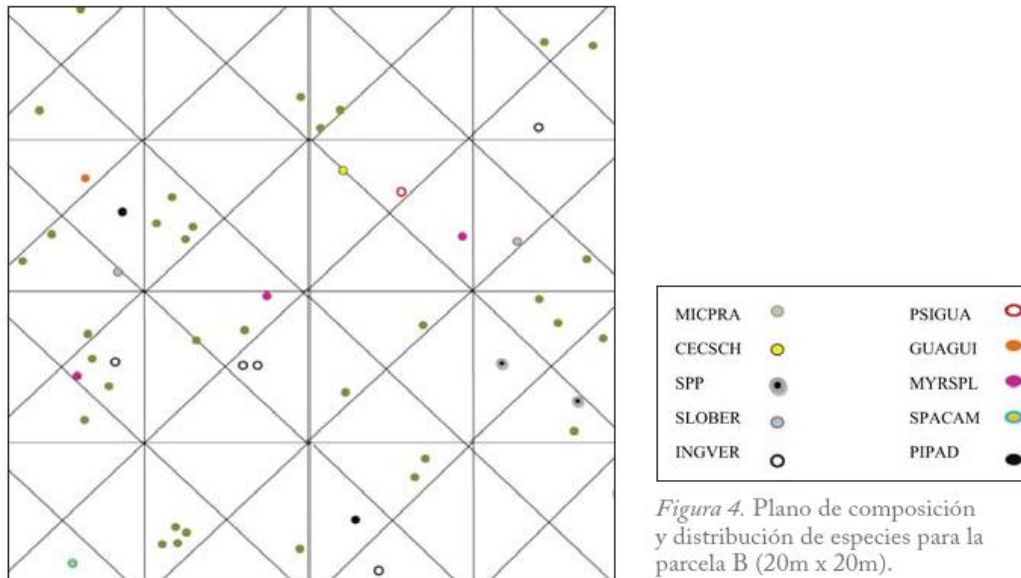


Figura 4. Plano de composición y distribución de especies para la parcela B (20m x 20m).

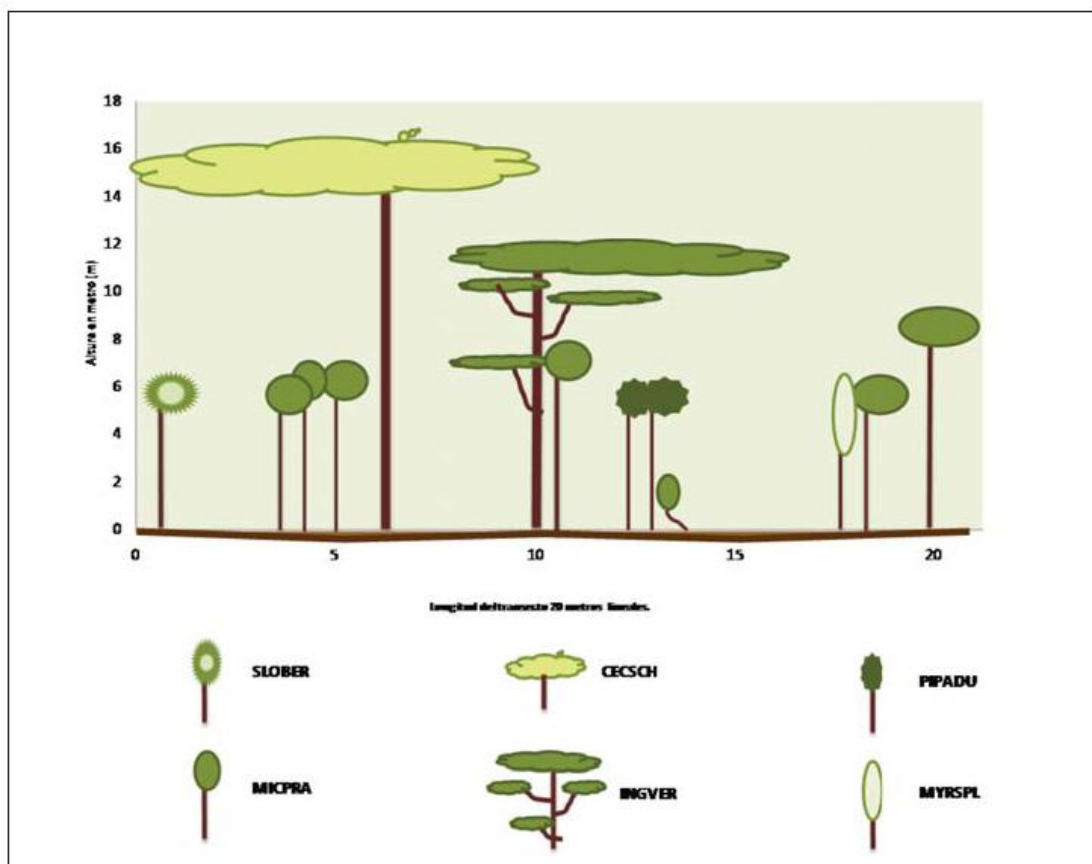


Figura 5. Perfil de altura para la parcela B (bosque residual juvenil)

La *Guarea guidonia* obtuvo un área basal relativa de 25.76%, una densidad relativa de 9.78% y su valor de importancia es de 35.55%, por lo que esta especie resultó ser la dominante de la parcela C (Tabla 2), seguido por la especie *Schefflera morototoni* con un área basal relativa de 17.40%, una densidad relativa de 16.3% y un valor de importancia de 33.71% lo cual resultó como la segunda especie en importancia de la parcela. El *Coffea robusta* obtuvo un área basal relativa de 5.46%, una densidad relativa de 17.39% su valor de importancia es de 22.88% (Tabla 2). Las especies *Sloanea berteriana*, *Ocotea leucoxylon* y *Cordia alliodora* tuvieron un área basal relativa de 4.17%, 4.87%, 0.36 %, una densidad relativa de 4.34%, 4.34%, 2.17% y un valor de importancia de 8.52%, 9.21%, 2.53%, respectivamente. Las especies *Alchornea latifolia*, *Zanthoxylum martinicense*, *Buchenovia tetraphylla*, *Cupania americana*, *Ocotea floribunda*, *Andira inermis*, *Syzygium jambos*, *Exothea paniculata*, resultaron ser las especies menos abundantes. Estas ocho especie obtuvieron un área basal relativa de 0.27%, 0.69%, 8.35%, 0.19%, 0.09%, 2.08%, 0.13%, 3.48%, una densidad relativa de 3.26% para *Exothea paniculata* y de 1.08% para las otras especies, su valor de importancia es de 1.37%, 1.78%, 9.45%, 1.27%, 6.25%, 3.18%, 1.23% y 6.74%, el *Buchenomia* resultó ser la especie de mayor importancia en este grupo (Tabla 2).

La distribución de las especies en esta parcela no fue uniforme, pues observamos más cantidad de individuos en la parte baja de la parcela. Mientras los árboles con mayor diámetro y altura se encontraron en la parte alta (en la esquina noreste) (Figura 6). Los individuos de árboles de esta parcela obtuvieron un diámetro promedio de 10.9 cm. En el perfil de altura, los individuos obtuvieron un promedio de 8.87 m de alto (Figura 7).

Discusión

Las parcelas estudiadas en Utuado tienen diferencias en su composición y estructura vegetativa. Estas diferencias están relacionadas con el uso del terreno, el tiempo de uso y el tiempo de abandono de las prácticas agrícolas. La Parcela A demostró estar en una etapa temprana en el tipo de sucesión IV (Las especies exóticas dominan el tipo de sucesión IV, el cual se produce en las tierras que se encuentran en un estado de sucesión detenida o el terreno está tan degradado después del uso humano (Lugo, 2001).

La parcela A está dominada por la especie introducida *Pinus caribaea* v.h. Esta plantación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* fue establecida hace más de 30 años, la cual fue introducida a Puerto Rico a mediados de la década 1960 bajo un programa de reforestación del US Forest Service (Liegel, 1991). Esta especie es

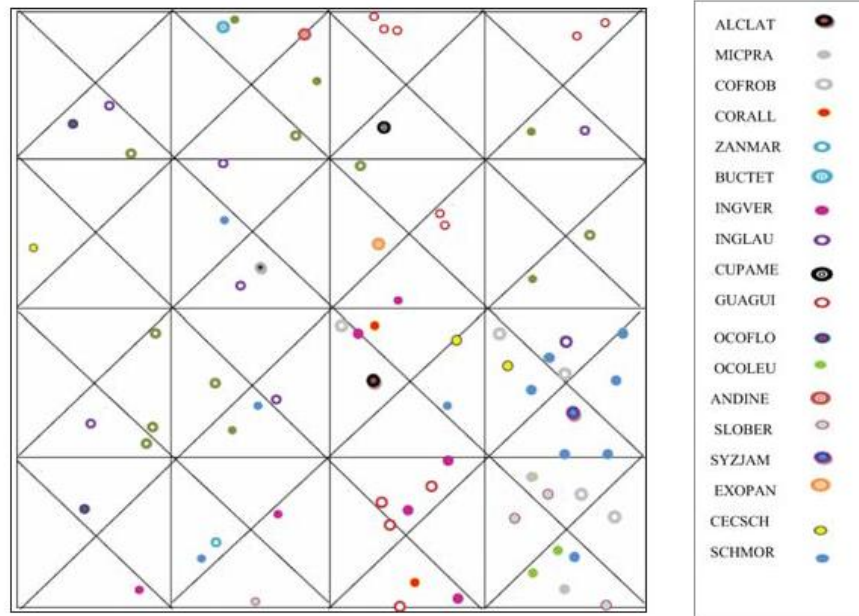


Figura 6. Plano de composición y distribución de especies para la Parcela C (20m x 20m).

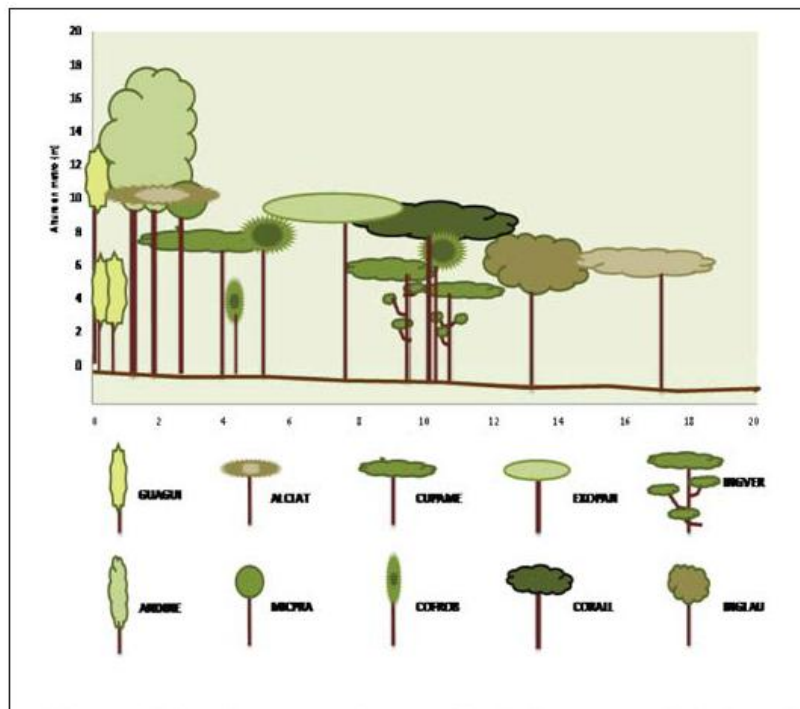


Figura 7. Perfil de altura para la Parcela C (bosque residual maduro)

el único pino tropical que se desarrolla a bajas elevaciones, crece rápidamente y produce una madera resinosa útil para producción de madera y productos de papel. La misma se cultiva extensamente en los trópicos húmedos (Francis & Lower, 2000).

El *P. caribaea* v. *h.* es capaz de producir más volumen por área que cualquier otra especie en Puerto Rico (Francis, 1999). Es de crecimiento rápido y con un valor de importancia alto en comparación con las otras especies presentes en la parcela. La especie presentó un área basal bajo de 33.25 m²/ha típico de un bosque o plantación poco denso, ya que un bosque denso de *Pinus caribaea* v. *h.* posee un área basal mayor de 50 m²/ha. La presencia de otras especies en esta plantación es otro indicador de que no es una plantación densa ya que el *Pinus caribaea* v. *h.* demora o retrasa la sucesión natural. Cuando un bosque de este tipo es muy denso impide la entrada de luz y las agujas impiden la germinación de otras especies.

La especie *Pinus caribaea* v. *h.* crece en suelos de ligeramente a moderadamente alcalinos en pH 7.5 a 8.5 (Francis & Lower, 2000). En Cuba el pino caribeño (variedad *caribaea*) crece en suelos que van de intensamente a ligeramente ácidos (pH 4.5 a 6.5). Sin embargo, los árboles provenientes de Centroamérica (variedad *hondurensis*) crecen de manera pobre o tienden a morir en suelos con pH mayor a 7. También se demostró que esta especie puede crecer de manera aceptable en subsuelos saturados en algunos periodos del año, pero no prospera en suelos pantanosos (Francis & Lower, 2000).

Asociado a esta plantación de pino, encontramos el roble nativo, *Tabebuia heterophylla*, clasificada como la segunda especie de importancia en esta parcela. El roble es una especie de crecimiento lento que se encuentra ampliamente diseminada en los pastizales abandonados, en los bosques secundarios y bosques naturales secos o húmedos (Weaver, 1990). El roble se encontró asociado al yagrumo macho, el cual es común encontrarlo en el bosque montano bajo pluvial en la Sierra de Luquillo (Weaver, 1990).

En general, la parcela A posee una estructura de árboles con poco diámetro, pero de gran altura y un dosel semi-cerrado con algunos claros, característico de un bosque secundario de barbecho (plantación). Los bosques de barbecho o voluntarios consisten, en su mayor parte, del crecimiento espontáneo que surge después de un cultivo periódico o plantación. A este bosque le falta tanto la estructura como la composición de un bosque maduro, porque está compuesto principalmente por especies pioneras, ya que se eliminó completamente el bosque (Wadsworth, 2000).

La parcela B demostró estar en una etapa temprana en el tipo de sucesión III, el cual se desarrolla después del abandono de tierras forestales que han experimentado un ciclo de deforestación por el uso agrícola y posteriormente abandonadas (Lugo, 2001). Este tipo de sucesión en estas tierras es natural, pero la

presencia de especies nativas pioneras son poco comunes; por tal razón, las especies exóticas dominan las primeras etapas de la sucesión III en la zona ecológica más extensa de Puerto Rico, con una composición de poca diversidad de especies. El área está dominada por especies invasoras de rápido crecimiento como la *Miconia prasina* (especies pionera de rápido crecimiento, de corta vida y van desapareciendo a medida que el dosel se va cerrando). Esta especie obtuvo el más alto valor de importancia entre las especies en dicha parcela. La presencia de esta especie es común en áreas perturbadas, típico de un bosque secundario residual juvenil. Los bosques residuales son los que han sido talados más de una vez en los últimos 60 a 80 años, y que la última tala haya sido en los últimos 30 años. Ya que nunca han sido talados completamente, estos bosques retienen algunas de sus características anteriores. La estructura de esta parcela es de árboles de poco diámetro y altura con un dosel semi-cerrado con algunos claros.

La parcela C presentó una etapa avanzada o madura en el tipo de sucesión III, con una composición diversa de especies, las cuales están dominadas por especies nativas como la *Guarea guidonia*. La especie *meliácea*, nativa de Puerto Rico, es muy común en bosques secundarios húmedos a muy húmedos y es utilizada en las siembras de café bajo sombra (Francis, 1999). Esta especie reveló un valor de importancia en área basal alto y una estructura de gran diámetro y altura. Esto es característico de un bosque secundario residual maduro. Este bosque no presenta impactos por el uso agrícola.

Al comparar los resultados con los del estudio de Marco, Aide & Báez (2002), sobre la regeneración del bosque en áreas abandonadas por la agricultura en los municipios de Utuado y Jayuya, demostramos que ciertas especies nativas (*Guarea guidonia*, *Ocotea leucoxydon* y *Sloanea berteriana*) están presentes en estas áreas abandonadas. En nuestro estudio, la *Guarea guidonia* y *Ocotea leucoxydon* estuvieron presentes en las parcelas B y C, independientemente del uso histórico de la tierra, mientras que *Sloanea berteriana* fue poco frecuente en las parcelas B y C, pero estuvo ausente en la parcela A.

Como valor añadido de este estudio, pudimos observar la presencia de especies de aves asociadas a la vegetación arbórea en cada parcela (Tabla 3). La asociación de aves a la vegetación es un criterio que puede ser utilizado en la selección de especies para la reforestación de áreas perturbadas de forma tal que se aumente el hábitat para mayor biodiversidad. En la parcela A, el *Pinus caribaea* v.b. fue visitado por el pájaro carpintero (*Melanerpes portoricensis*) especie endémica de la Isla, que se alimenta de insectos en la corteza del tronco. El *Tabebuia heterophylla*, especie nativa común en

Tabla 2. *Composición de especies de árboles e individuos por parcela*

Nombre científico	Código alfanumérico	Nombre común	Código origen	Número de individuos	Abundancia %	Área basal parcela (m ² /ha)	Densidad de árboles por parcela (ha)	Área basal relativa %	Densidad relativa %	Valor de importancia
Parcela A										
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>b.</i>	PINCAR	Pino hondureño	NA	105	59	76.44		76.44	58.01	134.45
<i>Tabebuia heterophylla</i>	TABHET	Roble nativo	N	43	24			7.47	24.86	32.33
<i>Cecropia scheberiana</i>	CECSCH	Yagrumo hembra	N	9	5			6.32	4.97	11.29
<i>spp</i>	-	-	-	9	5			4.02	6.07	10.09
<i>Schefflera morototoni</i>	SCHMOR	Yagrumo macho	N	6	4			4.59	3.31	7.90
<i>Miconia prasina</i>	MICPRA	Camasey	N	5	3			.57	2.76	3.33
Total				177	100	43.5	4,525			
Parcela B										
<i>Miconia prasina</i>	MICPRA	Camasey	N	44	68			38.09	76.09	114.18
<i>Sloanea berteriana</i>	SLOBER	Mortillo	N	6	9			9.26	8.69	17.96
<i>Inga vera</i>	INGVER	Guabá	N	4	5			12.96	3.26	16.22
<i>Piper aduncum</i>	PIPADU	Higillo	N	4	5			1.85	5.43	7.28
<i>Myrcia splendens</i>	MYRSPL	Hoja menuda	N	2	3			.65	1.09	1.74
<i>Guarea guianensis</i>	GUAGUI	Guaraguao	N	1	2			1.33	1.09	2.42
<i>Psidium guajava</i>	PSIGUA	Guayaba	N	1	2			2.07	1.09	3.16
<i>Cecropia scheberiana</i>	CECSCH	Yagrumo hembra	N	1	2			22.22	1.09	23.31
<i>Spathodea campanulata</i>	SPACAM	Tulipán Africano	NA	1	2			.19	1.09	1.28
<i>Eugenia sp.</i>	-	-	-	1	2			.52	1.09	1.61
Total				65	100	13.5	2,300			

Tabla 2. (Continuación) Composición de especies de árboles e individuos por parcela

Parcela C	CECSCH	Yagrmo hembra	N	12	16	11.84	8.70	20.54
<i>Cecropia scheberiana</i>	CECSCH	Yagrmo hembra	N	12	16	11.84	8.70	20.54
<i>Coffea robusta</i>	COFROB	Café robusta	NA	12	16	5.49	17.39	22.88
<i>Schefflera morototoni</i>	SCHMOR	Yagrmo macho	N	12	16	17.41	16.3	33.71
<i>Cordia alliodora</i>	CORALL	Capá prieto	N	2	13	0.36	2.17	2.53
<i>Guarea guianensis</i>	GUAGUI	Guaraguao	N	9	12	25.77	9.78	35.55
<i>Inga vera</i>	INGVER	Guabá	N	9	12	7.66	9.78	17.44
<i>Inga laurina</i>	INGLAU	Guamá	N	7	9	4.87	7.61	12.48
<i>Miconia prasina</i>	MICPRA	Camasey	N	7	9	2.79	7.6	10.39
<i>Sloanea berteriana</i>	SLOBER	Motillo	N	4	5	4.17	4.34	8.51
<i>Alchornea latifolia</i>	ALCLAT	Achiotillo	N	1	1	.28	1.08	1.36
<i>Andira inermis</i>	ANDINE	Moca	N	1	1	2.09	1.08	3.17
<i>Buchenavia tetraphylla</i>	BUCTET	Granadillo	N	1	1	8.36	1.08	9.44
<i>Cupania americana</i>	CUPAME	Guara	N	1	1	.19	1.08	1.27
<i>Ocotea floribunda</i>	OCOFLO	Laurel espada	N	1	1	.09	1.08	6.25
<i>Ocotea leucocylon</i>	OCOLEU	Laurel geo	N	1	1	4.87	4.34	9.21
<i>Syzygium jambos</i>	SYZJAM	Pomarrosa	NA	1	1	.13	1.08	1.23
<i>Zanthoxylum martinicense</i>	ZANMAR	Espino rubial	N	1	1	.69	1.08	1.77
<i>Exothea paniculata</i>	EXOPAN	Gaita o guaracán	N	1	1	3.48	3.26	6.74
sp	-	-	-	1	1	4.18	1.08	5.26
Total				77	100	2,300	36	2,300

Código de origen: E= endémica, N= Nativa, NA= naturalizada, I= Introducida

Puerto Rico, fue visitado por su néctar por especies de zumbadores como el zumbadorcito de Puerto Rico (*Chlorostilbon maugaeus*), además de la reinita común (*Coereba flaveola*) especie común residente de la Isla. La especie *Miconia prasina* fue visitada por su néctar y fruto por la reinita mora (*Spindalis portorricensis*), especie endémica de Puerto Rico (Carlo et al., 2003; 2004). Asociado a la *Cecropia scheberiana* está el comeñame (*Loxigilla portorricensis*) que se alimenta de sus frutos (Carlo et al., 2003; 2004). También observamos el pájaro bobo mayor (*Coccyzus vieilloti*) especie endémica, tórtola aliblanca (*Zenaida asiatica*) y el clérigo (*Tyrannus caudifasciatus*), entre otras (Tabla 3). En la parcela B fueron avistados el pájaro bobo mayor (*Coccyzus vieilloti*), la reinita común (*Coereba flaveola*), la reinita mora (*Spindalis portorricensis*) y zumbadores, entre otras especies. En la parcela C también observamos varias especies de aves como el pájaro bobo mayor (*Coccyzus vieilloti*) reinita mora (*Spindalis portorricensis*), reinita común (*Coereba flaveola*) y el comeñame (*Loxigilla portorricensis*), entre otras. Estas especies buscan alimento y refugio en las diferentes especies de árboles como el *Guarea guidonea*, *Coffea robusta*, e *Inga vera*, entre otras especies.

Tabla 3. *Asociaciones entre especies de árboles y aves encontradas en las parcelas.*

Especie de árbol	Especie de ave presente	Nombre común ave	Alimento
<i>Pinus caribaea</i>	<i>Melanerpes portorricensis</i>	carpintero pr	insecto
<i>Tabebuia heterophylla</i>	<i>Coereba flaveola</i>	reinita común	nectar
	<i>Spindalis portorricensis</i>	reina mora	nectar
<i>Zanthoxylum martinicense</i>	<i>Margarops fuscatus</i>	zorzal pardo	fruto
<i>Cecropia schreberiana</i>	<i>Margarops fuscatus</i>	zorzal pardo	fruto
	<i>Spindalis portorricensis</i>	reina mora	fruto
	<i>Loxigilla portorricensis</i>	comeñame	fruto
	<i>Euphonia musica</i>	jilguero	fruto
	<i>Nespspingus speculiferus</i>	llorosa	fruto
<i>Cupania americana</i>	<i>Turdus plumbeus</i>	zorzal patas anaranjadas	fruto
	<i>Loxigilla portorricensis</i>	comeñame	fruto
	<i>Turdus plumbeus</i>	zorzal patas anaranjadas	fruto
<i>Guarea guidonia</i>	<i>Margarops fuscatus</i>	zorzal pardo	fruto
	<i>Loxigilla portorricensis</i>	comeñame	fruto
	<i>Nespspingus speculiferus</i>	llorosa	fruto
	<i>Turdus plumbeus</i>	zorzal patas anaranjadas	fruto

Tabla 3 (cont). Asociaciones entre especies de árboles y aves encontradas en las parcelas.

Especie de árbol	Especie de ave presente	Nombre común ave	Beneficio árbol
<i>Inga vera</i>	<i>Spindalis portoricensis</i>	reina mora	fruto
	<i>Loxigilla portoricensis</i>	comeñame	fruto
	<i>Nespspingus speculiferus</i>	llorosa	fruto
<i>Miconia prasina</i>	<i>Margarops fuscatus</i>	zorzal pardo	fruto
	<i>Spindalis portoricensis</i>	reina mora	fruto
	<i>Loxigilla portoricensis</i>	comeñame	fruto
<i>Schefflera morototoni</i>	<i>Margarops fuscatus</i>	zorzal pardo	fruto
	<i>Spindalis portoricensis</i>	reina mora	fruto
	<i>Loxigilla portoricensis</i>	comeñame	fruto
	<i>Euphonia musica</i>	jilguero	fruto
	<i>Nespspingus speculiferus</i>	llorosa	fruto
	<i>Turdus plumbeus</i>	zorzal patas anaranjadas	fruto
<i>Alchornea latifolia</i>	<i>Loxigilla portoricensis</i>	comeñame	fruto
<i>Eugenia jambos</i>	<i>Coereba flaveola</i>	reinita común	nectar
<i>Psidium guajava</i>	<i>Coereba flaveola</i>	reinita común	nectar
<i>Spathodea campanulata</i>	<i>Coereba flaveola</i>	reinita común	nectar
	<i>Turdus plumbeus</i>	zorzal patas anaranjadas	fruto

Conclusiones

Este estudio muestra evidencia que las tres áreas evaluadas en la finca de Utuado muestran diferencias en la composición y dominancia de especies. Estas diferencias pueden estar influenciadas por el uso del terreno en el pasado, el tiempo de uso y el tiempo de abandono de las prácticas agrícolas. A base de los resultados, recomendamos prácticas necesarias para mejorar el hábitat degradado a consecuencia de la agricultura y silvicultura en las parcelas A y B. El manejo para el bosque residual maduro de la Parcela C debe ser distinto, ya que es el menos perturbado, posee mayor diversidad de especies y presenta especies nativas típicas que no se encuentran en el bosque secundario de barbecho de la parcela A y en el bosque secundario residual juvenil de la parcela B.

El manejo de la parcela A debe ser planificado con la integración de aportaciones interdisciplinarias de tal forma que se logre la recuperación de la vegetación característica del área. Se debe establecer programas para la asistencia técnica a los dueños de estas fincas. Recomendamos un programa de silvicultura, programa

de reforestación con especies nativas utilizando como guía el Reglamento de Planificación Núm. 25 y la Ley Número 97 del 25 de junio de 1988, un plan de manejo para la finca, utilizar los programas de Incentivos para la Conservación de Recursos Naturales y el monitoreo de estas parcelas cada cinco años.

Este estudio tuvo como limitación el que la altura de todos los árboles fue estimada visualmente. El uso del clinómetro y la vara para medir árboles no fue considerado debido a lo cerrado y la pendiente del bosque. Sin embargo, el observador se mantuvo estable para minimizar el margen de error. Como aplicaciones futuras, este estudio ofrece resultados que pueden ser utilizados en el establecimiento del futuro parque eco turístico en el barrio Ángeles. Además, nos sirve como base para futuras investigaciones en el área. Estas parcelas de estudio pueden ser evaluadas posteriormente para determinar la consistencia de los datos obtenidos.

Agradecimientos

Al biólogo Carlos M. Domínguez Cristobal, del USA Forest Service, por la identificación de las áreas de estudio, el uso del método de índices estructurales y las recomendaciones al escrito. Al biólogo Pablo Meléndez (DRNA) y al agrónomo Oscar Muñiz por la ayuda en la identificación de especies y ayuda técnica, respectivamente. Al hidrólogo Román por el apoyo a esta investigación. Al Dr. Frank H. Wadsworth por compartirme su experiencia y su legado histórico de investigación forestal. Al grupo de campo: a la estudiante de ingeniería ambiental, Tayra Febus, a la ingeniera civil, Lorraine Herrera, a mi padre Víctor J. Álvarez y a los obreros José L. Merced y Richard Cott por su magnífica labor en el trabajo de campo. A Iván Ortiz, propietario de la finca, por su apoyo y acceso a los terrenos para que este estudio se realizara. Al Dr. Ariel Lugo por sus recomendaciones al escrito. No menos importante a la familia por el apoyo incondicional.

Literatura Citada

- Acevedo, G. (1982). *Soil Survey of the Arecibo Area, Northern Puerto Rico*. Soil Conservation Service, USDA.
- Álvarez, R. S., & RMA Environmental (2007). *Estudio de flora y fauna para un proyecto eco turístico bo. Ángeles, Utuado, Puerto Rico*. Eco-Parque del Tanamá.
- Autoridad de Carreteras y Transportación (2010). *Fotos aéreas históricas de finca en Utuado del 1936, 1963, 1977 y 2004*. Oficina de fotometría. Estado Libre Asociado, San Juan, Puerto Rico
- Brandeis, T. J., Helmer, E. H., & Oswelt, S. N. (2008). *El estado de los bosques de Puerto Rico, 2003*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal Estación de Investigación del Sur (Boletín de Recursos SRS-119).
- Carlo, T. A., Collazo, J. A., & Groom, M. J. (2003). Avian fruit preferences across a Puerto Rico forested landscape: Pattern consistency and implications for seed removal *Oecologia* 134, 119-131 DOI 10.1007/s00442-002-1087-1.
- Carlo, T. A., Collazo, J. A., & Groom, M. J. (2004). Influences of fruit diversity and abundance on bird use of two shaded coffee plantations. *Biotropica* 36(4), 602-614.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal Estación de Investigación del Sur (1990). Recurso forestal de Puerto Rico, 1990. *Boletín de Recursos SRS-22*.
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. (1988). *Ley para Fomentar la Siembra de Árboles Cuyas Frutos y Semillas Provean Alimento a Especies de Aves Silvestres de Puerto Rico. Ley Número 97 del 25 de junio de 1988*. LPRA 12 §. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Domínguez, C. C. M. (1989a). La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XVI, *Acta Científica* 3(2-3), 63-66.
- Domínguez, C. C. M. (1989b). La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XVII, *Acta Científica* 3(2-3), 63-66.
- Domínguez, C. C. M. (1989c). La situación forestal de Puerto Rico durante el siglo XVIII, *Acta Científica* 3(2-3), 63-66.
- Ewel, J. J., & Whitmore, L. (1973). *The ecological life zones of Puerto Rico and U.S. Virgin Islands*. Res. Pap. ITF -18. Río Piedras, PR. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72 p.

- Francis, J. K., & Lowe, C. A. (2000). *Biología de árboles nativos y exóticos de Puerto Rico y las Indias Occidentales*. United States Department of Agriculture, Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Rio Piedras, Puerto Rico. General technical report IITF-15.
- Junta de Planificación (1998). *Reglamento de Siembra, Corte, Poda y Forestación de Puerto Rico*. Reglamento núm. 25. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Liegel, H. L. (1991). *Growth and site relationships of Pinus caribaea across the Caribbean basin*. Chapter 4 (29-34) Puerto Rico. General technical report SO-83. An institute of tropical forestry publication with University of Puerto Rico.
- Little, E. L., Jr., Wadsworth, F., & Marrero, J. (1964). *Common trees of Puerto Rico and the Virgin Island (2a. ed)*. Washington, D.C, EE. UU.: Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 1-764.
- Lugo, A. E., Román, N. E., Quiñones, M., Marcano, V. H., & Vicéns, I. (2005). El bosque estatal del nuevo milenio antes y después de huracán Georges. *Acta Científica* 19(1-3), 83-105.
- Marcos, V. H., Aide, T. M., & Báez, D. (2002). Forest regeneration in abandoned coffee plantations and pastures in the Cordillera Central of Puerto Rico. *Plant Ecology*, 131: 75-87 Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands.
- Molina, S., & Alemañy, S. (1997). *Species codes for the trees of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands*. General technical report SO-122. Forest Service, Southern research station.
- Pascarella, J. B., Aide, T. M., & Zimmerman, J. K. (2006). *The demography of miconia prasina (Melastomataceae) during secondary succession in Puerto Rico*. *Biotropica*, 39 (1), 54-61.
- Thompson, J. (2006). *manual de protocolo para la parcela de recuperación por huracán censo big grid 2005*, Luquillo Forest Dynamic Plot.
- Wadsworth, F. H. (2000). Producción forestal para América tropical, *Manual de Agricultura* 710-S, Departamento de Agricultura de los EE.UU. Servicio Forestal.
- Weaver, P. L. (1990). *Tabebuia heterophylla* (DC.) Britton. Roble blanco, white-cedar. In Burns, Russell M., Honkala, Barbara H. (eds). *Silvics of North America: 2. Hardwoods*. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 778-783.

ESTUDIO DE LA GEOMORFOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA PLAYA CIBUCO, VEGA BAJA, PUERTO RICO Y SU POSIBLE RELACIÓN CON LOS PROCESOS HIDROLÓGICOS DEL RÍO CIBUCO*

José Antonio Nevárez Rivera, BA¹, Stephanie Cuebas Vázquez BA²

✉ Maritza Barreto Orta, Ph. D.²

An assessment of beach geomorphology and sediment grain size were done at Cibuco Beach, Vega Baja Puerto Rico, from March 2011 to May 2011. Subaerial beach (width and elevation) and sediment grain size changes were evaluated and related with physical variables as river discharge and wave height to identify the possible role of these variables causing geomorphic changes in the site. Three stations were selected base on their unique physical variables to collect beach profile measurements and beach sediment on a monthly basis. Beach profile was measured in selected permanent beach station. Sediment grain size was determined using sieving analysis. River discharge and wave regime data were described using publishing data from US Geological Survey (USGS) and Caribbean Coastal Ocean Observing System (CariCoos). Evaluation of maps and remote sensing data were used to describe additional variables related with human activities and other physical variables. Results showed major beach geomorphic changes were found in less protected coastal sites due to the lack of natural barriers. Coarser sediments are mainly found in Station 1 and Station 2 with grain size ranges from 1 mm to 0.5 mm. Beach profile station 3 presented a more dynamic grain size distribution through time, which varied from gravel to very fine sand (2 mm to 0.425 mm). River discharge and wave regime data showed, a possible relation between high discharges peaks and low energy wave regime with deposition of finer sediments in Station 3. Finer sediment grain size distribution may be related to the occurrence of high discharge events at Cibuco River.

Palabras clave: geomorfología costera, sedimentos, geografía marina, planificación costera.

* Presentado oralmente en el 2do Ciclo de Conferencias sobre Planificación y Manejo de los Espacios Marinos, del la División de Zona Costanera del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales el 5 de agosto de 2011, Hotel Sheraton Old San Juan, San Juan, Puerto Rico.

¹ Universidad de Puerto Rico, Escuela Graduada de Planificación, Recinto de Río Piedras

² Universidad de Puerto Rico, Departamento de Geografía, Recinto de Río Piedras, PO Box 23315, San Juan, PR 00931-3315

Introducción

Durante las pasadas décadas se han observado cambios en la geomorfología de muchas de las playas de Puerto Rico, en las que la pérdida de sedimentos es el factor de mayor impacto en la dinámica de la línea de costa (Barreto, 1997; Morelock, Capello, García, & Barreto, 2002). Esta pérdida de sedimentos en muchos casos ha sido relacionada con variables naturales como la altura de oleaje, las marejadas, los eventos ciclónicos y las corrientes litorales (Barreto, 1997; Bird, 2003; Morelock & Taggart, 2002). Sin embargo, los procesos naturales no son los únicos que producen pérdida de sedimentos en nuestras costas. El proceso de pérdida de sedimentos en las playas también puede ser causado, en el caso de Puerto Rico, por diversas actividades humanas como la construcción de represas en los ríos que descargan sedimentos a la costa, extracción de arena y actividades relacionadas con la expansión urbana (Morelock, 1984; Barreto, 1997; Morelock & Taggart, 2002). La presión ejercida sobre los sistemas de playas en la Isla ha aumentado principalmente a las actividades relacionadas con la expansión urbana, los cambios de usos de suelos, extracción de arena, la construcción de estructuras en la costa debido al espacio reducido y los bajos costos de construcción (Morelock et al., 2000; Morelock & Taggart, 2002).

El objetivo de este estudio es documentar la dinámica geomórfica de la playa (ancho y elevación de playa y características de sedimentos) por ubicación y periodo. Además, se describen las variables físicas de descarga de río y oleaje con el propósito de evaluar si estas influyen en los cambios geomórficos de la zona estudiada. Este tipo de estudio es sumamente pertinente debido a la importancia que se ha observado que tienen las descargas de los ríos en la dinámica sedimentaria de las costas (Ramos, 2010; Webb, Wame & Larsen, 2005). Además, se conoce que el aumento considerable de las actividades humanas ha producido cambios en las zonas costeras de la Isla. Este tipo de estudio, permite levantar una información valiosa, que puede servir como una herramienta para la toma de decisiones por funcionarios gubernamentales, como también para el manejo y conservación de los recursos costeros.

Este estudio fue llevado a cabo en la playa Cibuco, localizada en la costa del municipio de Vega Baja en los llanos costeros del norte de Puerto Rico. La localización geográfica absoluta es latitud 18° 29'19.92" hasta 18° 29'21.37" Norte y la longitud 66°23'32.43" hasta 66° 23'37.99" Oeste (Datum WGS-84).

La playa Cibuco es mayormente una playa arenosa con una mezcla de sedimentos biogénicos y terrígenos. Esta playa presenta barreras naturales como las eolianitas, roca de playa y terrazas marinas. La mayoría de estas formaciones protegen la playa del impacto directo del oleaje (Turner, 1999). La playa se encuentra

sobre una plataforma de roca sedimentaria de carbonato de calcio con una batimetría diversa que continúa hasta el veril, donde comienza la pendiente hacia la Fosa de Puerto Rico. El régimen de oleaje en esta playa pertenece a la región del norte, donde se presenta una plataforma angosta con menos de 3 km de ancho y una altura de oleaje de 4 a 6 pies en condiciones normales para toda la región (Morelock et al., 2002). El régimen de oleaje local es también definido por la ocurrencia de sistemas ciclónicos tropicales y extra tropicales en la zona.

La geología que caracteriza la zona es una combinada de depósitos aluviales, llanos costeros y topografía kársica. El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la cuenca hidrológica del río Cibuco, el cual nace en el municipio de Corozal en la Cordillera Central y discurre por los municipios de Vega Alta y Vega Baja hasta llegar a la costa. La distancia aproximada del área de estudio a la desembocadura del río Cibuco es de 1.6 km al este.

La hipótesis principal planteada para este estudio establece que las características geomorfológicas (elevación y ancho) y la distribución del tamaño de grano en la zona de flujo y reflujo de la playa Cibuco podrían estar relacionadas con las descargas del río Cibuco.

Método

El área de estudio comprende una sección de la playa Cibuco en Vega Baja de aproximadamente 0.3 km, en la parte más alejada de la desembocadura del río Cibuco. Establecimos tres estaciones permanentes de perfiles de playa, basado en la presencia o ausencia de las barreras naturales como eolianitas, roca de playa y/o terrazas marinas.

Para las medidas de perfiles, usamos un sistema de posicionamiento global (GPS), una vara calibrada y un nivel de agrimensura. En ancho de la playa subaérea fue medido desde la línea de vegetación hasta la zona de flujo y reflujo. Hicimos corrección del nivel de la marea para poder comparar las medidas durante el tiempo de estudio. Utilizamos la medida de ancho de la playa, para evaluar el cambio horizontal en el perfil de la playa. Para esto, medimos desde la marca de la estación permanente en la línea de vegetación hasta la zona de flujo y reflujo.

Utilizamos las mismas estaciones de perfiles para la colección de sedimento en la zona de flujo y reflujo de la playa. Se utiliza la zona de flujo y reflujo para coleccionar los sedimentos ya que es el área de la playa donde se pueden observar los mayores cambios en la granulometría del sedimento debido al régimen de oleaje (Folk, 1974; Masselink & Puleo, 2006). La localización de la muestra colectada fue

definida usando un GPS. El tamaño de sedimento fue determinado a través del uso de cernidores con aperturas de redes que se distribuyen desde 2 mm a 0.063 mm. Luego de cernida la muestra y pesada en balanza analítica, graficamos los datos en histogramas basados en los parámetros de la escala Udden-Wentworth (Wentworth, 1922). Usamos otras herramientas de campo para hacer descripción adicional de los componentes de playa. Estas fueron: fotografía de campo, video y notas.

Los datos de descargas de agua (unidad) del río Cibuco y el régimen de oleaje (altura (m) y periodo (s)), los obtuvimos de las agencias federales United States Geological Survey (USGS), Caribbean Coastal Ocean Observing System (CariCoos) y del National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), correspondientes al periodo de estudio. Los datos de descargas del río Cibuco fueron obtenidos de la estación 21010002 del USGS para los meses de marzo, abril y mayo 2011. Obtuvimos el promedio diario de descargas y lo graficamos para su análisis. Los datos de oleaje fueron obtenidos de las boyas 41043 de la NOAA y CariCoos Data Buoy B, las cuales se encuentran aproximadamente a 322 km y de la costa norte de Puerto Rico. Usamos los promedios diarios para hacer las gráficas y su posterior análisis.

Resultados

Perfiles de playa:

La evaluación de los gráficos de los perfiles de playa no muestra mucha variabilidad en la elevación entre las estaciones 1 y 3 durante el periodo de muestreo (Figura 1 y 3). La estación 2 es el único perfil que muestra mayor cambio de elevación para el mes de mayo cuando muestra una pérdida de sedimentos que reduce la elevación del mismo (Figura 2). El cambio de elevación en la estación 2 podría estar relacionado con algún evento de oleaje registrado por la boya 41043 de la NOAA. En términos generales, la zona detrás de la playa muestra una morfología cóncava que usualmente es un indicador de erosión.

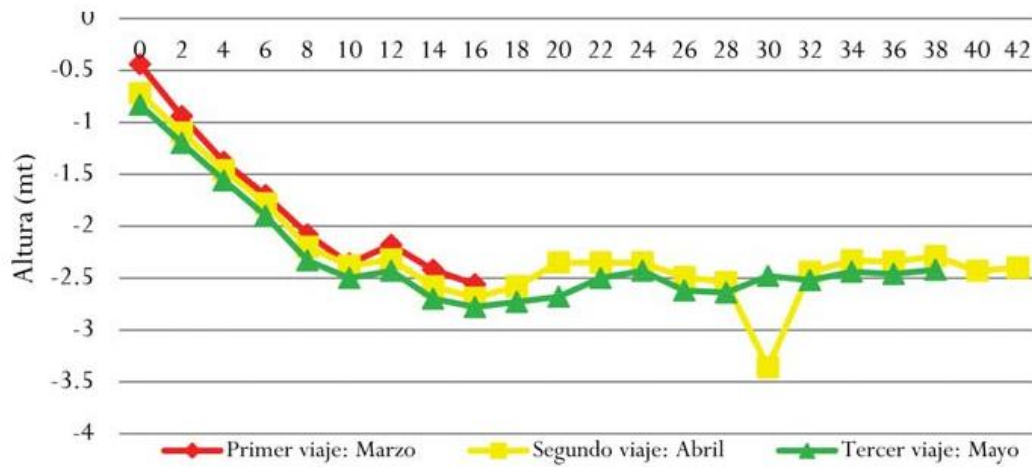


Figura 1. Cambios en el perfil 1, playa Cibuco.

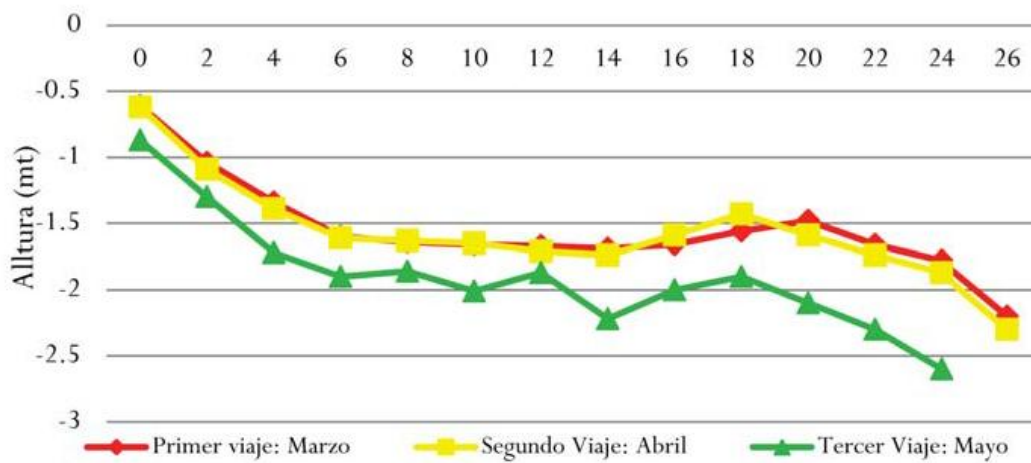


Figura 2. Cambios en el perfil 2, playa Cibuco.

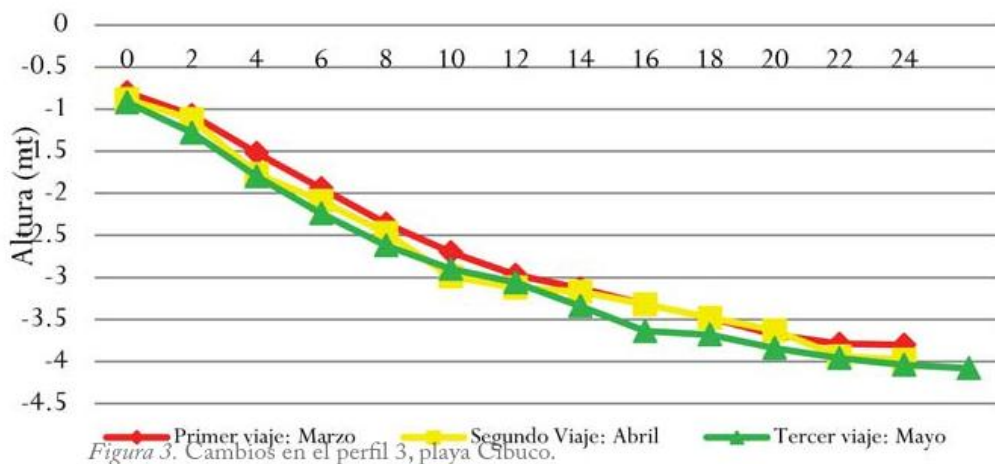


Figura 3. Cambios en el perfil 3, playa Cibuco.

Extensión de la playa sub aérea:

La comparación de la extensión de playa sub aérea entre estaciones indica que solo la estación de perfil 1 presenta mayores cambios en la extensión del plano de playa sub aéreo durante el periodo de estudio. El cambio se traduce en un aumento en extensión de playa para el mes de abril y mayo el 2011 (Figura 4). Este aumento en extensión podría estar relacionado con el evento de retirada de agua que ocurre para esta fecha. Los perfiles 2 y 3 no aparentan ser afectados por este evento de retirada del mar ya que mantienen su extensión de playa sub aérea.

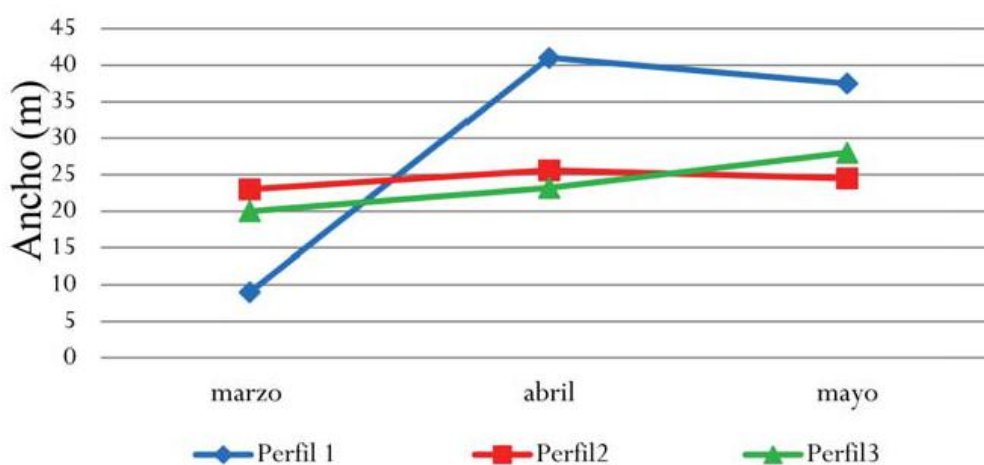


Figura 4. Extensión de playa sub aérea Playa Cibuco.

Sedimentos:

La distribución del tamaño de grano de sedimentos colectados en la zona de flujo y reflujo, muestran variabilidad en el tamaño de grano entre estaciones de perfiles y periodos de muestreos. Las estaciones de perfiles 1 y 2 mantuvieron una distribución de tamaño de sedimentos parecida que varía entre arena media y gruesa (Figuras 5 y 6), según la escala Udden-Wentworth (1922). Sin embargo, la estación 3 mostró mayores cambios en la distribución de tamaño que varió desde grava y arena gruesa, para los meses de marzo y abril 2011, y desde arena media a arena muy fina para el mes de mayo 2011 (Figura 7).

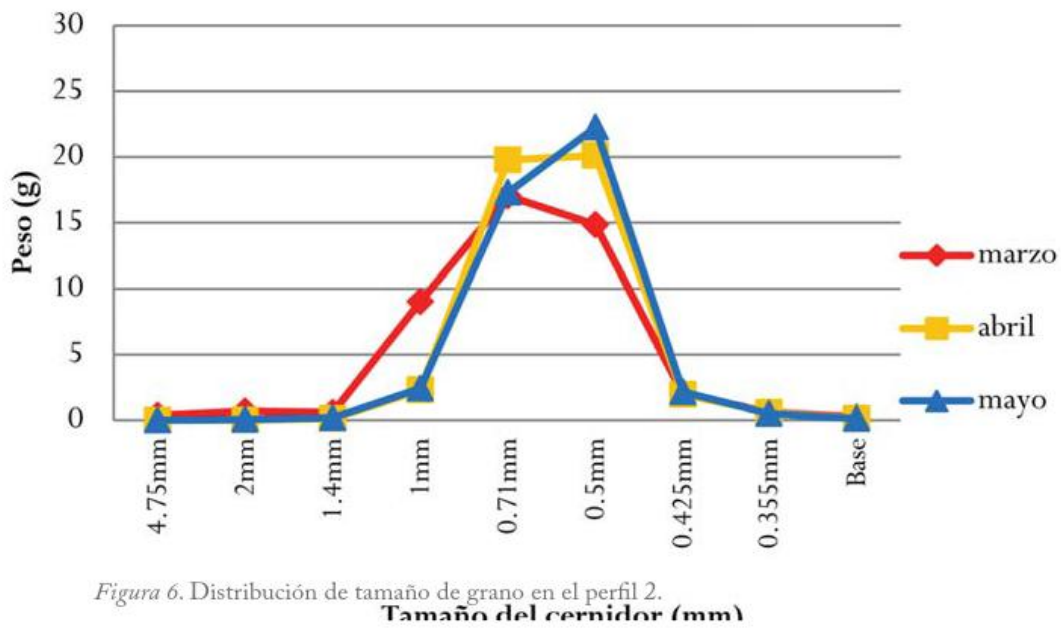
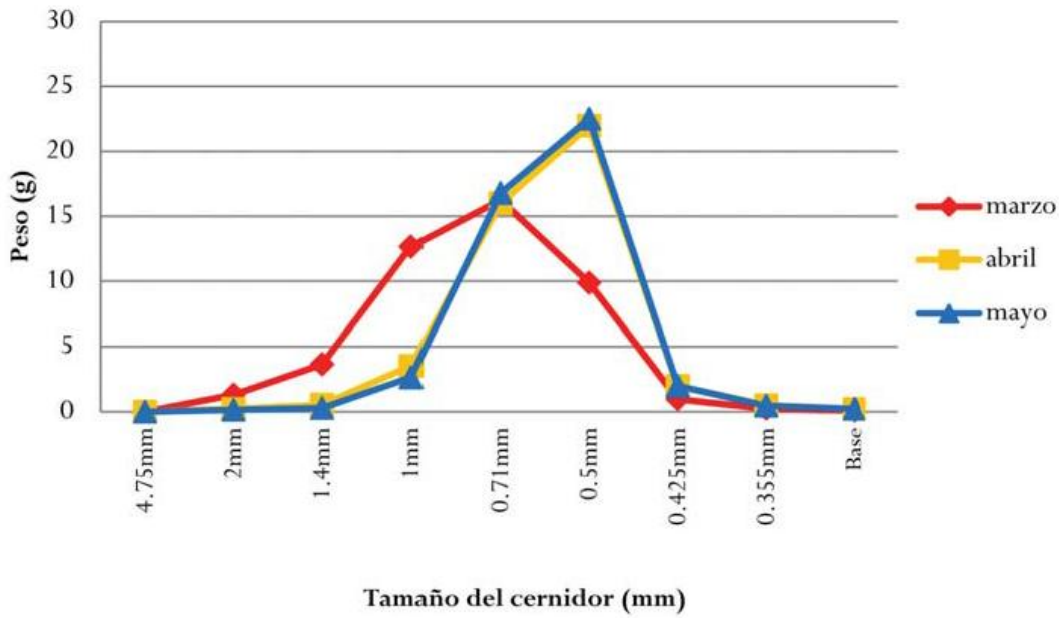


Figura 6. Distribución de tamaño de grano en el perfil 2.

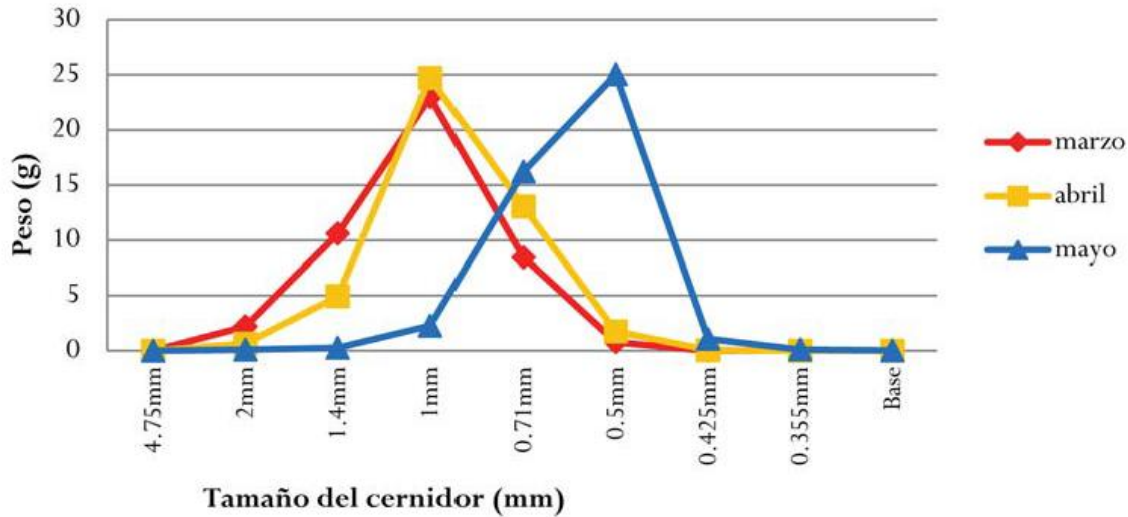


Figura 7. Distribución de tamaño de grano en el perfil 3.

Los sedimentos de esta playa mostraron una constante mezcla de sedimentos con composición biogénica y terrígena, en las tres estaciones de muestreo. Se entiende que los sedimentos biogénicos que nutren la playa provienen de fuentes aisladas y material localizado en ecosistemas marinos que producen material en forma in situ, como lo son los corales y algas, entre otros. Mientras que los sedimentos terrígenos son transportados y provienen del río Cibuco al este de las estaciones.

Descargas de agua del río Cibuco:

Las descargas del río Cibuco se mantuvieron cerca del promedio calculado de descargas de 5.54 metros cúbicos por segundo para los meses de marzo y abril 2011 (Figura 8). Sin embargo, para el mes de mayo 2011, registramos descargas de agua que sobrepasaron el promedio establecido, y que llegan a picos de descargas de más de 35 metros cúbicos por segundo. Este aumento en las descargas del río Cibuco puede estar relacionado con el aumento registrado en la precipitación para los meses de abril y mayo 2011 en el área.

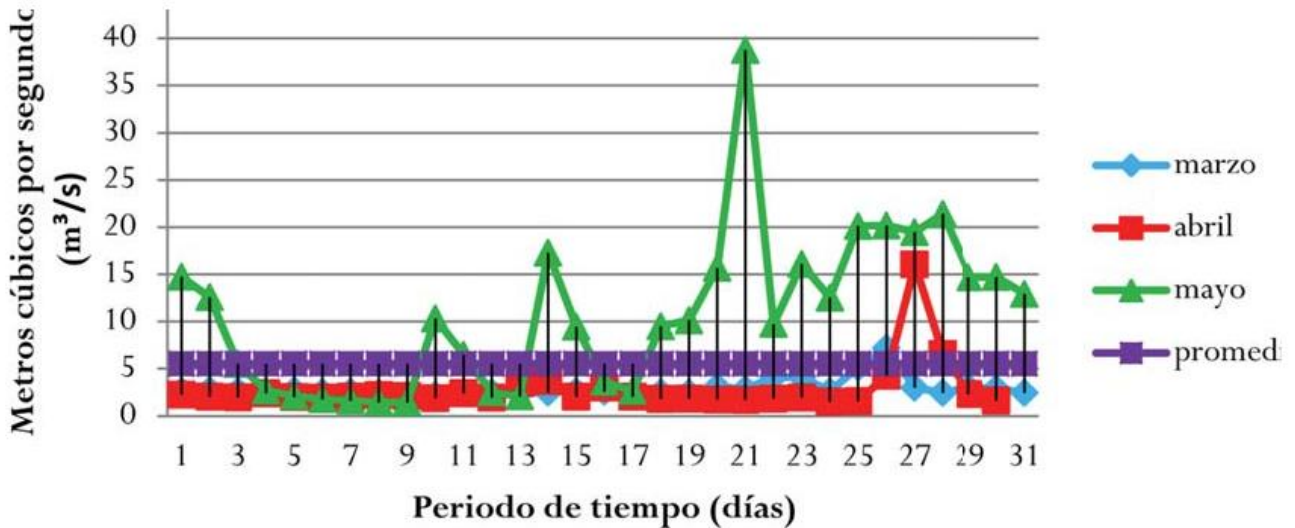


Figura 8. Descargas del río Cibuco durante los meses de marzo, abril y mayo 2011.

Oleaje:

La altura del oleaje mayor en la zona la observamos durante los meses de marzo y abril con un descenso para el mes de mayo (Figura 9). La disminución de tamaño de grano en la estación 3 para el mes de mayo podría estar relacionada en parte con la disminución de altura de oleaje en la zona, especialmente con la disminución del paso de sistemas extra tropicales en la costa norte de la Isla. Este perfil es una zona de menor protección y mayor expuesta al embate del oleaje directo en la zona.

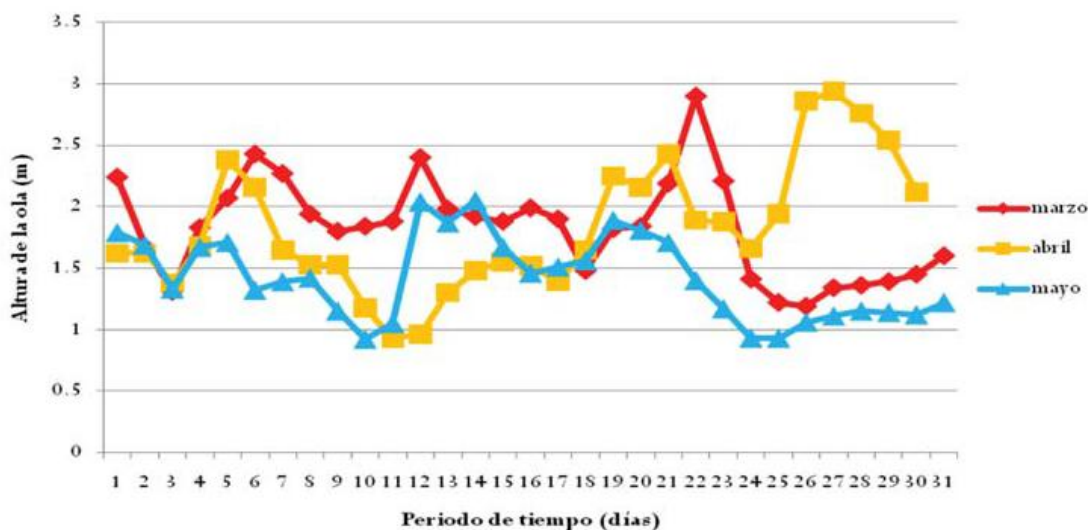


Figura 9. Altura del oleaje

Discusión

Los mayores cambios en elevación de la playa los observamos entre perfiles con diferentes localizaciones para una misma fecha. Estos cambios encontrados por localización deben tener alguna relación con la presencia o ausencia de barreras naturales, como rocas de playa y/o eolianitas, en las estaciones.

La presencia o ausencia de las barreras naturales puede condicionar la distribución de tamaño del sedimento a lo largo de la playa, y su composición. A mayor altura de oleaje, mayor deposición de tamaño de grano grueso (grava y arena gruesa) (Barreto, 1997). Es por eso, que se puede entender la posible relación entre la no-protección de la estación 3 dado a que no posee barreras naturales, el impacto directo del oleaje en la estación, impacto de transporte de agua de río y mar directo a la playa dada la exposición de la zona y variabilidad del tamaño de grano encontrado en la zona de flujo y reflujo. El recurso de sedimentos finos encontrado en esta estación podría estar relacionado con el descargue de sedimentos en suspensión y transporte general del Río Cibuco. En el caso de estos sedimentos, no es necesario un oleaje fuerte, para hacer la distribución de los mismos en la línea de costa. Es por eso, que el régimen de oleaje medido por la boya de la NOAA para el mes de mayo 2011, sugiere que la mayoría del transporte de sedimentos se dio por suspensión y que deberían haber sido sedimentos finos.

Las estaciones 1 y 2 no presentaron mayores cambios en elevación y distribución de tamaño de grano debido al grado de protección de la costa definido por la presencia de las barreras naturales como eolianitas y rocas de playas. Estas mismas estructuras rocosas permitieron que la deposición de sedimentos se mantuviera sin mayores cambios.

El ancho de la playa sub aérea no presentó mayores cambios durante el tiempo de medición, excepto la estación 1. Esta estación presentó un cambio en la extensión del perfil 1 de aproximadamente 30 metros desde el mes de marzo 2011 al mes de abril 2011. Este cambio aparentemente no está relacionado con una diferencia en el nivel de la marea, ya que se hicieron las mediciones bajo el mismo escenario de marea alta. Este cambio en el largo del perfil, pudiera estar relacionado con el evento de la marea más baja y más alta del año producido por el perigeo, que es cuando la relación gravitacional entre el Sol, la Luna y la Tierra es mayor. Sin embargo, hasta el momento de finalizar el estudio la posición de línea de agua no regresó a su ubicación original.

Limitaciones

Algunas de las limitaciones encontradas en este estudio fueron: 1) la necesidad de tener información actualizada en línea por parte de las agencias que tienen instrumentos para medir parámetros en tiempo real; y 2) la falta de información revisada sobre mapas batimétricos, modelos de refracción de oleaje y corrientes basados en las nuevas boyas de CariCoos para la mayoría de las costas de nuestra isla. La falta de información a tiempo real y detallada para la zona limita la realización de análisis más detallados y precisos sobre la dinámica del transporte del sedimento a lo largo de la línea de costa. Otra limitación identificada se relaciona con el desconocimiento general de la comunidad y alguna de las áreas científicas sobre la importancia que tiene realizar este tipo de estudios para el manejo del recuso y la conservación de las costas. Este tipo de estudio es esencial para realizar manejo costero con el propósito que se garantice el disfrute de las generaciones futuras.

Conclusiones

La relación entre la unidad de cuenca hidrográfica y los recursos costeros como las playas, es mucho más fuerte de lo que se pensaba. A través de este estudio, se evidencia una vez más que los sedimentos provenientes de los sistemas de ríos son un componente importante en la alimentación de los sistemas geomórficos playeros. Los cambios que se producen en la cuenca hidrográfica, tanto por eventos naturales como por efectos antropogénicos, pueden reflejarse en la costa a medida que esos disturbios alteren las cantidades y la dinámica del flujo de sedimentos hacia la costa y eventualmente hacia las playas. Además, la presencia de barreras naturales tiene un papel importante en el flujo de sedimentos terrígenos a la playa una vez estos llegan a la costa. Las variables físicas como el oleaje y/o las corrientes marinas pueden alterar el transporte de sedimentos a lo largo de la costa. El conocer la dinámica cuenca hidrográfica-costa es indispensable para planificar el manejo de la zona. Además, se debe entender la interacción socioeconómica y cultural de la cuenca hidrográfica para entender cómo la dinámica poblacional, actividades de uso de terreno, ordenación territorial, entre otras, pueden afectar la interrelación cuenca hidrográfica-costa. El control efectivo en la otorgación de permisos para el desarrollo de vivienda en zonas inundables y establecimiento de actividad industrial y económica cerca de los cuerpos de agua dulce es de vital importancia para el manejo de los recursos hídricos. Recomendamos la revisión de los usos de suelo permitidos cerca del cauce del río, y determinar el impacto directo e indirecto con el río y a su mecanismo de descargas que nutre de sedimentos nuestras playas.

Agradecimientos

Nuestro más sincero y profundo agradecimiento a nuestra mentora y colega, la Dra. Maritza Barreto Orta, por la dirección y consejería brindada, quien permitió llevar a cabo esta investigación. Un agradecimiento especial al Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico, en especial a todo el equipo de trabajo de la Reserva Natural Hacienda La Esperanza, por habernos permitido usar las instalaciones de su laboratorio CiLab y el apoyo incondicional de Sandra Farías, coordinadora del programa ciudadano científico y Luisa Rosado Seijo, superintendente de la región noroeste de Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico. A las demás personas involucradas en la realización de este trabajo, en especial a Verónica C. Hernández, estudiante de geografía en la UPR-RP y Luz M. Vázquez.

Literatura Citada:

- Barreto, M. (1997). *Shoreline changes in Puerto Rico (1936-1993)*, Mayaguez Campus, University of Puerto Rico, unpublished Ph.D. Thesis, 278pp.
- Benedet, L., Finkl, C. W., Campbell, T., & Klein, A. (2004). Predicting the effect of beach nourishment and cross-shore sediment variation on beach morphodynamic assessment. *Coast. Eng.* 51, 839–861.
- Bernabeu, A. M., Medina, R., & Vidal, C. (2003). Wave reflection on natural beaches: An equilibrium beach profile. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 57, 577–585.
- Bird, E. (2003). *Coastal geomorphology. An introduction*. John Wiley & Sons, The Atrium Gate, Chichester, UK, 321pp.
- Folk, R. L. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas.
- Komar, P. H., & Gaughan, M. K. (1972). *Airy wave theory and breaker height prediction*. Proc. 13th Conf. on Coastal Engineering, ASCE, pp. 405–418.
- Masselink, G., & Puleo, J. (2006). Swash-zone morphodynamics. Elsevier. *Continental Shelf Research*, 26, 661-680.

- Morelock, J. (1984). Coastal erosion in Puerto Rico. *Shore and Beach*, 52, 18-27.
- Morelock, J., Capella, J., García, J. R., & Barreto, M. (2000). Puerto Rico - Seas at the Millennium. In: C. R. C. Sheppard, C.R.C. (ed.) *Seas at the Millennium*. Oxford Press, London.
- Morelock, J., & Taggart, B. (2002). Coastal structures: Puerto Rico. Retrieved from <http://geology.uprm.edu/Morelock/pdfdoc/morlok9.pdf>
- Ramos, C. (2010). Modelamiento de procesos costeros para determinar zonas de erosión y sedimentación de playa. Bitacora Hidrografica. Recuperado de <http://www.dhn.mil.pe/docs/bitacora/Bitacora07.pdf#page=14>
- Short, A. D. (1999). *Beaches*. In: *Short AD (Ed.), Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Toledano, N., & Silva, R. (2005). *Modelación de perfiles de playa en presencia de diques arrecife*. Mem. V Congreso de Desarrollo Sustentable, 24-25 Noviembre 2005, Veracruz, México.
- Turner, R. (1999). The evolution of beachrock morphology and its influence on beach morphodynamics. Retrieved from <http://faculty.washington.edu/rturner1/Research/Turner%20final.pdf>
- Webb, R., Warne, A., & Larsen, M. (2005). Water, sediment and nutrient discharge characteristics of rivers in Puerto Rico, and their potential influence on coral reefs. Retrieved from http://pubs.ugs.gov/sir/2005/5206/SIR2005_5206.pdf

ENERGÍA DEL OCÉANO PARA PRODUCIR ELECTRICIDAD Y OTROS COMPONENTES DE UNA CARTERA ENERGÉTICA PARA PUERTO RICO*

*Agustín A. Irizarry Rivera, Ph.D., P.E.¹, Efraín O'Neill Carrillo, Ph.D., P.E.¹,
José A. Colucci Ríos, Ph.D., P.E.², Sorangelís Rodríguez, EIT²*

In 2009 a comprehensive study was completed where the renewable energy resources and conversion technologies available at Puerto Rico for the production of electricity were estimated (Achievable Renewable Energy Targets for Puerto Rico, ARET, www.uprm.edu/aret/). In this article we summarize our findings concerning ocean energy: waves, ocean thermal, tides and currents and briefly summarized results for other energy sources that should be part of Puerto Rico's energy portfolio. These are wind, biomass and solar thru photovoltaic conversion.

Palabras clave: energía renovable, eólica; olas, oceánico termal.

Introducción

En el 2008 estimamos los recursos energéticos renovables y tecnologías de conversión, disponibles en Puerto Rico para la producción de electricidad (Irizarry, Colucci & O'Neill, 2008). Del océano podemos aprovechar su energía térmica, la diferencia en temperatura entre el agua cálida de la superficie y el agua fría más profunda, y su energía mecánica (potencial y cinética), de las mareas, olas y corrientes.

El concepto tecnológico para aprovechar la energía térmica del océano se conoce universalmente por su nombre en inglés *Ocean Thermal Energy Conversion* (OTEC). La energía mecánica en el océano es muy diferente a la energía térmica. Las mareas son causadas por la interacción de la fuerza gravitacional y centrífuga

* Presentado oralmente en el 2do Ciclo de Conferencias sobre Planificación y Manejo de los Espacios Marinos, del la División de Zona Costanera del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales el 5 de agosto de 2011, Hotel Sheraton Old San Juan, San Juan, Puerto Rico.

¹ Universidad de Puerto Rico, Departamento de Ingeniería Eléctrica y de Computadoras, Mayagüez, PO Box 9000, Mayagüez PR 00681. agustin@ece.uprm.edu, oneill@ece.uprm.edu

² Universidad de Puerto Rico, Departamento de Ingeniería Química, PO Box 9000, Mayagüez, PR 00681 biodieselpr1@aol.com, sorangeli.rodriguez@upr.edu

de la Luna, el Sol y la Tierra. Las olas son causadas mayormente por los vientos, y las corrientes marinas son aún más complejas pues son el resultado de efectos térmicos, de los vientos, además de las mareas, la salinidad y densidad del agua. Por estas razones las mareas, olas y corrientes son fuentes intermitentes de energía mientras que la energía océano-térmica es apreciablemente más constante.

En este artículo también discutiremos, brevemente, otros recursos que también fueron estudiados como el viento, la biomasa y el sol aprovechado a través de tecnología fotovoltaica. Referimos al lector interesado en estos temas al resumen ejecutivo del informe completo, <http://www.uprm.edu/aret/>.

Método

En nuestro estudio, estimamos la cantidad de electricidad que podemos generar con los recursos energéticos disponibles en Puerto Rico. Este estimado incluye restricciones realistas como: disponibilidad del recurso, área requerida para cosechar el recurso (*foot print*), efectos del clima, ciclos diurno/nocturno y de temporada, desarrollo de la tecnología de conversión a electricidad (comercial, prototipo o de laboratorio), costos (capital, re-acondicionamiento de instalaciones existentes, operación y mantenimiento) y asuntos de interconexión a red eléctrica.

Nuestro estimado permite comparar alternativas renovables en términos de la cantidad de electricidad que pueden suplir, además de las restricciones anteriores. El estimado provee una guía para establecer política pública energética. Podemos fijar metas alcanzables para que una porción significativa de la electricidad consumida en Puerto Rico provenga de nuestros recursos energéticos endógenos. Una herramienta de política pública para hacer esto es un *Renewable Energy Portfolio Standard* (RPS). Un RPS se diseña para aumentar el uso de energía renovable exigiendo que una cantidad de electricidad, usualmente expresada en por ciento de la demanda de un año base, se genere usando recursos renovables. Estas carteras existen en estados de los EEUU y en otras jurisdicciones.

En el estudio completo también analizamos la generación hidroeléctrica a escala muy pequeña (*microhydro*) y el uso de celdas de combustible.

Resultados y discusión

Olas del mar

La absorción dispareja del calor del sol por distintos tipos de terreno, y el agua incluida, genera zonas con diferencias en presión atmosférica, lo que produce los vientos. El viento que sopla sobre la superficie del océano crea fricción entre el

aire y el agua formando las olas. La cantidad de energía transferida del viento a las olas depende principalmente de la fuerza del viento, del tiempo en que sopla y de la distancia que recorre sobre la superficie del agua.

Usamos modelos del *Wave Information Study* (WIS) para obtener datos de altura significativa y el periodo de olas alrededor de Puerto Rico y de estos computamos la energía disponible en las olas (Aponte, 2009; Quintero, 2009). La costa norte posee las olas más potentes, con un promedio de 16 kW por cada metro de frente de ola en aguas profundas y promedio entre 11 y 14 kW por metro de frente de ola en la orilla.

Los atenuadores son dispositivos flotantes, de múltiples segmentos, orientados paralelos a la dirección de propagación de las olas y usados para extraer energía de las mismas (Aponte, 2009). Las olas flexionan los segmentos conectados a bombas hidráulicas, llamados convertidores, que impulsan generadores eléctricos. Un ejemplo comercialmente disponible es el Pelamis®, producto de la empresa *Ocean Power Delivery* (Figura 1).

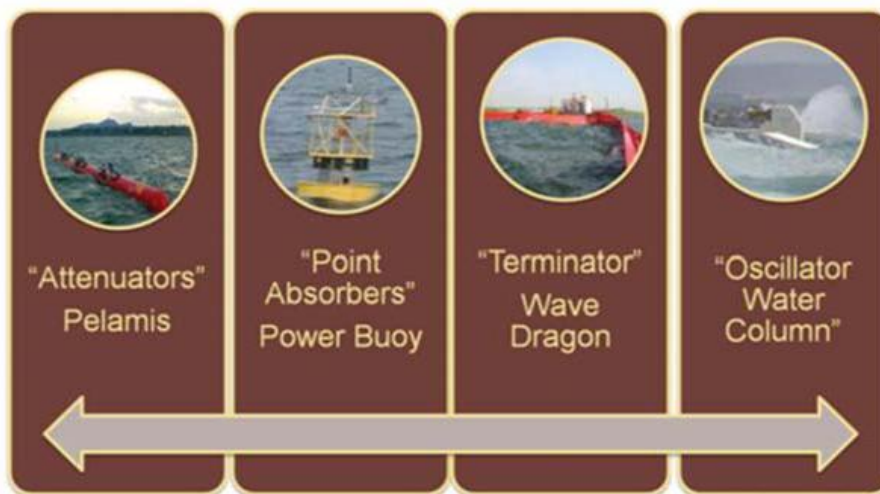


Figura 1. Dispositivos para extraer energía de las olas.

Los dispositivos de orilla se usan para capturar la energía de las olas en el punto en que las olas rompen. Se enclavan en la orilla, o en rompeolas, se pueden acceder con facilidad y tienen menor costo de operación. La interconexión con la red eléctrica es más sencilla y barata que la de aguas profundas. Pero las olas en la orilla poseen menos energía. Un ejemplo de estos dispositivos es el *oscillating water column* (OWC, por sus siglas en inglés) (Quintero, 2009).

En un OWC, las olas entran a una cámara submarina, usualmente de acero o concreto, que alberga una columna de aire. El movimiento de las olas produce un movimiento de agua hacia arriba y hacia abajo que comprime y descomprime

la columna de aire. Esta columna de aire en movimiento actúa sobre una turbina, por ejemplo una turbina tipo Wells, cuyo eje se mueve en una sola dirección y está acoplada a un generador de electricidad.

Si combinamos el uso de dispositivos de aguas profundas y de orilla y solo usamos el 10% del espacio disponible en el océano y la costa norte de Puerto Rico, podemos producir unos 17 millones de MWh anuales de electricidad. Esto representa el 80% de 20.6 millones de MWh, la demanda de electricidad utilizada en Puerto Rico en el 2006, año de mayor demanda (Economic Development Bank for Puerto Rico, 2007).

Mareas

El subir y bajar de las mareas es el resultado de la interacción de las fuerzas gravitacional y centrífuga entre el Sol, la Luna y la Tierra. El efecto de la luna es $2\frac{1}{4}$ veces mayor que el del sol en la generación de las mareas. (Charlier & Justus, 1993). La tecnología que se usa para producir electricidad usando la diferencia en altura del nivel del agua entre marea alta y marea baja es similar a la usada en generación hidroeléctrica tradicional. Hace falta construir una represa (*barrage*) en un área llana, como un estuario, bahía o golfo, donde la diferencia en el nivel del mar, entre marea alta y baja, sea de al menos 5 metros para que el proyecto sea económicamente viable. En Puerto Rico la diferencia entre marea alta y baja es menor a 1 metro.

Corrientes

Las corrientes marinas son masas que fluyen, como fluye el viento. La energía cinética de una masa que fluye es proporcional al cubo de la velocidad de la masa del fluido y de la densidad del fluido.

Las tecnologías para convertir la energía en las corrientes marinas en electricidad están en desarrollo. Hay diferentes dispositivos a prueba y son similares a tecnologías de generación eólica; son turbinas con eje de rotación horizontal o vertical submarinas. Estas turbinas submarinas requieren un mínimo de velocidad de las corrientes para producir electricidad. A esta velocidad, se le llama la velocidad de arranque (*cut-in speed*). El valor usual de velocidad de arranque en los prototipos es entre 1 y 1.5 m/s. (US Dept. of Interior, 2009; World Energy Council, 2004; Robinson, 2006; Verdant Power, 2007).

En Puerto Rico, las corrientes más fuertes conocidas se encuentran en la costa de Mayagüez, en el Bajo de Sico. Estas corrientes se mueven principalmente hacia el norte con velocidades pico de 0.5 m/s (1 nudo) y velocidades promedio de

0.2 m/s (Morelock & Capella, 2000). Por lo tanto, no poseemos corrientes conocidas con suficiente velocidad para activar los prototipos de turbina que producen electricidad de las corrientes marinas.

Conversión de energía océano térmica

La conversión de energía océano térmica (OTEC, por sus siglas en inglés) consiste en utilizar la diferencia en temperatura de las aguas cálidas de la superficie del mar y de las aguas profundas, usualmente a unos 1000 m de profundidad, para generar electricidad. Para una operación satisfactoria del ciclo OTEC hace falta una diferencia de temperatura de al menos 20°C (36°F).

Al sur de Punta Tuna, en Yabucoa, Puerto Rico (Figura 2), las aguas de superficie se encuentran a una temperatura entre 26°C y 29°C a lo largo del año. La temperatura del agua a unos 900m de profundidad, y a solo una milla de la costa, es de unos 6°C. Esto produce un gradiente de temperatura con promedio de 22°C.

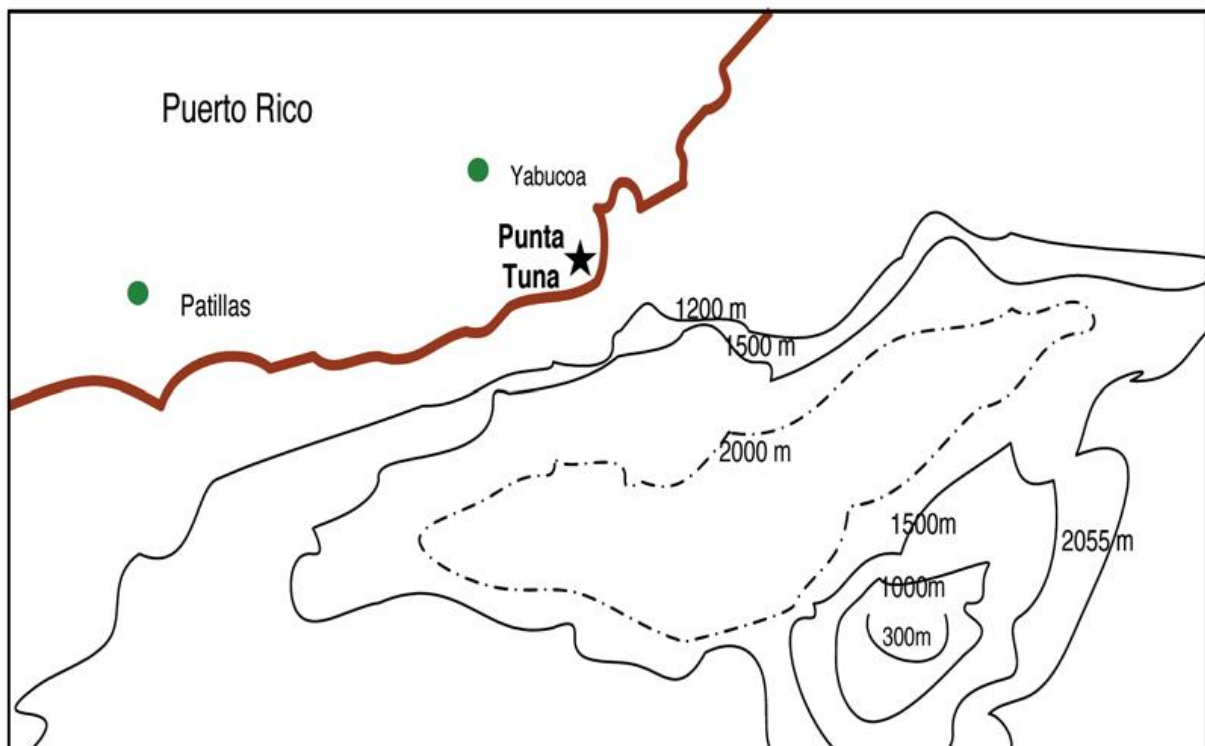


Figura 2. Batimetría cerca de Punta Tuna, Puerto Rico.

En la década de 1980 se usó un submarino (“Alvin”, de 29 pies de largo y 24 toneladas de desplazamiento) para tomar muestras a 3,600m de profundidad con el objetivo de identificar lugares para hincar pilotes, colocar los tubos para el agua fría y construir una plataforma OTEC. Las pruebas mostraron que el fondo marino no es

adecuado para este tipo de construcción. Otro lugar con mejor suelo marino y similares condiciones de temperatura fue ubicado cerca de la isla Caja de Muerto, al sur de Ponce.

A pesar de conocer la disponibilidad del recurso océano térmico en Puerto Rico, no poseemos datos confiables para juzgar la viabilidad económica de un proyecto OTEC. No existen plantas OTEC de carácter comercial en ninguna parte del Mundo. Aunque existen empresas que reclaman poseer el diseño detallado completo para construir una planta OTEC, no conocemos de alguna empresa dispuesta a comprometerse a un acuerdo de compra y venta de energía con un precio fijo de kWh.

El volumen de agua que hay que mover para producir mayores cantidades de electricidad usando un sistema OTEC es significativo. Nadie ha hecho una declaración de impacto ambiental para una planta comercial OTEC que considere esto. La construcción de un prototipo ayudaría a disipar las preguntas que existen sobre impacto ambiental y precio de venta de electricidad.

Otros componentes de la cartera energética

Viento

El viento es el movimiento del aire causado por el calentamiento disperejo de la superficie terrestre. La energía en el viento se transforma en electricidad usando turbinas eólicas. En Puerto Rico tenemos suficiente viento para producir electricidad a precio razonable de unos 9 ¢/kWh, según los precios del 2005 (Ramos, 2005; Ríos, 2008). La Figura 3 muestra un mapa con la velocidad promedio anual del viento a 30 metros de altura (NREL, 2008). El mejor viento se encuentra en el mar y en las costas norte, este y sur.

Presumamos, conservadoramente, que se usará solo una franja de 3 km de ancho en la costa norte, este y sur para ubicar aerogeneradores en tierra. La mitad de este terreno está poblado y en ese terreno solo se colocarían turbinas pequeñas. Presumiendo que solo se usará el 10% del área disponible se podrían instalar unas 2,400 turbinas pequeñas de 6 kW.

Esta turbina de 6 kW produce, según datos medidos en el sur-este de la Isla (el viento del este y del norte es igual o mejor) unos 9,300 kWh al año. Según el Informe de la Propiedad Eléctrica, el cliente residencial típico consume 9,600 kWh anuales (AEE, 2007), por lo que uno de estos aerogeneradores supliría el 97% de su consumo. Con aerogeneradores pequeños podríamos generar unos 22,320 MWh al año.

Si consideramos solo el 10% de la mitad despoblada de la franja de 3 km y hacemos un análisis similar con aerogeneradores grandes, podríamos instalar unas 282 turbinas de 850 kW cada una (240 MW de capacidad). Estas 282 turbinas producirían unos 320,000 MWh anuales que suplen el consumo de unas 33,330 residencias.

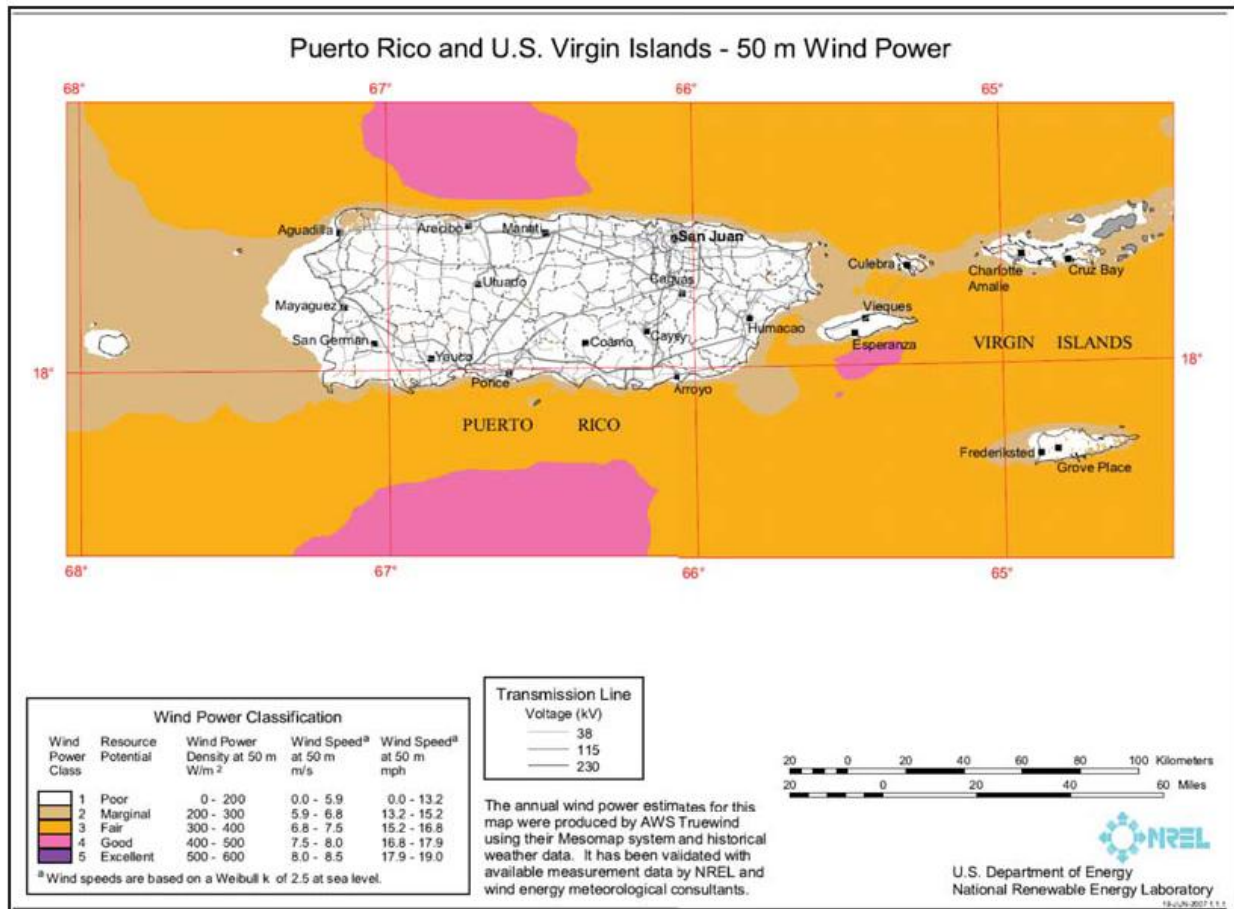


Figura 3. Mapa de viento de Puerto Rico (NREL, 2007)

Si sumamos la generación de turbinas grandes y pequeñas, atendemos la demanda anual promedio de energía de unas 35,500 residencias y usamos solo el 10% del terreno con buen viento en nuestras costas. ¿Por qué solo el 10%? Existe oposición al uso de terreno para proyectos de energía eólica. Recomendamos un debate público, inclusivo y participativo sobre el uso de terreno en Puerto Rico para decidir si deseamos o no usar esta tecnología y dónde estamos dispuestos a colocarla.

Con aerogeneradores grandes, colocados en el mar de la zona este a profundidad menor o igual a 30 metros (100 pies), se podrían instalar unas 130 turbinas de 1 MW cada una, las cuales producirían unos 618,000 MWh anuales (64,375 residencias). Con tecnología futura para los cimientos, se usarían aguas más profundas. Estimamos un área útil, al sur, sur-este, este y noreste de Puerto Rico de aproximadamente 2,745 km cuadrados. Si solo se usara el 10% de esta área, se podrían instalar unas 1,372 turbinas de 1 MW que producirían unos 2,617,450 MWh al año: energía para 272,651 residencias o el 12% de la energía demandada en el 2006.

Biomasa

La ley para la Investigación y Desarrollo de la Biomasa del 2000 (P.L. 106-224; Título III) define la *biomasa* como “cualquier material orgánico disponible de manera renovable o recurrente, incluyendo cosechas, árboles, madera, desperdicios y residuos de madera, plantas (incluso las acuáticas), hierbas, residuos, fibras y desperdicios de animales, desperdicios municipales y otros materiales desechado”. La biomasa es única entre los recursos energéticos renovables pues puede convertirse en combustible y compuestos químicos, además de electricidad.

Las micro algas son una fuente efectiva para producir aceite del que podemos producir combustibles biológicos (Nadathur & Sen, 2009). Son organismos microscópicos y fotosintéticos que se desarrollan, dependiendo de su variedad, tanto en agua dulce como salada y producen mucho más aceite por unidad de área que cualquier planta terrestre como muestra la Tabla 1.

Tabla 1. *Productividad del aceite de diferentes cosechas*

Cosecha	kg aceite/ha [†]	litros aceite/ha	libras aceite / acre*	galones (US) aceite/acre
Aguacate	2,217	2,638	1980	282
Coco	2,260	2,689	2,018	287
Aceite de palma	5,000	5,950	4,465	635
Sebo “chino”	5,500	6,645	4,912	699
Algas	79,832	95,000	71,226	10,000

[†]Hectárea (ha) =10,000m². * Acre = 4,046.9 m². Cuerda = 3929.5 m²

Si usamos solo el 10% de la tierra disponible para el cultivo de micro alga, podríamos producir unos 24,000,000 MWh anuales de electricidad, lo que excedería la demanda del 2006. Note que los biocombustibles son fuente de energía y de potencia. Las olas, el sol y el viento están sujetas a fluctuaciones que los convierten en fuentes de energía. El almacenamiento de energía, no necesariamente eléctrica, y una gestión de red innovadora permiten usar estas fuentes fluctuantes para producir potencia eléctrica.

El extraordinario potencial de la microalga no puede aprovecharse con facilidad, pues también existe la necesidad de que en Puerto Rico se desarrolle un debate inclusivo y participativo sobre “comida vs. combustible”. Ya la Constitución de Puerto Rico establece que la comida tiene prioridad al prohibir el uso de terrenos agrícolas estatales para cultivos que no sean comida. Aún si el resultado del debate “comida vs. combustible” resultará en una aprobación del uso de terreno para

producir combustible, todavía haría falta enmendar la Constitución para aprovechar el terreno agrícola estatal que no está en uso. El proceso político necesario para producir ese cambio presenta en si mismo muchos obstáculos.

Solar fotovoltaico

De las alternativas consideradas para la generación de electricidad usando fuentes renovables, la tecnología solar fotovoltaica utilizando los techos es la menos intrusiva. Los paneles fotovoltaicos instalados en los techos son poco visibles y el nivel de ruido que producen los equipos auxiliares, por ejemplo el abanico que enfría el convertidor AC/DC, es despreciable.

La Figura 4 muestra un resumen gráfico del análisis de uso de techos residenciales para la producción de electricidad con tecnología fotovoltaica disponible comercialmente. Si usamos el 65% de los techos residenciales, podríamos suplir toda la energía, no la potencia, demandada en el año 2006.

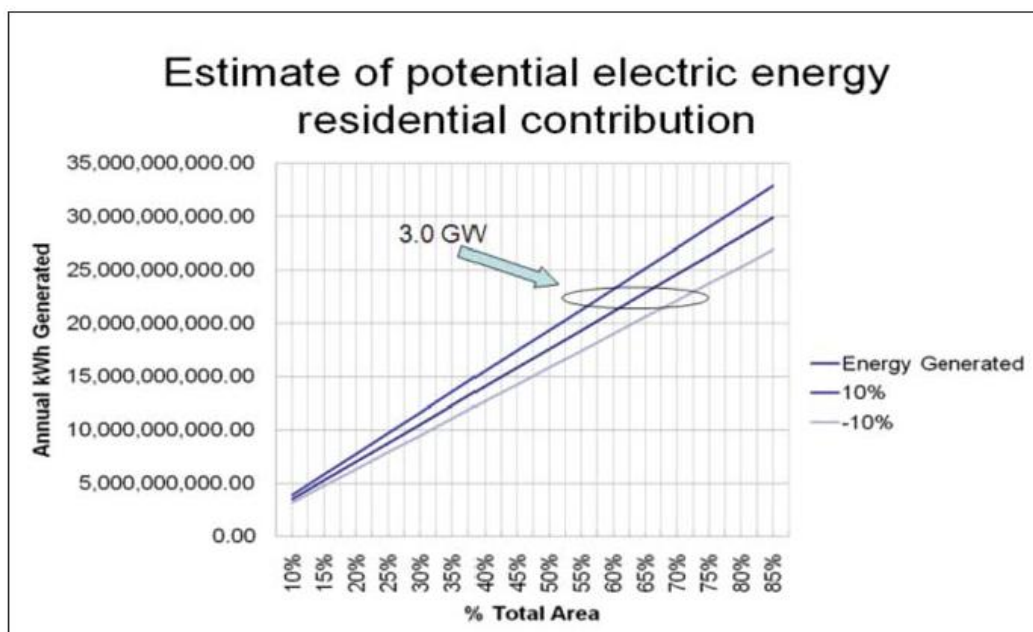


Figura 4. Capacidad de generación de energía de las residencias en Puerto Rico.

Esta alternativa, con cientos de miles de generadores distribuidos, presenta un reto de integración e interconexión a la red eléctrica. Sin embargo, su potencial de producción es tan significativo que no debe ser descartado. Con solo el 10% de los techos, podríamos producir casi el 20% de la demanda eléctrica del 2006. El mayor reto para esta tecnología es el costo de inversión inicial (Ladner, 2009).

Es importante enfatizar que una sola tecnología no ofrece una “solución” a nuestros retos energéticos. Esto no es una desventaja. La diversidad geográfica

de nuestros recursos endógenos y la diversidad tecnológica para explotarlos nos permiten disminuir el riesgo de apostar a un solo recurso y una sola tecnología, es una oportunidad, un beneficio. Proponemos el uso de una cartera energética o portafolio de alternativas, que no solo parece adecuadamente con la demanda de energía sino con la disponibilidad de los recursos.

La Figura 5 ilustra el resumen de una propuesta de generación de electricidad sin combustibles fósiles. Las tecnologías se ubican tomando en consideración elementos comunitarios, geográficos, tecnológicos, económicos y políticos. Esta propuesta resulta en la eliminación de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica a largo plazo. Este plan requiere un “compromiso de todos y todas” para eliminar el consumo y la adicción a los combustibles fósiles.

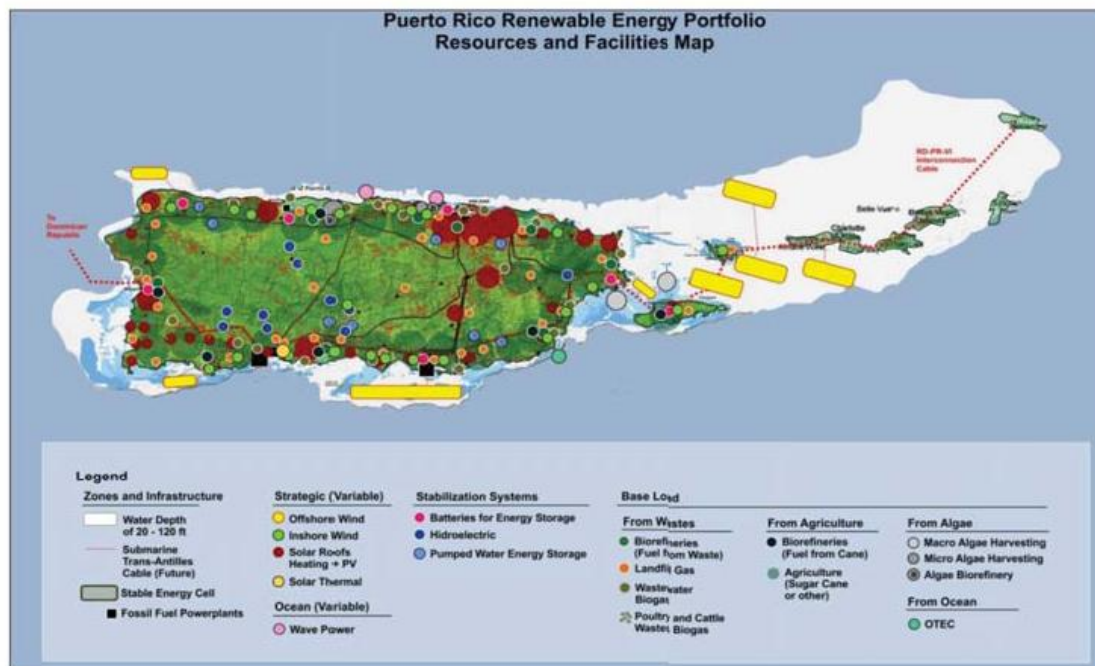


Figura 5. Propuesta para eliminar los combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.

Conclusiones

La generación fotovoltaica es la tecnología menos intrusiva para la producción de electricidad renovable en Puerto Rico. Los techos residenciales proveen espacio suficiente para la producción de toda la energía demandada en el 2006 y con solo 10% de ese espacio podríamos suplir el 20% de la energía demandada en el mismo año. El costo de estos sistemas es su mayor desventaja, pero estos siguen reduciéndose y con financiamiento podríamos viabilizar mayor uso de estos sistemas.

La generación eólica es otra alternativa económicamente viable para producir

electricidad. Su mayor desventaja es su alta visibilidad y, si no se ubica adecuadamente, tiene el potencial de afectar a aves y murciélagos. Hace falta un debate inclusivo y participativo del uso de terrenos para viabilizar esta tecnología en Puerto Rico.

El potencial de generación de electricidad usando las olas del mar es significativo. Por su actual estado de desarrollo es recomendable instalar sistemas de prueba al norte de Puerto Rico para validar esta tecnología y el estimado de producción de electricidad. Además, hace falta atender preocupaciones ambientales, sociales y de comunidades cercanas a estos desarrollos si deseamos producir electricidad de manera sostenible. También hace falta una política pública para la emisión de permisos de extracción de energía del mar, tanto para las olas como para los aerogeneradores marinos.

Con aceite de micro alga podríamos generar toda la electricidad, energía y potencia, demandada en el 2006. Hace falta un debate inclusivo y participativo del tema “combustible vs. comida” y un cambio significativo del sector agrícola y nuestra Constitución para alcanzar esta meta.

En resumen, si usamos un muy alcanzable 10% de los recursos viento, sol (fotovoltaico) y olas del mar podríamos producir el 115% de la demanda de electricidad del año 2006, el año de mayor demanda histórica en Puerto Rico. Para alcanzar estas metas, necesitamos preguntarnos cómo cambiamos nuestra red eléctrica, tanto la infraestructura como la gestión de la red, para permitir el máximo uso del sol, el viento, las olas del mar y otros recursos energéticos renovables.

Agradecimientos

El estudio ARET fue patrocinado por la Administración de Asuntos de Energía de Puerto Rico (contrato número 2008-132009) bajo la dirección del doctor Javier Quintana. Además reconocemos a los estudiantes que trabajaron en el estudio ARET y otros: Miguel Ríos, Franchesca Aponte, Magaby Quintero, Arlene Sosa, Luisa Feliciano, Johana Dumeng, Hillmon Ladner, Liliana Martínez, Edy E. Jiménez. También agradecemos la aportación de muchos ciudadanos a la propuesta para eliminar el consumo de combustible fósil para generar electricidad, en especial al ingeniero Rogelio Figueroa.

Literatura Citada

- Aponte, F. (2009). *Ocean wave energy into electricity using offshore wave energy devices in the north coast of Puerto Rico*, MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico. Available at UPRM Library.
- Autoridad de Energía Eléctrica. (2007). *Informe de la propiedad eléctrica de la Autoridad de Energía Eléctrica*. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Charlier, R. H., & Justus, J. R. (1993). *Ocean energies: Environmental, economic and technological aspects of alternatives power sources*. Elsevier Oceanography Series. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Economic Development Bank for Puerto Rico. (2007). *Annual report 2007*. Commonwealth of Puerto Rico. Recuperado de <http://www.bdepr.org/bdepr/download/annual-Report2007.pdf>
- Irizarry Rivera, A. A., Colucci Ríos, J., & O'Neill Carrillo, E. (2008). *Achievable renewable energy targets for Puerto Rico's renewable energy portfolio standard: A report to the Puerto Rico Energy Affairs Administration*. Executive Summary. Retrieved from <http://www.uprm.edu/aret/>
- National Renewable Energy Laboratories [NREL] (2007). *Puerto Rico and Us Virgin Island- 50 wind power*. US Department of Energy.
- Quintero, M. (2009). *Ocean wave energy into electricity using shoreline devices in Puerto Rico*, MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico. Available at UPRM Library.
- Robinson, M. C. (2006). *Renewable energy technologies for use of the outer continental shelf*. National Renewable Energy Lab.
- U.S. Department of Interior (2006). *Technology white paper on ocean current energy potential on the U.S. outer continental shelf*. Minerals Management Service, Renewable Energy and Alternate Use Program.

Verdant Power (2007). *Free-flow technology and projects*. London, UK.

World Energy Council (2004). *Survey of energy resources*. 20 edition. Elsevier. Recuperado de <http://www.worldenergy.org/documents/ser2004.pdf>

Morelock, J., Capella, J., García, J. R., & Barreto, M. (2000). *Puerto Rico – Seas at the Millennium*. Seas at the Millennium. Ed. C. R. C. Sheppard. London, England: Oxford Press.

Nadathur, G., & Sen, A. (2009). Combining agriculture with microbial genomics to make fuels. *Microbe Magazine*, 4(6).

Ramos, C. (2005). *Determination of favorable conditions for the development of a wind power farm in Puerto Rico*. MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico. Available at UPRM Library.

Ríos, M. (2008). *Small wind/photovoltaic hybrid renewable energy system optimization*. MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico. Available at UPRM Library.

Ladner, H. (2009). *Photovoltaic based distributed generation as a demand response strategy in Puerto Rico*. MS Thesis, University of Puerto Rico-Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico. Available at UPRM Library.

National Renewable Energy Laboratory [NREL] (2008). Wind map. Recuperado de <http://www.nrel.gov/wind/>

PUERTO RICO'S CORAL REEFS: STRATEGIES FOR CONSERVATION AND PROTECTION

Álida Ortiz Sotomayor, Ph.D.¹

The Puerto Rico's local action strategy (LAS) constitutes the guideline used to address key issues and facilitate solutions for the conservation and protection of the coral reefs. It targets important and solvable issues with specific projects that are feasible and measurable. The Metropolitan University was contracted by Department of Natural and Environmental Resources (DNER) to facilitate the process of developing the 2011 LAS for Puerto Rico. The working team conducted meetings with stakeholders in each one of the priority areas: Culebra, the North East Reserves, Cabo Rojo and Guánica. All workshops were well-attended, and very productive in terms of projects recommended. At final evaluations, participants expressed high level of satisfaction with the activity. The DNER must select among all the projects proposed, those that will make a longer impact for the conservation and protection of the coral reefs.

Key words: coral reefs, local action strategies, priority areas, Culebra, Cabo Rojo, Fajardo



¹ Universidad Metropolitana, School of Environmental Affairs, Apartado 21150, San Juan PR 00928-1150
alortiz@suagm.edu

Introduction

Coral reefs and coral communities found in warm tropical and deep cold waters are global centers for marine biodiversity (Eakin, Kleypas & Hoegh-Gulberg, 2008), a most important asset in the face of the expected changes that will produce a change in the global climate. This richness in biodiversity is the result of the variety of habitats, organisms and high productivity of the ecosystem.

The coral reef ecosystem is a complex structure built, from the ocean floor to almost the water surface, by different species of corals, with hard calcium carbonate external skeletons, secreted by the living polyps. The metaphor of the coral reef as an underwater city, has its origin in the architecture of this hard structure, full of holes, crevices, tunnels and narrow ways, where a high population of different marine creatures, some of them unknown to science, inhabit.

Besides, the ecological importance of the coral reef as a biodiversity center, there are other aspects that make them important for human use. Their offshore location, in relatively shallow waters, provides protection to the low coastal lands from wave action and erosion. Some species of soft corals, sponges and tunicates have been the source of active molecules, which have produced important medical substances, such as the prostraglandins used for clinical treatment of reproductive conditions in women. In the immediate attention stand out the variety of fish and seafood (groupers, octopi and snails) in our gastronomy and nutrition extracted from the coral reefs. The value of coral reefs for tourism is another asset that has been appraised in different nations, where coastal tourism is a large economical enterprise. In 2007, a study of the economic valuation of the Cordillera Reef in Fajardo produced values of approximately \$1,853 million (Estudios Técnicos, 2007). This includes artisanal fisheries all the complementary services to the tourist, besides going underwater, coastal protection, education and research. There is no doubt that, some people, who are attracted to nature, especially marine areas will invest considerable amount of money to go to a place where they can see and enjoy coral reefs.

As mentioned above, coral reefs are tropical ecosystems. Around the Globe, they are found between latitudes 30° North and 30° South. In Puerto Rico, the most important areas for coral reefs are found in the North East coast, including waters around the islands of Vieques and Culebra and the South Western coast from Guánica to Cabo Rojo, including Mona Island.

This does not imply that there are no other coral reefs. Recently there has been intense research in coral reefs in the North coast in Rincón, and Carolina where healthy coral reefs are present close to the shore. Special attention is being

paid to the deep water coral communities in different areas, where impressive coral formations have been described (García, 2010). Some of these coral reef areas around Puerto Rico have already been designated as Nature/Marine Reserves such as: Cordillera Reef Nature Reserve in Fajardo, Luis Peña No-take Marine Reserve in Culebra, Caja de Muertos Island Nature Reserve in Ponce, the Nature Reserves of Desecheo and Mona in the West and Tres Palmas Marine Reserve in Rincón. The Isla Verde coral reef in Carolina is under consideration for designation as a Nature Reserve by the Department of Natural and Environmental Resources (DNER).

The coral reefs, throughout the World, are subjected to serious threats: natural and anthropogenic. From the natural scenario, corals are subject to diseases, storms that may damage the living tissues and uproot individuals from the bottom. Climate change, with rise in ocean temperatures and increase acidification has been related to bleaching events (Wilkinson, 2008). Coral bleaching is the result of a combination of environmental factors that result in the death or expulsion of the microalgae (zooxanthellae from the polyp's tissues) causing a very slow rate of growth of the coral, and in some instances their death (Hernandez-Delgado et al., 2006).

The second, and probably most immediate, threat to coral reef ecosystem integrity is related directly to human activities. These include, among others: fishing intensity and gear that disrupts the food web by removing critical species like herbivores and high level carnivores from the chain. Coral reefs near major centers of population are subject to increased levels of sediments and contaminants from inland practices reaching the reef and causing high stress on coral species (Wilkinson, 2008).

Coral reefs in Puerto Rico are under stress, as well. There are environmental conditions present throughout Puerto Rico that affect coral reefs. The results of recent and ongoing research and the monitoring activities on the coral reefs throughout the Island evidence notable deterioration of these ecosystems (Garcia et al., 2010; Scharer et al., 2009). The causes for this decline in coral reef live cover and general ecosystem health originate from human impacts of different sources, diseases and other natural stresses (Wusinich-Mendez et al., 2007). Also, research shows a decrease in fishing activity in the Island (Valdez-Pizzini, 2011). However, the decline of fisheries activities on coral reefs, have not alleviated the impact, due to the fact that an increase in sediment load from inland activities have increased in the past ten years thus maintaining a constant stress environment on all coastal ecosystems, specially on coral reefs (Ramos-Scharron, 2009; Norat-Ramírez, Mattei & Hernández, 2010). All four-priority areas, selected in 2010 for LAS application: Culebra, the North East Reserves, Cabo Rojo and Guánica, present evidence of these research findings.

Other conditions, such as the lack of personnel in the marine protected areas with extensive coral reefs, add to the stress conditions in these ecosystems.

Methods

The identification of local action strategies (LAS) to address the conservation and protection of coral reefs is the initiative required by the US Coral Reef Task Force (USCRFT) that places responsibility on the local governments and communities. It is a mechanism that facilitates community participation and outreach. The process begins by convening stakeholders for the identification of the local issues affecting coral reefs, identification of the stakeholders for the actions, definition of the goals and objectives to address the issues and the description of the possible alternatives (projects) to resolve the issues.

The Puerto Rico's LAS constitutes the guideline that will be followed to address key issues and facilitate solutions for the conservation and protection of the coral reefs. It targets important and solvable issues with specific projects that are feasible and measurable. Four-priority areas were selected in 2010 for LAS application: Culebra, the North East Reserves, Cabo Rojo and Guánica and its marine extensions. These areas are shown in Figure 1.

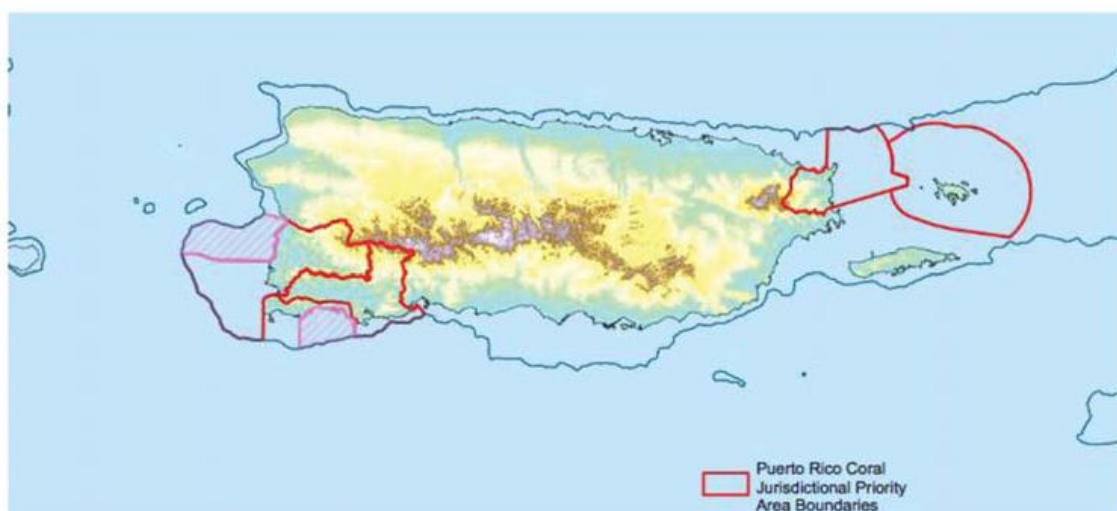


Figure 1. Map showing the four-priority areas for LAS.

The Metropolitan University (UMET) was contracted by DNER to facilitate the process of developing the 2011 LAS for Puerto Rico. Dr. Árida Ortiz-Sotomayor, with extensive education and field experience in the conservation of marine resources, was assigned as principal investigator and responsible for the final report.

A working team, composed by the Coordinator, Ms. Damaris Delgado, the DNER Point of Contact for the NOAA's Coral Reef Conservation Program (CRCP) and Ms. Antares Ramos, the NOAA Coral Management Liaison in Puerto Rico was formed to facilitate the process of developing the LAS for 2011.

The working team conducted meetings to select the best strategy to reach a group, as wide as possible, of stakeholders in each one of the priority areas. The strategy selected to produce the 2011 LAS was to conduct a two-day LAS Workshop in each of the priority areas: Culebra, the North East Reserves, Cabo Rojo and Guánica.

Based on the assumption that effective coral reef conservation and protection is the responsibility of the entire community, in close coordination with the government agencies to generate the LAS, all four areas were consulted. To these workshops a diverse group of stakeholders from different government agencies, scientists, teachers, community organizations, service providers, marine protected areas managers, fishermen, business representatives, students were invited to participate and contribute in the formulation of the LAS.

The agenda for the workshops proceeded as follows. The first day, local areas of concern were identified and the Goals and Objectives identified in 2010 were examined. During the second day, in small groups (Figure 2), for each goal selected, participant proposed projects to achieve the objectives identified as pertinent.



Figure 2. LAS workshop group

Results

Four two-days LAS Workshops were conducted at Culebra, Fajardo, Guánica and Cabo Rojo. All workshops were well-attended, and very productive in terms of projects recommended. At final evaluations, participants expressed high level of satisfaction with the activity.

The 2010 Puerto Rico's Coral Reef Management Priorities document served as the base for the selection of goals and objectives pertinent for each priority area: Culebra, the North East Reserves, Cabo Rojo and Guánica and marine extension (Table 1). Some goals and objectives remained exactly as expressed in the 2010

document, while others were merged, rephrased or totally discarded if they were found not pertinent to the area. Issue Areas were kept as established in 2010.

Five areas of concern for coral reef management, conservation and protection were identified. Concerns are related to the Issue Areas identified in 2010, but address more specific problems: a) sediment load from inland reaching the coast, b) impacts to water quality from a large diversity of sources, c) outreach (as community participation), d) education (formal, informal) for all citizens, not just coastal residents, and e) how to maintain the coral reef integrity as a functioning ecosystem. Besides these areas of concern, applicable to coral reefs in Puerto Rico, in each LAS Workshop, the participants identified specific issues related to the priority area.

Table 1. *Summary of LAS Workshops*

Location	Workshop Date	Participants	Goals & Objectives	Number of projects
Culebra	Aug. 11-12	24	5 Goals 13 Objs.	35
NER	Aug.31-Sept. 1	31	6 Goals 25 Objs.	29
Cabo Rojo	Sept. 7-8	28	5 Goals 31 Objs.	28
Guánica	Aug 18-19	21	5 Goals 9 Objs.	32

In Culebra, the following specific issues for the conservation of the coral reefs were identified: a) poor enforcement of land-use regulations resulting in negative impacts on the coral reef, b) negative impacts of recreational boats and other recreation and tourism activities on coral reef areas, c) absence of management and enforcement to control human activities around coral reefs and d) consider, for LAS project application, the waters around Culebra, Culebrita and all the small cays within 9 nautical miles.

The North East Reserves (NER) priority area includes: the Cordillera Reef Marine Reserve, Las Cabezas de San Juan Reserve, Seven Seas National Park (a public bathing beach or *balneario*), the Seven Seas Natural Reserve and the newly designated North East Ecological Corridor. Specific issues for the conservation of the coral reefs in the NER priority area were identified: a) impacts of recreational activities, b) negative impacts of navigation of recreational boats and other recreation

and tourism activities on coral reef areas, c) need for community participation, d) the priority area should be extended South East to include the coral reefs present in Ceiba-Naguabo waters, e) training and capacity building needs of recreational service providers, and f) absence of management and enforcement to control human activities around coral reefs. The fact that recreational use of the coral reefs in Culebra and the NER priority areas is one of the major activities was reflected in the common issues, goals & objectives and projects presented by participants in these workshops.

In the priority area of Cabo Rojo the following specific issues for the conservation of the coral reefs were discussed: poor water quality due to human impacts, zoning problems: lack of same and/or very poor, need of field studies to determine no anchoring zones, based on density, lack of consistency in education and outreach programs, need specific data on status of fisheries in the area, adequate use of fishing gear, invasive species, and extend the priority area to the North West to include the mouth of the Guanajibo river.

The group identified the following issues as areas of concern for the conservation of the coral reefs in the Guánica priority area:

- Presence of visitors beyond carrying capacity/limit of acceptable change in the area.
- Need of BMPs in agriculture activities to prevent runoff.
- Inefficient used water treatment systems.
- Training and education needs of enforcement personnel.
- Extension of the priority area to the East, to include Guayanilla Bay, and to the West to include the coral reefs in La Parguera, Lajas.

Discussion

The issues of concern on the status of the coral reefs presented by the participants in the LAS workshops closely followed the technical reports on the status of the coral reef ecosystems presented by scientists and experts in the field, reflecting that there is an awareness of the coral reef conditions among the stakeholders.

The most prevalent issues are those stresses caused by human activities: such as

increase in sedimentation and contaminants, loss of water quality due to inland activities along the watershed and removal of essential coral reef species due to over fishing. These are similar to conditions found elsewhere in the tropics (Wilkinson, 2008).

The alternatives presented by the stakeholders to address these issues, are also very similar to those recommended by the global coral reef conservation organizations. Alternatives such as: increase of marine protected areas; better enforcement of laws and regulations to reduce impacts from tourism, marine recreation and fishing activities; application of best practices in agriculture and used water treatments to reduce erosion and sediment transport to the coral reef; implementation of best management practices in the marine protected areas and more efficient outreach, education and environmental communication programs to all citizens are all present in the projects presented by the stakeholders in all four-priority areas LAS workshops. Results from the four LAS workshops were delivered to the DNER.

Limitations

The only limitation encountered in this project was the extremely limited time to convene the workshops. With more time, it would have been possible to reach a more extended community to produce the LAS.

Conclusions

Participation in the LAS workshops, despite the short time, showed that there is a genuine interest for community participation in the conservation and protection of coral reefs in Puerto Rico. This is a good source for volunteer work in monitoring and other strategies proposed. Immediate or direct stakeholders have knowledge of the problems faced by the coral reefs, but there is a need to spread the outreach and education program inland to the watersheds that impact the coral reef. The collaboration between DNER and UMET for the development of the Puerto Rico's LAS 2011 opened new windows for community action in future conservation and protection strategies. The DNER must select among all the projects proposed, those that will make a longer impact for the conservation and protection of the coral reefs.

Acknowledgements

We thank the DNER personnel, specially for the constant collaboration of Ms. Damaris Delgado, Director Reserves and Refuges Division, Mr. Ernesto Díaz, Director Coastal Zone Management Program and Aileen Velazco, Coral reef specialist. Thanks to the School of Environmental Affairs/Metropolitan University

personnel; especially Ms. Sharon Torres, Administrative Assistant, Ivonne Archilla and Marisol Quiñones who did, in a very short call, all the necessary procedures to convene the LAS workshops. Thanks are given also to the graduate students Pedro de León and Héctor Horta for their support with the fieldwork.

Cited Literature

Department of Natural and Environmental resources [DNER] (2007). *Local action strategies report* [Draft]. 67pp.

Eakin, C. M., Kleypas, J., & Hoegh-Guldberg, O. (2008). Global climate change and coral reefs: rising temperatures, acidification and the need for resilient reefs. In: Wilkinson, C. (2008). *Status of coral reefs of the world: 2008*. Global Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research centre, Townsville, Australia, 296 pp.

Estudios Técnicos Inc. (2007). *Valoración económica de los arrecifes de coral y ambientes asociados en el este de Puerto Rico: Fajardo, arrecifes La Cordillera, Vieques y Culebra*. Informe Final DRNA/NOAA. 94 pp.

García-Sais, J. R., García-Sais, J., Appeldoorn, R., Battista, T., Bauer, L., Bruckner, A..., Williams, S. (2008). *The state of coral reef ecosystems of Puerto Rico*. In NOAA Technical Memorandum. NOS NCCOS 73 (pp 75-116)

García-Sais, J. R., Castro, R., Sabater, J., Clavell, J., Carlo, M., Esteves R., & Williams, S. (2010). Monitoring of coral reef communities from Natural Reserves in Puerto Rico: Isla Desecheo, Isla de Mona, Rincón, Guánica, Ponce, Caja de Muertos and Mayagüez, 2009-2010. Final Report submitted to the DNER, U.S. Coral reef National Monitoring Program, NOAA. 226 pp.

Hernández-Delgado, E. A., Toledo, C. G., Claudio H., Lassus, J., Lucking, M. A, Fonseca, J.,... Sabat, A. M. (2006). *Spatial and taxonomic patterns of coral bleaching and mortality in Puerto Rico during year 2005*. Satellite Tools and Bleaching Response Workshop: Puerto Rico and the Virgin Islands. St. Croix, U.S. Virgin Islands. 16 pp.

- National Marine Fisheries Services, Protected Resources Division, Caribbean Field Office (2009). *Progress made through NOAA Coral Reef Conservation Program on Puerto Rico's Local Action Strategies*. 11pp.
- National Oceanic Atmospheric Administration [NOAA] (2008). *The state of coral reef ecosystems of the United States and Pacific freely associated states: 2008*. NOAA Technical memorandum. NOS NCCOS 73. 566 pp.
- National Oceanic Atmospheric Administration [NOAA] (2010). *Puerto Rico's coral reef management priorities*. The Commonwealth of Puerto Rico and NOAA Coral Reef Conservation Program. Silver Spring, MD. 40 pp. Retrieved from: <http://coralreef.noaa.gov/aboutcrp/strategy/reprioritization/managementpriorities/>
- Norat-Ramírez, J., Mattei, H., & Hernández-Delgado, E. (2009). *Environmental impact of land use patterns on water quality and coral reef communities in Northeastern Puerto Rico*. Final Report to DNER/NOAA NA08NOS4190388. 80 pp.
- Ramos-Scharon, C. E. (2009). *The effects of land development on sediment loading rates into the coastal waters of the islands of Culebra and Vieques, Puerto Rico*. Report to DNER/CZM/NOAA. 94 pp.
- Scharer, M. T., Nemeth, M. I. & Diez, C. (2009). *Elkhorn coral population dynamics in Puerto Rico*. Final Report to NFWF #2006-0087-007. 61 pp.
- Valdez-Pizzini, M. (2011). *Una mirada al mundo de los pescadores en Puerto Rico: Una perspectiva global*. UPR Sea Grant College Program. UPRSG-G-209. 58 pp.
- Wusinich-Mendez, D., López-Rivera, M. & Diaz, E. (2007). Puerto Rico coral reef MPA summary. pp. 103-15. In: Wusinich-Mendez, D. and C. Trappe (eds.), *Report on the Status of Marine Protected Areas in Coral Reef Ecosystems of the United States Volume 1: Marine Protected Areas Managed by U.S. States, Territories, and Commonwealths: 2007*. NOAA Technical Memorandum CRCP 2. NOAA Coral Reef Conservation Program. Silver Spring, MD. 129 pp.

Perspectivas

en asuntos ambientales

Se abre un nuevo foro a la comunidad profesional y universitaria donde podemos compartir las diferentes perspectivas sobre asuntos ambientales. En este primer volumen convergen estudiantes, profesores y colaboradores externos enriqueciendo así la discusión pública actual de las situaciones ambientales. Con este esfuerzo, cumplimos con el objetivo de diseminar las ideas, perspectivas y el conocimiento que surge en la academia. A través de la exposición de las distintas colaboraciones, nuestro centro docente se plantea el posicionarnos como un foro de vanguardia abriendo la discusión sobre los asuntos que atañen al acontecer de los temas ambientales. Esperamos que este primer volumen estimule que más profesionales se motiven a compartir sus trabajos.

Carlos M. Padín Bibiloni, Ph.D.
Decano Escuela Asuntos Ambientales