

**UNIVERSIDAD METROPOLITANA
ESCUELA GRADUADA DE ASUNTOS AMBIENTALES
SAN JUAN, PUERTO RICO**

**VIABILIDAD DE LAS TÉCNICAS DE ECOLOGÍA DEL PAISAJE EN EL
PROCESO DE TOMA DE DECISIÓN DEL USO DEL TERRENO**

Requisito parcial para la obtención del
Grado de Maestría en Planificación
en Planificación Ambiental

Por
Laredo González Sánchez

30 de Noviembre de 2011

DEDICATORIA

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Facultad de la Escuela de Asuntos Ambientales de la UMET, particularmente al Comité de Tesis por su consejo y disponibilidad durante los cursos y la preparación del proyecto de planificación.

A mi familia y en especial a mi esposa Gloria por su apoyo y paciencia.

A mis compañeros de trabajo en Gabriel Bériz y Asociados por su confianza.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| LISTA DE TABLAS | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | ix |
| LISTA DE APÉNDICES..... | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT | xii |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 1 |
| Trasfondo del Problema de planificación | 1 |
| Problema de planificación..... | 6 |
| Justificación del Proyecto de planificación..... | 10 |
| Meta y objetivos | 12 |
| CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA | 13 |
| Trasfondo histórico | 13 |
| Marco conceptual..... | 25 |
| Estudios de caso..... | 37 |
| Marco legal..... | 43 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... | 57 |
| CAPITULO IV: ANÁLISIS DEL PROBLEMA | 71 |
| CAPITULO V: ALTERNATIVAS, ESTRATEGIAS Y PLAN DE ACCION..... | 102 |
| CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 107 |
| LITERATURA CITADA | 115 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Listado de especies de plantas y códigos | 121 |
| Tabla 2 Contribución de las especies a los ejes de ordenación..... | 123 |
| Tabla 3 Autovalores (Eigenvalues) y varianza acumulada..... | 124 |
| Tabla 4 Coordenadas de especies y parcelas a lo largo de los dos primeros ejes de ordenación del análisis de correspondencias. Los colores corresponden con la simbología de la Fig.6..... | 125 |
| Tabla 5 Comportamiento de las métricas a nivel de CCS y Paisaje de 2002 a 2010 en el la Comunidad Montesoria, Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico | 127 |
| Tabla 6 Porcentaje de cambio de las métricas del paisaje de 2002 a 2010 en el la Comunidad Montesoria, Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico | 130 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 1 | Árbol de problemas..... | 132 |
| Figura 2 | Ubicación del proyecto Montesoria II y III, Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico (cuadrángulo topográfico USGS) | 133 |
| Figura 3 | Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB) | 134 |
| Figura 4 | Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II (al sur, en construcción) y III (al norte) (Imagen Mosaico OGP 2009-10 ORTO RGB) | 135 |
| Figura 5 | Localización de contactos con la mariquita o capitán <i>Agelaius xanthomus</i> (Aves: Icteridae) en Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)..... | 136 |
| Figura 6 | Localización de 53 parcelas de muestreo de vegetación (20m x 20m) en terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)..... | 137 |
| Figura 7 | Resultado del análisis de correspondencias para los ejes I y II de ordenación de tipos de vegetación o hábitat..... | 138 |
| Figura 8 | Localización de contactos con la Mariquita o Capitán <i>Agelaius xanthomus</i> (Aves: Icteridae) en los tipos de hábitat descritos en terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)..... | 139 |
| Figura 9 | Clasificación digital parcialmente supervisada de terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)..... | 140 |
| Figura 10 | Clasificación digital parcialmente supervisada de terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (mosaico OGP 2009-10 ORTO RGB)..... | 141 |
| Figura 11 | Clasificación de coberturas del terreno en comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (al norte y sur) (PR-LANDCOVER-MAP-2006)(Tesela 15m x 15m)..... | 142 |

LISTA DE APÉNDICES

| | |
|--|-----|
| Apéndice 1 Formulario para recolectar información de <i>Agelaius xanthomus</i> en el campo. | 144 |
| Apéndice 2 Formulario para recolectar información de vegetación. | 145 |
| Apéndice 3 Hoja de cotejo de información para DIAS-E. | 146 |

RESUMEN

Las herramientas que permitan analizar cuantitativamente los efectos del uso del terreno en la composición y configuración del paisaje, pueden ser de utilidad en el proceso de toma de decisiones y selección de alternativas de los planes de ordenación territorial (POT) municipal, planes regionales o suprarregionales. Revisamos el marco legal y reglamentario de la planificación del uso del terreno, así como los requisitos de información para la preparación de la Declaración de Impacto Ambiental Estratégica (DIA-E) de los POT. Encontramos que la legislación vigente dispone la adopción de un plan de usos del terreno para Puerto Rico, pero este aún no se ha aprobado. Vimos que información requerida reglamentariamente para la preparación de las DIA-E, es de naturaleza cualitativa, descriptiva o enumerativa, lo cual limita el análisis de los efectos espaciales de los usos del terreno propuestos y restringe la evaluación de los planes por parte de las agencias reguladoras. Además, los aspectos de estructura y funcionamiento del paisaje están casi ausentes de las DIA-E. Utilizamos el Análisis de Correspondencias y varias métricas del paisaje, sobre un espacio de 80.2853 ha, en el Barrio Aguirre de Salinas. Comparamos cuantitativamente los mapas digitales de coberturas del suelo en 2002 y 2010. Identificamos áreas de importancia para *Agelaius xanthomus* (Aves: Icteridae). Detectamos la generación de condiciones negativas para el paisaje (fragmentación, reducción e impermeabilización), debido a la ejecución del proyecto Montesoria-II. Se reitera la necesidad de adoptar un Plan de Usos del Terreno para Puerto Rico, el cual contenga un sistema uniforme de clasificación del suelo, que considere al paisaje como unidad de planificación y que tenga en cuenta el efecto de los usos del suelo sobre su estructura. Se proponen criterios de validación de alternativas que ayuden a preservar elementos clave del funcionamiento del paisaje. Se propone enmendar el reglamento 7948, para que las DIA-E propicien el análisis cuantitativo del efecto del plan propuesto sobre el paisaje. Se propone mantener un banco central de información, que facilite la evaluación de los planes a las agencias concernidas y la participación activa de la ciudadanía en el proceso de la planificación.

ABSTRACT

Tools to quantitatively analyze the effects of land use in the composition and configuration of the landscape, can be useful in the process of decision-making and selection of alternatives for municipal territorial (POT) management plans, regional or supra-regional plans. We review the legal and regulatory framework of the land use planning, as well as the information requirements for the preparation of the statement of strategic environmental impact (DIA-E) of the POT. We find that the legislation in force stipulates the adoption of a plan of uses of the land for Puerto Rico, but this has not yet been adopted. We saw that information required according to the rules for the preparation of the day-E, is of a qualitative, descriptive, or enumerative nature, which has limited the analysis of the spatial effects of the uses of the land and restricts the evaluation of the plans by regulatory agencies. In addition, aspects of structure and function of the landscape are almost absent from the DIA-E. We use a correspondence analysis and several metrics of the landscape, on an area of 80.2853 ha, in the Barrio Aguirre Salinas. We quantitatively compare digital maps of soil coverage in 2002 and 2010. We identify areas of importance to *Agelaius xanthomus* (Bird: Icteridae). We detect the generation of negative conditions for the landscape (fragmentation and reduction), due mainly to the construction of the Montesoria-II project. We reiterates the need for a land use Plan for Puerto Rico, which contains a uniform system of classification of the soil, that consider the landscape as a planning unit and took into account the effect of the uses of the ground on its structure. We proposed criteria for validation of alternatives to help preserve key elements of the functioning of the landscape. We recommend amending the regulation 7948, to the DIA-E in order to provide appropriate information for quantitative analysis of the effect of the plan proposed on the landscape.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Trasfondo del Problema de planificación

Debido a que toda acción desarrollada en un predio tiene un impacto, las condiciones ambientales existentes en el mismo deben ser uno de los factores concluyentes en la determinación del uso final del terreno, sea este de tenencia pública o privada. Un predio de terreno no existe en el vacío, es parte de un mosaico paisajístico que se forma a partir de la combinación de elementos naturales (tipos de suelo, relieve, cuerpos de agua, vegetación, vida silvestre, etc.), tipos de usos ya aplicados al paisaje que lo transforman (terrenos agrícolas, áreas urbanizadas, carreteras, etc.) y procesos espaciales que los interrelacionan. Por lo tanto al asignar un nuevo tipo de uso a un área o predio, debemos considerar que su materialización siempre influirá, en el paisaje como sistema y en las interacciones de los diferentes elementos de este, en una forma y magnitud relacionada al tipo de acciones autorizadas, a su envergadura y extensión.

El paisaje funciona como un sistema de ecosistemas, cuyos procesos están relacionados entre sí, a través de una trama ecológica (Laforteza & Brown, 2004). Así mismo, los procesos de toma de decisión de uso del terreno deben ser sensibles a esta realidad y llevarse a cabo utilizando las técnicas apropiadas y a escalas capaces de detectar dicha complejidad (Geneletti & Pistoichi, 2001; Laforteza & Brown, 2004) para poder atender los problemas prácticos de la sociedad, sin causar interrupciones, muchas veces irreversibles, en el sistema natural. Entre las consecuencias de no implementar una estrategia coherente de usos del terreno, que considere su interacción constante con otros elementos del paisaje, tenemos: el desparrame urbano, la fragmentación de hábitats, el

agotamiento de suelos agrícolas, la extinción de especies, sedimentación o desaparición de cuerpos de agua, etc.

En Puerto Rico, la planificación del uso del terreno es conducida a nivel estatal y municipal. La Junta de Planificación (JP), aunque no ha aprobado un Plan de Usos de Terrenos al nivel de Puerto Rico o sus regiones, genera directivas de planificación y uso del suelo, a partir de las leyes y reglamentos que administra. También produce documentos que rigen el uso del terreno en áreas específicas (Ej. Planes de Desarrollo Integral). También, los municipios, al amparo de la Ley de 81 del 31 de Agosto de 1991, según enmendada, conocida como Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, generan directivas reglamentarias de planificación de uso del terreno, los Planes de Ordenación Territorial (POT). Dichos planes, para constituirse como documentos finales, deben ser adoptados por la Junta de Planificación y aprobados por el Gobernador de Puerto Rico.

En el proceso de establecer la clasificación y calificación de los diferentes predios durante la preparación de los Planes de Ordenación Territorial de los municipios, se requiere, fundamentalmente, información ambiental de tipo enumerativa y censal como son los inventarios de flora y fauna, establecer la presencia/ausencia de sistemas naturales o de determinados usos como zonas de tranquilidad, etc. (JCAa, 2006), así como técnicas de delimitación espacial de alto grado de generalidad debido a que, entre otras, se persigue cumplir con los requerimientos reglamentarios de información. También influye la combinación de otros factores como las restricciones jurisdiccionales, la extensión de terreno involucrada, la escala utilizada para la delimitación, la falta de uniformidad en el

nivel de información disponible para cada unidad de planificación y el presupuesto con que se cuenta para la preparación del plan.

Debido a esto, y aun cuando las agencias ambientales revisan, comentan y endosan los documentos ambientales preparados como parte del proceso de aprobación de dichos planes y los mismos se adoptan y aprueban, a la hora de materializar una acción en un predio, y aun cuando esta acción esté acorde al uso asignado, la aplicación de leyes y regulaciones ambientales, puede tener un efecto significativo en los aspectos económicos, de diseño y ejecución de las acciones. Dicho efecto puede ser tan drástico, que puede llegar a reconformar la manifestación espacial final de la acción o su materialización. Para que los usos del suelo puedan concretarse según determinados, se requiere que el análisis de las condiciones ambientales de los predios y la evaluación de los impactos concretos de las acciones propuestas, consideren su posición y papel en el paisaje y se lleven a cabo a un nivel de especificidad y de detalle espacial, mucho mayor que aquel empleado o requerido reglamentariamente en la preparación de los documentos ambientales.

La legislación ambiental estatal y federal vigente, establece condiciones, restricciones, normas de mitigación y penalidades al impacto de las acciones de desarrollo sobre el medio natural que pueden, y de hecho así ocurre, alterar el proceso de toma de decisiones y las estrategias de planificación en cuanto a uso del terreno. En la propia documentación de los planes, podemos encontrar, la instrucción de que deberán realizarse estudios ambientales específicos, a la hora de proceder con tal o cual acción prevista para una determinada área, teniendo en cuenta las leyes y reglamentos aplicables (JP, 1995).

Las condiciones ambientales de los predios de terreno, al evaluar acciones desarrollo, son documentadas a través varios tipos de instrumentos ambientales (formulario ambiental, evaluación ambiental, declaración de impacto ambiental y estudios especiales). Estos poseen diferentes requerimientos de información y diferentes niveles de complejidad, el cual está determinado, usualmente, por el tipo de acción, su extensión o envergadura.

Como parte de la preparación de los planes de ordenación de los municipios, según establece la Ley de 81 *supra*, se elabora una Declaración de Impacto Ambiental Estratégica (DIA-E). Dicho documento ambiental es parte del requisito ineludible de cumplimiento con el artículo 4.B. (3) de la Ley 416 del 22 de septiembre de 2004, según enmendada, conocida como Ley sobre Política Publica Ambiental. En el pasado el cumplimiento ambiental era otorgado por la Junta de Calidad Ambiental, la cual certificaba el cumplimiento con la Ley 416 *supra*. Tras la aprobación de la Ley 161 del 1ro de diciembre de 2009, según enmendada, conocida como Ley Para la Reforma del Proceso de Permisos y a partir del 1ro de diciembre de 2010, el cumplimiento ambiental, en casos no certificados o discrecionales, es otorgado por la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe).

Por otra parte, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), particularmente su División de Consultas y Endosos, también revisaba el documento ambiental sometido como parte de un POT, consulta de ubicación o acción de desarrollo. En el caso de las acciones de desarrollo y de otorgar el endoso positivo, el DRNA emitía opiniones, establecía requisitos (Ej.: cumplimiento con reglamentación aplicable) y fijaba condiciones y responsabilidades de mitigación, que debían cumplirse para llevar a cabo el

proyecto propuesto. Una porción considerable de esta función fue absorbida también por la OGPe que ahora expide recomendaciones a las diferentes agencias.

Durante esta trama de identificar y aplicar las leyes y regulaciones ambientales pertinentes, como parte del proceso de desarrollar un predio, de manera consistente a su uso asignado, se producen diferentes escenarios, mediados por el tipo y nivel de información empleado en la toma de decisiones acerca del uso, que pueden dar al traste con lo establecido en un POT y alterar la intensidad de planificación. Uno de estos escenarios puede ser la imposición de responsabilidades de mitigación o la no otorgación de endosos o permisos por parte de las agencias ambientales, imposibilitando la ejecución de la acción de desarrollo. Aun cuando una acción de desarrollo sea endosada por las instrumentalidades gubernamentales concernidas, la aplicación de normas de mitigación puede tener un impacto económico de tal magnitud, que haría peligrar seriamente la viabilidad de una acción de desarrollo. La adopción de soluciones *ad hoc* o modificaciones a los planes para tratar de manejar estas situaciones, puede traer como consecuencia impactos ambientales imprevistos, reducción en la efectividad de atender las necesidades de la población y una mayor erogación de fondos públicos.

La ecología del paisaje ofrece un enfoque integrador y técnicas de análisis espacial que le permite afrontar el reto de derivar indicadores de distribución óptima, a partir de estudios del espacio (Geneletti & Pistochi, 2001). Si, en el proceso de planificación, se utiliza el enfoque y escala apropiados al establecer los usos de terreno, de manera que satisfagan las necesidades de la sociedad, pero tenga en cuenta los efectos en el paisaje como sistema, aflorará la urgencia de optimizar los usos presentes y se podrá articular una política coherente que considere soluciones verdaderamente sustentables,

acorde a la realidad territorial y ecológica del área, la región y Puerto Rico. En definitiva la sociedad no ocurre al margen del ambiente, sino que es parte del mismo sistema.

Problema de Planificación

En Puerto Rico no existe aún un Plan de Usos de Terrenos a nivel nacional. Se requiere un documento, que actúe como instrumento director y norme de forma integral, con una visión abarcadora y un enfoque sustentable el uso del suelo, en concordancia con la realidad territorial de un archipiélago limitado en extensión, con un paisaje altamente fragmentado, una variabilidad topográfica significativa y una densidad poblacional elevada (Padín, Juncos, Hernández, Rivera Santana, & Lara, 2009).

Tras la aprobación de la Ley 81 *supra*, muchos municipios de Puerto Rico iniciaron los procesos para preparar y aprobar sus respectivos Planes de Ordenación Territorial (POT). El uso del suelo en dichos planes se clasifica en tres grandes categorías: suelo urbano, suelo urbanizable y suelo rústico. Es en estas dos últimas categorías de uso del suelo, donde se centra, directa o indirectamente, la mayor presión de transformación, donde convergen espacialmente, las acciones de desarrollo con diferentes elementos del hábitat y la vida silvestre y donde afloran mayormente, los conflictos entre la intención de ejecutar acciones de desarrollo y el cumplimiento con la legislación y reglamentos ambientales aplicables, lo cual nos trae a la pregunta si realmente debieron ser designados dichos terrenos para esos usos, si habían otras alternativas para solucionar los problemas abordados o si la delimitación espacial del uso es apropiada.

La limitación del espacio físico en Puerto Rico, dada sus condiciones geográficas, requiere con urgencia, la adopción de un enfoque sustentable del uso de la tierra y la

adopción, de un sistema participativo y conceptualmente integrador que permita considerar las características y manifestaciones espaciales de los fenómenos naturales a nivel de paisaje y su interrelación con los usos presentes y futuros del suelo. Las nuevas estrategias deben viabilizar que se compatibilice la satisfacción de las necesidades de la población, con el uso adecuado del espacio y los recursos naturales.

La construcción de viviendas es, entre los proyectos de construcción en Puerto Rico, de los más demandantes en cuanto a uso de espacio físico, sobre todo porque aún se continúa favoreciendo la expansión horizontal de viviendas unifamiliares en terrenos fuera de las áreas urbanas, generando desparrame. La necesidad de vivienda accesible es un problema manifiesto en la Isla, donde los proyectos de vivienda de bajo costo se llevan a cabo por iniciativa privada y también promovidos por el gobierno (Ej. Departamento de la Vivienda) en terrenos de tenencia privada y en otros bajo jurisdicción de entidades públicas (Ej. Autoridad de Tierras). Dada las características de este tipo de vivienda, y para mantener los precios de venta a niveles asequibles, se destinan a su construcción incentivos y fondos de origen municipal, estatal y federal, para reducir costos y facilitar su adquisición por parte de la población.

En proyectos promovidos por el Departamento de la Vivienda y sus programas (Ej: Nuevo Hogar Seguro) se adquieren, por medio de compra, transferencia o expropiación, predios de tenencia pública (Ej: Autoridad de Tierra) o privada, donde construir este tipo de viviendas. Los predios seleccionados, pueden estar zonificados en un Plan de Ordenación Territorial para este tipo de acción o requerir una consulta de ubicación.

El hecho de no considerar el tipo y nivel de información ambiental apropiados, al tomar decisiones sobre el uso del terreno, puede limitar el análisis de alternativas y generar conflictos a la hora de que se intente ejecutar acciones programadas. Por ejemplo, aunque un tipo de acción propuesta esté en concordancia con el uso de terrenos permitido, si, en el proceso de preparar el documento ambiental y recibir los comentarios de las agencias concernidas, se determina, por ejemplo, que el predio se ubica dentro del área de distribución conocida de una especie amenazada, al proponente, (Ej. el Departamento de la Vivienda) se le requiere, adicional al documento ambiental regular, realizar estudios especiales, que documenten la presencia y uso del predio por la especie. Así mismo la presencia de sistemas naturales bajo jurisdicción federal, como Aguas de los Estados Unidos y humedales, requiere procedimientos especiales de documentación, obtención de permisos y responsabilidades de mitigación. Como resultado de este proceso la acción de desarrollo podría no obtener los fondos o endosos necesarios para concretarse o su ejecución condicionarse a compromisos de mitigación que afecten su viabilidad económica.

Por otro lado el impacto a especímenes arbóreos existentes en el predio, puede generar una responsabilidad adicional de mitigación (reforestación, adquisición de terrenos o pago de un monto de entre \$65.00-\$100.00 por árbol a sembrarse). Esta también puede representar un impacto económico significativo adicional en proyectos de este tipo (interés social), cuyo presupuesto de construcción es limitado y sus márgenes de ganancia o rentabilidad estrechos.

Por otra parte, en el año 2004 el DRNA completa el proceso de aprobación de los reglamentos No.6765 (Reglamento de Vida Silvestre) y No. 6766 (Reglamento de

especies amenazadas o en peligro de extinción), los cuales implementan las disposiciones de mitigación relativas al impacto a un Hábitat Natural (según dispone la Ley 241 del 15 de agosto de 1999, conocida como Nueva Ley de Vida Silvestre de Puerto Rico). Debido a la manera en está definido el Hábitat Natural, sus diferentes categorías y normas de mitigación, la aplicación de dicha reglamentación, puede afectar, de manera importante, el presupuesto económico de construcción de las acciones de desarrollo y su viabilidad, pues tiene el efecto neto de aumentar sensiblemente el costo de la tierra. Este hecho expone, nuevamente, la necesidad de delinear estrategias, que guíen la recopilación de la información adecuada, para la preparación de los documentos ambientales que se elaboran como parte de los procesos de toma de decisión sobre el uso del terreno.

Un ejemplo concreto lo encontramos en el proyecto de vivienda de interés social Montesoria II y III, promovido por el Departamento de la Vivienda, en un predio de 54.35 cuerdas localizado en el Barrio Aguirre, Salinas, Puerto Rico, que está zonificada como SUP (suelo urbanizables programados) por el POT del municipio de Salinas. Este predio se encuentra dentro del área de distribución potencial de una de las poblaciones de mariquitas (*Agelaius xanthomus*, Aves: Icteridae), una especie endémica de Puerto Rico que se encuentra listada como en peligro de extinción a nivel estatal y federal.

Como posibles consecuencias de esta coincidencia espacial están, la imposibilidad de utilizar el predio, la inaccesibilidad a fondos federales para la construcción del proyecto y la imposición de responsabilidades de mitigación y no concesión de endosos por parte del DRNA. Cualquiera de estas situaciones, puede conllevar a la imposibilidad de construir el proyecto, lo cual reduciría la capacidad de satisfacer las necesidades de la

población en cuanto a la oportunidad de adquirir una vivienda accesible y derrotaría el esfuerzo de haber planificado el uso del suelo para solucionar este problema.

Justificación del Proyecto de Planificación

Puerto Rico es un archipiélago de extensión limitada, topografía compleja, alta densidad poblacional y un paisaje altamente fragmentado a consecuencia de una historia económica de agricultura extensiva y construcción poco planificada (Padín, Juncos, Hernández, Rivera Santana, & Lara, 2009). Todo lo cual obliga a los planificadores a estructurar estrategias sustentables de uso del suelo que puedan llevarse a cabo en la práctica, que atiendan la realidad del paisaje urbano y rural de la isla y compatibilicen la satisfacción de las necesidades de la sociedad con la conservación y usos racional de los recursos naturales.

Uno de los indicadores de éxito de un plan es que las acciones delineadas, sean puestas en práctica (Hopkins, 2001). Entre las propiedades importantes de las acciones trazadas en los procesos de toma de decisión del uso de la tierra, están su interdependencia y su irreversibilidad, pues los espacios determinados para tal o cual uso, no existen en un vacío sino que forman parte de un sistema, el paisaje, y una vez que los usos propuestos son llevados a la práctica, las condiciones y procesos originales, son alterados hasta el punto que su restitución puede ser imposible o extremadamente costosa.

Para poder tomar decisiones sobre uso de la tierra, así como producir instrumentos de planificación cuyas acciones programadas sean viables y compatibles con la realidad del paisaje de Puerto Rico, se hace necesario elevar el nivel de información espacial cuantitativa y analítica que es solicitado de forma reglamentaria

para la elaboración de los documentos ambientales requeridos. También identificar técnicas de estudio, que permitan definir, cuantitativamente, la expresión espacial del ambiente, la vegetación, tipos de hábitat y poblaciones de vida silvestre. Así se podrá registrar, no solamente la existencia de una condición ambiental, cultural, o histórica, sino también su significado como parte del paisaje y sus interacciones con otros usos definidos y con los diferentes procesos que subyacen a dichas interacciones.

De esta manera se podrá aumentar la capacidad de predecir, durante el proceso de toma de decisiones de uso del suelo, el alcance de los impactos y establecer los usos permisibles de la tierra. Así se podrán ejecutar las acciones programadas de manera planificada, no como soluciones *ad hoc*, de manera diligente, facilitar la actividad económica y viabilizar, sin actuar en detrimento del ambiente, la concretización del papel equilibrador del Estado, a través de sus planes, en la satisfacción de las necesidades de la población y del derecho del propietario privado en perseguir y alcanzar la felicidad y el bienestar a través del uso de la propiedad.

El enfoque integral, la escala y los métodos de estudio de la ecología del paisaje, especialmente aquellos que envuelven el uso de técnicas de estadística multivariada y sistemas de información geográfica, ofrecen la posibilidad de analizar cuantitativamente la manifestación espacial de los fenómenos ambientales multidimensionales y generar soluciones que establezcan los usos permisibles del terreno acorde con los principios de la sustentabilidad y conservación de los recursos naturales. Estos métodos pueden ser aplicados desde la fase de elaboración del documento ambiental de consultas de ubicación, las DIA-E de los Planes de Ordenación Territorial de los municipios y en la futura concepción de un Plan de Usos del Terreno nacional, para propiciar la

consideración de estrategias de planificación que prevengan el desparrame urbano, atiendan las necesidades de la población de forma sustentable y en armonía con el ambiente y reduzcan los conflictos de cumplimiento con la legislación y regulación ambiental, al momento de la ejecución de acciones permitidas.

Meta

La meta de este proyecto de planificación es evaluar la viabilidad de las técnicas de ecología del paisaje en la toma de decisión del uso del terreno.

Objetivos

Para alcanzar dicha meta nos hemos trazado los siguientes objetivos:

- 1) Analizar los procesos, marco legal e instrumentos de planificación y designación de usos del terreno en Puerto Rico, para hacer recomendaciones de política pública.
- 2) Evaluar las técnicas de la ecología del paisaje, para seleccionar las más apropiadas para proveer apoyo al proceso de toma de decisiones de uso del terreno en Puerto Rico.
- 3) Desarrollar estrategias de planificación que apoyen, a partir de una visión integral del paisaje, los procesos de evaluación ambiental necesarios para asegurar el mejor uso del terreno en conformidad con las leyes y reglamentos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Trasfondo Histórico

El uso de la tierra y los cambios en la cobertura del suelo constituyen componentes importantes de los cambios ambientales a nivel global (Grau, Aide, Zimmerman, Thomlinson, Helmer, & Zou, 2003). En esta sección trataremos de recoger, los eventos económicos y culturales de la historia Puerto Rico, especialmente de su historia reciente (1942-presente) los cuales, junto a los esfuerzos legislativos y reglamentarios dirigidos a normar el uso de la tierra y la conservación del ambiente en la Isla.

El modelo económico de un país o región es un factor importante en la manera en que se delimitan los usos del suelo. Después del descubrimiento todas las tierras de Puerto Rico eran propiedad de la Corona Española que repartía los terrenos en lotes de gran extensión llamados “hatos” (Domínguez Cristobal, 2000).

La economía de Puerto Rico ha transitado por varias etapas (JP, 1979) que, a través de su impacto en el uso del suelo, han contribuido de manera particular a conformar el mosaico paisajístico que observamos hoy. Por ejemplo, como resultado de la explotación extensiva de la tierra para su uso en ganadería, plantaciones de caña de azúcar y la extracción de madera, la cubierta forestal de Puerto Rico se redujo a un 10% del territorio a finales de los años 30 (Grau, Aide, Zimmerman, Thomlinson, Helmer, & Zou, 2003).

El giro económico ocurrido en Puerto Rico a finales de los años 40, favoreció el desarrollo de la manufactura sobre la agricultura (Grau, Aide, Zimmerman, Thomlinson,

Helmer, & Zou, 2003). Las tierras agrícolas se redujeron de un 85% a un 37% en cuarenta años y la cobertura forestal comenzó a recuperarse de manera distinta en diferentes partes de la isla hasta cubrir un 42% del territorio al inicio de los años 90 (Helmer, Ramos, López, Quiñones, & Díaz, 2002). No obstante, un nuevo uso, que demandaba características espaciales similares a la agricultura, comenzó a ocupar el abandonado paisaje agrícola y las áreas forestadas, la urbanización cuya ocupación superaba el 14% al inicio del siglo XXI (López, Aide, & Thomlinson, 2001).

La tenencia de grandes extensiones de tierra en manos privadas también influye en la planificación del uso del suelo y pese a muchos esfuerzos, la proporción en cuanto a la tenencia de los terrenos en Puerto Rico, aún favorece al sector privado (JP, 2006). Intentando atender este asunto, en el 1934 se redacta, por parte de un comité nombrado por el Presidente de los Estados Unidos, un plan que apuntaba, entre otros asuntos, a limitar la tenencia de la tierra. Este se conoció como el Plan Chardón (Domínguez Cristobal, 2000):

“aplicar en un sentido literal las limitaciones de los 500 acres contenidos en la Ley Foraker, la adquisición por parte del gobierno de los terrenos excedentes, a través de una autoridad constituida por ley, la repartición de los terrenos entre campesinos y el cultivo cooperativo de terrenos, dedicados especialmente a introducir siembras tropicales con potencial de mercadeo”

Aunque el plan Chardón no se puso en práctica, debido, entre otros, a conflictos entre los partidos de la época, decisiones judiciales en contra de la aplicación de sanciones por la tenencia de más de 500 acres y la conclusión de las agencias federales de que no se podía adquirir terrenos con fondos públicos (Domínguez Cristobal, 2000), su

discusión fue importante para resaltar la importancia de la planificación económica y la necesidad de una visión integral de país. Entre otros esfuerzos de sumar tierra bajo control público continuaron y tras la creación de la Administración de Reconstrucción de Puerto Rico (ARPR) a través de la Orden Ejecutiva 7057 del 28 de Agosto de 1935, esta entidad, que contaba con una división forestal y un programa de adquisición de terrenos que puso, como propiedad del pueblo de Puerto Rico alrededor de 18,000 cuerdas forestales. (Domínguez Cristobal, 2000).

En lo que constituyó el paso más importante que se tomaba hasta entonces , por parte del gobierno de Puerto Rico, en la dirección de crear un organismo responsable de aplicar la planificación como herramienta de dirección de desarrollo, en 1942, se crea la Junta de Planificación, Urbanización y Zonificación de Puerto Rico (La Junta), la cual tenía entre sus objetivos principales la formulación de un Plano Regulador para guiar el desarrollo de Puerto Rico en sus componentes físico, social y económico y la preparación de planos y reglamentos de urbanización, zonificación, notificación y usos de terrenos. (Ley 213 del 12 de Mayo de 1942, conocida como Ley Orgánica de la Junta de Planificación, Urbanización y Zonificación de Puerto Rico). En su origen, y como parte del proyecto que crea la agencia, esta entidad gubernamental no debería estar subordinada o formando parte de ninguna de las tres ramas de poder del sistema, sino que operaba como una instrumentalidad autónoma. Realmente funcionó separada de los tres poderes por espacio de unos meses, pero luego paso a formar parte de la Oficina del Gobernador bajo la Rama Ejecutiva, tal como lo está hoy en día.

En esos momentos se comienzan a definir determinados usos del terreno, los cuales se plasmaron en reglamentación “por distritos o por zonas para terrenos públicos

y para terrenos privados”, entre ellos se encontraban: terrenos para edificios, industria, comercio, transporte, residencia y recreo (Picó, 1952). También se disponía en dicha Ley, la creación de Comisiones Locales de Planificación en los municipios de Puerto Rico. A estas comisiones le serían delegados determinados poderes y atribuciones por La Junta, pero esta se reservaba el derecho de limitar su rango de acción y revisar sus decisiones, reglamentos o mapas generados a nivel local. Las asambleas municipales adquirirían, con respecto a las comisiones locales de planificación, el mismo carácter que el Consejo Ejecutivo con La Junta pero estos nunca funcionaron en propiedad (Ortiz-Quñones, 1983). En esta instancia comenzamos a vislumbrar una mira de permitir la generación de documentos de planificación a nivel de municipio. También se generan los llamados planos reguladores que desarrolla la JP para los municipios. Un esfuerzo que desarrolla un perfil de la condición de los municipios y el precedente de lo que hoy conocemos como los Planes de Ordenación Territorial con distinta estructura político administrativa, aunque se mantenía a La Junta como un ente director e integrador. En enmiendas a la Ley 213 *supra*, realizadas desde finales de los 40 y durante los 50, se autorizaba a la Junta a establecer los límites de los municipios y barrios, a declarar las zonas de arrabal, adquirir terrenos para parques, etc.

La presencia del ambiente y los recursos naturales como criterio a considerar en la planificación y el uso del terreno, se reforzó en la década de los años 70 con la creación dos agencias que en lo adelante encabezarían los esfuerzos de política pública ambiental (López-Feliciano, 1999): La Junta de Calidad Ambiental, JCA (Ley Núm. 9 de 18 de junio de 1970, según enmendada, conocida como Ley sobre Política Pública Ambiental) y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, DRNA (Ley 23 del 20 de Junio

de 1972). Dichas instrumentalidades del estado establecen los parámetros de calidad ambiental y los criterios de evaluación del ambiente, documentación de impactos ambientales, limitaciones de uso, etc., los cuales inciden de forma fundamental en el proceso de la planificación del uso de la tierra.

Un poco más tarde, en 1975, se reformula la misión y funciones de la instancia principal de planificación en Puerto Rico, que en adelante se le conocería como Junta de Planificación de Puerto Rico, JP (Ley 75 de 1975, según enmendada, conocida como Ley Orgánica de la Junta de Planificación). Entre las misiones principales de este organismo, está la formulación de guías directoras del desarrollo, en sus componentes, físico, social y económico. En 1977, la JP adopta el documento “Objetivos y políticas públicas del plan de usos de terrenos de Puerto Rico” con el propósito de guiar a las agencias públicas (Padín, Juncos, Hernández, Rivera Santana, & Lara, 2009) a “...iniciar un proceso de cambio en los patrones de uso de la tierra en Puerto Rico y corregirlas deficiencias observadas durante treinta años de planificación física de la Isla.”. En 1979 se adopta el Plan de Desarrollo Integral para Puerto Rico (PDIPR) que tuvo la finalidad de guiar a los organismos gubernamentales en la formulación de sus planes, desarrollos y proyectos (JP, 1979). Este se quedó como un documento guía, pero nunca se implantó como su propósito fundamental de guiar el desarrollo y el ordenamiento del territorio y de los usos en Puerto Rico. Tampoco la JP llegó a preparar el plan de usos del terreno para todo Puerto Rico, pero sí algunos planes regionales y para áreas de planificación especial (JP, 2006).

En esos años se toman otras medidas dirigidas a la conservación de determinados recursos naturales y que han jugado un papel importante en las designaciones de usos del

suelo en Puerto Rico. Entre los recursos a los que se les presta atención y protección especial están los bosques (Ley 133 del 1ro de Julio de 1975, conocida como la Ley de Bosques de Puerto Rico, según enmendada), las aguas (Ley 136 del 3 de Junio de 1976, conocida como Ley para la Conservación, el Desarrollo y Uso de los Recursos de Agua en Puerto Rico, según enmendada), la zona costanera, la zona marítimo terrestre y las playas (Programa de Manejo de la Zona Costanera de 1978 y Reglamento de Planificación No. 17 del 24 de Noviembre de 1982, conocido como Reglamento de Zonificación de la Zona Costanera y de Acceso a las Playas y Costas de Puerto Rico

Toda decisión de planificación debe apoyarse en información confiable, pertinente y actualizada. Por lo tanto, los bancos de información son vitales en los procesos de toma de decisiones, por ello debemos destacar la creación del Programa de Patrimonio Natural del DRNA (Ley Núm. 150 de 4 de agosto de 1988) el cual prepara y mantiene un banco de datos ambientales bajo la División de Inventario Científico, la cual es responsable de mantener y actualizar el inventario científico de los recursos naturales de Puerto Rico y del uso de la tierra.

Un evento que alteró el sistema de planificación centralizado en Puerto Rico, fue la Reforma Municipal y la aprobación de la Ley de 81 del 31 de Agosto de 1991, conocida como Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, según enmendada. Esta Ley promueve una gradual descentralización de la planificación al establecer, en su Capítulo XIV, Artículo 14.003 y 14.004, la transferencia a los municipios de Puerto Rico, a través de acuerdos entre ellos y la JP, de determinados poderes y competencias, a tenor con el alcance de determinados niveles de jerarquía.

También la Ley 81 faculta a los municipios a “Establecer política, estrategias y planes dirigidos a la ordenación de su territorio, la conservación de sus recursos y a su óptimo desarrollo, sujeto a lo dispuesto en esta ley”. En su Capítulo XIII, ella establece la política pública, metas y objetivos, definiciones y transferencia de poderes, relacionados a la preparación y aprobación de los Planes de Ordenación para su posterior adopción por la JP y aprobación por el Gobernador de Puerto Rico.

En mencionado capítulo XIII de la Ley 81 *supra*, se establece que los municipios podrán establecer los POT teniendo en cuenta para los Planos de Clasificación, tres categorías de clasificación principales; suelo urbano, suelo urbanizable (programado y no programado) y suelo rústico (común y especialmente protegido) y para los planos de calificación, los distritos de ordenación aprobados por la JP u otros que puedan definir los municipios. Este último punto, aunque persigue atender la especificidad territorial en cada municipio, promueve diferencias en conceptualización y nomenclatura entre distritos de ordenación que atienden condiciones similares en municipios diferentes y abona a la generación de un sistema de clasificación de usos de suelo heterogéneo el cual, una vez que trascendemos las Categorías de Clasificación, resultaría difícil de consolidar en un sistema integrado que pretenda ser sistemático y predecible.

El 20 de mayo de 1994 se pone en vigencia el Reglamento de Planificación No. 24, conocido como Reglamento sobre los Planes de Ordenación Municipal y la transferencia y Administración de Facultades. Este reglamento implementa las disposiciones de la Ley 81 *supra*,

Casi veinte años después, la ordenación del territorio a nivel municipal es ya una realidad. Según refleja el reporte de situación de los planes de prdenación preparados por

la JP el 14 de Febrero de 2011, cuarenta y dos (54%) de los setenta ocho municipios de Puerto Rico poseen POTs aprobados. Los restantes treinta y seis municipios poseen POTs en diferentes fases, pero veintisiete de ellos (75%) ya están en fase IV (plan final).

La responsabilidad de mitigar los impactos al ambiente, es un componente importante de la legislación ambiental estatal y federal vigente y su efecto en la clasificación de usos del terreno y en la viabilidad de una clasificación asignada, no debe ser subestimado. El 24 de noviembre de 1998, entra en vigor el Reglamento de Planificación No. 25, conocido como Reglamento de Siembra, Corte y Forestación de Puerto Rico. Este establecía las reglas de mitigación por corte de árboles y definía los parámetros de siembra con relación a las características de la acción de desarrollo. Aunque este era un reglamento de planificación, fue administrado por el DRNA hasta su derogación en el año 2010. Es interesante, que este reglamento siempre fue más un documento compensatorio o de mitigación que uno preventivo, pues ejercía la mayoría de su efecto, posterior a que la acción de desarrollo obtenía sus endosos y permisos, pero su aplicación tenía un impacto económico que podía ser significativo sobre presupuesto de los proyectos de construcción.

En esa misma dirección debemos destacar la aprobación de la Ley 241 del 15 de agosto de 1999, conocida como Nueva Ley de Vida Silvestre del Estado Libre Asociado Puerto Rico, según enmendada. Esta ley y sus reglamentos, introducen definiciones de hábitat natural, que aplican al momento de poner en ejecución de acciones de desarrollo, independientemente de su consistencia con lo expresado en un plan de ordenación o consulta de ubicación. Debido al grado de generalidad de las definiciones de hábitat natural, prácticamente cualquier terreno no urbanizado puede ser categorizado como tal,

en alguna de sus modalidades, lo cual puede significar que el proponente de una acción de desarrollo, podría, como mínimo, contemplar una mitigación de terrenos de 1:1 (respecto al área impactada) y esto puede implicar, en la práctica, duplicar el costo de la tierra.

El 3 de Octubre de 2000, se enmienda el Reglamento de Planificación No.4 conocido como Reglamento de Zonificación de Puerto Rico. En este reglamento se definen de manera general algunas formaciones naturales como los bosques de mangle, cuevas, mogotes, sumideros. También se incluyen otros términos relacionados a las condiciones ambientales existentes en las áreas como, terrenos sumergidos y zona cárstica, y a espacios con designación especial debido a sus valores naturales, por ejemplo: área de reserva natural, área ecológicamente sensitiva, zona marítimo terrestre, zona costanera, etc. Este reglamento también establece los mecanismos de consulta de ubicación, para evaluar la autorización o no, de acciones no conformes a la zonificación vigente en un área determinada o en un área no zonificada y de variación, excepción para autorizar el uso de una propiedad de una manera que la zonificación o distrito de calificación prohíbe o no contempla.

Como parte de lo dispuesto por la Ley 550 del 3 de octubre de 2004, conocida como Ley del Plan de Uso de Terrenos, se crea la Oficina del Plan de Uso de Terrenos (OPUTPR). Durante la corta vida de la OPUT se preparó un borrador del Plan de usos del terreno (PUTPR) para Puerto Rico, basado en la distribución regional utilizada por la JP y que dividía a la Isla en ocho regiones (JP, 2006). Este plan no evolucionó hacia un documento final, debido, entre otras razones, a conflictos con la otorgación de consultas de ubicación, áreas de planificación especial y los planes de ordenación territorial de los

municipios que, al momento de la preparación del borrador, contaban con POT en diferentes etapas de aprobación. No obstante, como resultado de ese esfuerzo en materializar una meta de la JP trazada desde hacía más de 62 años, se condensó una gran cantidad de información dispersa y se plasmaron metas y objetivos de contenido importante para futuras acciones de planificación.

Como reconocimiento del impacto de la actividad humana sobre el ambiente y la necesidad de encaminar los esfuerzos de desarrollo en una dirección donde se compatibilizara la economía con el uso racional de los recursos naturales, ese mismo año se aprueban también la Ley 416 del 22 de septiembre, conocida como Ley de Política Pública Ambiental, según enmendada (la cual sustituía la Ley 9 *supra*) y la Ley 267 del 10 de Septiembre, conocida como Ley sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible.

El sistema de permisos y usos de terreno en Puerto Rico sufre una transformación radical con la aprobación de la Ley 161 del 1ro de diciembre de 2009, conocida como Ley para la Reforma del Sistema de Permisos (Ley 161). Dicha Ley elimina la ARPE y crea, como parte del Sistema Integrado de Permisos (SIP), la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe), la Oficina del Inspector General de Permisos (OIGPe) y la Junta Revisora de Permisos y Usos de Terreno (JR). Posteriormente, el 29 de noviembre de 2010 se aprueba su principal reglamento: el Reglamento Conjunto de Permisos, Obras de Construcción y Uso de Terrenos también conocido como Reglamento Conjunto.

A finales de 2009 se desarrolló un borrador del Plan para el Desarrollo Estratégico Sostenible de Puerto Rico (PIDESPR). Este documento es un plan a diez años, que recoge una visión (Puerto Rico en Grande) y una serie de metas y objetivos de planificación basados, según reza “... *en principios estratégicos y de sostenibilidad...*”.

Este plan, viene a sustituir el Plan de Usos del Terreno encomendado en la Ley 550 *supra*. En él se plantea también la preparación de Planes Regionales de Usos de Terreno como remedio a “*La realidad de la segmentación provocada por la estructura municipal...*” y propone una nueva división regional para Puerto Rico.

A tenor con la Ley sobre Política Pública Ambiental, Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004, según enmendada y la Ley para la Reforma del Proceso de Permisos de Puerto Rico Ley Núm. 161 de 1 de diciembre de 2009; se aprueba el 18 de noviembre de 2010 el Reglamento de Evaluación y Trámites de Documentos Ambientales de la Junta de Calidad Ambiental, el cual deroga el Reglamento de la Junta de Calidad Ambiental No.6510 del 22 de agosto de 2002. Este reglamento juega un papel sumamente importante en los procesos de toma de decisión de usos de terreno, pues establece los requisitos de preparación de documentos ambientales que tienen que elaborarse, tanto en la fase de preparación de planes de ordenación como en el momento de ejecutar acciones conforme a zonificación según o que deben ser autorizadas por consulta de ubicación.

Como hemos podido observar, a lo largo de casi setenta años se han generado gran cantidad de iniciativas, leyes y reglamentos dirigidos hacia la implementación de una planificación efectiva en Puerto Rico. Igualmente se ha propulsado la conservación del ambiente y el uso racional de los recursos pues una tiene que andar de la mano de la otra. Sin embargo, los resultados no están en proporción a los esfuerzos realizados, lo cual actúa en detrimento del paisaje puertorriqueño. Ha habido lo que (Padín, Juncos, Hernández, Rivera Santana, & Lara, 2009) llaman un vacío entre legislación e implementación, pero también se estima que hay un vacío entre ciencia y planificación

(Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006), que se manifiesta en la pequeña porción del enorme cúmulo de conocimientos, generados por las investigaciones ecológicas sobre el funcionamiento del paisaje, que son aplicadas a la hora de planificar los usos del suelo.

También resulta interesante la relación de convergencia o convivencia que, desde el punto de vista de política pública, se ha querido congeniar entre los principios de sostenibilidad y la búsqueda de un mayor crecimiento económico. Aunque es una referencia frecuente y conveniente, el desarrollo sustentable solo puede verse en el contexto de su naturaleza cualitativa y en el marco de una economía sin crecimiento económico *sensu stricto* (Daly, 1996).

Debemos considerar las implicaciones que tiene, para las aspiraciones de sustentabilidad, el que las unidades de planificación utilizadas no se relacionen con sistemas naturales (Ej.: cuencas hidrográficas, sistemas montañosos, etc.) y que no se consideren factores como la capacidad de carga o capacidad de acarreo del ambiente, la cual Rees en (Daly, 1996) define como la población máxima de una especie dada, que puede ser mantenida por tiempo indefinido en un hábitat dado, sin dañar permanentemente su productividad. En otras palabras, cuanto podemos usar el ambiente y que este continúe siendo productivo.

Se estima que el 40% de Puerto Rico sufre de desparramamiento urbano y las tierras agrícolas se convierten a usos urbanos o industriales a razón de un 1% anual (Padín, Juncos, Hernández, Rivera Santana, & Lara, 2009) y esta es una situación que se extiende a otras partes de los Estados Unidos (White, Morzillo, & Alig, 2009). La isla, con una superficie de alrededor 890,000 ha, es habitado por casi 4, 000,000 de personas. Se

estima (Moreno-López, 2005) que la huella ecológica global es de 2.2 ha por persona, mientras que la capacidad de carga global es de 1.8 ha/persona. Siguiendo una simple operación matemática podemos ver que el archipiélago puertorriqueño, suponiendo que todo el territorio fuera productivo, apenas puede sostener alrededor del diez por ciento de la población actual.

La planificación del uso del terreno en Puerto Rico debería enfocarse desde un punto de vista integral, si quiere encauzarse por el camino de la sostenibilidad y atender el bienestar de las comunidades y el ambiente. El marco conceptual de la ecología del paisaje y el apoyo de las herramientas técnicas disponibles, pueden ofrecer alternativas para abordar esta problemática.

Marco conceptual

La necesidad de planificar viene dada por el cambio, si no hubiera cambios no se necesitara la planificación. Por lo tanto, el primer elemento implícito en las acciones de planificación es la atención al cambio, tanto el promovido por causas naturales, como el que ocurre, planificado o no, como consecuencia de la acción del hombre. Los planes son instrumentos para identificar y atender decisiones, a la luz de determinadas condiciones y considerando otras decisiones concurrentes y futuras (Hopkins, 2001).

En lo referente al uso de la tierra y debido a que la limitación en disponibilidad de espacio es la primera restricción, se busca optimizar, a través de la planificación, la manera en que los diferentes usos se identifican, distribuyen y asignan (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006) de modo que se pueda usar el recurso sin resultados detrimentales sobre los sistemas naturales y urbanos que puedan comprometer su viabilidad futura (Amler, y otros, 1999). La planificación del uso del suelo debe ser

un proceso integral y orientado al alcance de múltiple objetivos, dicha necesidad impone la participación de diferentes disciplinas. En el camino hacia modelos sustentables, el proceso de planificación ha evolucionado desde un enfoque multidisciplinario, donde las disciplinas interactúan y colaboran, hacia uno transdisciplinario (Ahern, 2005) en la medida en que la planificación se integra estrechamente e incorpora la investigación científica y avances tecnológicos de otras ramas del saber.

El desarrollo de planes normativos permite explorar el marco conceptual de la práctica de la planificación, incursionar en las teorías sustantivas que le sirven de apoyo y atender los procedimientos y métodos de ponerlas en práctica (Ahern, 2005; Galloway & Mahayni, 1977). El planificador debe estar consciente del estado del conocimiento en su área de trabajo, para abordar las problemáticas existentes con una orientación estratégica correcta.

Desarrollo sostenible

El desarrollo sustentable y las prácticas dirigidas a la sustentabilidad, forman parte de la política pública del Gobierno de Puerto Rico y así está expresado en varias piezas legislativas y documentos de planificación como el PUTPR y el recientemente aprobado PIDESPR. No obstante, existen diversos escollos que sortear para alcanzar esta visión (Padín, Juncos, Hernández, Rivera Santana, & Lara, 2009)

Se han formulado diversas definiciones de Desarrollo Sustentable (Turner, Pearce, & Bateman, 1993). Una definición generalmente aceptada es la publicada por la llamada *Brundtland Commission* en 1987: “Desarrollo que atiende las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones de atender sus propias necesidades”. Por lo que el objetivo de sostenibilidad solo puede ser alcanzado cuando se

cumplan tanto la equidad intra-generacional como intergeneracional (Turner, Pearce, & Bateman, 1993).

Además de la contradicción de considerar la coexistencia del concepto crecimiento económico *sensu stricto*, con el de sustentabilidad, que emerge de documentos como el PIDESPR (Junta de Planificación, 2010), se han formulado una serie de críticas (Daly, 1996) a la usual aproximación o uso del término “crecimiento sustentable”:

- a) La escala actual de la economía presenta claros señales de insostenibilidad.
- b) Al utilizar los factores tolerables de crecimiento sustentable de 5-10 recomendados por la *Brundtland Commission* nos colocaría de la insostenibilidad al colapso inminente.
- c) El concepto es, en sí mismo, contradictorio pues propone crecimiento dentro de un sistema finito que no crece.

Este autor también nos expone que la pregunta que hay que contestar es: ¿Cuánto podemos aliviar la pobreza a través del desarrollo sin crecimiento, del control poblacional y la redistribución de la riqueza? Diferentes autores (Turner, Pearce, & Bateman, 1993; Daly, 1996) definen los principios operativos generales del desarrollo sustentable, los cuales deberán ser aplicados y adaptados a las circunstancias económicas y ambientales particulares:

- a) Corrección de las fallas del mercado con relación a precios y derechos de propiedad.
- b) Las tasas de explotación no deben exceder las tasas de regeneración.
- c) Los cambios tecnológicos deben ser guiados a través de un sistema de

planificación que permita el cambio de capital natural no renovable a capital natural renovable.

- d) Las emisiones no deben superar la capacidad asimilativa renovable del ambiente local.
- e) El capital natural renovable debe ser explotado pero a una tasa igual a la de creación de sustitutos.
- f) La escala total de la actividad económica se debe circunscribir a los límites de la capacidad de acarreo del capital natural.

La sostenibilidad implica la necesidad de planificar desde nuevas perspectivas, con nuevos enfoques y con metas nuevas. Se requiere, a través de enfoques participativos e integrales, aprovechar los conocimientos, energía y recursos humanos de la sociedad para dirigirlos hacia niveles superiores de vida económica, social y de cuidado del ambiente.

La planificación sustentable es la encargada de implementar estos principios (Ahern, 2005) y trabajar para optimizar la distribución y usos del terreno teniendo en cuenta los factores bióticos y culturales y las limitaciones físicas impuestas por el componente abiótico. La planificación basada en los principios y técnicas de la ecología del paisaje es una rama de la planificación paisajista que adopta el paisaje como la unidad de planificación (Forman, 1995a) y se caracteriza por analizar la relación entre la estructura y composición con las funciones y procesos del paisaje teniendo en cuenta los aspectos culturales y económicos y promoviendo la conservación de los recursos naturales (Geneletti & Pistoichi, 2001). Esta se enfoca, particularmente, en la ordenación del espacio y las relaciones entre los diferentes usos con vistas a alcanzar objetivos específicos (Ahern, 2005).

La Ecología del Paisaje

Aunque el término “Ecología del Paisaje” fue acuñado en los años 30 (Forman, 1995b; Zonneveld, 1990), no fue hasta las décadas de los ochenta y noventa que tomó auge como ciencia emergente y se generó gran cantidad de investigación teórica, metodológica y resultados empíricos sobre el tema (Zonneveld, 1990). El sujeto de estudio de la ecología del paisaje es la tierra, su forma o estructura, las funciones de sus diferentes elementos, los procesos de intercambio de energía, nutrientes y especies, y el cambio que modifica dichos elementos, funciones y procesos. Paisaje se ha definido como un una mezcla de ecosistemas o tipos de usos del terreno que se repite sobre la superficie terrestre hasta el próximo conglomerado marcadamente distintivo (Forman, 1995b) y también como un mosaico de varios kilómetros de extensión (hectáreas, kilómetros cuadrados) donde aparecen, de forma recurrente, una serie de ecosistemas y usos de la tierra (Dramstad, Olson, & Forman, 1996; Forman, 1995a).

El aspecto más característico de la ecología del paisaje, como ciencia, es la integración del estudio de los elementos espaciales con relación a los aspectos topológicos (atributos del terreno, suelo, vegetación, fauna, edificios, ordenados verticalmente) y *chorological* (forma, disposición y relaciones horizontales de las unidades del terreno) (Zonneveld, 1990). La ecología del paisaje, por lo tanto, es el estudio de tres componentes interrelacionados del ambiente (Hobbs, 1997), estructura (patrón, forma, cantidad, disposición y relación de los elementos espaciales), función (interacción entre elementos espaciales) y cambio (alteración en estructura y función de los elementos).

La teoría holística es un basamento importante para el estudio del paisaje (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006). El holismo establece que un sistema, en este caso el paisaje, puede ser estudiado, habiendo identificado sus componentes principales, sin conocer a plenitud todos los detalles de sus partes o funciones. Este modelo, conocido también como modelo de Caja Negra (*Black Box*) nos permite reconocer un sistema basándonos en una serie de características diagnósticas o elementos medulares.

Siguiendo el modelo descriptivo de tesela o parche (Forman, 1995b), cualquier paisaje puede ser descrito a partir de tres elementos estructurales esenciales, los cuales permiten estudiar, comparar y modelar el estado y la evolución del mismo, estos son: parches, corredores y matriz (Forman, 1995a; Dramstad, Olson, & Forman, 1996; Wiens, 2002). La configuración, disposición y variación espacial de estos elementos y las interrelaciones que se establecen entre ellos, son la fuente de la heterogeneidad en el paisaje. Esta estructura espacial observable del paisaje es el resultado de una serie de flujos funcionales y procesos ecológicos los cuales, a su vez, son también influenciados alteraciones o cambios a dichas estructuras (Turner, Gardner, & O'Neill, 2001). Todos los elementos del paisaje, independientemente de sus características específicas, influyen sobre las funciones del paisaje a través de sus atributos espaciales (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006).

Los Parches son áreas continuas y relativamente homogéneas, cuyos bordes son discernibles de otros parches adyacentes o de la matriz (Forman, 1995a). Su presencia, forma, naturaleza y extensión son variables y en un paisaje dado puede haber muchos o pocos parches, parches grandes o pequeños, de formas regulares (ej. campos agrícolas) o

irregulares. Aunque un árbol o un parque industrial pueden ser categorizados como parches, dependiendo de la escala de trabajo y el objetivo del estudio, hay autores que estiman que, desde el punto de vista ecológico, que el menor parche o menor unidad de paisaje que debe considerarse es el ecotopo (Zonneveld, 1990), el cual es descrito como una porción de terreno donde, al menos un atributo (ej. la vegetación) es homogéneo. Dramstad, Olson, y Forman (1996), proponen describir y estudiar diferentes zonas en los parches, bordes y núcleo, lo cual permite exponer una serie de procesos e interacciones de una manera más detallada.

El origen de los parches es variado (Dramstad, Olson, & Forman, 1996), pueden ser remanentes de un tipo de cobertura más extensa, introducidos en una cobertura donde no existían, creados como consecuencia de unas acciones perturbadoras naturales o humanas o coberturas retenidas en su conformación original a pesar de la transformación de las coberturas adyacentes. En cualquier caso, los parches, son indicadores de diversidad en el paisaje pero esta diversidad no necesariamente es positiva en todas las instancias (Ej. cuando se crean parches urbanos dentro de un gran parche natural)

Los corredores son elementos espaciales o hábitats lineales (Beier & Noss, 1998), cuya cobertura particular los distingue del entorno y que sirven como conexión entre otros elementos del paisaje. No todos los parches lineales son corredores, pues no constituyen enlaces entre otros parches mayores. El concepto de conectividad es esencial en el estudio de las relaciones horizontales entre los parches del paisaje (Zonneveld, 1990). A través de los corredores ocurren flujos importantes de agua, nutrientes, especies, etc. y son también barreras para la dispersión de especies y perturbaciones. En ciertos casos la falta de conectividad o aislamiento, puede considerarse un estado positivo

(Whittaker, 1998), pues hay especies o hábitat sumamente frágiles que podrían ser adversamente afectados por el arribo de elementos externos.

La matriz es el trasfondo del paisaje, es elemento paisajista o tipo de cobertura dominante (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006). La dominancia se materializa en términos de su extensión, continuidad. Contiene un mosaico de parches y corredores y un cúmulo de interrelaciones espaciales, flujos y procesos que definen el funcionamiento del paisaje.

Se han esbozado una serie de principios generales de la ecología del paisaje (Aguilera-Benavente, 2010), que sirven de base teórica para la descripción, interpretación y análisis de los elementos del paisaje (Forman, 1995b; Fernandez, Guiomar, & Soares, 2006):

- a) Paisaje y región: ambos mosaicos (mezcla de elementos espaciales) se encuentran en escala humana, es decir al nivel de la percepción y las actividades humanas. El paisaje es una mezcla de ecosistemas, elementos del paisaje o usos de la tierra y la región una mezcla de paisajes. Los límites deben ser distinguibles a la escala de trabajo y la comprensión de cada uno está atada a la comprensión del otro.
- b) Arreglo estructural parche-corredor-matriz: determinante principal de la estructura, función, procesos y cambio en el paisaje. También se identifican unos pequeños parches o saltillos, que están diseminados en la matriz y sirven de hábitat temporal para especímenes trasladándose entre parches mayores. No substituyen a los corredores, pero mejoran el flujo de especies.
- c) Grandes parches de vegetación natural: estructuras del paisaje cuya presencia es indispensable para proteger los acuíferos e interconectar cuerpos de agua, proveer

hábitat para poblaciones animales y vegetales, protege su interior de perturbaciones externas.

- d) Forma de los parches: el desempeño de determinadas funciones ecológicamente importantes (conservar recursos, proteger de perturbaciones, potenciar la interacción con ecosistemas adyacentes, etc.) requiere de parches grandes, con mucha de su área concentrada hacia el núcleo y bordes lobulados y curvilíneos.
- e) Interacciones entre ecosistemas: todos los ecosistemas en el paisaje están interrelacionados. Esa interacción se materializa a través del flujo de agua, especies, nutrientes, etc. La tasa de intercambio depende de la distancia, presencia de barreras, las vías de conexión y la compatibilidad de los ecosistemas entre sí.
- f) Dinámica de meta-poblaciones: la tasa de extinción, en subpoblaciones que existen en parches separados, se reduce en la medida en que es mayor la calidad del hábitat o el tamaño del parche. La tasa de recolonización aumenta según disminuya la distancia entre parches, mejore la calidad del hábitat en la matriz o existan corredores o saltillos entre los parches.
- g) Resistencia del paisaje: la disposición de los elementos del paisaje determina la resistencia de este al flujo de especies, nutrientes y perturbaciones. La posición y configuración de corredores, barreras estructurales y áreas de alta heterogeneidad, son particularmente influyentes a estos efectos.
- h) Tamaño de grano: los paisajes de grano grueso que contienen áreas de grano fino, son óptimos para proveer beneficios ecológicos. El tamaño de grano del paisaje se mide como el promedio aritmético de los diámetros o las áreas de sus parches. De esta manera mientras mayor sea el tamaño de los parches mayor será el grano. Por

ello es de esperar que las especies generalistas ocupen paisajes de grano fino (más heterogéneo, muchos parches de pequeño tamaño) y que especies especialistas requieran de paisajes de grano grueso (más homogéneos, pocos parches, pero de tamaño grande).

- i) Cambio del paisaje: una sucesión de procesos espaciales (perforación-disección-fragmentación-encogimiento-atrición o desaparición) que transforman o modifica la estructura del paisaje y por consiguiente los procesos ecológicos subyacentes. Las causas pueden ser humanas o naturales. Todos aumentas la pérdida de hábitat y el aislamiento. El grano del paisaje decrece al inicio y aumenta al final. La conectividad disminuye con la disección y la fragmentación.
- j) Secuencia del mosaico: los mosaicos son transformados siguiendo varias posibles secuencias (serie de patrones espaciales, que varían a lo largo del tiempo), las cuales modifican el hábitat de mayor calidad a uno de menor calidad estas son: De borde, de corredor, de núcleo, de nucléolo, por dispersión.
- k) Arreglo espacial principal agregado, con elementos menores desagregados: el mejor ordenamiento del terreno para acomodar las actividades humanas, es la agregación de usos manteniendo parches y corredores a través del área desarrollada. Este modelo espacial permite atender varios atributos importantes del paisaje: conservar grandes parches de vegetación, aumentar el tamaño del grano, elevar la diversidad genética, aumentar los bordes en parches grandes, conservar pequeños parches y corredores para facilitar los flujos naturales.
- l) Hay una serie de patrones indispensables que deben ser protegidos debido a sus beneficios ecológicos: grandes parches de vegetación natural, amplios corredores

que protejan cuerpos de agua, conectividad para que las especies importantes se muevan entre los parches y corredores que proveen heterogeneidad a través de áreas desarrolladas.

Se han diseñado y descrito decenas de diferentes técnicas, métricas o índices, de estudio de la estructura y composición del paisaje (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006; Uuemaa, Antrop, Roosaare, Marja, & Mander, 2009). Se han desarrollado gran número de investigaciones empíricas y teóricas, que abordan el tema del uso e interpretación de dichas técnicas (Uuemaa, Antrop, Roosaare, Marja, & Mander, 2009).

La naturaleza de las métricas o índices y el hecho de que abordan de forma redundante diferentes aspectos de la composición y configuración del paisaje (Uuemaa, Roosaare, Oja, & Mander, 2011) complican su selección. Varios autores (Aguilera-Benavente, 2010; Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006; Fernandez, Guiomar, & Soares, 2006; Turner, Gardner, & O'Neill, 2001) coinciden en que la clara definición de los objetivos, la escala de trabajo, la disponibilidad de información y el acceso a la tecnología, son elementos cruciales en la selección de métricas.

Existen varias herramientas tecnológicas que sirven de apoyo al proceso de clasificación de unidades, computo de cálculos y producción de mapas de paisaje (Cohen & Goward, 2004). Varias de ellas se han empleado para combinar diferentes fuentes de información para estudiar patrones de uso y desarrollo de terrenos (Martinuzzi, Gould, & Ramos González, 2007), para estudiar determinados fenómenos (Boose, Serrano, & Foster, 2004; Rocchini, Andreini, & Chiaruchi, 2005; Martinuzzi S. , y otros, 2008), o

determinados recursos (Mesgari & Abolfazi, 2003; Gould, 2009) o delimitar áreas protegidas (Geneletti & Pistoichi, 2001).

Sistemas de Información Geográfica y dispositivos de percepción remota:

a) SIG: sistema digital de recolectar, almacenar, manejar, recuperar y analizar información geográfica y relacionarla, de forma geo-referenciada, con otras fuentes de información (bases de datos), con el objeto de realizar análisis espaciales y analizar y modelar los sistemas naturales y sociales. Es una tecnología integradora que permite combinar muchas fuentes de información, vincularlas por sus propiedades geográficas y producir mapas, reportes y planos.

b) GPS sistemas de posicionamiento global. Utilizando información proveniente de satélites permite calcular y expresar la ubicación de puntos sobre la superficie terrestre.

c) Fotogrametría: utilización de fotos, usualmente aéreas, para recolectar información geográfica, realizar mediciones, preparar mapas topográficos, etc. Estas fotos son tomadas desde tierra, aeronaves o satélites, en diferentes medios, celuloide o digital. Según el propósito se toman a determinadas alturas y ángulos. Combinaciones de fotos consecutivas a lo largo de una ruta, estéreo-pares o pares estereoscópicos, permiten, utilizando un estereoscopio, visualizar características del relieve y la vegetación. Para áreas grandes se preparan mosaicos de fotografías que son corregidas, empleando para ello diferentes técnicas, para que sean ortogonales.

d) Percepción Remota: información obtenida, usualmente, a través de satélites, orbitales o geoestacionarios, desde el espacio exterior. Aunque se producen fotografías de la superficie terrestre, también se registran diferentes tipos de radiación (Ejemplo: infrarroja) y se producen imágenes representativas de las emisiones diferenciales de diferentes substratos, coberturas vegetales, etc.

e) LIDAR (*Light Detection and Ranging*): es un sistema láser que permite detectar y medir, a través de la luz, las diferencias en altitud que hay en el terreno. Este sistema se instala en una aeronave y combina información de unidades de GPS en tierra con información de GPS aerotransportado y con datos de distancia medidos por láser desde la aeronave. La aeronave “barre” el terreno y captura una nube de puntos a partir de la cual se generan los modelos digitales de superficie.

El gran volumen de conocimiento científico generado en el campo de la ecología del paisaje y el desarrollo vertiginoso de estas técnicas ha permitido realizar análisis espaciales de extensión y complejidad difícilmente alcanzables por métodos convencionales. Es deber de los planificadores incorporar dicho conocimiento a la práctica de la planificación, en búsqueda de optimizar el uso del terreno y la conservación de los recursos.

Estudios de caso

Traemos a colación tres casos de acciones de desarrollo de terrenos, conformes a la zonificación establecida en sus respectivos POT. En dichos casos, el resultado de la

evaluación de las condiciones ambientales realizada por las agencias reguladoras, puede modificar o limitar la ejecución de las acciones programadas.

Debido a que su utilidad a los efectos de este proyecto de planificación, radica en su papel como ejemplos para exponer la problemática planteada, referiremos aquí, solamente la información necesaria para dicho propósito. El caso 3 nos servirá para ilustrar la aplicación de técnicas de estudio cuantitativo del paisaje.

Caso 1 Complejo de vivienda de interés social (O-PA-DIA01-SJ-00106-22012008)

- Ubicación: municipio de Guayama.
- Tenencia: privada.
- Zonificación: residencial 3 (R3) asignada en el POT del municipio de Guayama.
- Tipo de Proyecto: vivienda unifamiliar de bajo costo, interés social.
- Compatibilidad con Zonificación: acorde a zonificación

Conflictos:

El Plan de ordenación territorial (POT) del municipio de Guayama fue adoptado en el mes de marzo del año 2008. Como parte del proceso de elaboración del POT, se preparó una declaración de impacto ambiental estratégica (DIA-E), la cual fue circulada a las diferentes agencias de gobierno incluyendo al DRNA. En la carta de comentarios del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), de fecha de 27 de febrero de 2006, la agencia endosa la DIA-E y expresa lo siguiente:

“En la implantación de esta alternativa se debe contemplar la utilización de parte de los terrenos para fomentar la construcción de viviendas de interés social. A esos fines, la implantación efectiva de esta alternativa no solo sería cónsona con

las metas y objetivos ambientales, sino con las metas generales sobre los usos de terrenos que dispone el documento Objetivos y Políticas Públicas del Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico de 1995. De acuerdo al referido documento es necesario incentivar la construcción de viviendas asequible planificando los desarrollos de vivienda a las familias de ingresos bajos y moderados” (Pág. 2).

Sin embargo, al evaluar la acción de desarrollo durante la fase de cumplimiento ambiental, con relación a la aplicación de la Ley 241 *supra* y Reglamento #6765 *supra*: El DRNA determinó, basándose en la presencia en el sitio de *Zenaida macroura* (tórtola rabilarga), que el predio contiene hábitat categorizado como Hábitat Natural 4 (hábitat de alto valor ecológico). El impacto a esta categoría de hábitat es mitigado con una proporción de terrenos de 1:1 como mínimo, o su equivalente monetario.

El sitio en cuestión fue muestreado para verificar la presencia y uso del predio por la especie e identificar tipos de cobertura, composición florística y densidad arbórea. De dicho estudio se pudo concluir que: *Zenaida macroura* es una tórtola que se distribuye por Norte y Centro América y la mayoría de las islas del Caribe. En Puerto Rico se encuentra con cierta abundancia en el área sur, se alimenta casi exclusivamente de semillas que recoge en el suelo. Esta es una especie ecotonal y antrópica, que acude a los campos de cultivos agrícolas de gramíneas forrajeras entre otras.

Definitivamente no es, *Z. macroura*, un ave forestal, más bien utiliza los árboles y arbustos de los bordes de las áreas de alimentación como posadero temporal. Aunque no tan comúnmente como las otras dos especies de tórtolas, también acude a zonas suburbanas y urbanas. En el área sur de Puerto Rico sus poblaciones coinciden en cuanto al uso de los recursos espaciales y tróficos con las otras dos especies del género, la

Zenaida asiatica y la *Zenaida aurita*. Aunque el predio donde se propone el proyecto se localiza en la zona de vida de bosque seco, esta formación vegetal no existe en el sitio.

Se pudieron identificar dos tipos fundamentales de coberturas vegetales: las áreas dominadas por *Leucaena leucocephala*, la cual se quema periódicamente durante la época de sequía, y las áreas dominadas en casi un 100 % por *Albizia procera*, una especie exótica invasiva. También se observó crecimiento tupido de *Urochloa maxima* en áreas abiertas y la cual, asimismo, sufre de quemadas periódicas. En ambos casos son comunidades vegetales secundarias, compuestas, y en este caso definitivamente dominadas, por especies invasoras de alto potencial reproductivo y crecimiento vigoroso, que ocupan con rapidez los terrenos tras el abandono de la práctica agrícola.

El hábitat resultante es uno pobre en recursos tróficos y estructurales. El hecho de que se haya detectado la especie en el sitio, no implica, necesariamente, que el hábitat existente en el predio sea determinante para incidir en el desarrollo poblacional de la misma. Por otro lado este predio colinda con terrenos agrícolas en explotación y existen varios cuerpos de agua artificiales (canal riego de Patillas, de la AEE y varias charcas de riego agrícola) en su vecindad lo que atrae la presencia de aves que sobrevuelan los predios. La presencia de la *Z. macroura* en el sitio es explicable, más por la presencia de los terrenos agrícolas adyacentes y los cuerpos de agua cercanos a la propiedad, que por el hábitat existente en el predio.

Por otra parte, la aplicación del Reglamento de Planificación No. 25 *supra* o el Reglamento Conjunto *supra*, genera una responsabilidad de mitigación adicional por corte de árboles de 2:1, más un árbol adicional por cada solar nuevo a crearse. Dada la

densidad de *Albizia procera*, existentes mientras se evaluaba la DIA-E, la responsabilidad de mitigación para poder realizar el proyecto superaría los diez mil árboles.

Posible efecto en el proyecto

A pesar de que la acción es conforme a calificación, la carga económica que representa implementar las medidas de mitigación, comprometen la viabilidad del proyecto.

Caso 2 Proyecto Turístico recreativo (Caso DP 2007-0016ALT).

- Ubicación: municipio de Ponce.
- Tenencia: privada.
- Zonificación: según POT del municipio de Ponce: RT.
- Tipo de Proyecto a desarrollarse: proyecto residencial turístico.
- Compatibilidad con Zonificación: acorde a zonificación

Conflictos:

El proyecto es endosado por la oficina de permisos del municipio de Ponce pero, en el proceso de pre-consulta con el DRNA, la agencia no endosa el proyecto basándose en que la composición florística de la vegetación existente, es una rica en especies nativas, características de ese tipo de bosque. Los terrenos circundantes, también de tenencia privada, poseen características similares de vegetación, suelos, etc. Además, existe la posibilidad de que el Guabairo (una especie protegida por estar en peligro de extinción) esté presente en el predio, pues el hábitat es, según indicó la agencia preliminarmente, adecuado para la especie y el sitio se localiza dentro de su rango de distribución potencial.

A la luz de la Ley 241 *supra*, el Reglamento #6765 *supra* y el Reglamento #6766 *supra*, esta determinación podría ubicar la categorización de hábitat natural a sus clasificaciones de mayor restricción y, de llegar a otorgarse el endoso, supondría una responsabilidad de mitigación considerable en terrenos que, por su ubicación y zonificación, tienen un alto costo.

Adicionalmente, al ser este un proyecto comercial, la aplicación del Reglamento Conjunto *supra*, genera una responsabilidad de mitigación por corte de árboles de 2:1, más un árbol de especie pequeña por cada 10' de colindancia, más un árbol adicional por cada cuatro estacionamientos. El predio está cubierto de vegetación arbórea achaparrada y seguramente generará un compromiso importante de mitigación.

Efecto para el proyecto

A pesar de que la acción es conforme a calificación, la carga económica que representa implementar las medidas de mitigación, comprometen la viabilidad del proyecto o su mercadeo si llegara a construirse.

Caso 3 Complejo de viviendas de interés social Montesoria II y III. (DN-051232, 04XF2-CET00-0989)

- Ubicación: municipio de Salinas
- Tenencia: Pública (propiedad de la Autoridad de Tierras, adquiridos por el Departamento de la Vivienda y el municipio de Salinas).
- Zonificación: terrenos urbanizables programados (SUP), POT del municipio de Salinas.
- Tipo de proyecto: vivienda unifamiliar de bajo costo, interés social.
- Compatibilidad con Zonificación: acorde a zonificación.

Este proyecto será tratado con más detalle más adelante, pero aquí esbozaremos preliminarmente los conflictos:

- a) Debido a que se determina que el predio podría estar dentro del área de distribución potencial de una especie en peligro de extinción, el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre (*USFWS* por sus siglas en inglés) requiere al proponente, desarrollar una evaluación para documentar la presencia o ausencia de la Mariquita (*Agelaius xanthomus*) o su hábitat dentro del sitio del proyecto Montesoría II y III (de aquí en adelante el proyecto) de acuerdo a lo dispuesto en la Sección 7 del Acta de Especies en Peligro.
- b) Por otro lado, el DRNA requiere la aplicación del Reglamento de Planificación No. 25 *supra* (ahora Capítulo 47 del Reglamento Conjunto *supra*) lo cual generará una responsabilidad de mitigación por corte de árboles de 2:1, más un árbol adicional por cada solar nuevo a crearse.
- c) En el momento en que este caso se hallaba en fase de evaluación ambiental, aún no había sido aprobados los reglamentos del DRNA No. 6765 ni No. 6766 por lo que el cumplimiento con las disposiciones de la Ley 241 *supra* relativas a Hábitat Natural, no fueron requeridas por la agencia.

Marco legal

La Constitución del Estado Libre Asociado de Puerto Rico reconoce la importancia de proteger y usar adecuadamente nuestros recursos naturales. La sección 19 del Artículo VI de la Constitución dispone expresamente: “Será política pública del Estado Libre Asociado la más eficaz conservación de sus recursos naturales, así como el mayor desarrollo y aprovechamiento de los mismos para el beneficio general de la

comunidad; la conservación y mantenimiento de los edificios y lugares que sean declarados de valor histórico o artísticos por la Asamblea Legislativa...” (Exposición de motivos, Ley 550 *supra*).

El proceso de toma de decisión sobre el uso de terrenos en Puerto Rico está normado por leyes y reglamentos de planificación, pero interactúa con el componente legislativo y reglamentario ambiental. Esta interacción ocurre en dos instancias fundamentales: durante el proceso de toma de decisiones y al momento de materializar una acción de acuerdo al uso permitido.

Leyes y reglamentos de planificación

- a) Ley 75 del 24 de Junio de 1975, conocida como Ley Orgánica de la Junta de Planificación (JP): Establece las directrices de funcionamiento de la JP y sus funciones como entidad directora de la planificación en Puerto Rico. Establece el propósito de formular un Plan de Desarrollo Integral para Puerto Rico y las normas de adopción de los planos de zonificación y usos del terreno, Plan de Desarrollo a Cuatro Años (PICA), creación de Juntas Locales y Regionales de Planificación, etc.

Su meta general es:

“...guiar el desarrollo integral de Puerto Rico de modo coordinado, adecuado, económico, el cual, de acuerdo con las actuales y futuras necesidades sociales y los recursos humanos, ambientales, físicos y económicos, hubiere de fomentar en la mejor forma la salud, la seguridad, el orden, la convivencia, la prosperidad, la defensa, la cultura, la solidez económica y el bienestar general de los actuales y futuros habitantes, y aquella eficiencia, economía y bienestar

social en el proceso de desarrollo, en la distribución de población, en el uso de las tierras y otros recursos naturales, y en las mejoras públicas que tiendan a crear condiciones favorables para que la sociedad pueda desarrollarse integralmente.”

- b) Ley de 81 del 31 de Agosto de 1991, conocida como Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, según enmendada (Revisada en 2007):

“...crea los mecanismos para que los municipios tengan los poderes y facultades esenciales al funcionamiento gubernamental democrático efectivo. La transferencia de poderes y competencias al igual que la reducción de la intervención del Gobierno Central en los asuntos municipales y la ampliación del marco de acción del municipio a las áreas que hasta el presente le estaban vedadas o limitadas, propulsarán una Reforma Municipal real y efectiva que culminará en la genuina redefinición y reestructuración del Gobierno Central, con una mayor democratización”

En su Capítulo XIII, esta ley atiende lo relacionado a la preparación y aprobación de los Planes de Ordenación Territorial (POT) y establece la política pública sobre el uso del suelo:

“Los suelos en Puerto Rico son limitados y es política del Estado Libre Asociado propiciar un uso juicioso y un aprovechamiento óptimo del territorio para asegurar el bienestar de las generaciones actuales y futuras, promoviendo un proceso de desarrollo ordenado, racional e integral de los mismos. El proceso de ordenación del territorio, cuando se desarrolle a nivel del municipio según lo

dispuesto en esta ley, se realizará mediante Planes de Ordenación que contendrán las estrategias y disposiciones para el manejo del suelo urbano; la transformación del suelo urbanizable en suelo urbano de forma funcional, estética y compacta; y la conservación, protección, y utilización -de forma no urbana- del suelo rústico. Una vez en vigor un Plan de Ordenación, que abarque la totalidad del municipio, se podrá traspasar a los municipios algunas competencias de la Junta de Planificación y de la Administración de Reglamentos y Permisos”

- a) Ley 267 del 10 de Septiembre de 2004, conocida como Ley sobre política pública de desarrollo sustentable: (JP, 2006) *“Tiene como fin establecer una política pública que fomente una deseable y conveniente calidad de vida para los puertorriqueños, el fomentar la armonización de las políticas, programas y actividades gubernamentales relacionadas con los aspectos sociales, económicos y ambientales, entre otros; dirigir a Puerto Rico hacia el logro de su desarrollo sostenible; y el establecimiento de la comisión para el desarrollo sustentable de Puerto Rico.”*
- b) Ley 550 del 3 de octubre de 2004, conocida como Ley del Plan de Uso de Terrenos: Crea la Oficina del Plan de Uso de Terrenos (PUTPR), establece los requisitos para la preparación e implantación del PUTPR y los procedimientos de inventario de recursos, entre otros.

Se produjo un borrador en 2006 que nunca se convirtió en documento final. No obstante, este fue un esfuerzo significativo de abordar el problema de la definición de los usos del terreno desde una perspectiva regional y nacional y de

crear un sistema de clasificación de suelos uniforme. Se recopiló y concentró una gran cantidad de información y conocimiento en los documentos producidos.

Al presente la JP está desarrollando otro documento el PIDESPR, distanciado del producido como resultado de la Ley 550. Un componente importante del PUT de 2006 es el desarrollo de un Reglamento, ausente del PIDESPR.

El PIDESPR, según su última versión de 2010, formula una serie de metas y objetivos para encauzar el desarrollo de Puerto Rico pero no propone vías de acción y ejecución de los mismos. Como parte del proceso se propone una nueva regionalización de la Isla pero no están claros en el documento, los objetivos, propósitos o ventajas de dichos cambios.

De las estrategias recomendadas por la Ley 550 *supra* se destacan:

- Considerar la participación ciudadana desde el principio del proceso. Aunque importante, entendemos no llega a constituir un pleno pronunciamiento de compromiso con una real planificación participativa, donde se inserte la interacción comunitaria desde la concepción de las estrategias mismas del PUT, su itinerario de trabajo y el trazado de metas y objetivos.
- La recomendación de un sistema uniforme de clasificación y calificación que pudiera ser implantado por la Junta de Planificación y los municipios. Este es un aspecto muy importante pues equilibraría los criterios y nomenclatura de clasificación con una aproximación sistemática y predecible a situaciones similares en cualquier región de Puerto Rico. No obstante, el PUTPR tomó en cuenta los POT aprobados y la Ley 550 *supra* no enmienda la Ley 81 *supra* o el Reglamento 24 *supra*, en los que, aunque se establecen tres categorías

generales de clasificación de los suelos, no prohíben la generación de sistemas particulares de nomenclatura de calificación, por los municipios, hecho que entorpecería el alcance de esta estrategia.

- Considerar iniciativas que promuevan el desarrollo sustentable. Aunque loables e indudablemente positivas, las diferentes propuestas que se incluyen bajo este acápite, están lejos de constituir una estrategia decidida hacia la sustentabilidad como política pública clara y definida. No se dispone la adopción de medidas concretas de sustentabilidad, solamente propone su consideración.
 - Utilizar sistemas naturales (ejemplo: cuencas hidrográficas) como unidades de planificación, lo cual constituye una aproximación importante al análisis de efectos acumulativos y la interacción de diferentes usos del suelo, con los elementos de presencia natural en el ambiente.
 - Se menciona, aunque de manera somera, el establecimiento de conexiones entre áreas verde en áreas urbanas. Aunque importante, esta leve referencia al concepto de conectividad no es retomado o profundizado en el texto de la Ley con la significación que posee, ante la realidad de un paisaje altamente fragmentado en Puerto Rico.
- c) Ley 161 del 1ro de diciembre de 2009, conocida como Ley para la Reforma del Sistema de Permisos: reforma radicalmente el sistema de permisos en Puerto Rico. Se elimina ARPE, se enmienda el Artículo 4 de la Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004, según enmendada, conocida como Ley de Política Pública Ambiental de Puerto Rico y se implementan, como parte del Sistema Integrado de

Permisos (SIP), la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe), la Oficina del Inspector General de Permisos (OIGPe) y la Junta Revisora de Permisos y Usos de Terreno (JR). Se establecen las figuras del Profesional Autorizado y el Inspector autorizados los cuales emitirán permisos ministeriales y certificaciones, respectivamente. A partir de esta Ley se promulga el Reglamento Conjunto de Permisos (Ver inciso g. de esta sección)

La recién creada OGPe otorgará cumplimiento con la Ley 416 *supra*, se evaluarán las consultas de ubicación y se emitirán recomendaciones que anteriormente se les conocía como endosos de las agencias.

- d) Reglamento de Planificación No. 24 (Reglamento sobre los Planes de Ordenación Municipal y la transferencia y Administración de Facultades): implementa las disposiciones de la Ley 81 *supra*, de las que se deben destacar tres puntos fundamentales recogidos en el Capítulo XIII de la misma, describe los planes de ordenación territorial (POT) y el papel importante de la participación ciudadana en su elaboración, establece la transferencia de jerarquías de facultades (I-V) del gobierno central al municipal y dispone los procedimientos para la preparación, revisión y puesta en vigencia de los tres tipos de planes de Ordenación municipales, a saber: Planes Territoriales, Planes de Ensanche y Planes de Área. Además dispone mecanismos de participación, como son la celebración de vistas públicas y la creación de Juntas Comunales que asesoren al municipio en la elaboración del plan, vigilar su implantación y cumplimiento y promover la participación ciudadana.

e) Reglamento Conjunto de Permisos, Obras de Construcción y Uso de Terrenos del 29 de noviembre de 2010 (Reglamento Conjunto): deroga los Reglamentos de Planificación 3, 4, 17 y 25 *supra*. Este reglamento incorpora a su marco regulatorio elementos de índole ambiental y de planificación. En él se cambia la nomenclatura de “Distritos de Zonificación” a “Distritos de Calificación”, se eliminan distritos, se crean nuevos distritos de calificación y otros se redefinen, para condensar conjuntos de los antiguos distritos de zonificación (Sección 19.1.1 Reglamento Conjunto *supra*). Se dispone que los municipios con POT aprobados deberán armonizar la nomenclatura con la de este reglamento, lo cual abona al propósito de la Ley 550 *supra*, aún vigente, de establecer un sistema homogéneo de clasificación. Otro aspecto importante es la creación de las figuras del profesional autorizado y el inspector autorizado los cuales podrán otorgar permisos ministeriales y certificaciones, respectivamente, antes emitidos por la ARPE y las diferentes agencias del gobierno, respectivamente.

f) Reglamento de Evaluación y Trámites de Documentos Ambientales de la Junta de Calidad Ambiental del 18 de noviembre de 2010. Este deroga el Reglamento de la Junta de Calidad Ambiental No.6510 del 22 de agosto de 2002, según enmendado y su propósito es:

“Antes de que la Agencia Proponente tome la decisión final sobre la acción propuesta, deberá cumplir con el proceso de planificación ambiental y emitir un documento ambiental, ya sea determinando que la acción de que se trate tendrá un impacto significativo o que no tendrá tal impacto.” ...”Este reglamento tiene como propósito establecer un procedimiento ágil de planificación ambiental de

modo que las Agencias de Gobierno de Puerto Rico, antes de proponer legislación, efectuar cualquier acción o promulgar cualquier decisión gubernamental, obtengan, consideren, evalúen y analicen toda la información necesaria para asegurar que se tomen en cuenta los impactos ambientales a corto y largo plazo, y que las determinaciones sobre tales impactos o efectos de los mismos en el medioambiente sean tomados de manera informada. Esta herramienta de planificación sirve como marco de referencia para la toma de decisiones Antes de que la Agencia Proponente tome la decisión final sobre la acción propuesta, deberá cumplir con el proceso de planificación ambiental y emitir un documento ambiental, ya sea determinando que la acción de que se trate tendrá un impacto significativo o que no tendrá tal impacto.”..... “ Este reglamento tiene como propósito establecer un procedimiento ágil de planificación ambiental de modo que las Agencias de Gobierno de Puerto Rico, antes de proponer legislación, efectuar cualquier acción o promulgar cualquier decisión gubernamental, obtengan, consideren, evalúen y analicen toda la información necesaria para asegurar que se tomen en cuenta los impactos ambientales a corto y largo plazo, y que las determinaciones sobre tales impactos o efectos de los mismos en el medioambiente sean tomados de manera informada. Esta herramienta de planificación sirve como marco de referencia para la toma de decisiones las que el ser humano y la naturaleza puedan existir en armonía productiva con otras consideraciones esenciales de la política pública.”

Este reglamento juega un papel sumamente importante pues establece los requisitos de información y formato de los documentos ambientales que tienen

que prepararse tanto, en la fase de preparación de planes de ordenación como en el momento de ejecutar acciones conforme a zonificación según o que deben ser autorizadas por consulta de ubicación.

Por otro lado se hace necesario incluir en el análisis la Resolución Interpretativa de la Junta de Calidad Ambiental RI-06-1: Declaraciones de Impacto Ambiental Estratégicas (DIA-E) para planes, políticas y programas. Esta resolución define el concepto de DIA-E, su marco de aplicación y aplicabilidad y los criterios y requerimientos de preparación.

Leyes y Reglamentos ambientales

- a) Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004, según enmendada, conocida como Ley de Política Pública Ambiental de Puerto Rico. Deroga y reemplaza a la Ley Núm. 9 de 18 de junio de 1970. Entre sus propósitos está:

“...el actualizar las disposiciones de la Ley Sobre Política Pública Ambiental del Estado Libre Asociado de Puerto Rico; promover una mayor y más eficaz protección del ambiente; crear un banco de datos ambientales y sistema de información digitalizada; asegurar la integración y consideración de los aspectos ambientales en los esfuerzos gubernamentales por atender las necesidades sociales y económicas de nuestra población...”

En su Artículo 3, se enuncia la política pública ambiental de Puerto Rico y en el Artículo 4, el cual fue enmendado por el Artículo 19.9 de la Ley 161 del 1ro de diciembre de 2009, conocida como Ley para la Reforma del Sistema de Permisos, se establecen los deberes y responsabilidades del gobierno. En el inciso B de este último artículo se ordena a las diferentes instrumentalidades del estado, cumplir

con la política pública ambiental y establece las normas para ello. El acápite 3 del inciso B establece la obligatoriedad de preparar un documento ambiental, Declaración de Impacto Ambiental, “...antes de efectuar cualquier acción o promulgar cualquier decisión gubernamental que afecte significativamente la calidad del medio ambiente...”.

- b) Ley 23 del 20 de junio de 1972, conocida como Ley Orgánica del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Crea el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y define a la agencia como la encargada de implementar la política pública y la voluntad constitucional de conservar los recursos naturales en Puerto Rico.
- c) Ley 133 de 1 de julio de 1975, conocida como Ley de Bosques de Puerto Rico, según enmendada: Esta establece la política pública forestal de Puerto Rico y su valor como recurso natural único. También despliega un manto de protección sobre los árboles y configura como prohibiciones cualquier acción que perjudique a un árbol. Además crea una serie de parámetros para caracterizar árboles que cumplen determinadas funciones de interés público y para los que están en peligro de extinción.
- d) Ley 241 del 15 de agosto de 1999, conocida como Nueva Ley de Vida Silvestre del Estado Libre Asociado Puerto Rico, Según enmendada: Declara la política pública del Gobierno de Puerto Rico con relación a la vida silvestre y su hábitat. Contiene definiciones de Hábitat Natural y la norma de mitigación para el Hábitat Natural Crítico. Enuncia, como prioridades en los procesos de adquisición de terrenos, la consolidación de áreas bajo protección estatal.

- e) Ley Núm. 267 de 10 de septiembre de 2004, conocida como Ley sobre Política Pública de Desarrollo Sostenible, establece que el desarrollo de Puerto Rico debe fundamentarse en una economía sustentable y un desarrollo balanceado, armonizando el desarrollo económico con la restauración y protección del ambiente y los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de los puertorriqueños. Las metas económicas, sociales y ambientales deben estar unificadas en el contexto de sostenibilidad y considerar la condición insular.
- f) Reglamento # 6765 del 11 de febrero de 2004, conocido como Reglamento para Regir la Conservación y el Manejo de la Vida Silvestre, las Especies Exóticas y la Caza en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Aunque aborda temas como la cacería y las importación de especies exóticas, debemos destacar que este reglamento contiene las definiciones de las diferentes categorías de Hábitat Natural y las condiciones de mitigación en caso de impacto tal y como indica en su Exposición de Motivos (Artículo 1.03.(B)) este persigue “*Establecer un mecanismo para la mitigación de modificación de hábitat natural.*”
- g) Reglamento # 6766 del 11 de febrero de 2004, conocido como Reglamento de Especies Amenazadas y en Peligro de Extinción: Establece las reglas de categorización y protección para las especies reguladas por estas normas, de las cuales ofrece un listado junto a las referencias físicas de los hábitats categorizados como Hábitat Natural Crítico Esencial, designados a su promulgación.

Este tiene el propósito de:

“A. Identificar, conservar y preservar las especies vulnerables y en peligro de extinción;

B. Propiciar la propagación y supervivencia de especies vulnerables o en peligro de extinción;

C. Identificar y promover la conservación de los hábitats naturales críticos y los hábitats naturales críticos esenciales;

D. Reglamentar la importación y exportación de especies vulnerables o en peligro de extinción.

E. Adoptar criterios de designación utilizados por la comunidad científica internacional para especies cuya tendencia poblacional Podría llegar a estar en peligro crítico e incluso extinguirse en un periodo de tiempo muy breve.”

También hay varias leyes y regulaciones federales que se deben considerar, tanto durante la preparación de los planes como en el momento de materializar una acción, pues puede existir concurrencia de jurisdicción sobre determinados recursos naturales y, en ocasiones esta es exclusiva de las agencias federales, como otorgación de permisos de impactos a humedales y aguas de los Estados Unidos, por parte del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (*USCOE* por sus siglas en inglés). Estas son, entre otras:

- a) Administradas por la Agencia de Protección Ambiental (*EPA*, por sus siglas en inglés)

- Acta de Aire Limpio (*Clean Air Act*, 42 U.S.C.A. 7401 et seq.): Controla la calidad del aire, fuentes de emisión de contaminantes, etc. con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Ley de Aguas Limpias (*Clean Water Act*, 33 U.S.C.A. 1251-1387): Persigue mantener y restaurar las características químicas, físicas y biológicas de los cuerpos de agua.

b) Administradas por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (*USCOE*, por sus siglas en inglés):

- Sección 404 de la Ley de Aguas Limpias (*Clean Water Act*, 33 U.S.C.A. 1251-1387): Regula los dragados y depósitos de material de relleno en aguas de los Estados Unidos y Humedales.
- Sección 10 del Acta de Ríos y Bahías (*Rivers and Harbours Act of 1899*): Regula los impactos a aguas navegables dentro de la línea promedio de marea alta (*Mean High Water* (MHW) y de la línea más alta de marea alta (*High Tide Line*, HTL).

c) Administradas por el Servicio Federal de Pesca y Vida Silvestre (*USFWS*, por sus siglas en inglés):

- El Acta de Aves Migratorias (*Migratory Bird Act*, 16 U.S.C. 703-712): Regula cualquier intervención con especies de aves silvestres.
- El Acta de Especies en Peligro (*Endangered Species Act*, 16 U.S.C. 1531-1544): Regula cualquier intervención con especies de flora y fauna listadas como amenazadas o en peligro de extinción y sus hábitats.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La meta de este proyecto de planificación es: evaluar la viabilidad de las técnicas de ecología del paisaje en la toma de decisión del uso del terreno. Para alcanzar dicha meta nos hemos trazado los siguientes objetivos y tareas:

Objetivo 1

Analizar los procesos, marco legal e instrumentos de planificación y designación de usos del terreno en Puerto Rico, para hacer recomendaciones de política pública.

- a.* Necesitamos identificar en qué momento, en el proceso de toma de decisiones, sería más efectivo, el aporte de información ambiental apropiada, que caracterice los diferentes elementos del paisaje, que permita evaluar las condiciones presentes y construir escenarios futuros y que exponga los posibles efectos, en la estructura, funciones y procesos ambientales, de las distintas alternativas de uso de la tierra. Por ello examinamos los procesos de planificación del uso del terreno en Puerto Rico, métodos, nomenclatura, directrices y expresiones de política pública, según delineados por las leyes y reglamentos aplicables:
 - i.* Ley 75 de 1975, conocida como Ley Orgánica de la Junta de Planificación.
 - ii.* Ley de 81 del 31 de agosto de 1991, conocida como Ley de Municipios Autónomos del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, según enmendada.
 - iii.* Ley 550 del 3 de octubre de 2004, conocida como Ley del Plan de Uso de Terrenos.

- iv. Ley 161 del 1ro de diciembre de 2009, conocida como Ley para la Reforma del Sistema de Permisos.
 - v. Reglamento Conjunto de Permisos, Obras de Construcción y Uso de Terrenos del 29 de noviembre de 2010.
- b. El impacto ambiental debido a las diferentes designaciones de uso de la tierra, resulta de la interacción entre los instrumentos, métodos, actores, mecanismos, presiones sociales, políticas y económicas que intervienen en el proceso de planificación del uso del terreno en Puerto Rico y en la ejecución de las acciones planificadas. El tipo de información ambiental utilizada en el proceso de planificación determina el marco de referencia ambiental sobre el que se toman decisiones. Para evaluar el nivel de información ambiental requerida por las leyes y reglamentos vigentes y establecer los aspectos que podrían ser enriquecidos o complementados a través de la incorporación de las técnicas y enfoque de la ecología del paisaje:
- i. Revisamos los requerimientos reglamentarios de información, en la preparación de los documentos ambientales (DIA-E), que forman parte de los procesos de toma de decisión de uso del terreno en Puerto Rico:
 - 1. Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004, según enmendada, conocida como Ley de Política Pública Ambiental de Puerto Rico.
 - 2. Reglamento de Evaluación y Trámites de Documentos Ambientales de la Junta de Calidad Ambiental del 18 de noviembre de 2010
 - 3. Resolución Administrativa de la JP RI-06-01 sobre declaraciones de impacto ambiental estratégicas.

- ii. Revisamos el tipo de información ambiental contenida en la DIA-E de 13 POT, para explorar como abordan los requerimientos reglamentarios y términos o conceptos que evidenciaran alguna consideración a aspectos de estructura y función del paisaje. A estos efectos se preparó una hoja de cotejo de 37 términos (Apéndice 3) y se empleó la herramienta de búsqueda de *Adobe Acrobat X*.

- c. La preparación de los documentos ambientales se nutre, de fuentes primarias y secundarias. Los bancos de datos y geo-datos de información ambiental pueden ser instrumentos valiosos para la planificación debido a que concentran gran cantidad de datos y permiten ahorrar tiempo y recursos. Por ello se examinaron, algunas fuentes de datos ambientales disponibles en Puerto Rico para analizar su utilidad en los procesos de toma de decisión de uso del terreno, ejemplos:
 - i. SIG Oficina de Gerencia y Presupuesto del Gobierno de Puerto Rico.
 - ii. Visualizadores de información geográfica: JP, DRNA, *USGS*.
 - iii. Mapas digitales del *USGS* (*PR Quadrangles*, *PR Geological Maps*, *Soil Survey PR* y *Habitat Suitability Index Maps*), NOAA (*Environmental Sensitivity Index Maps*), *USCOE* (*National Wetland Inventory Maps*), *US Forest Service* (*GAP Analysis PR*).

Objetivo 2

Evaluar las técnicas de la ecología del paisaje, para seleccionar las más apropiadas para proveer apoyo al proceso de toma de decisiones de uso del terreno en Puerto Rico.

- a. Revisamos bibliografía pertinente y actualizada sobre el estudio de la estructura y composición del paisaje para recopilar las métricas o índices que pudieran ser útiles a la planificación del uso del terreno.
- b. Revisamos bibliografía sobre la aplicación de métricas del paisaje para investigar los métodos adoptados en la literatura para seleccionar técnicas y conjuntos de técnicas de estudio del paisaje.
- c. Utilizamos tres casos en la región sur de Puerto Rico, para exponer conflictos o traslape entre los usos de terreno designados en los instrumentos de planificación de uso del terreno y el efecto de la aplicación de la reglamentación ambiental vigente, en limitar o prevenir la ejecución de acciones consistentes con el uso designado. Ejemplificamos, a partir de la información de campo recopilada en uno de ellos, la solución del conflicto y como apoyo en el proceso de toma de decisiones en cuanto al uso del terreno, a través de la aplicación de técnicas de ecología del paisaje. Además analizamos la transformación del paisaje utilizando imágenes IKONOS 2002 y mosaicos fotográficos orto-rectificados 2009-2010.
 - i. Estudio de Caso 3: Proyecto de Viviendas Unifamiliares de Interés Social “Montesoria II y III”.
 - ii. Descripción del proyecto

Esta acción de desarrollo responde a la política pública del Gobierno de Puerto Rico de densificar los asentamientos de vivienda. Se compone de dos fases, Montesoria II, localizada al sur de la comunidad existente (Montesoria I) y Montesoria III que rodea a Montesoria I por el norte (Fig.2).

Los fondos para la adquisición de los terrenos y construcción del proyecto provienen del Departamento de la Vivienda, el Municipio de Salinas, Programa Nuevo Hogar Seguro de la Autoridad para el Financiamiento de la Vivienda y el programa *Hazard Mitigation Grant Program* de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (*FEMA*, por sus siglas en inglés).

El proyecto propuesto consta de un total de 375 unidades de vivienda de interés social, dispuestas en lotes de 260 metros cuadrados. Comprende los siguientes tipos de vivienda: 209 individuales, 66 *duplex* y 100 en hilera. Este estará conectado a la comunidad existente, Montesoria I, a través de un boulevard. También contará con una zona de parque público.

De acuerdo con un estudio de necesidad de vivienda en el período de 1999 a 2003, realizado para el municipio de Salinas, como parte de la Declaración de Impacto Ambiental preparada con vistas a la posible ampliación lateral del vertedero municipal, se estima una demanda anual promedio de 168 unidades por lo que el proyecto propuesto supliría la demanda de vivienda accesible por algo más de dos años.

iii. Descripción general del predio

El sitio del proyecto se localiza en el barrio Aguirre de Salinas. Consiste un lote de 55.962 cuerdas que rodea por el Norte, Sur y Oeste a las parcelas Montesoria I y colinda por el norte con terrenos de la Autoridad de Tierras, por el Sur con el *Aguirre Golf Club*, por el este con la PR-705 y por el Oeste con el vertedero de Salinas (Fig.3).

Esta área se sitúa en el extremo oriental de la zona definida como bosque seco subtropical (Ewel & Whitmore, 1973). Se pueden observar especies características de la costa sur de Puerto Rico (Little, Jr. & Wadsworth, 1995). Un alto porcentaje de la misma está deforestada y se observa cubierta por gramíneas (*Urochloa maxima, etc.*) y arbustos espinosos (*Acacia farneciana, Barleria prionitis, etc.*). Se distinguen especímenes emergentes de *Bucida buceras, Prosopis juliflora* and *Samanea saman*. En varias áreas se observan setos densos de *Leucaena leucocephala* y *Pithecellobium dulce*.

Hacia el Oeste se localiza un rodal de bosque con un estrato arbóreo bien definido y dominado por *Bucida buceras, Swietenia mahagoni* y *Pithecellobium dulce*. En la colindancia con el *Aguirre Golf Club* crecen especímenes de talla considerable de *Peltophorum pterocarpum* and *Enterolobium cyclocarpum*.

iv. La mariquita (*Agelaius xanthomus*)

La mariquita o capitán (Raffaele, Wiley, Garrido, Keith, & Raffaele, 1998) es un ave del orden Paseriformes, familia Emberizidae, endémica de Puerto Rico y la Isla de Mona. Se reconocen dos subespecies de mariquita, a saber:

- *Agelaius xanthomus xanthomus* (Isla de Puerto Rico)
- *Agelaius xanthomus monensis* (Islas de Mona y Monito)

La subespecie objeto de la presente evaluación es *Agelaius xanthomus xanthomus*. A ella nos referiremos como mariquita en este documento.

Los adultos de Mariquita (culmen=20-23 cm) muestran un plumaje negro brillante con escudos amarillos en los hombros. Ambos sexos son similares. Los juveniles exhiben un negro más opaco y abdomen marrón. (Raffaele, Wiley, Garrido, Keith, & Raffaele, 1998). Otras especies de la familia pudieran ser confundidas con la mariquita:

- La calandria (*Icterus dominicensis*) posee tonalidades negras y amarillas parecidas pero el amarillo se extiende por el vientre y la rabadilla.
- El turpial (*Icterus icterus*) el amarillo se extiende aún más por el cuerpo del ave y se combina con tonalidades naranja y parches blancos.

v. Distribución y estatus de conservación

La mariquita está catalogada como una especie en peligro de extinción y en 1976 se designó diferentes zonas de su distribución como hábitat crítico (USFWS, 1996):

- o Isla de Mona
- o Suroeste de Puerto Rico en los municipios de Cabo Rojo, Lajas y Guánica.
- o San Germán (un círculo de una milla en el pueblo de San Germán).
- o Base Naval de Roosevelt Roads.

Aunque el sitio del proyecto no está incluido en la designación de hábitat crítico para la especie, el predio está comprendido dentro del área de distribución actual de la misma (USFWS, 1996):

- Isla de Mona y Monito
- Suroeste de Puerto Rico
- San Germán
- Salinas
- Otras: Caño Martín Peña, Yabucoa, Ponce, Mayagüez, Añasco, Yauco, Guánica, Guayanilla y Guayama.

La población de mariquitas reportada en 1991 por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), entre Salinas y Guayama era de 20 individuos en 1991 y de 41 en 1995 (USFWS, 1996). Las causas del estatus de conservación actual de la especie se ubican en el parasitismo de nidos por el tordo lustroso (*Molothrus bonariensis*), depredación y destrucción de hábitat (Lopez-Ortiz, Ventosa-Febles, Reitsma, Hengstenberg, & Deluca, 2002)

vi. Aspectos de historia natural

No se conoce mucho de los hábitos de alimentación de la mariquita, (USFWS, 1996). La información disponible indica que esta es un ave mayormente insectívora y que busca su alimento fundamentalmente en los árboles, aunque también se alimenta en el suelo (Raffaele, Wiley, Garrido, Keith, & Raffaele, 1998)

El período de nidificación de la mariquita se extiende desde abril hasta agosto y durante el mismo las parejas pueden sacar adelante varias nidadas (DRNA, 2003). El período de incubación dura de 12-13 días y la cría de polluelos de 13-16 días. En promedio la puesta es de tres huevos (USFWS, 1996).

El tipo de hábitat conocido donde anida la mariquita se ha restringido en el presente, a zonas costeras y salitrales con mangle (*Rhizophora mangle*, *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa*), cayos de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), bosques secos costeros (*Bucida buceras* e *Hymenaea coulbaril*) y palmares (*Cocos nucifera* y *Roystonea borinquena*) (Lopez-Ortiz, Ventosa-Febles, Reitsma, Hengstenberg, & Deluca, 2002; USFWS, 1996). Las mariquitas anidan usualmente en colonias. Los nidos, en forma de copa son colocados en oquedades en árboles, topes huecos de tocones, bifurcaciones de ramas de árboles, yemas axilares de palmas a una altura promedio de 5.6 m (pero puede llegar a 9m o 18m en árboles caducifolios grandes y palmas) y separados entre sí de 5-35 m. Los nidos son defendidos por el macho en un radio de 3 m y las parejas tienden a establecerse en áreas de nidificación de años anteriores (USFWS, 1996). También se reporta el uso frecuente y preferencial de estructuras artificiales de nido (Lopez-Ortiz, Ventosa-Febles, Reitsma, Hengstenberg, & Deluca, 2002).

vii. Información primaria

Utilizamos la información sobre la especie, flora, vegetación y hábitat, que recopilamos durante el estudio de campo que realizamos en los predios de Montesoria II y III entre mayo y agosto del año 2003 (González-Sánchez,

2003). Dicha información se coleccionó siguiendo el siguiente esquema metodológico:

a) Clarificar la presencia/ausencia de la especie objetivo en el predio

Una especie puede ser rara en un predio debido a diferentes razones (Thompson, 2004), asumiendo que el método de muestreo empleado es adecuado, entre ellas: la especie puede ser difícil de detectar o identificar, estar dispersa por el territorio o concentrado en áreas diferentes a la estudiada, ostentar niveles poblacionales bajos, puede tener densidades bajas en el sitio en cuestión, utilizar el sitio ocasionalmente o durante determinada época del año o haber desarrollado hábitos de vida elusivos o nocturnos. La condición de especie rara de *Agelaius xanthomus* en el predio de estudio puede atribuirse a que el tamaño poblacional histórico en la región es pequeño (26 ejemplares aproximadamente), además esta es un ave voladora por lo que posee alta movilidad, también es de pequeño tamaño lo cual dificulta su detección en vegetación tupida, puede confundirse con otras especies y no había información previa de sus patrones o preferencias de uso de recursos del hábitat o de sus movimientos diarios en el área.

Efectuamos muestreos sistemáticos (Wunderle, 1994; Sutherland, 1998; Bibby, Hill, & Mustoe, 2000) que cubrieron toda el área del proyecto en busca de individuos de la especie, sitios de anidaje, alimentación o de descanso. En la primera etapa, se dedicó todo el esfuerzo a detectar la especie. Para ello se recorrió semanalmente la totalidad del sitio

distribuyendo homogéneamente el esfuerzo y comenzando el muestreo en puntos diferentes.

b) Establecer la importancia poblacional de la especie objetivo

Empleamos información bibliográfica para determinar los niveles poblacionales históricos de la especie y establecer como la meta de muestreo detectar la población histórica, la cual monitoreemos utilizando curvas de saturación, que se alimentaban después de cada día de muestreo.

En el proceso de cuantificar la importancia poblacional de la especie deben evitar los sesgos por horario o ubicación de transepto. Además se deben poder ubicar físicamente los puntos de contacto con la especie, registrar el número de individuos en cada contacto y registrar el substrato sobre el que se encontrada la especie. A tales efectos confeccionamos un formulario de campo (Apéndice 1) el cual permitía, también, sistematizar la captura de información y facilitar la alimentación de datos al computador.

En el período de estudio, tres días cada semana, efectuamos muestreos matutinos (5:30 AM-10:00AM) y vespertinos (5:00PM-7:00PM). En cada muestreo participaron dos ornitólogos con experiencia en la detección e identificación de la especie. Cada equipo de ornitólogos utilizó el mismo modelo de formulario para registrar la información de campo, una foto aérea y un mapa topográfico para localizar y referenciar los contactos y cantidad de individuos detectados. Se instruyó al personal participante en los muestreos sobre la necesidad de registrar contactos con otras especies

asociadas a la mariquita como son el chango (*Quiscalus niger*) y el tordo lustroso (*Molothrus bonariensis*).

Distribuimos los transeptos en tiempo y espacio para que el esfuerzo de muestreo fuera homogéneo. A cada porción del sitio se le dió la misma oportunidad de detección de la especie y que cada hora/hombre (h/h) de esfuerzo tenga la misma capacidad de detectar e identificar la especie durante los horarios muestreados. Procesamos la información recopilada utilizando la hoja electrónica Excel 2010 y será geo-referenciada en ArcGis 10 y Acad.R.2008.

c) Caracterizar los tipos generales de coberturas del predio

Para identificar e interpretar las coberturas existentes en el predio, empleamos Imágenes de IKONOS del predio (2002), ortogonales y de alta resolución en formato digital (infrarrojo y *RGB*), estas son imágenes geo-referenciadas en NAD-83. Comparamos dichas imágenes, en ArcGis 10, junto al plano de mensura y topografía también geo-referenciados al mismo datum. Confirmamos los tipos de cobertura en el terreno y se delinearon en ACAD 2008 y ArcGis 10.

d) Delimitar los tipos de hábitat

Para identificar y cuantificar los tipos de hábitat utilizamos el modelo vectorial (Harvey, 2008). Para obtener información cuantitativa del hábitat, establecimos parcelas de muestreo de vegetación, con dimensiones de 20 metros por 20 metros (400 SQM-0.04 Ha), dentro de la propiedad propuesta para el desarrollo del proyecto en cuestión.

Establecimos un total de cincuenta y tres (53) cuadrículas (Fig. 6), para un total de 21,200 m², equivalente a un 9.7 % del área total del predio.

Localizamos las parcelas aleatoriamente dentro de cada tipo general de cobertura. En cada una cuantificamos todos los individuos de especies arbóreas y arbustivas de talla arbórea o sub-arbórea, a los cuales les registramos el diámetro del tronco a la altura del pecho (DBH por sus siglas en inglés) y la altura. A las herbáceas (gramíneas y arbustos menores) les estimamos el porcentaje de cobertura del suelo.

Con la información de campo (Apéndice 2) preparamos una matriz de frecuencias observadas de especies de plantas vs. parcelas [F(n,m), donde F es la frecuencia observada de la enésima variable en la emésima unidad de muestreo]. Utilizando esta matriz, aplicamos un análisis de correspondencias (Rohlf, 1994; Jongman, Ter Braak, & Van Tongeren, 1995) para obtener nuevos ejes de ordenación ortogonales y donde se concentra un mayor porcentaje de varianza. Este método de ordenación multivariado utiliza datos de frecuencias observadas y permite estudiar las relaciones entre los sitios de muestreo y la influencia que, sobre ellos, ejercen las especies de plantas. Empleamos el programa *NTSYS* versión 1.80 para *D.O.S.* (Rohlf, 1994) para realizar el análisis de correspondencias y el programa *EXCEL R.2010* para los gráficos y tablas. Empleamos el programa *SIG ArcGis 10* e imágenes *IKONOS RGB 2002* y mosaico orto-rectificado de la *OGP 2009-2010*, para producir mapas temáticos de categorías de uso del suelo, utilizando la función de

clasificación digital parcialmente supervisada. Este procedimiento nos permitió producir, en modelo de teselas (*raster*), mapas categóricos de usos del suelo para los dos períodos. Exportamos, los mapas temáticos al programa FRAGSTAT 3.2 (McGarigal & Marks, 1995) donde realizamos el análisis cuantitativo empleando métricas del paisaje.

Objetivo 3

Desarrollar estrategias de planificación que apoyen, a partir de una visión integral del paisaje, los procesos de evaluación ambiental necesarios para asegurar el mejor uso del terreno en conformidad con las leyes y reglamentos.

Utilizamos los resultados del análisis del marco legal, procesos e instrumentos de planificación del uso del terreno, aplicación de dichos instrumentos, identificación y selección de técnicas de estudio del paisaje, para a delinear estrategias de planificación y plan de acción, que viabilicen a través de la aplicación del enfoque y técnicas de estudio de la ecología del paisaje, la consideración, en el proceso de toma de decisiones del uso del terreno en Puerto Rico, de la estructura, funciones y procesos del ambiente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Nuestro proyecto de planificación se enfoca en analizar los procesos establecidos para planificar el uso del terreno en Puerto Rico, sus fuentes de información ambiental, marco legal y reglamentario y como ocurre la aproximación de los documentos ambientales a las características espaciales del paisaje. Entendemos que el enfoque paisajista de la planificación, y las diversas técnicas que se han desarrollado en los estudios de ecología del paisaje, posibilitan describir la composición y configuración del paisaje, considerar los usos pasados y presentes y diseñar escenarios futuros, atendiendo los diferentes elementos y configuraciones espaciales y sus interacciones.

Empleamos un estudio de caso en Puerto Rico, para ilustrar el empleo de técnicas de estudio del paisaje como herramienta en el proceso de planificación y toma de decisiones en cuanto a la asignación de usos del suelo. No obstante, nuestro proyecto persigue un propósito normativo, al proponer el enfoque paisajista y su análisis cuantitativo, como una vía hacia una planificación del uso del suelo verdaderamente sustentable.

El uso del suelo en Puerto Rico, está afectado por varios factores como la tenencia mayoritaria de la tierra en el sector privado, espacio físico limitado debido a su condición insular y relieve y la historia económica y política de la Isla. El desparrame urbano que experimenta la Isla (Martinuzzi S. , y otros, 2008) , agravado por la elevada densidad poblacional, es un producto directo de un proceso deficiente de toma de decisiones en el uso del suelo.

Las consecuencias de no planificar adecuadamente, van desde conflictos en el uso de la tierra, aumento del impacto a cuerpos de agua y otros recursos naturales, fragmentación del paisaje, reducción de tierras agrícolas y continuidad del hábitat. Todo ello desemboca en un mayor impacto ambiental, necesidades ciudadanas insatisfechas y alejamiento de la línea del desarrollo integral y sustentable.

Análisis de los procesos, marco legal e instrumentos de planificación y designación de usos de terrenos en Puerto Rico.

Para analizar el problema de nuestro proyecto de planificación, elaboramos un árbol de causas y efectos o árbol de problemas (Fig. 1). En dicha técnica de definición, análisis y solución de problemas, se establecen una serie de situaciones negativas (situación de inconveniencia, insatisfacción, estado negativo, etc.) que se constituyen en causas de un problema central, objeto de la investigación, del cual emanan una serie de efectos o consecuencias, que derivan, a su vez, en una consecuencia o estado negativo mayor. El árbol de problemas facilita identificar interacción entre las condiciones, el establecimiento de prioridades de planificación y la formulación de metas y objetivos para atender el problema central.

Puerto Rico no cuenta aún, con un instrumento a nivel de todo el territorio que provea un enfoque integrador y sistemático al proceso de planificación del uso del terreno. A pesar de que la Ley 75 *supra* dispone la preparación de un plan de usos del terreno para Puerto Rico y que este es el propósito principal de la Ley 550 *supra*, aun no se ha aprobado dicho documento. Otro aspecto en suspenso incluido en la mencionada Ley 550, es la creación de un banco central de información, el cual se nutriría de las diferentes agencias de gobierno y condensaría la información necesaria para apoyar los procesos de toma de decisiones.

En estos momentos, están disponibles diversas fuentes automatizadas de información, en agencias estatales, federales y corporaciones públicas, que proveen información geográfica actualizada para nutrir los análisis espaciales que requiere la planificación del uso del suelo. No obstante, la falta de coordinación interagencial, problemas de accesibilidad y disponibilidad, limita su utilización por el público y personal técnico.

Padín y otros (2009), han alertado sobre el vacío entre la concepción y aprobación de medidas legislativas y reglamentarias y su implementación. También se ha evidenciado un fenómeno similar (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006) entre la generación de conocimiento científico y su incorporación al proceso de planificación. Estas situaciones conspiran contra la adopción de un enfoque integral de planificación, que apunte hacia la sustentabilidad. Mientras, esta se ha convertido en un término omnipresente en documentos, planes y leyes, pero no se observa su materialización más allá del papel.

Es difícil realizar análisis espaciales o llegar a conclusiones sobre cómo debemos dirigir el desarrollo y el uso del suelo, si no se cuenta con la información adecuada. A pesar que desde 1991 la Ley 81 *supra* dispuso la preparación de planes de ordenación territorial (POT) a nivel municipal, no fue hasta el 2006 que la Junta de Calidad Ambiental (JP) emite la resolución interpretativa RI-06-1 para establecer los parámetros y requisitos de contenido de las declaraciones de impacto ambiental estratégicas (DIA-E) como un instrumento concebido especialmente para atender las implicaciones ambientales de la elaboración e implantación de planes, políticas o programas.

Hasta ese momento los documentos ambientales de los POT, preparados en atención a las disposiciones de la Ley de Política Pública Ambiental, tenían como guía parámetros de la reglamentación de la JP para las DIA regulares. Este instrumento tiene limitaciones sustantivas, para exponer el impacto ambiental de un plan, cuyo efecto es mucho más amplio en extensión territorial y temporal y donde las acciones programadas ocurren en un largo plazo hacia el futuro y que está sujeto a ajustes y modificaciones durante su etapa de implantación.

Revisamos los requisitos de contenido para la preparación de las DIA (según indica el Reglamento No.6510 de la Junta de Calidad Ambiental para el proceso de presentación, evaluación y trámite de documentos ambientales, vigente hasta el pasado año cuando que fue derogado, y luego por su sustituto, el Reglamento No.7948 de evaluación y trámite de documentos ambientales de la Junta de Calidad Ambiental) donde vimos que se solicita una “descripción de los elementos de importancia en el ambiente”, mapas y fotografías aéreas a una escala de 1:20,000 y así sucesivamente hasta reunir una lista de elementos que, de manera enumerativa compondrán el cuerpo sustantivo del documento. Entre las definiciones de dichos reglamentos encontramos el término “escala conveniente” (Una escala que permita discernir los detalles relevantes de la acción propuesta que vayan a ser presentados en un plano), el cual es aplicado solamente a los planos de diseño del proyecto y no a los demás documentos acompañantes (fotos aéreas, mapas topográficos, etc.) que pudieran exponer apropiadamente las características espaciales del ambiente donde se producirá el desarrollo y el contexto del mismo.

El vacío sustantivo pudo haberse llenado con la incorporación de las DIA-E (la cual, vale decir, no fue incluida en el Reglamento 7948 *supra*), pero la propia resolución que crea este documento ambiental, establece que los mismos deberían incluir principalmente información y aspectos cualitativos, y no cuantitativos. La razón que aduce la resolución, es que dicha información cuantitativa sería recabada al momento de materializar acciones programadas. Esta determinación se sostiene en el enunciado de los requisitos de contenido donde se solicita, mayoritariamente, que se describan, identifiquen o enumeren los fenómenos, características o sistemas.

Como consecuencia, al limitar el tipo la información que será utilizada en el proceso de planificación, se restringe a priori la profundidad y utilidad práctica del documento ambiental. Se limita, también, el alcance de los comentarios de las agencias concernidas, lo cual deviene en conflictos a la hora de poner en práctica acciones concretas, aun estando estas en conformidad con las disposiciones del plan. También encontramos que las propias agencias que endosan las DIAS-E y los usos de suelo propuestos, al aplicar la reglamentación ambiental durante la fase de desarrollo de acciones, aunque estas sean conforme a calificación, imponen requerimientos de mitigación que, ciertamente, comprometen la ejecución de las mismas.

La toma de decisiones sobre el uso del suelo debe estar basada en datos, métodos y análisis que permitan cuantificar las condiciones existentes, determinar las causas del establecimiento de los usos actuales y evaluar el efecto de los usos propuestos respecto al ambiente y a la reglamentación aplicable. Por ejemplo: la aplicación de las disposiciones de la Ley 241 *supra* relativo al impacto a hábitat natural, puede tener el efecto directo de duplicar el costo de la tierra, ¿Debió asignarse ese uso a esos terrenos?, ¿Se debió

contemplar el efecto de la mitigación por impacto a hábitat natural al momento de asignar el uso?

Analizamos el contenido de las DIA-E, preparadas como parte del proceso de aprobación o revisión parcial de trece POT, incluidos solamente por estar disponibles en el internet para descarga pública. Para ello realizamos una búsqueda sistemática de treinta y siete términos (Apéndice 3), cuyo uso pudiera sugerir que en el documento se estuvieran abordando, aunque fuera de manera cualitativa, aspectos relativos a la funcionalidad del paisaje: (1) sistemas naturales, (2) recursos naturales, (3) expresiones de política pública relativas al ambiente (4) y términos con implicación directa a la economía (5). Abordaremos la incidencia de los términos en forma porcentual y no en números absolutos para eliminar la influencia del volumen del documento o el tamaño del municipio.

De forma general, los términos más empleados en las DIA-E analizadas correspondieron a las expresiones de política pública y aquellos con implicaciones en la economía (58.58%). Los términos relacionados con sistemas naturales y recursos naturales ocupan el segundo lugar con un 33%, mientras que los términos que pudieran implicar algún grado de tratamiento a aspectos de estructura y funcionalidad del paisaje solo representaron el 8.4% de las incidencias.

Al observar el tratamiento a los diferentes grupos de términos, entre los municipios analizados, vemos que las tendencias observadas se sostienen en la mayoría de los documentos individuales, siendo la menor proporción la dedicada a tratar los aspectos funcionales o estructurales del paisaje. Por otro lado, el uso de términos relacionados a sistemas y recursos naturales siempre representa un porcentaje menor que

los términos dirigidos a tratar temas de política pública o economía (rango de diferencia 1.19% - 81.88%), a excepción del municipio de Villalba donde los primeros superan a los segundos, aunque por un pequeño margen de un 7.58%.

También observamos, que los mapas de clasificación de suelo que pudimos revisar, no mostraban el territorio más allá de la frontera del municipio en cuestión, de tal manera que no se puede apreciar el tratamiento del suelo en una franja razonablemente ancha que traspasara el límite municipal y analizar como se relaciona con lo propuesto en el POT en cuestión. Debemos recordar que el análisis del impacto de un POT, sobre los municipios adyacentes, es un requisito de la preparación de dichos planes, según lo establecido en el Artículo 13.008 de la Ley 81 *supra*. Los propios POT no incluyen, explícitamente, la metodología de estudio o toma de decisiones empleada, por lo que se dificulta establecer la relación entre la definición de los problemas y la expresión espacial de las soluciones.

Otro problema es que, aunque a nivel de clasificación existe homogeneidad en las categorías y criterios empleados, según definidas en la Ley 81 *supra*, no ocurre lo mismo con los distritos de calificación. Aunque se disponía en el artículo 6. (j) de la Ley 550 y, posteriormente en el artículo 13.005 de la mencionada Ley 81, que se adoptara un sistema uniforme de zonificación (calificación), la realidad es que muchos municipios, crearon también sus propios distritos, para atender sus particularidades territoriales, resultando en lecturas incompatibles al transitar de un territorio a otro y Puerto Rico, a pesar de su pequeña extensión, está dividida en setenta y ocho municipios.

Tras la puesta en vigor de la Ley 161 *supra*, la cual reforma el sistema de permisos de Puerto Rico, se dispone en su Reglamento Conjunto *supra*, la adopción de un

sistema nuevo de distritos de calificación para uniformizar los POT. Esta disposición aplicaría a los municipios que estén preparando o revisando sus POT y, prospectivamente, a los POT que entren en revisión según les corresponda por su fecha de aprobación, por lo que se supone un período de alrededor de ocho años para uniformizar el sistema.

A febrero de 2011, según información de la JP, cuarenta y dos (42) municipios tenían sus POT aprobados y veintitrés (23) de ellos se encontraban en revisión. Los restantes treinta y seis (36) municipios se hallaban en Fase II, III y IV del proceso de aprobación. De implantarse adecuadamente las disposiciones del Reglamento Conjunto, se abonaría al establecimiento del tratamiento sistemático del uso del terreno y propiciaría la uniformidad en la toma de decisiones sobre acciones de desarrollo a lo largo de Puerto Rico.

Algunas fuentes de información espacial disponibles en Puerto Rico

La información espacial se puede recabar de manera directa, es decir, midiendo o recolectando datos sobre los elementos del paisaje en el terreno o a través del análisis de productos gráficos derivados de perceptores remotos. Con el desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) y el perfeccionamiento de los perceptores aerotransportados y satelitales, se ha facilitado la recolección y análisis de información geográfica de grandes extensiones de terreno. Cuando la escala del problema lo requiere y los costos lo permiten, la información remota se debe complementar, con datos directos de campo.

Entre las fuentes de información espacial disponibles en Puerto Rico en formato SIG, tenemos:

- a) Servicio Geológico Federal (*USGS*): inventario de suelos, inventario de humedales, índice de sensibilidad ambiental (*ESI maps*), mosaicos fotográficos orto-rectificados, cuadrángulos topográficos. También posee un visualizador de información geográfica para usuarios que no tengan acceso a programas SIG.
- b) Servicio Forestal Federal (*USFS*): mapa de usos de suelo para Puerto Rico y proyecto *GAP-PR*.
- c) Oficina de Gerencia y Presupuesto: condensa una considerable cantidad de información sobre infraestructura y administración (carreteras, límites territoriales, límites de barrio), mosaicos fotográficos orto-rectificados de 2002 y 2010, información satelital de *IKONOS* de 2002 (incluye banda infrarroja), hidrología, suelos, áreas protegidas y distribución de algunas especies de flora y fauna.
- d) *Google Earth*: visualizador gratuito de información geográfica variada. Un inconveniente es la actualidad de las imágenes pero versiones recientes proveen archivos históricos que permiten visualizar los cambios en la fisonomía del terreno.
- e) Visualizadores de información geográfica de varios municipios y agencias del gobierno de Puerto Rico, como el Departamento de Recursos Naturales y la Junta de Planificación de Puerto Rico.

Una dificultad de los visualizadores, es que limitan la utilización o análisis de la información a su propio ambiente de programación y frecuentemente no proveen acceso a los metadatos. El servidor SIG de OGP, por su parte, permite ser accedido a través de un programa SIG y, aunque no puede descargarse físicamente las capas de información, si

permite realizar análisis de manera más flexible. Muchas de las agencias federales (USGS, USFS, NOAA) permiten descargar las capas de información geográfica en formato SIG, geo-referenciadas. El acceso a estas herramientas aumenta dramáticamente la capacidad de la ciudadanía, para participar de manera informada en los procesos de planificación e incidir en la toma de decisiones en los diferentes niveles administrativos. No obstante, a la hora de presentar la información en los documentos ambientales, los proponentes se limitan generalmente a las exigencias reglamentarias.

Análisis cuantitativo del paisaje

De manera general podemos definir el paisaje como una unidad espacial compleja, compuesta por diferentes ecosistemas constituyendo mosaicos ecológicos. La distribución de recursos en el paisaje se expresa en forma de patrones espaciales cuya conformación, diferente según la escala, varía en el tiempo por causas naturales y debido a la transformación humana.

Una manera de analizar la estructura del paisaje, que se relaciona muy bien con la preparación de mapas de clasificación o calificación, es a través de la preparación de mapas temáticos. Estos mapas pueden ser preparados de diferentes maneras y pueden resultar de modelos vectoriales o de teselas (*Raster*). Cuando se asignan, de forma planificada o no, diferentes usos al suelo, lo que hacemos es proponer vías, procedimientos o caminos para transformar el paisaje de una forma particular, para lograr determinados objetivos.

Entre los modelos categóricos de estudio del paisaje está el llamado Parche-Corredor-Matriz (Forman, 1995a). Se han desarrollado una gran cantidad de índices o métricas siguiendo este modelo, como parte de investigaciones de ecología del paisaje

(Botequilha Letiao & Ahern, 2002). Los índices pueden ser aplicados tanto a modelos vectoriales o de teselas.

Aunque se presume que la estructura del paisaje es el resultado o expresión observable, de determinados procesos y flujos de energía y nutrientes en el ambiente (Corry & Iverson Nassauer, 2005), se debe ser cauteloso a la hora de establecer relaciones directas entre cambios estructurales y procesos naturales específicos, sin que hayan estudios empíricos que sustenten tal vínculo.

El propósito de la métricas es describir cuantitativamente la composición y configuración de los diferentes niveles del paisaje (Botequilha Letiao & Ahern, 2002), entendiéndose el nivel de Parche, Clase (Grupo de Parches similares) o Paisaje (Totalidad de parches y clases contenidos en el área de estudio) y su interpretación debe estar en concordancia con el nivel de organización que está midiendo. La selección de las métricas que se aplicarán en el análisis es también de suma importancia.

Existe consenso en que existe una alta correlación entre los diferentes índices y que dicha correlación proviene de dos fuentes fundamentales: que los índices miden aspectos estructurales relacionados y que, en cada estudio en particular, los aspectos medidos por los índices pueden estar correlacionados debido a causas intrínsecas a fenómenos o procesos. Es importante, por lo tanto, estar conscientes de las características de los diferentes métricas, tanto al momento de seleccionarlas como al momento de interpretar los resultados.

Utilizamos los criterios más comúnmente empleados en la bibliografía en la selección de técnicas y conjuntos de ellas. Entre ellos encontramos:

- a) Fuentes de información teniendo en cuenta: modelos espaciales vectoriales y “*raster*” (Harvey, 2008), el modelo de paisaje categorizado en unidades discretas, parche-corredor-matriz (Forman, 1995b) y continuas o modelo de gradientes ambientales (McGarigal & Cushman, 2005; McGarigal, Tagil, & Cushman, 2009).
- b) Facilidad o simplicidad de cálculo (directo o disponibilidad de programas de computador).
- c) Disponibilidad, accesibilidad y complejidad de los datos requeridos.
- d) Utilidad en diferentes etapas del proceso de planificación (estudio de tendencias, diagnóstico de problemas, análisis alternativas y construcción de escenarios futuros).
- e) Capacidad para describir el problema bajo estudio.
- f) Grado de independencia, correlación o redundancia con otras técnicas.
- g) Versatilidad de aplicación en diferentes entornos, matrices, o paisajes dominantes. (urbana, rural o natural).
- h) Costos estimados de aplicación de acuerdo con: laboriosidad de recolección de datos, requerimientos de equipo especializado, requerimiento de personal especializado.

Es útil identificar un grupo o núcleo de índices cuya formulación pueda atender los problemas que nos interesan analizar. A continuación listaremos una serie de índices, propuestos consistentemente por varios autores relevantes en el tema, que pudieran ser empleados en el proceso de toma de decisiones de usos del terreno en Puerto Rico. La interpretación de sus valores es significativa dentro del nivel de la estructura de paisaje

que se indica, se incluye el nombre establecido para el algoritmo y que aspecto, composición o configuración, del paisaje describen, para más detalles ver (Aguilera-Benavente, 2010; Botequilha Letiao & Ahern, 2002; Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006; Corry & Iverson Nassauer, 2005; Uemaa, Antrop, Roosaare, Marja, & Mander, 2009):

- a) Riqueza de clases (*PR*): medida de composición. número de clases de cobertura del suelo (*CCS*) diferentes. Es un indicador primario de la diversidad del paisaje pero no ofrece información sobre configuración de las clases.
- b) Densidad de parches (*PD*): medida de configuración. Expresa la relación de *PN* (número de parches) con el área considerada. Normaliza a *PN* para realizar comparaciones entre áreas de extensión diferente.
- c) Numero de Parches (*PN*): medida de configuración. Nos ofrece información a nivel de *CCS* o del paisaje. Puede indicar fragmentación.
- d) Proporción de clase (*CAP*): medida de composición. Indique que proporción del paisaje está ocupada por una clase de cobertura de suelo en particular. Ej. tipos de usos de suelo diferentes. Se acepta la presencia de una matriz cuando una *CCS* ocupa, de forma mayormente contigua, más del 50% del paisaje. (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006)
- e) Área promedio de parches (*AREA_MN*): medida descriptiva de tendencia central sobre la configuración dentro de las *CCS*. Permite comparar las *CCS* entre si y explorar interacciones entre ellas. Su valor aumenta con el aumento de la frecuencia de parches grandes que representan espacios contiguos del

mismo tipo de CCS. El tamaño de los parches se identifica como una medida de primera importancia en el paisaje por estar relacionada a funciones como la productividad, biodiversidad, almacenamiento de nutrientes y captación de agua (Forman, 1995a). Debido a que no ofrece información sobre la distribución de los parches, la variabilidad en los tamaños de estos o el contexto (matriz y tipos de parches cercanos), se recomienda su uso en combinación con otros índices que atiendan dichos aspectos.

- f) Forma (*SHAPE*): medida de configuración de CCS o del paisaje. Es una medida de la complejidad geométrica de un parche pero no describe su morfología. Es la tasa del perímetro del parche analizado con relación a un parche teórico, geoméricamente más simple, de la misma extensión superficial. En esta o cualquier métrica que considere el borde de los parches, se debe tener en cuenta que los parches en mapas confeccionados siguiendo un modelo de teselas, producen valores más elevados de perímetro debido a que la aglomeración de unidades cuadradas (Teselas) que forman un parche, no establecen una línea de borde sinuosa sino serrada.
- g) Radio de Giro (*GYRATE*): medida de configuración. Es la distancia promedio entre cada celda que compone un parche y el centroide del parche. Su valor aumenta con el tamaño del parche por lo que es indicador de su extensión. Se emplea más en modelo de teselas. A nivel de clase se puede sumar el total de radios de giro de los parches de la clase y multiplicarlos por la proporción que representa el área de cada parche con relación al área total de la clase

(*GYRATE_AM*). Los valores altos de este índice se interpretan como indicador de mayor conectividad en el paisaje.

- h) Contagio (*CONTAG*): Cuantifica el grado de agrupamiento espacial, con relación a la agregación máxima, en que las clases se presentan en el paisaje, por lo que es una medida de configuración a este nivel. Se expresa como porcentaje y sus valores oscilan entre 0 y 100, siendo 100 la agregación máxima. Debido a que este índice involucra el comportamiento de diferentes clases es difícil de interpretar en paisajes complejos (con muchas CCS) si se utilizan otros índices que informen sobre los tipos de CCS y sus proporciones en el paisaje.

Hay dos elementos importantes que determinan la utilidad e influyen en la interpretación del resultado de estos algoritmos: la escala y el esquema de clasificación. La escala, la cual, a los efectos del análisis de la estructura del paisaje utilizando planos categóricos, posee dos componentes que deben tenerse en cuenta y que deben ser apropiadamente definidos según el propósito del análisis:

- a) La extensión: definida por los límites del paisaje a estudiar (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006).
- b) Tamaño de grano: definido por el tamaño de las unidades individuales de información. Convencionalmente se ha adoptado la regla que este parámetro debe ser de dos a cinco veces mayor que el menor elemento del paisaje de interés para el análisis (Corry & Iverson Nassauer, 2005).

El esquema de clasificación adoptado (Ej. usos de suelo), es la base para la interpretación de los resultados y debe cumplir con una serie de requisitos básicos (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006; Frohn, 2006):

- a) Resolución constante para que las clases tengan la misma oportunidad de ser identificadas y discernibles en el ámbito completo del esquema.
- b) Inclusivo: deberá permitir que los elementos importantes y pertinentes a nuestro análisis puedan estar presentes en el esquema.
- c) El sistema de clasificación debe ser explícito y consistente en toda su extensión, para que las categorías puedan ser interpretadas de la misma manera. Por ejemplo: los elementos pertenecientes a la categoría “A”, deben ser identificables de manera consistente y se les asignará dicha categoría siempre que estén presentes.

La posibilidad de utilizar imágenes provenientes de sistemas de percepción remota, aeronaves o satélites, combinados con el uso de métricas de ecología del paisaje, para producir mapas categorizados, reduce significativamente los costos del proceso al analizar áreas extensas (Cohen & Goward, 2004; Frohn, 2006; Helmer, Ramos, López, Quiñones, & Díaz, 2002; Laforteza & Brown, 2004; Roccini, Andreini, & Chiaruchi, 2005). Estos procedimientos son particularmente necesarios cuando el levantamiento exhaustivo de datos de campo significaría una tarea impracticable debido al enorme gasto de recursos y tiempo.

Los estudios de vegetación utilizando percepción remota es un punto de partida común para los estudios de la estructura del paisaje (Jones & Vaughan, 2010; Benedetti, Campos, & Geraldi, 2010). No obstante, en determinadas instancias, se hace necesario o

meritorio confirmar o recolectar información en el terreno (Martinuzzi S. , y otros, 2008) y analizar de manera particular áreas de menor extensión para dilucidar la asignación de usos de suelo con un grado mayor de resolución.

Las técnicas de estadística multivariada se han empleado como herramientas para estudiar gradientes ambientales (Jongman, Ter Braak, & Van Tongeren, 1995; McGarigal, Cushman, & Stafford, 2000). Dentro de dichos procedimientos, los métodos de ordenación (Gutzwiller, 2002), permiten combinar la información de variables ambientales, concentrar la varianza contenida y producir nuevos ejes ortogonales, no correlacionados, a través de los cuales analizar el fenómeno bajo estudio. Entre los métodos de ordenación más empleados se encuentran el análisis de componentes principales, para datos continuos, y el análisis de correspondencias para datos de frecuencia observada (Jongman, Ter Braak, & Van Tongeren, 1995).

Los análisis de patrones de vegetación, a partir del muestreo de la composición de la comunidad vegetal, han servido como base para describir la estructura del paisaje, bajo el supuesto que los distintos ensamblajes y proporciones de especies presentes, son reflejo o consecuencia de una serie de variables ambientales (suelos, pendientes, humedad, fauna) y usos históricos del suelo, que le imprimen a las comunidades vegetales una composición y configuración determinada. El estudio del paisaje a ese nivel de cercanía se requiere, frecuentemente, como parte de dilucidar aspectos de autoecología de especies amenazadas que pudieran influir en el proceso de toma de decisiones sobre el uso del suelo.

Estudio de Caso III

Esta investigación se diseñó para cumplir con los requerimientos del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, dirigidos a verificar la presencia de *Agelaius xanthomus* en el sitio del proyecto y, de ser comprobada la misma, dilucidar en que forma la especie utilizaba el predio. Una vez establecidos los primeros puntos y determinar su impacto espacial, se esperaba poder establecer como el patrón de uso del paisaje por la especie podría incidir en la compatibilidad de los otros usos del suelo propuestos.

Presencia de la especie y uso del predio

Durante los meses de Junio-Agosto/03 realizamos 65 muestreos (35 matutinos y 30 vespertinos). Durante los mismos registramos un total de 155 contactos con la especie lo cual acumuló un total de 682 contactos.

La especie fue detectada en un 75.4 % de los recorridos (49/65). El número máximo de individuos contados en un solo contacto fue de 25 y el número máximo de contactos por recorrido fue de 12 (25 individuos es prácticamente el mismo número establecido por el grupo de trabajo de la mariquita del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, para una colonia residente de 26 individuos en la Central Aguirre).

La tendencia general fue que las mariquitas arribaran al sitio en pequeños grupos o individuos aislados, se reunieran en grupos mayores en la medida en que avanzaba la mañana para separarse en pequeños grupos nuevamente durante la tarde y abandonar el sitio. Nunca encontramos indicios de que la especie usara el predio como área de dormitorio o nidificación, lo cual es determinante en el proceso de cualificar la

importancia del sitio para la conservación de la especie y supone restricciones adicionales al uso del suelo.

Pudimos evidenciar que, en la medida en que avanza la estación reproductiva (mayo-agosto), la actividad de la especie en el sitio es irregular y tiende al decrecimiento. Este comportamiento abona a la intención de establecer que el predio no es usado como territorio reproductivo.

Anotamos la ubicación de cada contacto con la especie y esta fue incorporada como una capa de información para apreciar la distribución espacial de las incidencias. Si observamos la Figura 5 podemos apreciar que los registros se agrupan, mayormente, al norte y al sur del bloque de residencias existentes y sobre ellas.

Análisis cuantitativo del paisaje

Una vez establecidos los patrones de uso del predio por la especie, nos propusimos dilucidar si existía un esquema espacial discernible de coberturas en el predio y si existían relaciones entre ambos para, de esta manera delimitar los usos del suelo compatibles. Obtuvimos fotos aéreas ortogonales del 2003, las cuales fueron georeferenciadas utilizando el programa ArcInfo 10. Para los análisis espaciales utilizamos imágenes infrarrojas y color de IKONOS del 2002 y el mosaico orto-rectificado de la OGP de 2009-10.

Inicialmente pudimos establecer dos tipos generales de cobertura del suelo que comprendían el predio del proyecto: 1) zonas forestadas con un área aproximada de 55,645.61 m² (caracterización del 10% = 14 cuadrículas o 5,600 m²) y 2) zona de pastos y arbustos con un área aproximada de 156,354.39 m² (caracterización del 10% = 39 cuadrículas o 15,600 m²). Se ubicaron aleatoriamente 53 parcelas de 20mx20m para

muestrear la vegetación (Fig. 6). En cada parcela se anotaron todas las especies de plantas y número de individuos por especies.

Aplicamos un análisis de correspondencias (Jongman, Ter Braak, & Van Tongeren, 1995; Rohlf, 1994) la información recopilada de las parcelas de muestreo de vegetación. Este análisis multivariado permite aglomerar la varianza de especies y unidades de muestreo y generar nuevos ejes de ordenación a lo largo de los cuales se pueden posicionar, simultáneamente especies de plantas y parcelas de muestreo y se puede indagar el grado de diferenciación o semejanza de las unidades de muestreo y el grado de contribución de las especies a dicho comportamiento. Como resultado del análisis de correspondencias (Fig. 7) identificamos tres (3) tipos fundamentales de cobertura vegetal en el predio, a saber: bosque alto, matorral con emergentes y matorral abierto.

Se puede observar en la Figura 8, que el predio de estudio está dominado por el matorral con emergentes seguido por áreas abiertas de pastos y después las áreas de bosque alto. Los tres primeros ejes de ordenación acumulan alrededor del 35% de la varianza, y permiten agrupar las parcelas en los tres tipos principales de vegetación (Tabla 3 y Figura 7).

La Tabla 4 recoge la ordenación de las especies de plantas y parcelas de vegetación, se identifican con los colores rojo, azul y verde según el tipo de cobertura a la cual están asociadas. Las contribuciones absolutas de las especies (Identificadas en la Tabla 1), a la formación de los ejes de ordenación se detallan en la Tabla 2. El matorral con emergentes resultó ser el tipo de cobertura que ofrece más extensión y diversidad a la especie en el sitio y se coloca como intermedio entre el bosque alto y el matorral bajo en cuanto a

densidad de árboles y al DAP (diámetro del tronco a la altura del pecho) y altura de la copa (H) en sus valores promedio.

Si observamos la Figura 8, vemos claramente que las mariquitas se encontraron más frecuentemente en el matorral con emergentes y en el área urbanizada. Se puede notar que existe una fuerte atracción de las mariquitas por esta área, tanto así que un análisis de correlación (Sokal & Rohlf, 1995) indicó que el número de contactos y la cantidad de individuos estaba positivamente asociada con la disminución de la distancia entre el contacto y el centroide del área urbanizada ($r = -0.7$, $P \geq 95\%$).

La presencia de la mariquita en el matorral abierto puede explicarse por la elevada densidad de *Pithecelobium dulce* que, fue muy usado por la especie y pudiera constituir una fuente importante de alimento. Las coberturas correspondientes al bosque alto no fueron muy usadas por la mariquita la cual, como vimos antes, parece preferir, en el predio de estudio, sitios de dosel forestal bajo con emergentes.

A partir de estos resultados las agencias reguladoras determinaron que se debería excluir del uso suelo urbanizable las porciones de matorral con emergentes localizadas al norte de la zona urbanizada existente. Este parche está conectado hacia el este a un parche forestado mayor y cuenta, hacia el sur, con múltiples escalones forestados (*Stepping Stones*) definidos por los árboles maduros que crecen en los patios de las residencias. La porción sur del proyecto propuesto no afectaría el flujo aéreo de la especie desde el sur al no impactar hábitat sensible del norte y el este y, potencialmente proveer de más escalones, de ejecutarse apropiadamente el plan de reforestación propuesto.

Análisis de la estructura del paisaje empleando mapas categóricos de clasificación de usos del suelo y métricas del paisaje

Al incluir el predio de estudio en el POT del municipio de Salinas bajo la clasificación de suelo urbanizable programado (SUP), el escenario previsto era la conversión de los usos de suelo existentes a urbanizados, tal como se proponía originalmente, en el proyecto de vivienda Montesoria II y III. Tras el estudio realizado surgen dos nuevos escenarios: desarrollar la porción sur del proyecto y parcialmente la fase norte o solamente desarrollar la fase sur.

A mediados de 2008, se inició la construcción de la fase sur del proyecto. Este hecho nos ofreció la oportunidad de analizar el efecto de los impactos dicha porción del predio y los cambios que la conservación de la porción norte, han provocado en la estructura del paisaje. A estos efectos, utilizamos las imágenes de IKONOS 2002 y mosaico ortorectificado OGP 2009-2010, para preparar mapas de clasificación de usos de suelo, utilizando las herramientas del analista espacial de ArcGis 10.

Para propiciar las comparaciones de ambos períodos, se mantuvieron fijos e iguales el marco de análisis o extensión del paisaje (80.2853 ha) y el tamaño de las teselas o celdas (.795m x 0.795m). Se generaron dos archivos *GRID* donde se pudieron identificar consistentemente nueve clases de categorías de uso de suelos (CCS), discernibles en ambos períodos. Comparamos los mapas de clasificación de suelos con el mapa de coberturas de suelo de Puerto Rico (*USDA_FS_PR_LANDCOVER_MAP_2006*) para la misma extensión de paisaje (Fig.11) y pudimos comprobar que, al tamaño de grano en que fue preparado dicho mapa (15m x 15m), no era posible detectar o analizar mucha información espacial relevante a nuestros objetivos.

Las primeras seis CCS clasifican el suelo de acuerdo a la cobertura vegetal

- a) *Exposed_Soil*: suelo expuesto, desprovisto o casi desprovisto de vegetación.
- b) *Pastures*: pastizales de gramíneas y otras herbáceas bajas (*Urochloa máxima*, *Petiveria alliacea*, *Barleria prionitis*, *Setaria ciliaris*, *Cynodon dactylon*).
- c) *Low_Shrubs*: vegetación arbustiva baja no mayor de 2 m (*Leucaena leucocephala*, *Gossypium hirsutum*, *Ricinus comunis*, *Calotropis procera*).
- d) *Tall_Shrubs*: vegetación arbustiva alta. Compuesta por arbustos desarrollados y juveniles forestales de 2-4m de altura (*Parkinsonia aculeata*, *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala*).
- e) *Low_Forest*: bosque bajo. Compuesta por árboles bajos y juveniles forestales de 4-6m (*Prosopis juliflora*, *Pitecellobium dulce*, *Guazuma ulmifolia*, *Bucida buceras*)
- f) *Tall_Forest*: bosque alto. Compuesta por individuos arbóreos mayores de 6-7m. (*Bucida buceras*, *Swetenia mahagoni*, *Peltophorum pterocarpum*, *Samanea saman*, *Sterculia apetala*)

Las restantes CCS, abordan diferentes tipos de cubierta de origen directamente humano. Las CCS *Street*, *Roof1* y *Roof2* detectan las carreteras, suelos compactados y otras huellas lineales, además recogen texturas construidas homogéneas como techos de hormigón y otras menores asociadas. La intención de definir estas tres CCS es recoger la superficie construida o severamente impactada y deben analizarse juntas.

En las figuras 9 y 10 se observan los mapas de clasificación de suelos para los años 2002 y 2010 respectivamente. Al inspeccionar las imágenes vemos que aumentan en 2010 las áreas identificadas con actividad humana debido al desarrollo de la fase sur del

proyecto. Apreciamos también un cambio en el tono predominante de la vegetación hacia tonos oscuros, que identifican la vegetación arbórea de mayor estatura.

En el predio destinado inicialmente para la construcción de la porción norte del proyecto, vemos que el tipo de cobertura vegetal descrito en el análisis de correspondencias (matorral con emergentes) y que resulta de la combinación de vegetación arbustiva y arbórea, se consolida en esa área, lo cual es positivo para *Agelaius xanthomus*. Ese tipo de vegetación fue eliminado por el proyecto en la fase sur.

Los índices del paisaje permiten describir cuantitativamente el estado del paisaje en un momento dado. También son particularmente útiles para comparar diferentes paisajes de extensión similar o el mismo paisaje en momentos diferentes, ya sea producto del modelaje de escenarios teóricos o cambios temporales reales (Aguilera-Benavente, 2010; Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006; Botequilha Letiao & Ahern, 2002).

Nuestro propósito en esta sección es analizar, cuantitativamente, el efecto sobre la composición y configuración del paisaje, que pudo generar la implementación de uno de los posibles escenarios de uso del terreno, en el proyecto descrito en el estudio de caso 3 (desarrollo de la fase sur del proyecto y conservación de los predios de la fase norte). Calcularemos la tasa de cambio $(2010/2002*100)$ del paisaje cuantificado en los siguientes parámetros:

- a) *NP*: número de parches (a nivel de CCS y de paisaje)
- b) *PD*: densidad de Parches (parches/ha) consolidada a nivel de CCS y de paisaje.

Estrechamente relacionada a *NP* pues parten de la misma fuente de información.

- c) *CA*: área de las CCS (ha).

- d) *CAP*: porcentaje del paisaje que representa cada CCS.
- e) *TE*: borde total en metros lineales. Suma de los perímetros de los parches consolidados a nivel de CCS y Paisaje.
- f) *AREA_AM*: área promedio (ha) de los parches normalizada por la abundancia proporcional de cada parche en cada CCS y consolidado a nivel de Paisaje.
- g) *SHAPE_AM*: índice de forma normalizado por la proporción que representa el área de cada parche respecto al área total de la CCS. Calcula la razón del perímetro de cada parche respecto a una forma geométrica simple (en este caso un cuadrado) de la misma área. Ofrece información de complejidad de formas y se consolida a nivel de CCS y paisaje.
- h) *IIP*: índice de impermeabilidad. Calculado como la proporción del paisaje ocupado por áreas construidas (estructuras y carreteras).
- i) *GYRATE_AM*: valor consolidado para CCS y paisaje, de los radios desde el centroide hacia las celdas del borde en cada parche normalizados por el área de los parches. Es una medida de cuan extensos son los parches, su valor se reduce si los parches son más compactos.
- j) *CONTAG*: grado en que las CCS tienden a estar espacialmente agregadas en el paisaje. No distingue entre adyacencias de una misma CCS o distintas CCS. Es una medida general de configuración del paisaje.
- k) *CLUMPY*: compara la proporción de adyacencias de cada CCS con relación a la proporción de adyacencias esperadas si la CCS estuviera distribuida aleatoriamente.

- l) *ED*: densidad de borde o perímetro. Se consolida a nivel de CCS y paisaje. (metros de perímetro por ha). Se relaciona con *TE* pues ambas son indicadores de la cantidad de parches en el paisaje.
- m) *AI*: índice de agregación. Parecido a *CONTAG* pero solamente considera adyacencias de los elementos de la misma CCS.

En la Tabla 5 y Tabla 6, vemos los valores calculados de las métricas para cada una de las categorías de clasificación del suelo (CCS) y para el paisaje en su conjunto para los dos períodos (2002 y 2010) analizados. Las celdas que no contienen valor numérico, indican que la métrica en cuestión no se calcula para ese nivel de organización.

Primero confirmamos que ambos paisajes tienen la misma área total, lo cual complementa la misma extensión espacial que observamos en las Tablas 5 y 6. Al estar representadas iguales CCS en ambos paisajes, la métrica PR (riqueza de CCS) no es de interés como punto de comparación.

Aunque ninguna CCS abarca más del 50% del paisaje, las áreas vegetadas representan el 82.6% en 2002 y el 76.4% en 2010, por lo que podemos decir que, en su conjunto, las áreas cubiertas de vegetación constituyen la matriz del paisaje estudiado. La definición de la matriz es importante pues nos informa de la cobertura predominante en el ambiente sobre la que se desarrollan las diferentes funciones y procesos.

En 2010 se redujeron las áreas de las CCS que identifican espacios abiertos con excepción de *Pastures*. La reducción en área de *Exposed_Soil* y *Low_Shrubs* podría indicar una conversión hacia pastizales debido, por ejemplo a un aumento en las precipitaciones y a limpieza de arbustos, respectivamente. Las CCS de bosque

(*Low_Forest* y *Tall_Forest*) también aumentaron su extensión pero en menor proporción que las CCS de espacios construidos.

Las cantidades de parches en cada CCS (*NP* y *PD*) y en el paisaje aumentaron significativamente a excepción de *Tall_Forest*, que, prácticamente se mantuvo igual. Sin embargo esta última CCS aumentó su área (*CA* y *PLAND*) en más de un 40%, lo que sugiere que el aumento en área detectado en 2010 pudo ocurrir por agrandamiento de los parches existentes y no por la formación de parches nuevos (Aguilera-Benavente, 2010), esto implica un aumento en la cantidad de área interior o núcleo (Geneletti & Pistochi, 2001), lo cual es muy conveniente para la estabilidad de especies especialistas (Lafortezza & Brown, 2004). El número de parches aumentó en casi tres veces dentro de la misma extensión espacial, lo cual apunta a un aumento de la fragmentación del paisaje y se puede notar en todas las CCS, excepto en *Tall_Forest*, donde se manifestó tal incremento.

Si analizamos conjuntamente los valores de *PD*, *NP* y *AREA_AM*, vemos que el área promedio de los parches se redujo en aquellas CCS cuyo número de parches aumentó. Esto apunta a un cambio en la configuración de dichas CCS en dirección a poseer más parches de menor tamaño o a estar más fragmentadas. La fragmentación puede deberse a procesos de disección de parches grandes (Turner, Gardner, & O'Neill, 2001; Dramstad, Olson, & Forman, 1996) pero, en este caso, entendemos que puede atribuirse también al surgimiento de nuevos parches por conversión de unas CCS en otras.

Por otro lado, los valores de *TE* y *ED* exponen un aumento en el perímetro de los parches. Este aumento puede deberse a la formación de nuevos parches y al aumento en la irregularidad de los bordes. El porcentaje de cambio promedio en la forma

(*SHAPE_AM*) nos sugiere que, a nivel de paisaje, el aumento en los bordes parece ser consecuencia del incremento en el número parches.

En el caso de las CCS que identifican espacios construidos, vemos que estas aumentaron significativamente su área, número de parches y la irregularidad de los bordes de estos. Este comportamiento puede explicarse por la forma en que los proyectos de vivienda transforman el suelo: la fase de movimiento de tierra convierte otras CCS en suelo expuesto, posteriormente se comienzan a generar CCS impermeables como el suelo compactado, carreteras y estructuras, tan pronto como se inicia a laborar en la colocación de infraestructura y luego en la construcción de unidades, usualmente en bloques de cierta cantidad de viviendas, las cuales son construidas en serie. Vale notar que las transformaciones en estas CCS ocurrieron rápidamente, en un plazo de meses.

La presencia de parches extensos y morfológicamente complejos se redujo, tal como apuntan los valores de *GYRATE_AM* y *SHAPE_AM*, para el paisaje en su conjunto. Al ver el comportamiento de las métricas en las CCS se aprecia que esta reducción ocurrió, mayormente, en las CCS que identifican la vegetación arbustiva y en los suelos expuestos, lo cual, tal como vimos anteriormente, puede ser resultado de una combinación de conversión a pastizales y el impacto del proyecto de construcción.

Los bosques mantuvieron o aumentaron sus valores en estos índices y entendemos que la responsabilidad de este comportamiento descansa en los grandes parches de bosques del este y el norte. La estabilidad de estas formaciones, especialmente las de *Low_Forest*, es de suma importancia para *Agelaius xanthomus* y la no construcción de la fase norte del proyecto, permitió conservar dichas coberturas y que estas crecieran naturalmente.

Analizamos a *CONTAG* en conjunto con *CLUMPY*, *AI* y *ED*, pues estas son métricas que expresan o atienden aspectos diferentes del mismo proceso y pueden ayudar a explicar el comportamiento de la primera, la cual es calculada solamente a nivel de paisaje (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006; Badii & Landeros, 2007). En la transición de 2002 a 2010, el paisaje redujo la tendencia a la agregación espacial de las CCS o, lo que es lo mismo, aumentó la tendencia a la fragmentación.

Este comportamiento de *CONTAG* es apoyado por el aumento de *ED* (la densidad de bordes aumenta cuando aumenta el número y la irregularidad de los bordes, de parches individuales en el paisaje), la reducción de *CLUMPY*, que mide la proporción de adyacencias de parches de la misma CCS. Vale destacar que *Tall_Forest* mantiene un comportamiento estable que indica la consolidación de la cobertura. Por otra parte los valores de *CLUMPY* de las CCS de suelo construido, apuntaron a que el tipo de construcción del proyecto nuevo genera una huella en el paisaje parecida a la que producía la comunidad original.

Por otra parte, *AI*, que mide las adyacencias dentro de cada CCS, confirmó el comportamiento de las demás métricas de agregación y sostuvo la tendencia a la estabilidad de *Tall_Forest*. De manera general, se puede decir que las otras CCS redujeron o mantuvieron su tendencia a la agregación y que se formaron más parches pequeños, los cuales tienden a estar mezclados con parches de CCS diferentes creando un paisaje heterogéneo fuera de los parches grandes.

Finalmente vemos que la impermeabilidad en el paisaje aumentó de un 5% en 2002 a un 22 % en 2010. Este aumento se puede deber al crecimiento en extensión de las CCS que identifican las áreas construidas. Aunque el marco del paisaje estudiado no incluye

toda la cuenca hidrográfica donde ubica el proyecto, debemos mencionar que, en un paisaje con un IIP > 10%, se afecta la estabilidad de los cuerpos de agua asociados, los cuales se consideran degradados si IIP se eleva por encima de un 25% (Botequilha Letiao, Miller, Ahern, & McGarigal, 2006).

Los cambios ocurridos en los predios bajo estudio sugieren que, de construirse la fase norte del proyecto propuesto, aumentarían los efectos negativos en la estructura y composición del paisaje, como son la fragmentación y pérdida de hábitat. La tendencia observada a la compactación y consolidación de las CCS de bosque podría ser acelerada con labores de reforestación utilizando las especies presentes.

Aunque pudimos ver que el proceso urbanizador escogido para la fase sur del proyecto es compatible con la comunidad existente (Montesoria), su implementación aumentó la fragmentación, pérdida de hábitat y la impermeabilización del paisaje. Probablemente hubiera sido más apropiada una alternativa de desarrollo que redujera la huella construida e incluyera espacios amplios de siembra, donde estimular la formación de parches grandes y continuos de vegetación arbórea que se conectaran con los bosques existentes.

De haberse escogido el escenario de construir ambas fases del proyecto, el impacto negativo sobre las CCS cuya composición y configuración sostienen funciones y procesos importantes para el paisaje y la vida silvestre, hubiera sido aún más devastador. Si consideramos que la porción norte del proyecto propuesto equivale a tres cuartas partes de la fase Sur y que el tipo de desarrollo propuesto es el mismo, se hubieran eliminado casi seis hectáreas de espacios vegetados de los cuales la mitad son áreas de bosques o arbustos altos, hábitat utilizado por *Agelaius xanthomus*.

A través de la información ofrecida por las métricas de paisaje utilizadas, pudimos analizar cambios en composición y configuración de las diferentes CCS y apreciar lo rápido que el proceso urbanizador puede alterar el paisaje. La toma de decisiones al adjudicar usos del suelo, debe estar mediada por un proceso cuidadoso de análisis, de las consecuencias que la adopción de las diferentes alternativas tendrá sobre el paisaje y es en este punto donde las diferentes técnicas de la ecología del paisaje pueden convertirse en herramientas cuantitativas útiles para el planificador.

CAPÍTULO V

PLAN DE ACCION

Con el propósito de proporcionar una alternativa de enfoque integral y sustentable al proceso de planificación del uso del suelo y métodos de estudio que permitan cuantificar el cambio en la composición y configuración del paisaje hasta el presente y el modelaje de escenarios futuros, proponemos a continuación una serie de estrategias:

Estrategia 1

Implantar el Plan de Usos del Terreno de Puerto Rico (PUTPR) el cual incluya un sistema uniforme de clasificación de usos de suelo, que permita analizar cuantitativamente la evolución del uso del suelo en los territorios y modelar escenarios futuros a través de la incorporación de técnicas de la ecología del paisaje y asignar consecuentemente, las categorías de clasificación y calificación.

Resultado Esperado

Se espera que, se prepare e implante el PUTPR y que al preparar los mapas de clasificación y calificación, se tomen en cuenta las consecuencias de dichas decisiones para la composición y estructura del paisaje y la viabilidad del plan con relación a un uso del suelo sustentable.

Estrategia 2

Incluir como criterios de validación de las alternativas propuestas en los planes de uso del terreno, su capacidad de promover el reconocimiento, conservación o creación de los siguientes elementos estructurales en el paisaje (Forman, 1995a):

- a) Grandes parches continuos de hábitat natural.
- b) Amplios corredores asociados a cuerpos de agua lineales.

- c) Conectividad entre parches de recursos importantes (Naturales y Culturales).
- d) Incluir parches de vegetación dentro de áreas urbanizadas.

Resultado Esperado

Se espera que los planes de uso de terrenos resultantes reduzcan la fragmentación del paisaje, conserven grandes áreas forestadas que constituyen zonas de captación pluvial y recarga de acuíferos y promuevan la conservación y mejoramiento del hábitat para la vida silvestre, así como la conservación de otros recursos naturales.

Por otro lado, se propiciará la reorientación del proceso de toma de decisiones sobre usos del terreno, de tal manera que se minimicen o eviten aquellas acciones que produzcan alteraciones negativas a la estructura, funciones y procesos del paisaje, tanto desde el punto de vista de los recursos naturales como culturales y faciliten el reconocimiento de condiciones negativas (Forman, 1995a; Geneletti & Pistoichi, 2001; Dramstad, Olson, & Forman, 1996):

- a) Fragilidad ante perturbaciones naturales (Fuegos, Inundación, Huracanes, Tsunami)
- b) Exposición a perturbaciones humanas.
- c) Aislamiento de áreas importantes.
- d) Transformación Negativa del paisaje (Diseción, Perforación, Encogimiento, Fragmentación y Pérdida de hábitats)

Estrategia 3

Enmendar el Reglamento No.7948 de Evaluación y trámite de documentos ambientales de la Junta de Calidad Ambiental del 30 de noviembre de 2010, para incorporar la Resolución Interpretativa de la Junta de Calidad Ambiental RI-06-1 sobre

Declaraciones de Impacto Ambiental Estratégica (DIA-E) para Planes, Políticas y Programas. Además enmendar los requisitos de contenido de las DIA-E, para que se enfatice la recopilación, análisis y suministro de información ambiental cuantitativa y que incluya:

- a) Que el documento ambiental extenderá su análisis hasta una franja 500 m más allá del límite territorial bajo jurisdicción del plan.
- b) Que incluirá la representación gráfica, en formato digital SIG, de sistemas, naturales, cuencas hidrográficas, formaciones vegetales y tipos de usos de suelo existentes.
- c) Que el análisis de alternativas deberá incluir representaciones gráficas del paisaje resultante en cada caso y la cuantificación de su efecto en parámetros como variedad de categorías de usos del suelo, extensión de las diferentes categorías, establecimiento o conservación de corredores, zonas de amortiguamiento, fragmentación, continuidad, proximidad y conectividad.
- d) Determinar, para la alternativa seleccionada, la potencialidad de aplicabilidad de la reglamentación ambiental vigente y el efecto de estas en la materialización de las acciones propuestas en el plan.
- e) Requerir que se incluya un capítulo donde se detallen las fuentes de información empleadas y los métodos utilizados en la preparación del documento.

Resultado Esperado

Se espera que las DIA-E preparadas bajo estos principios provean información apropiada a la entidad encargada de preparar los planes de uso de terrenos y a las

agencias gubernamentales que revisen el mismo. Al extender el área de análisis más allá de los límites del territorio bajo estudio se asegura la inclusión de las condiciones existente o planes adyacentes. También se podrán cuantificar, los efectos prospectivos de la toma de decisiones sobre usos del terreno y permita analizar, anticipadamente, los posibles efectos de las alternativas seleccionadas en la composición y configuración del paisaje.

Se espera, además, que se eleve la probabilidad de implantación del plan según aprobado y se minimicen los conflictos con la reglamentación ambiental al momento de ejecutar acciones programadas. Esto último viabilizará que inversiones en infraestructura, industria y vivienda sean planificadas en escenarios predecibles y se lleven a cabo en un tiempo razonable y costo-efectivo.

Estrategia 4

Crear y mantener un centro de información digital en formato SIG, que aglutine y sistematice, de forma ágil, la información disponible en servidores gubernamentales a nivel federal y estatal, la información generada por las agencias de gobierno, corporaciones públicas y la contenida en los documentos ambientales preparados por entidades públicas y privadas acompañado de los metadatos correspondientes. Este centro deberá hacer accesible dicha información, a la ciudadanía de manera presencial o virtual en formato digital.

Resultado Esperado

Facilitará la participación ciudadana informada, en los procesos gubernamentales y en la toma de decisiones sobre el uso del terreno. Permitirá a las agencias encargadas de

preparar, revisar o aprobar planes de uso del terreno, acceso constante a información geográfica actualizada.

Entidades encargadas o responsables

La responsabilidad de la implantación de las estrategias propuestas recaería sobre la Junta de Calidad Ambiental, el Departamento de Recursos Naturales, la Junta de Planificación de Puerto Rico, la Legislatura de Puerto Rico, el Gobernador de Puerto Rico y las Agencias encargadas de asignar presupuesto e instrumentar las leyes y reglamentos ambientales.

Estrategia 5

Promover la adopción del modelo paisajista de planificación y la aplicación de las técnicas de ecología del paisaje en la preparación e implementación de planes de uso del terreno en Puerto Rico, especialmente en la delineación de metas y objetivos, análisis de alternativas y monitoreo.

Resultado Esperado

Facilitará la adopción de un enfoque integral de planificación física en Puerto Rico.

Entidades encargadas o responsables

La responsabilidad de la implantación de las estrategias propuestas recaería sobre la Junta de Calidad Ambiental, el Departamento de Recursos Naturales, la Junta de Planificación de Puerto Rico y municipios.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las limitaciones de disponibilidad de terreno en Puerto Rico, obligan a adoptar enfoques integrales de planificación que permitan planificar el uso del suelo de manera verdaderamente sustentable. La ecología del paisaje provee metodología y técnicas de estudio que posibilitan cuantificar la composición y configuración del paisaje para evaluar, desde una perspectiva integral, la evolución de los uso del suelo en Puerto Rico, su estado actual y modelar escenarios futuros. La cuantificación de la estructura del paisaje es una vía para comprender los procesos ambientales y tomar decisiones que los conserven.

Se requieren cambios en la calidad y tipo de información ambiental provista en los documentos ambientales que son preparados durante la concepción de los planes. Estas deben contener información geográfica y biológica cuantitativa, que permita evaluar con mayor precisión el impacto de las alternativas sobre el medio natural, la ciudadanía y los usos del suelo presentes y futuros. Se debe estimular y facilitar el uso de sistemas de información geográfica y los protocolos de alimentación de información y metadatos apropiados para fijar estándares altos de calidad y confiabilidad.

La legislación y reglamentación vigente crean el espacio legal para adoptar paradigmas de sustentabilidad, pero se requiere de voluntad política para implantar las medidas adecuadas, de manera consistente. El crecimiento económico *sensu stricto* no es compatible con las políticas públicas de sustentabilidad y produce resultados de planificación inconsecuentes con los principios de la conservación de los recursos naturales para las presentes y futuras generaciones.

Es imperativa la creación de mecanismos que fomenten y faciliten la participación ciudadana en las diferentes etapas del proceso de planificación. Solamente de la ciudadanía puede provenir un giro en el concepto de necesidades y calidad de vida, que se aleje del consumismo y el individualismo. Solamente una ciudadanía educada e informada puede impulsar tales cambios.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, recomendamos lo siguiente:

- a) Analizar, a manera de plan piloto la aplicación de las técnicas cuantitativas de estudio del paisaje en varios municipios de Puerto Rico con POT aprobados o en una región administrativa según definida por la JP, y modelar las alternativas propuestas para evaluar cuantitativamente sus posibles efectos en el paisaje.
- b) Promover que la información sobre la preparación, presentación y aprobación de los planes de uso del terreno está disponible y accesible a la ciudadanía.
- c) Crear vías de comunicación entre la academia y el personal técnico en las agencias para promover la incorporación del conocimiento científico a la práctica de la planificación.
- d) Promover la participación de los planificadores en eventos científicos sobre ecología del paisaje.
- e) Reactivación de la oficina del plan de usos de terrenos de Puerto Rico.

Dificultades para la implantación de las estrategias

Pensamos que la aplicación de las estrategias propuestas puede encontrar las siguientes dificultades:

- a) Para aplicar las técnicas propuestas se requiere información especializada y confiable, así como entrenamiento específico en SIG y ecología del paisaje.
- b) El costo de preparación de los documentos ambientales, para que contengan la información apropiada, se podría elevar considerablemente, a menos que se establezca el centro de información propuesto y se convierta en un proveedor accesible de la misma.
- c) La implantación de las estrategias propuestas depende, en gran medida de voluntad política a nivel municipal y del gobierno central.
- d) La adopción de los paradigmas propuestos debe estar mediado por una activa e informada participación ciudadana que promueva el cambio.
- e) Se requiere el diseño, validación y adopción de un sistema de clasificación homogéneo que sea funcional a las escalas adecuadas.
- f) La irregularidad en la disponibilidad de imágenes en formatos y resolución comparables limita los análisis a determinados períodos de tiempo o determinada extensión espacial.
- g) Modificaciones o nuevas versiones de los programas de computadoras necesarios para realizar análisis de imágenes y cálculos complejos, pueden limitar la aplicación de determinadas técnicas por razones de incompatibilidad de los formatos de datos necesarios para migrar entre las aplicaciones.

Limitaciones del proyecto de planificación:

Entendemos que el presente proyecto de planificación tiene las siguientes limitaciones:

- a) Solamente se pudieron analizar los contenidos de 13 DIA-E debido a que no todos los municipios publican el documento ambiental del POT en sitios de acceso público. Entre ellas la DIA-E del POT del Municipio de Salinas.
- b) El análisis de las DIA-E y POT se ve limitado por la ausencia o pobre explicación de los aspectos metodológicos que rigieron la preparación de los documentos, que no sea la definición de las categorías de clasificación y el proceso de preparación y presentación definido en la legislación.
- c) La falta disponibilidad de imágenes de calidad comparable en períodos intermedios entre 2002 y 2010 no permitió realizar análisis a más corto plazo y estudiar la evolución de los cambios en plazos de tiempo menores.
- d) Los resultados obtenidos son aplicables a la escala utilizada y los criterios de clasificación digital empleados. Las CCS descritas están apoyadas en investigación de campo lo cual encarece considerablemente el proceso.

Plan de Acción para aplicar las técnicas y enfoque de la ecología del paisaje a la planificación del uso del terreno en Puerto Rico.

| Estrategia | Entidad Responsable | Resultado Esperado | Costo Estimado |
|---|---|---|----------------|
| Implantar el Plan de Usos del Terreno de Puerto Rico (PUTPR) el cual incluya un sistema uniforme de clasificación de usos de suelo, que permita analizar cuantitativamente la evolución del uso del suelo en los territorios y modelar escenarios futuros a través de la incorporación de técnicas de la ecología del paisaje y asignar consecuentemente, las categorías de clasificación y calificación. | Gobernador de Puerto Rico, Legislatura de Puerto Rico, JP, OGPe, OGP. | Se espera que, se prepare e implante el PUTPR y que al preparar los mapas de clasificación y calificación, se tomen en cuenta las consecuencias de dichas decisiones para la composición y estructura del paisaje y la viabilidad del plan con relación a un uso del suelo sustentable. | \$1,000,000.00 |
| Validar las alternativas propuestas en los planes de uso del terreno, su capacidad de promover el reconocimiento, conservación o creación de los siguientes elementos estructurales en el paisaje: - Grandes parches continuos de hábitat natural. - Amplios corredores asociados a cuerpos de agua lineales. - Conectividad entre parches de recursos importantes (Naturales y Culturales). - Incluir parches de vegetación dentro de áreas urbanizadas. | JP, Municipios Autónomos, OGPe, JCA, DRNA. | Se espera que los planes de uso de terrenos resultantes reduzcan la fragmentación del paisaje, conserven grandes áreas forestadas que constituyen zonas de captación pluvial y recarga de acuíferos y promuevan la conservación y mejoramiento del hábitat para la vida silvestre, así como la conservación de otros recursos naturales. Por otro lado, se propiciará la reorientación del proceso de toma de decisiones sobre usos del terreno, de tal manera que se minimicen o eviten aquellas acciones que produzcan alteraciones negativas a la estructura, funciones y procesos del paisaje, tanto desde el punto de vista de los recursos naturales como culturales y faciliten el reconocimiento de condiciones negativas: -Fragilidad ante perturbaciones naturales (Fuegos, Inundación, | \$ 0.00 |

| | | | |
|---|-----|---|-------------|
| | | <p>Huracanes, Tsunami) -Exposición a perturbaciones humanas. -Aislamiento de áreas importantes. -Transformación Negativa del paisaje (Diseción, Perforación, Encogimiento, Fragmentación y Pérdida de hábitats)</p> | |
| <p>Enmendar el Reglamento No.7948 de Evaluación y trámite de documentos ambientales de la Junta de Calidad Ambiental del 30 de noviembre de 2010, para incorporar la Resolución Interpretativa de la Junta de Calidad Ambiental RI-06-1 sobre Declaraciones de Impacto Ambiental Estratégica (DIA-E) para Planes, Políticas y Programas. Además enmendar los requisitos de contenido de las DIA-E, para que se enfatice la recopilación, análisis y suministro de información ambiental cuantitativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que el documento ambiental extenderá su análisis hasta una franja 500 m más allá del límite territorial bajo jurisdicción del plan. - Que incluirá la representación gráfica, en formato digital SIG, de sistemas, naturales, cuencas hidrográficas, formaciones vegetales y tipos de usos de suelo existentes. - Que el análisis de alternativas deberá incluir representaciones gráficas del paisaje resultante en cada caso y la cuantificación de su efecto en parámetros como variedad de categorías de usos | JCA | <p>Se espera que las DIA-E preparadas bajo estos principios provean información apropiada a la entidad encargada de preparar los planes de uso de terrenos y a las agencias gubernamentales que revisen el mismo. Al extender el área de análisis más allá de los límites del territorio bajo estudio se asegura la inclusión de las condiciones existente o planes adyacentes. También se podrán cuantificar, los efectos prospectivos de la toma de decisiones sobre usos del terreno y permita analizar, anticipadamente, los posibles efectos de las alternativas seleccionadas en la composición y configuración del paisaje.</p> <p>Se espera, además, que se eleve la probabilidad de implantación del plan según aprobado y se minimicen los conflictos con la reglamentación ambiental al momento de ejecutar acciones programadas. Esto último viabilizará que inversiones en infraestructura, industria y vivienda sean planificadas en escenarios predecibles y se lleven a cabo en un tiempo</p> | \$10,000.00 |

| | | |
|---|---|---|
| <p>del suelo, extensión de las diferentes categorías, establecimiento o conservación de corredores, zonas de amortiguamiento, fragmentación, continuidad, proximidad y conectividad.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar, para la alternativa seleccionada, la potencialidad de aplicabilidad de la reglamentación ambiental vigente y el efecto de estas en la materialización de las acciones propuestas en el plan. - Requerir que se incluya un capítulo donde se detallen las fuentes de información empleadas y los métodos utilizados en la preparación del documento. | | razonable y costo-efectivo. |
| <p>Crear y mantener un centro de información digital en formato SIG, que aglutine y sistematice, de forma ágil, la información disponible en servidores gubernamentales a nivel federal y estatal, la información generada por las agencias de gobierno, corporaciones públicas y la contenida en los documentos ambientales preparados por entidades públicas y privadas acompañado de los metadatos correspondientes. Este centro deberá hacer accesible dicha información, a la ciudadanía de manera presencial o virtual en formato digital.</p> | <p>OGP, JP, OGPe, DRNA, JCA, DTOP, Legislatura de Puerto Rico, Gobernador de Puerto Rico.</p> | <p>Facilitará la participación ciudadana informada, en los procesos gubernamentales y en la toma de decisiones sobre el uso del terreno. Permitirá a las agencias encargadas de preparar, revisar o aprobar planes de uso del terreno, acceso constante a información geográfica actualizada.</p> |
| <p>Promover la adopción del modelo paisajista de planificación y la aplicación de las técnicas de ecología del paisaje en la preparación e implementación de planes de uso</p> | <p>Facilitará la adopción de un enfoque integral de planificación física en</p> | <p>La responsabilidad de la implantación de las estrategias propuestas recaerá sobre la Junta de Calidad Ambiental, el Departamento de Recursos Naturales, la Junta de</p> |

del terreno en Puerto Rico,
especialmente en la delineación
de metas y objetivos, análisis de
alternativas y monitoreo.

Puerto Rico. Planificación de Puerto Rico y
municipios.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Benavente, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía*, 30(2), 9-29.
- Ahern, J. (2005). Theories, Methods & Strategies for Sustainable Landscape Planning. En B. Tress, G. Tress, G. Fry, & P. Opdam, *From Landscape Research to Landscape Planning: Aspect of Integration, Education and Application*. (págs. 119-131). New York: Springer-Varlag.
- Amler, B., Betke, D., Eger, H., Ehrich, C., Kohler, A., Kutter, A., y otros. (1999). *Land Use Planning Tools: Methods, Strategies and Tools*. Eschborn: Universum Verlagsantalt.
- Antrop, M. (2005). From holistic landscape synthesis to transdisciplinary landscape management. En B. Tress, G. Tress, & G. Opdam, *From Landscape Research to Landscape Planning: Aspect of Integration, Education and Application*. (págs. 27-50). New York: Springer-Varlag.
- Badii, M. H., & Landeros, J. (2007). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con la sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 2(1), 26-38.
- Bailey, R. C., Reynoldson, T. B., Yates, A. G., Bailey, J., & Linke, S. (2007). Integrating stream bioassessment and landscape ecology a tool for land use planning. *Freshwater Biology* 52, 908-917.
- Beier, P., & Noss, R. F. (1998). Do habitat corridors provide connectivity? *Conservation Biology*, 12(6), 1241-1252.
- Benedetti, G. M., Campos, A., & Geraldi, A. (2010). Las nuevas tecnologías aplicadas a la ecología del paisaje: Estudio de un área del Salitral de la Vidriera, Provincia de Buenos Aires. (*GESIG-UNLU, Lujan*), 2(1), 126-134.
- Bibby, C. J., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird Census Techniques* (2nd. ed.). Washington: Academic Press.
- Boose, E. R., Serrano, M. I., & Foster, D. R. (2004). Landscape and Regional Impacts of Hurricanes in Puerto Rico. *Ecological Monographs*, 335-352.
- Botequilha Letiao, A., & Ahern, J. (2002). Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59, 65-93.
- Botequilha Letiao, A., Miller, J., Ahern, J., & McGarigal, K. (2006). *Measuring Landscapes: A Planner's Handbook*. Washington: Island Press.
- Cocero-Matezans, D., Azcarate-Luxan, M., García-Lazaro, F. J., Muguruza-Cañas, C., & Santos_Preciado, J. M. (2010). Análisis de la evolución de la estructura espacial del uso del suelo residencial en el área metropolitana madrileña. En J. Ojeda, M. F. Pita, & I. Vallejos, *Tecnologías de la Información Geográfica: La información Geográfica al Servicio de los Ciudadanos*. (págs. 777-787). Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Cohen, W. B., & Goward, S. N. (2004). Landsat's Role in Ecological Applications of Remote Sensing. *BioScience*, 54(6), 535-545.

- Corry, R. C., & Iverson Nassauer, J. (2005). Limitations of using landscape pattern indices to evaluate the ecological consequences of alternative plan designs. *Landscape and Urban Planning*, 72, 265-280.
- Daly, H. E. (1996). Sustainable Growth: An impossibility Theorem. En H. E. Daly, & K. N. Townsend, *Valuing the Earth: Economics, Ecology, Ethics*. (págs. 267-273). Cambridge: MIT Press.
- Domínguez Cristobal, C. M. (2000). *Panorama histórico forestal de Puerto Rico*. San Juan: Universidad de Puerto Rico.
- Dramstad, W. E., Olson, J. D., & Forman, R. T. (1996). *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*. Washington: Island Press.
- Ewel, J. J., & Whitmore, J. L. (1973). The Ecological Life Zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. *Forest Service Research Paper*(ITF-18), 1-72.
- Fernandez, J. P., Guiomar, N., & Soares, A. P. (2006). Geometries in Landscape Ecology. *Journal of Mediterranean Ecology*, 7(1), 3-13.
- Forman, R. T. (1995a). *Land Mosaics: The ecology of Landscapes and Regions*. New York: Cambridge University Press.
- Forman, R. T. (1995b). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3), 133-142.
- Frohn, R. (2006). The use of landscape metrics in remote sensing image classification. *International Journal of Remote Sensing*, 27(10), 2025-2032.
- Galloway, T. D., & Mahayni, R. G. (1977). Planning theory in retrospect: The process of paradigm change. *Journal of the American Planning Association*, 43(1), 62-71.
- Geneletti, D., & Pistoichi, A. (2001). Landscape Ecology for Sustainable Land Use Planning: A Gis Perspective in a Man-Dominated Landscape. *International Workshop on Geo-spatial Knowledge Processing for Natural Resource Management*. (pág. 6). Varese: University of Varese.
- González-Sánchez, L. (2003). *Evaluación de la presencia de la Mariquita, Agelaius xanthomus, en terrenos propuestos para la construcción del proyecto de vivienda de interés social Montesoria II y III, Aguirre, Salinas*. Guaynabo: Final Report to PRHD, GBA.
- Gould, W. A. (2009). Puerto Rico Gap Analysis. *Gap Analysis Bulletin*, 16, 71-79.
- Grau, H. R., Aide, T. M., Zimmerman, J. K., Thomlinson, J. R., Helmer, E., & Zou, X. (2003). The ecological consequences of socioeconomic and land use change in postagricultural Puerto Rico. *BioScience*, 53(2), 1159-1168.
- Gutzwiller, K. J. (2002). *Applying Landscape Ecology in Biological Conservation*. New York: Springer-Verlag.
- Harvey, F. (2008). *A Primer of GIS: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts*. New York: Guilford Press.
- Helmer, E. H., Ramos, O. R., López, T. M., Quiñones, M., & Díaz, W. (2002). Mapping forest Type and landCover of Puerto Rico, a component of the Caribbean biodiversity hotspot. *Caribbean Journal of Science*, 38, 161-183.
- Hobbs, R. (1997). Future Landscapes and the Future of Landscape Ecology. *Landscape and Urban Planning*, 37, 1-9.
- Hopkins, L. D. (2001). *The Logic of Making Plans*. Washington: Island Press.
- JCAa. (2006). Declaraciones de Impacto Ambiental Estratégicas, DIA-E, para planes, políticas y programas. *RI-06-1*. San Juan, Puerto Rico.

- Jones, H. G., & Vaughan, A. R. (2010). *Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques and Applications*. New York: OXFORD.
- Jongman, R. H., Ter Braak, C. J., & Van Tongeren, O. F. (1995). *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- JP. (1979). *Plan de Desarrollo Integral: Políticas Públicas y Objetivos Específicos*. San Juan: Junta de Planificación.
- JP. (1995). *Plan para el Desarrollo Integral de la Península de Cantera*. San Juan: Junta de Calidad Ambiental.
- JP. (2006). *Plan de Uso de Terrenos de Puerto Rico (Borrador preliminar para vistas públicas)*. San Juan: Junta de Planificación.
- Junta de Planificación. (2010). *Plan Integral de Desarrollo Estratégico Sostenible (Borrador)*. San Juan: Junta de Planificación.
- Lafortezza, R., & Brown, R. D. (2004). A framework for landscape ecological design of new patches in the rural landscape. *Environmental Management*, 461-473.
- Little, Jr., E. L., & Wadsworth, F. H. (1995). *Common Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands*. (2nd. Printing ed.). Washington: Privately Reprinted by the Authors.
- López, T. M., Aide, T. M., & Thomlinson, J. R. (2001). Urban expansion and the loss of prime agricultural lands in Puerto Rico. *Ambio*, 30, 49-54.
- López-Feliciano, D. (1999). *El Ambiente y la Leyes en Puerto Rico: Lo que todos Queremos Saber*. Rincón: Publicaciones Paraíso.
- Lopez-Ortiz, R., Ventosa-Febles, E. A., Reitsma, L. R., Hengstenberg, D., & Deluca, W. (2002). Increasing Nest Success in the Yellow-Shouldered Blackbird *Agelaius xanthomus* in southwest Puerto Rico. *Biological Conservation*, 108, 259-263.
- Martinuzzi, S., Gould, W. A., & Ramos González, O. M. (2007). Land development, land use and urban sprawl in Puerto Rico integrating remote sensing and population census data. *Landscape and Urban Planning* 79, 288-297.
- Martinuzzi, S., Gould, W. A., Ramos González, O. M., Martínez Robles, A., Calle Maldonado, P., Pérez Buitrago, N., y otros. (2008). Mapping tropical dry forest habitats, integrating Landsat NDVI, Ikonos imagery and topographic information in the Caribbean Island of Mona. *Rev. Biol. Trop.*, Vol. 56 (2): 625-639.
- McGarigal, K., & Cushman, S. A. (2005). The Gradient Concept of Landscape Structure: Or, Why are There so Many Patches. En J. Wiens, & M. Moss, *Issues and Perspectives of Landscape Structure* (págs. 112-119). Cambridge: Cambridge University Press.
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. USDA Forest Service Pacific Northwest Research Station.
- McGarigal, K., Cushman, S., & Stafford, S. (2000). *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. New York: Springer Science+Business Media, Inc.
- McGarigal, K., Tagil, S., & Cushman, S. A. (2009). Surface Metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*, 24, 433-450.
- Mesgari, S., & Abolfazi, R. (2003). Analysis and estimation of deforestation using satellite imagery and GIS. *Map India Conference*, (pág. 6pp).

- Miller, R. W. (1997). *Urban Forestry: Planning and Managing Urban Green Spaces*. 2nd Ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Moreno-López, R. (3 de Marzo de 2005). La Huella Ecológica. Madrid, España.
- Ortiz-Quiñones, H. (1983). Planificación y la Administración municipal. *Plerus*, XVII.
- Padín, C. M., Juncos, M. A., Hernández, J., Rivera Santana, J., & Lara, J. (2009). *Sustainability of Land Use in Puerto Rico*. San Juan: Center for Sustainable Development Studies, School of Environmental Affairs, UMET.
- Picó, R. (1952). *Diez años de Planificación en Puerto Rico*. San Juan: Junta de Planificación.
- Raffaele, H., Wiley, J., Garrido, O. H., Keith, A., & Raffaele, J. (1998). *A guide to the Birds of the West Indies*. New Jersey: Princeton University Press.
- Roccini, D., Andreini, S., & Chiaruchi, A. (2005). Maximizing plant species inventory efficiency by means of remotely sensed spectral distances. *Global Ecology and Biogeography*, 431-437.
- Rockwood, P. (1995). Landscape planning for biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 31, 379-385.
- Rohlf, F. J. (1994). *NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. New York: Applied Biostatistics Inc.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1995). *BIOMETRY* (3rd ed.). New York: W.H. Freeman and Company.
- Sutherland, W. L. (1998). *Ecological Census Techniques: A Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Takeuchi, K., & Lee, D.-K. (1989). A framework for environmental management planning: A landscape-ecological approach. *Landscape Ecology*, 3(1), 53-63.
- Thompson, W. L. (2004). *Sampling Rare or Elusive Species: Concepts, Designs and techniques for estimating population parameters*. Washington: Island Press.
- Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. New York: Springer-Verlag.
- Turner, R. K., Pearce, D., & Bateman, I. (1993). *Environmental Economics: An elementary introduction*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- USFWS. (1996). *Yellow-Shouldered Blackbird (Agelaius xanthomus) Revised Recovery Plan*. Atlanta, Georgia: USFWS.
- Uuemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., & Mander, U. (2009). Landscape Metrics and indices: An overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 4-28.
- Uuemaa, E., Roosaare, J., Oja, T., & Mander, U. (2011). Analysing the spatial structure of the Estonian landscapes: which landscape metrics are the most suitable for comparing different landscapes? *Estonian Journal of Ecology*, 60(1), 70-80.
- White, E. M., Morzillo, A. T., & Alig, R. J. (2009). Past and present rural land conversion in the US at state, regional and national levels. *Landscape and Urban Planning*, 37-48.
- Whittaker, R. J. (1998). *Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation*. New York: Oxford University Press.
- Wiens, J. A. (2002). Central Concepts and Issues of Landscape Ecology. En K. J. Gutzwiller, *Applying Landscape Ecology in Biological Conservation* (págs. 3-21). New York: Springer-Verlag.

- Wunderle, J. M. (1994). *Census Methods for Caribbean Land Birds*. USDA .
- Zonneveld, I. S. (1990). Scope and Concepts of Landscape Ecology as an Emerging Science. En I. S. Zonneveld, & R. T. Forman, *Changing Landscapes: An Ecological Perspective* (págs. 3-20). New York: Springer-Verlag.

TABLAS

Tabla 1
Listado de especies de plantas y códigos

| SPCOD | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|-------|-----------------------------------|--------------------|
| AcFa | <i>Acacia farnesiana</i> | AROMA |
| AdRi | <i>Adelia ricinella</i> | ESCAMBRON |
| AeMa | <i>Aegiphila martinicensis</i> | MUÑECO |
| AlLe | <i>Albizia lebbek</i> | LENGUA DE MUJER |
| BuBu | <i>Bucida buceras</i> | UCAR |
| CaPr | <i>Calotropis procera</i> | ALGODON DE SEDA |
| CaFl | <i>Capparis flexuosa</i> | CAPPARIS |
| CiFr | <i>Citharexylum fruticosum</i> | PENDULA |
| CoLa | <i>Cordia laevigata</i> | CAPA COLORADO |
| CrCu | <i>Crescentia cujete</i> | HIGUERO |
| DeRe | <i>Delonix regia</i> | FLAMBOYAN |
| EnCy | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | GUANACASTE |
| ErBr | <i>Erythroxylon brevipes</i> | JIBA |
| FiCi | <i>Ficus citrifolia</i> | JAGUEY |
| GoHi | <i>Gossypium hirsutum</i> | ALGODON |
| GuUl | <i>Guazuma ulmifolia</i> | GUACIMA |
| HaCa | <i>Haematoxylon campechianum</i> | CAMPECHE |
| LeLe | <i>Leucaena leucocephala</i> | ZARCILLA |
| LoDo | <i>Lonchocarpus domingensis</i> | GENOGENO |
| MaEm | <i>Malpighia emarginata</i> | ACEROLA |
| MeBi | <i>Melicoccus bijugatus</i> | QUENEPA |
| PaAc | <i>Parkinsonia aculeata</i> | PALO DE RAYO |
| PePt | <i>Peltophorum pterocarpum</i> | FLAMBOYAN AMARILLO |
| PiDu | <i>Pithecellobium dulce</i> | GUAMA AMERICANO |
| PiUn | <i>Pithecellobium unguis-cati</i> | GUAMA |
| PrJu | <i>Prosopis juliflora</i> | BAHIAHONDA |
| RiCo | <i>Ricinus communis</i> | HIGUERETA |
| SaSa | <i>Samanea saman</i> | SAMAN |
| SeSi | <i>Senna siamea</i> | CASIA DE SIAM |
| SpPu | <i>Spondias purpurea</i> | JOBO |
| StAp | <i>Sterculia apetala</i> | ANACAITA |
| SwMa | <i>Swietenia mahagoni</i> | CAOBA DOMINICANA |
| TrHi | <i>Trichilia hirta</i> | CABO DE HACHA |
| ZaMo | <i>Zanthoxylum monophyllum</i> | ESPINO RUBIAL |
| ZiMa | <i>Ziziphus mauritiana</i> | APRIN |
| SiAc | <i>Sida acuta.</i> | ESCOBA BLANCA |
| PaMa | <i>Panicum maximum</i> | YERBA DE GUINEA |

BaPr *Barleria prionitis* ESPINOSA AMARILLA

Tabla 1 Cont.

| SPCOD | ESPECIE | NOMBRE COMÚN |
|--------------|--------------------------------------|----------------------|
| SeCi | <i>Setaria ciliaris</i> | ESCOBA PELUDA |
| CyDa | <i>Cynodon dactylon</i> | YERBA BERMUDA |
| CaPrS | <i>Calotropis procera</i> (SEEDL) | ALGODON DE SEDA |
| ClSp | <i>Cleome speciosa</i> | VOLANTINES PRECIOSOS |
| GoHiS | <i>Gossypium hirsutum</i> (SEEDL) | ALGODON |
| PeAl | <i>Petiveria alliacea</i> | ANAMU |
| LeLeS | <i>Leucaena leucocephala</i> (SEEDL) | ZARCILLA |

Tabla 2
Contribución de las especies a los ejes de ordenación

| SPS | EJE 1 | EJE 2 | EJE 3 |
|------------|--------------|--------------|--------------|
| AcFa | 0.000145 | 0.001678 | 0.002352 |
| AdRi | 0.299762 | 0.089634 | 0.007115 |
| AeMa | 0.000193 | 0.001214 | 0.00074 |
| AlLe | 0.004991 | 0.003952 | 0.037088 |
| BuBu | 0.013065 | 0.010997 | 0.037189 |
| CaPr | 0.003308 | 0.000138 | 0.009225 |
| CaFl | 0.000005 | 0.002915 | 0.001688 |
| CiFr | 0.00301 | 0.001583 | 0.01131 |
| CoLa | 0.010077 | 0.002207 | 0.00002 |
| CrCu | 0.000011 | 0.001073 | 0.000968 |
| DeRe | 0.000078 | 0.004159 | 0.001746 |
| EnCy | 0.001107 | 0.002221 | 0.001903 |
| ErBr | 0.014452 | 0.005073 | 0.000885 |
| FiCi | 0.000039 | 0.00208 | 0.000873 |
| GoHi | 0.008388 | 0.000903 | 0.0132 |
| GuUl | 0.013748 | 0.000598 | 0.012052 |
| HaCa | 0.010077 | 0.002207 | 0.00002 |
| LeLe | 0.001584 | 0.021169 | 0.01197 |
| LoDo | 0.048158 | 0.013548 | 0.00199 |
| MaEm | 0.000078 | 0.004159 | 0.001746 |
| MeBi | 0.013317 | 0.020103 | 0.000059 |
| PaAc | 0.002077 | 0.023929 | 0.003486 |
| PePt | 0.000412 | 0.001113 | 0.003602 |
| PiDu | 0.187251 | 0.102913 | 0.374426 |
| PiUn | 0.000116 | 0.004616 | 0.001548 |
| PrJu | 0.005135 | 0.168417 | 0.039218 |
| RiCo | 0.000297 | 0.003418 | 0.000498 |
| SaSa | 0.001773 | 0.008622 | 0.001482 |
| SeSi | 0.076023 | 0.293625 | 0.287704 |
| SpPu | 0.000039 | 0.00208 | 0.000873 |
| StAp | 0.032581 | 0.125839 | 0.123302 |
| SwMa | 0.054152 | 0.009619 | 0.001054 |
| TrHi | 0.010077 | 0.002207 | 0.00002 |
| ZaMo | 0.000019 | 0.001695 | 0.000772 |
| ZiMa | 0.184453 | 0.060295 | 0.007873 |

Tabla 3
Autovalores (Eigenvalues) y varianza acumulada

| Eje | Autovalor | % | Acumulado |
|------------|------------------|----------|------------------|
| 1 | 0.75676 | 13.15 | 13.15 |
| 2 | 0.68613 | 11.92 | 25.07 |
| 3 | 0.55298 | 9.61 | 34.68 |
| 4 | 0.51134 | 8.88 | 43.56 |
| 5 | 0.4286 | 7.45 | 51.01 |
| 6 | 0.4221 | 7.33 | 58.34 |
| 7 | 0.37321 | 6.48 | 64.82 |
| 8 | 0.32094 | 5.58 | 70.4 |
| 9 | 0.26272 | 4.56 | 74.96 |
| 10 | 0.2229 | 3.87 | 78.84 |
| 11 | 0.19185 | 3.33 | 82.17 |
| 12 | 0.18832 | 3.27 | 85.44 |
| 13 | 0.15659 | 2.72 | 88.16 |
| 14 | 0.13207 | 2.29 | 90.46 |
| 15 | 0.12366 | 2.15 | 92.61 |
| 16 | 0.08791 | 1.53 | 94.13 |
| 17 | 0.07766 | 1.35 | 95.48 |
| 18 | 0.0708 | 1.23 | 96.71 |
| 19 | 0.05165 | 0.9 | 97.61 |
| 20 | 0.04752 | 0.83 | 98.44 |
| 21 | 0.02536 | 0.44 | 98.88 |
| 22 | 0.02033 | 0.35 | 99.23 |
| 23 | 0.01793 | 0.31 | 99.54 |
| 24 | 0.01536 | 0.27 | 99.81 |
| 25 | 0.01105 | 0.19 | 100 |

Tabla 4

Coordenadas de especies y parcelas a lo largo de los dos primeros ejes de ordenación del análisis de correspondencias. Los colores corresponden con la simbología de la Fig.6

| Bosque Alto | | | Matorral con emergentes | | | Matorral abierto | | |
|-------------|---------|---------|-------------------------|---------|--------|------------------|--------|---------|
| ID | EJE 1 | EJE 2 | ID | EJE 1 | EJE 2 | ID | EJE 1 | EJE 2 |
| ErBr | -2.3618 | -1.3324 | 15 | -0.8196 | 0.1006 | 4 | 0.3627 | 0.3316 |
| ZiMa | -2.255 | -1.2276 | 14 | -0.5382 | 0.4938 | 18 | 0.3849 | 0.238 |
| AdRi | -2.1512 | -1.1201 | 36 | -0.5382 | 0.4938 | 3 | 0.3853 | 0.3546 |
| 42 | -2.0545 | -1.1037 | BuBu | -0.4682 | 0.409 | 32 | 0.5066 | 0.2073 |
| CoLa | -1.9721 | -0.8788 | PePt | -0.3987 | 0.624 | 22 | 0.5136 | 0.399 |
| HaCa | -1.9721 | -0.8788 | 12 | -0.3469 | 0.5169 | 27 | 0.5675 | -0.1049 |
| TrHi | -1.9721 | -0.8788 | GuUl | -0.3434 | 0.0682 | CaPr | 0.6524 | -0.1267 |
| LoDo | -1.928 | -0.9737 | EnCy | -0.2923 | 0.3942 | 33 | 0.6755 | -0.1122 |
| 40 | -1.7156 | -0.728 | AeMa | -0.1931 | 0.4609 | GoHi | 0.68 | 0.2125 |
| 41 | -1.5738 | -0.684 | 44 | -0.168 | 0.3818 | 52 | 0.6952 | -0.3279 |
| SwMa | -1.3784 | -0.5532 | 45 | -0.1554 | 0.3722 | 5 | 0.773 | -0.5646 |
| | | | 11 | -0.1111 | 0.4989 | 30 | 0.8584 | -0.4859 |
| | | | 6 | -0.1055 | 0.4164 | PiDu | 0.8815 | -0.6223 |
| | | | CrCu | -0.0662 | 0.6126 | 50 | 0.9283 | -0.5369 |
| | | | 9 | -0.0583 | 0.6271 | 29 | 0.9376 | -0.6166 |
| | | | 47 | -0.0576 | 0.5075 | CiFr | 1.0777 | -0.7444 |
| | | | 43 | -0.0338 | 0.5828 | MeBi | 1.1335 | -1.3261 |
| | | | 31 | -0.02 | -0.084 | 34 | 1.2074 | -0.974 |
| | | | 48 | 0.0265 | 0.5915 | AlLe | 1.3879 | -1.1759 |
| | | | CaFl | 0.0305 | 0.7141 | | | |
| | | | 20 | 0.0521 | 0.3866 | | | |
| | | | 46 | 0.0751 | 0.638 | | | |
| | | | ZaMo | 0.0863 | 0.7702 | | | |
| | | | AcFa | 0.0964 | 0.3128 | | | |
| | | | PrJu | 0.1006 | 0.5483 | | | |
| | | | 53 | 0.107 | 0.7066 | | | |
| | | | 2 | 0.1156 | 0.662 | | | |
| | | | 10 | 0.1156 | 0.662 | | | |
| | | | 26 | 0.1156 | 0.662 | | | |
| | | | 28 | 0.1156 | 0.662 | | | |
| | | | 39 | 0.1156 | 0.662 | | | |
| | | | 17 | 0.1204 | 0.6579 | | | |
| | | | DeRe | 0.123 | 0.853 | | | |
| | | | FiCi | 0.123 | 0.853 | | | |

Tabla 4:
Cont.

Matorral
con
emergentes

| ID | EJE 1 | EJE 2 |
|------|--------|--------|
| MaEm | 0.123 | 0.853 |
| SpPu | 0.123 | 0.853 |
| 19 | 0.1242 | 0.6271 |
| 13 | 0.1458 | 0.6926 |
| PiUn | 0.1498 | 0.8987 |
| 1 | 0.1634 | 0.2888 |
| LeLe | 0.1794 | 0.6244 |
| 8 | 0.1936 | 0.5897 |
| SaSa | 0.2136 | 0.4485 |
| 21 | 0.2455 | 0.5414 |
| 35 | 0.2455 | 0.5414 |
| 49 | 0.2944 | 0.9059 |
| PaAc | 0.3384 | 1.0937 |
| RiCo | 0.3384 | 1.0937 |

Tabla 5

Comportamiento de las métricas a nivel de CCS y Paisaje de 2002 a 2010 en el la Comunidad Montesoria, Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

(PLAND- Proporción de la clase en el paisaje, IIP-Índice de impermeabilidad, PD- Densidad de Parches, ED- Densidad de bordes, AREA_AM-Área promedio ponderada de parches, GYRATE-AM- Promedio Ponderado de Radio de Giro, SHAPE-AM-Promedio Ponderado de forma, CLUMPY-Grado de agregación, AI- Índice de Agregación, CONTAG-Grado agrupamiento)

(Valores inferiores a 100% implican reducción en los valores del índice entre los periodos considerados. Valores Mayores de 100 implican aumento el valor de Índice entre los periodos considerados, Valores iguales a 100 indican que no hubo cambio en el valor de dicho índice)

| METRICA | CA (ha) | | | PLAND (%) | | | |
|---------------|--------------|---------|---------|-------------|---------|---------|-------------|
| | CCS/ Periodo | 2002 | 2010 | % de cambio | 2002 | 2010 | % de cambio |
| Exposed_Soils | | 9.8138 | 4.5285 | 46% | 12.2237 | 5.6405 | 46% |
| Pastures | | 10.946 | 19.1416 | 175% | 13.6338 | 23.842 | 175% |
| Low_Shrubs | | 28.6951 | 7.6945 | 27% | 35.7415 | 9.5839 | 27% |
| Tall_Shrubs | | 10.349 | 7.7909 | 75% | 12.8902 | 9.704 | 75% |
| Low_Forest | | 4.6147 | 9.9122 | 215% | 5.7479 | 12.3462 | 215% |
| Tall_Forest | | 11.7217 | 16.8136 | 143% | 14.6 | 20.9424 | 143% |
| Street | | 2.707 | 7.5736 | 280% | 3.3717 | 9.4334 | 280% |
| Roof1 | | 0.9197 | 4.4684 | 486% | 1.1456 | 5.5657 | 486% |
| Roof2 | | 0.5183 | 2.362 | 456% | 0.6456 | 2.942 | 456% |
| PAISAJE | | 80.2853 | 80.2853 | 100% | | | |

| METRICA | NP | | | PD (parches/ha) | | | |
|---------------|--------------|------|-------|-----------------|-----------|------------|-------------|
| | CCS/ Periodo | 2002 | 2010 | % de cambio | 2002 | 2010 | % de cambio |
| Exposed_Soils | | 5825 | 9680 | 166% | 7255.3742 | 12056.9996 | 166% |
| Pastures | | 5909 | 16002 | 271% | 7360.0011 | 19931.4161 | 271% |
| Low_Shrubs | | 6424 | 15299 | 238% | 8001.4634 | 19055.7889 | 238% |
| Tall_Shrubs | | 5319 | 20689 | 389% | 6625.122 | 25769.3455 | 389% |
| Low_Forest | | 5591 | 25520 | 456% | 6963.9137 | 31786.6353 | 456% |
| Tall_Forest | | 5859 | 6005 | 102% | 7297.7232 | 7479.5746 | 102% |
| Street | | 2756 | 7304 | 265% | 3432.7573 | 9097.5542 | 265% |
| Roof1 | | 445 | 1732 | 389% | 554.2732 | 2157.3061 | 389% |
| Roof2 | | 279 | 10463 | 3750% | 347.5106 | 13032.2714 | 3750% |

| | | | | | | |
|---------|--------|---------|------|-----|-------|------|
| PAISAJE | 40,409 | 114,704 | 284% | 503 | 1,429 | 284% |
|---------|--------|---------|------|-----|-------|------|

Tabla 5 Cont.

| METRICA | TE (m) | | | ED (m/ha) | | |
|---------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| | 2002 | 2010 | % de cambio | 2002 | 2010 | % de cambio |
| Exposed_Soils | 108026.985 | 105985.425 | 98% | 1345.5385 | 1320.1097 | 98% |
| Pastures | 106576.11 | 319551.045 | 300% | 1327.4671 | 3980.193 | 300% |
| Low_Shrubs | 215092.02 | 175419.135 | 82% | 2679.0955 | 2184.9467 | 82% |
| Tall_Shrubs | 140330.22 | 222391.71 | 158% | 1747.894 | 2770.0173 | 158% |
| Low_Forest | 90080.655 | 295188.27 | 328% | 1122.0066 | 3676.7406 | 328% |
| Tall_Forest | 123267.135 | 165658.92 | 134% | 1535.3634 | 2063.3776 | 134% |
| Street | 46160.085 | 133303.215 | 289% | 574.9505 | 1660.3686 | 289% |
| Roof1 | 8594.745 | 45041.52 | 524% | 107.0525 | 561.0182 | 524% |
| Roof2 | 4734.225 | 71604.06 | 1512% | 58.9675 | 891.87 | 1512% |
| PAISAJE | 421,431.09 | 767,071.65 | 182% | 5,249.17 | 9,554.32 | 182% |

| METRICA | AREA_AM (ha) | | | GYRATE_AM | | |
|---------------|--------------|--------|-------------|-----------|---------|-------------|
| | 2002 | 2010 | % de cambio | 2002 | 2010 | % de cambio |
| Exposed_Soils | 1.3184 | 0.0307 | 2% | 57.2785 | 8.5744 | 15% |
| Pastures | 0.8041 | 2.2467 | 279% | 36.0596 | 97.1117 | 269% |
| Low_Shrubs | 7.97 | 0.1783 | 2% | 143.6588 | 20.2012 | 14% |
| Tall_Shrubs | 0.2247 | 0.0278 | 12% | 22.963 | 5.4307 | 24% |
| Low_Forest | 0.007 | 0.0066 | 94% | 3.9533 | 3.6556 | 92% |
| Tall_Forest | 0.2613 | 0.5953 | 228% | 20.8806 | 40.9154 | 196% |
| Street | 0.0343 | 0.1015 | 296% | 13.2732 | 27.6029 | 208% |
| Roof1 | 0.011 | 0.0361 | 328% | 4.1708 | 10.3861 | 249% |
| Roof2 | 0.0085 | 0.0035 | 41% | 3.4817 | 2.3196 | 67% |
| PAISAJE | 3.19 | 0.69 | 22% | 70.0172 | 38.3702 | 55% |

| METRICA | SHAPE_AM | | | CLUMPY | | |
|---------------|----------|---------|-------------|--------|--------|-------------|
| | 2002 | 2010 | % de cambio | 2002 | 2010 | % de cambio |
| Exposed_Soils | 14.399 | 4.3892 | 30% | 0.7511 | 0.5076 | 68% |
| Pastures | 7.2045 | 33.1725 | 460% | 0.7772 | 0.5646 | 73% |
| Low_Shrubs | 27.8697 | 9.238 | 33% | 0.7688 | 0.4997 | 65% |
| Tall_Shrubs | 7.4381 | 3.6064 | 48% | 0.6918 | 0.3721 | 54% |
| Low_Forest | 2.6049 | 3.3145 | 127% | 0.5899 | 0.3249 | 55% |
| Tall_Forest | 5.595 | 11.4066 | 204% | 0.7565 | 0.7533 | 100% |
| Street | 3.8897 | 7.6408 | 196% | 0.6524 | 0.615 | 94% |
| Roof1 | 1.685 | 3.021 | 179% | 0.8184 | 0.7899 | 97% |

| | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|--------------------|---------------|-------------|--------------------|
| Roof2 | 1.3669 | 1.8968 | 139% | 0.8265 | 0.3805 | 46% |
| Tabla 5: Cont. | | | | | | |
| PAISAJE | 14.788 | 13.1347 | 89% | | | |
| METRICA | AI | | | CONTAG | | |
| CCS/ Periodo | 2002 | 2010 | % de cambio | 2002 | 2010 | % de cambio |
| Exposed_Soils | 78.1559 | 53.5352 | 68% | | | |
| Pastures | 80.7602 | 66.8397 | 83% | | | |
| Low_Shrubs | 85.141 | 54.7651 | 64% | | | |
| Tall_Shrubs | 73.1532 | 43.3071 | 59% | | | |
| Low_Forest | 61.3462 | 40.8232 | 67% | | | |
| Tall_Forest | 79.2011 | 80.4999 | 102% | | | |
| Street | 66.409 | 65.1306 | 98% | | | |
| Roof1 | 82.0456 | 80.1609 | 98% | | | |
| Roof2 | 82.762 | 39.8712 | 48% | | | |
| PAISAJE | 79.2273 | 62.0839 | 78% | 40.9404 | 26.8521 | 66% |

IIP_2002= 5%

IIP_2002= 22%

Tabla 6

Porcentaje de cambio de las métricas del paisaje de 2002 a 2010 en el la Comunidad Montesoria, Bo. Aguirre, Salinas, Puerto Rico

(Valores inferiores a 100% implican reducción en los valores del índice entre los periodos considerados. Valores Mayores de 100 implican aumento el valor de Índice entre los periodos considerados, Valores iguales a 100 indican que no hubo cambio en el valor de dicho índice)

(Valores inferiores a 100% implican reducción en los valores del índice entre los periodos considerados. Valores Mayores de 100 implican aumento el valor de Índice entre los periodos considerados, Valores iguales a 100 indican que no hubo cambio en el valor de dicho índice)

| CCS/ Métrica | PLAND | IIP | PD | ED | AREA_AM | GYRATE_AM |
|---------------------|--------------|------------|-----------|-----------|----------------|------------------|
| Exposed_Soils | 46% | | 166% | 98% | 2% | 15% |
| Pastures | 175% | | 271% | 300% | 279% | 269% |
| Low_Shrubs | 27% | | 238% | 82% | 2% | 14% |
| Tall_Shrubs | 75% | | 389% | 158% | 12% | 24% |
| Low_Forest | 215% | | 456% | 328% | 94% | 92% |
| Tall_Forest | 143% | | 102% | 134% | 228% | 196% |
| Street | 280% | | 265% | 289% | 296% | 208% |
| Roof1 | 486% | | 389% | 524% | 328% | 249% |
| Roof2 | 456% | | 3750% | 1512% | 41% | 67% |
| 2002-->2010 | | 402% | 293% | 182% | 22% | 55% |

| CCS/ Métrica | SHAPE_AM | CLUMPY | AI | CONTAG |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------|---------------|
| Exposed_Soils | 30% | 68% | 68% | |
| Pastures | 460% | 73% | 83% | |
| Low_Shrubs | 33% | 65% | 64% | |
| Tall_Shrubs | 48% | 54% | 59% | |
| Low_Forest | 127% | 55% | 67% | |
| Tall_Forest | 204% | 100% | 102% | |
| Street | 196% | 94% | 98% | |
| Roof1 | 179% | 97% | 98% | |
| Roof2 | 139% | 46% | 48% | |
| 2002-->2010 | 89% | | 78% | 66% |

FIGURAS

Análisis del problema

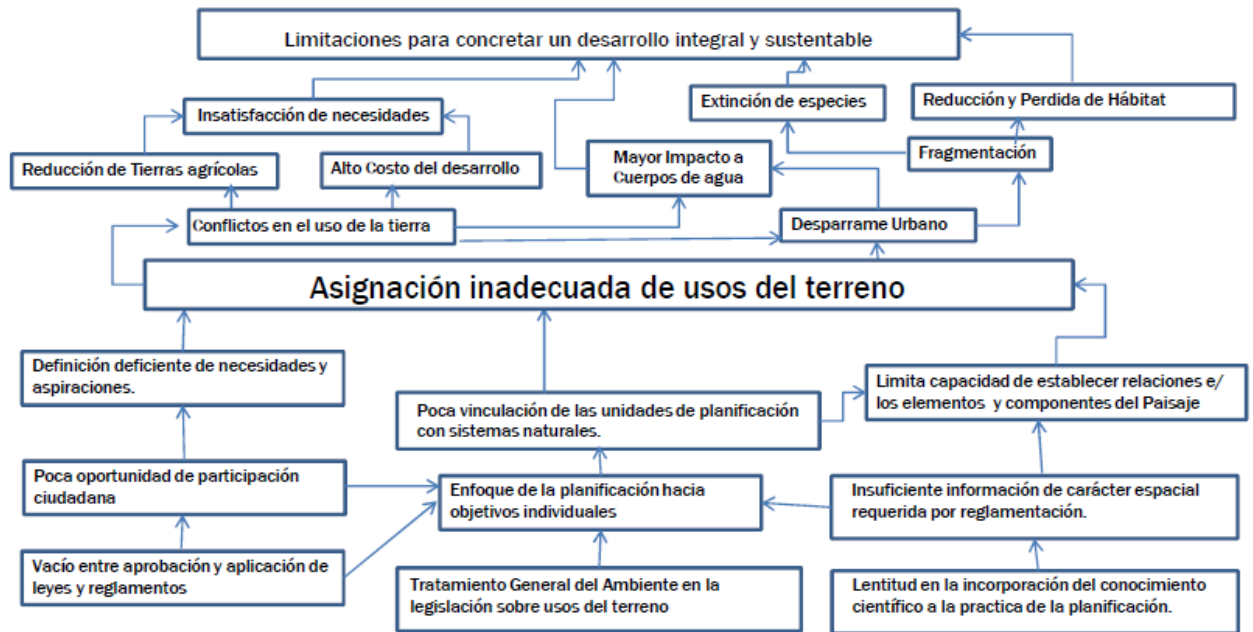


Figura 1: Árbol de problemas.

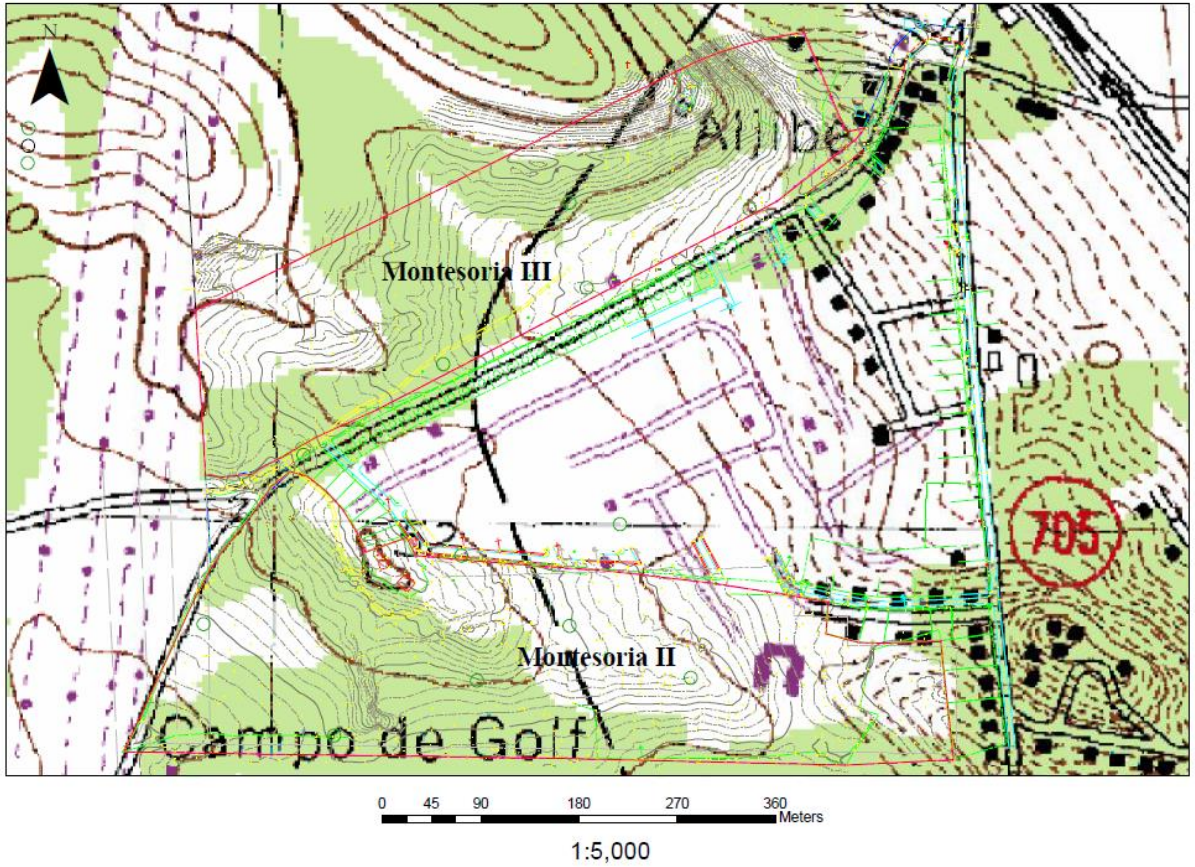


Figura 2: Ubicación del proyecto Montesoria II y III, Bo. Aguirra, Salinas, Puerto Rico (Cuadrángulo Topográfico USGS)

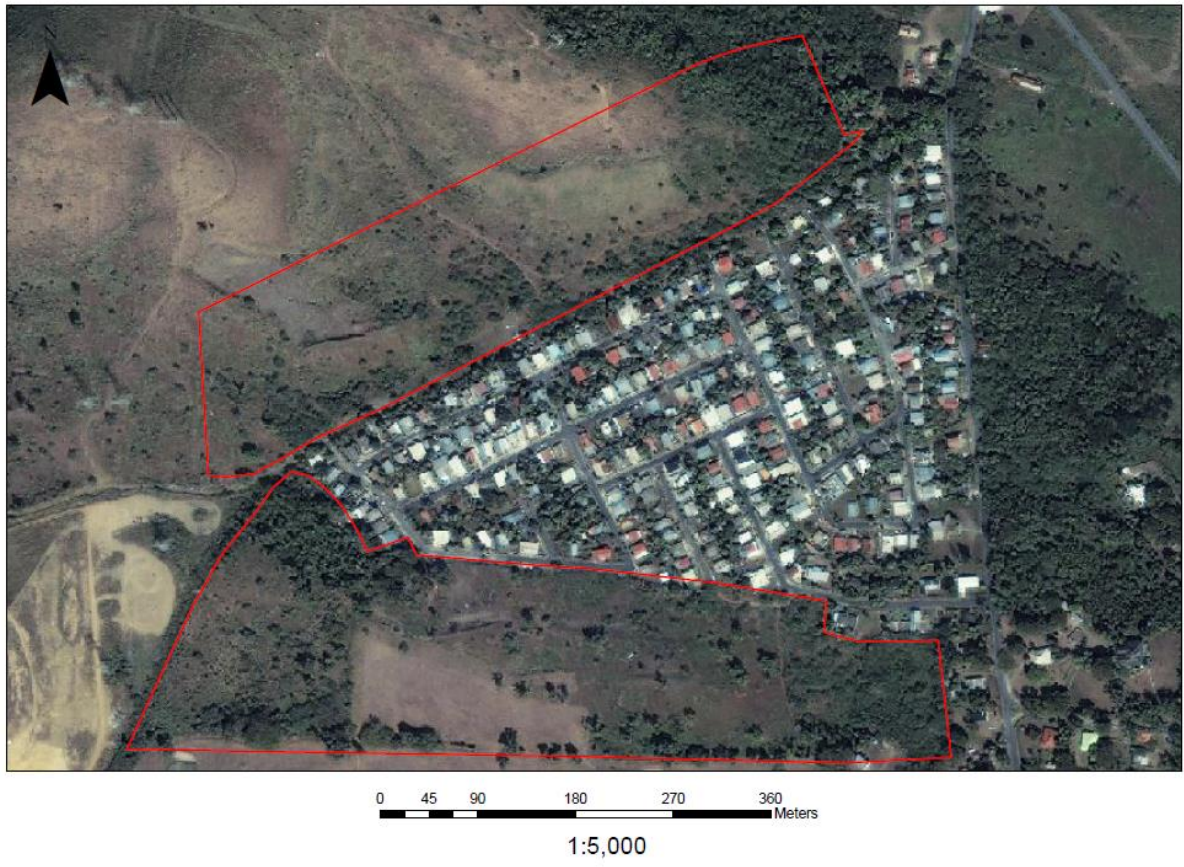


Figura 3: Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)

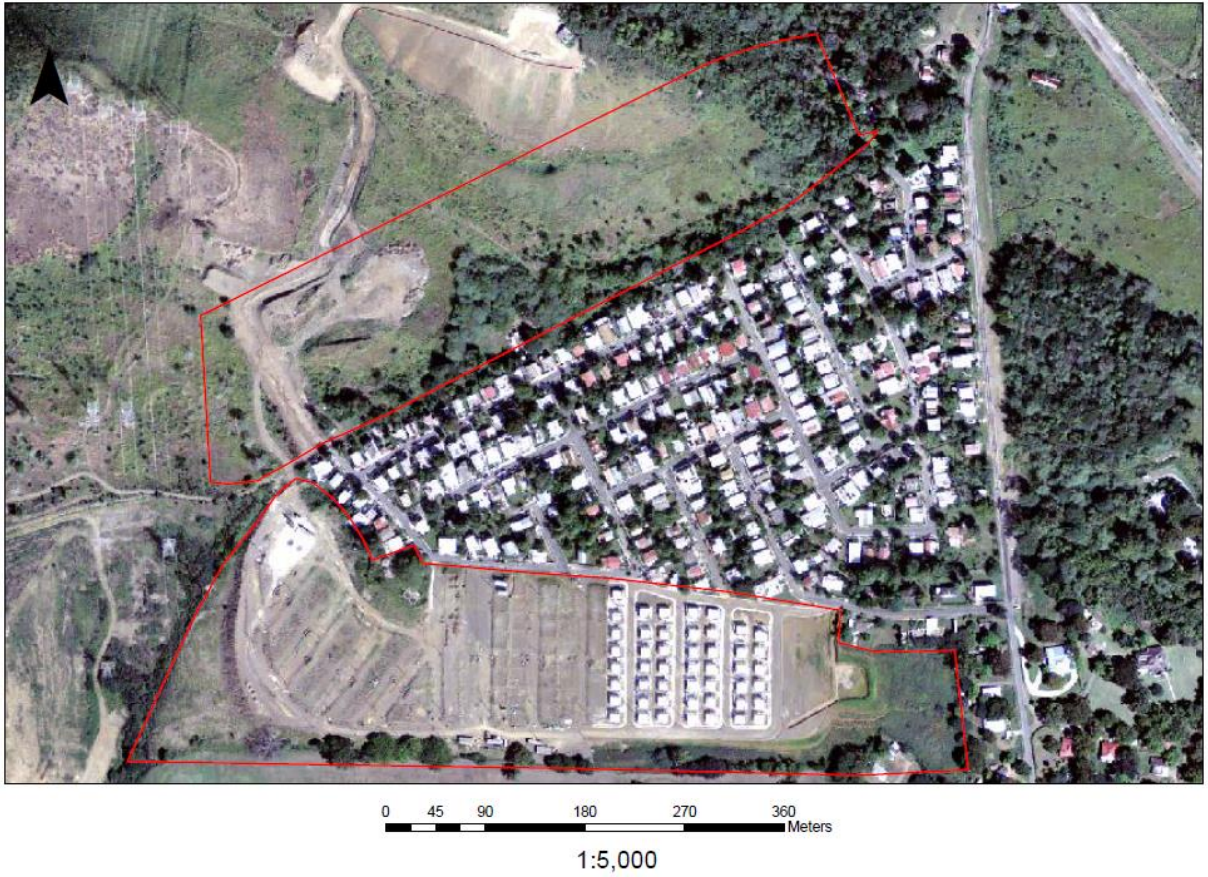
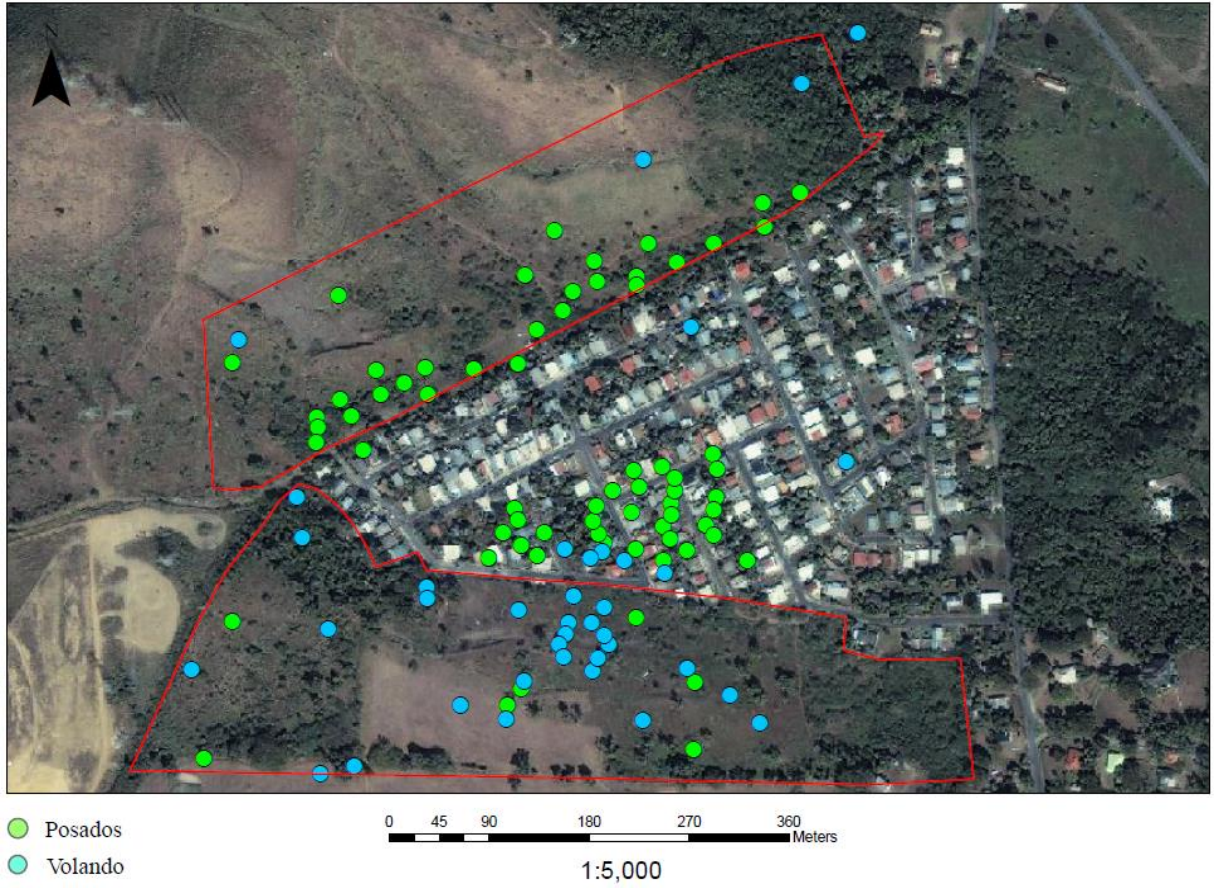


Figura 4: Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II (al sur, en construcción) y III (al norte) (Imagen Mosaico OGP 2009-10 ORTO RGB)



*Figura 5: Localización de contactos con la Mariquita o Capitán *Agelaius xanthomus* (Aves: Icteridae) en Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)*

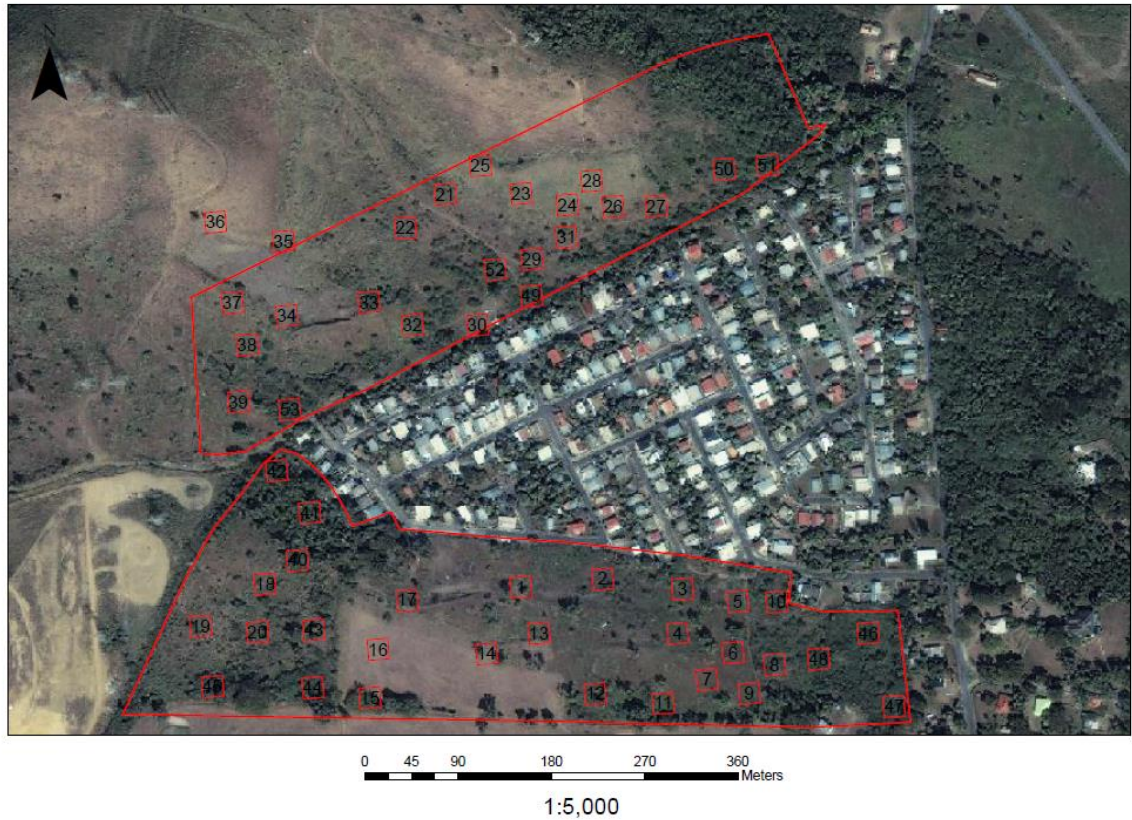


Figura 6: Localización de 53 parcelas de muestreo de vegetación (20m x 20m) en terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)

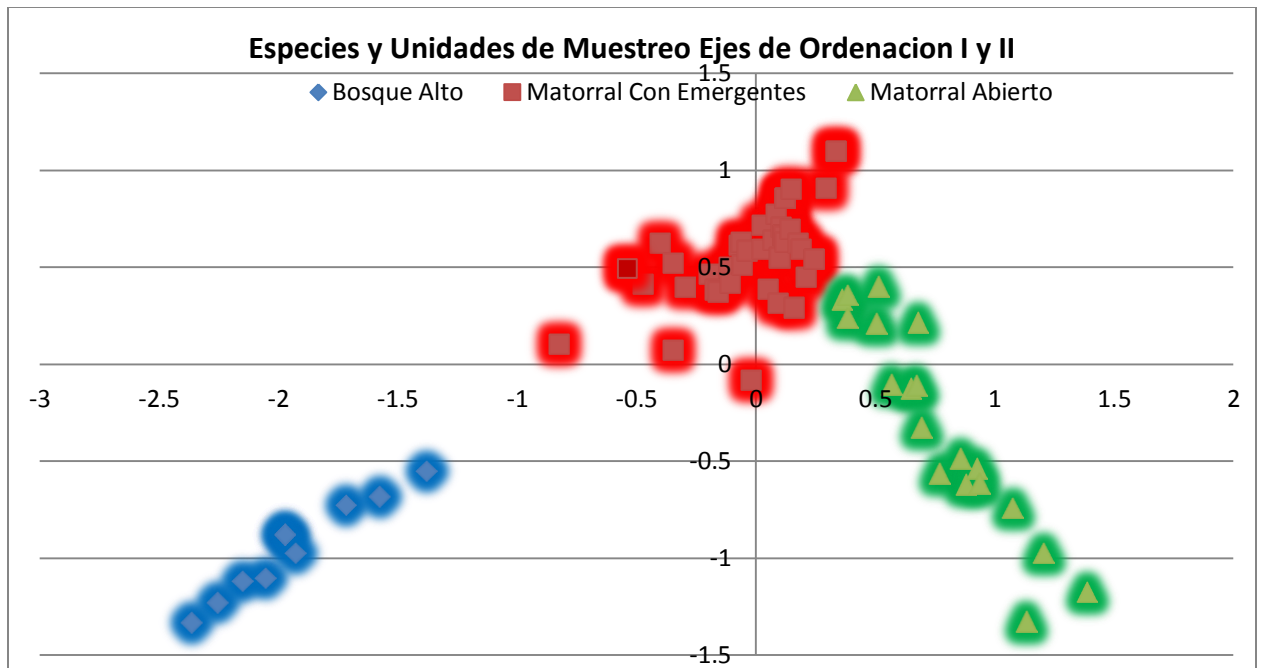
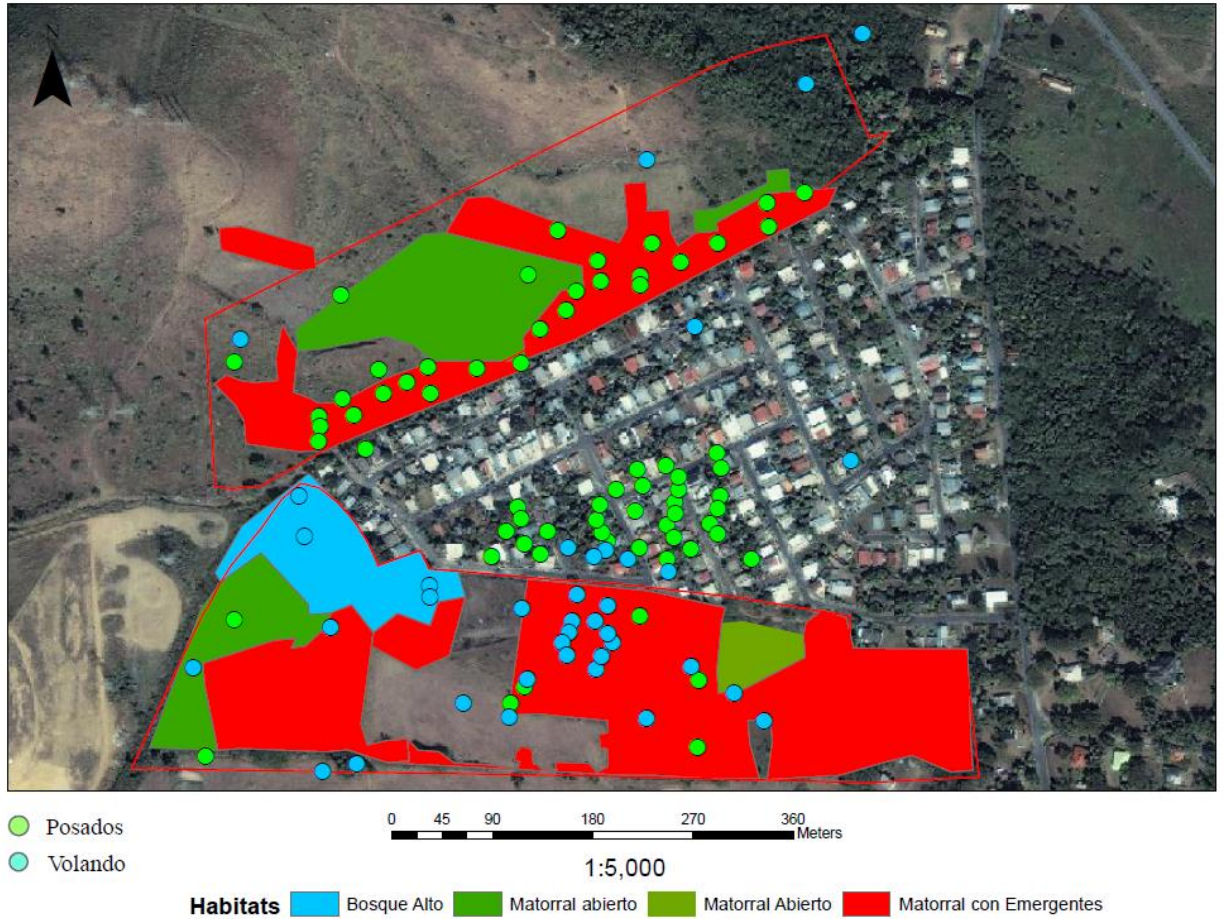


Figura 7: Resultado del análisis de correspondencias para los ejes I y II de ordenación de tipos de vegetación o hábitat.



*Figura 8: Localización de contactos con la Mariquita o Capitán *Agelaius xanthomus* (Aves: Icteridae) en los tipos de hábitat descritos en terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)*

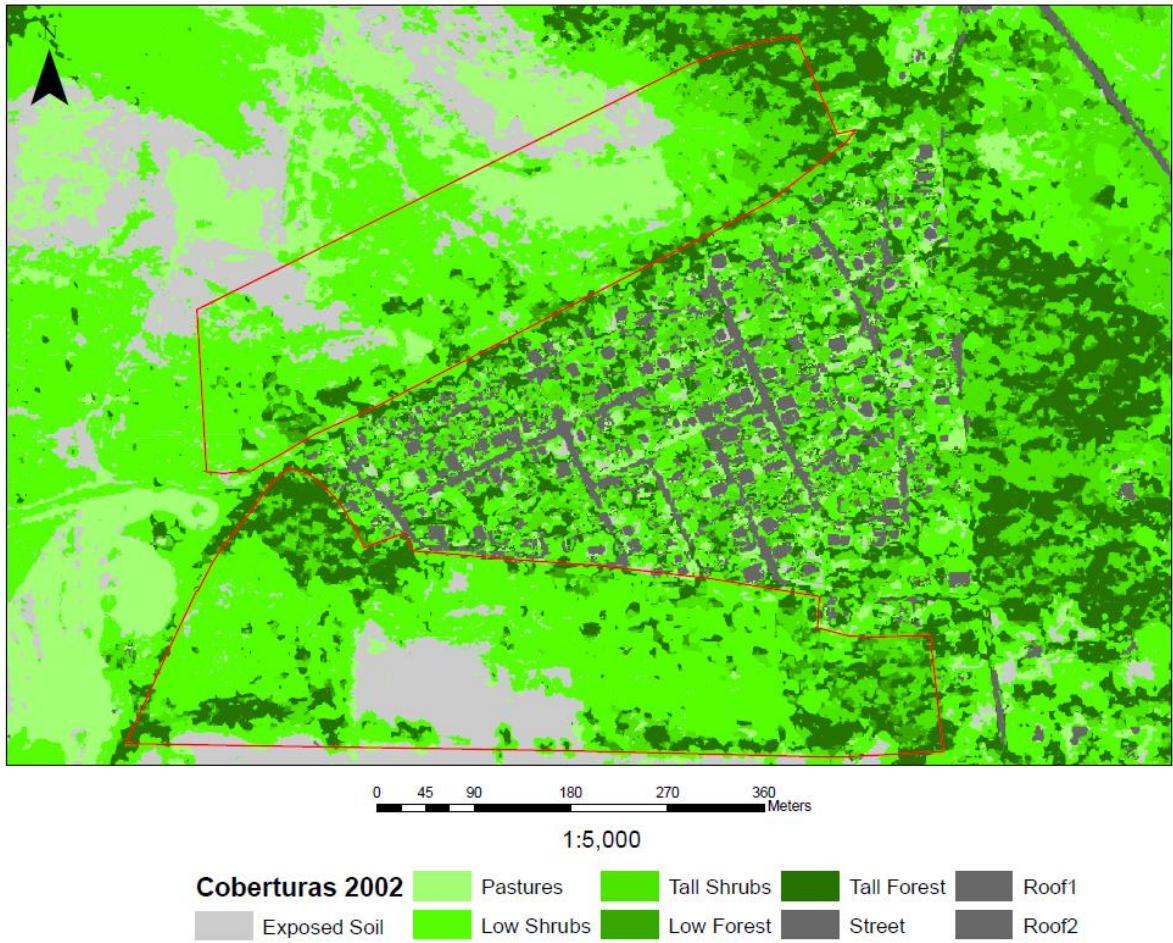


Figura 9: Clasificación digital parcialmente supervisada de terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Imagen Ikonos 2002 ORTO RGB)

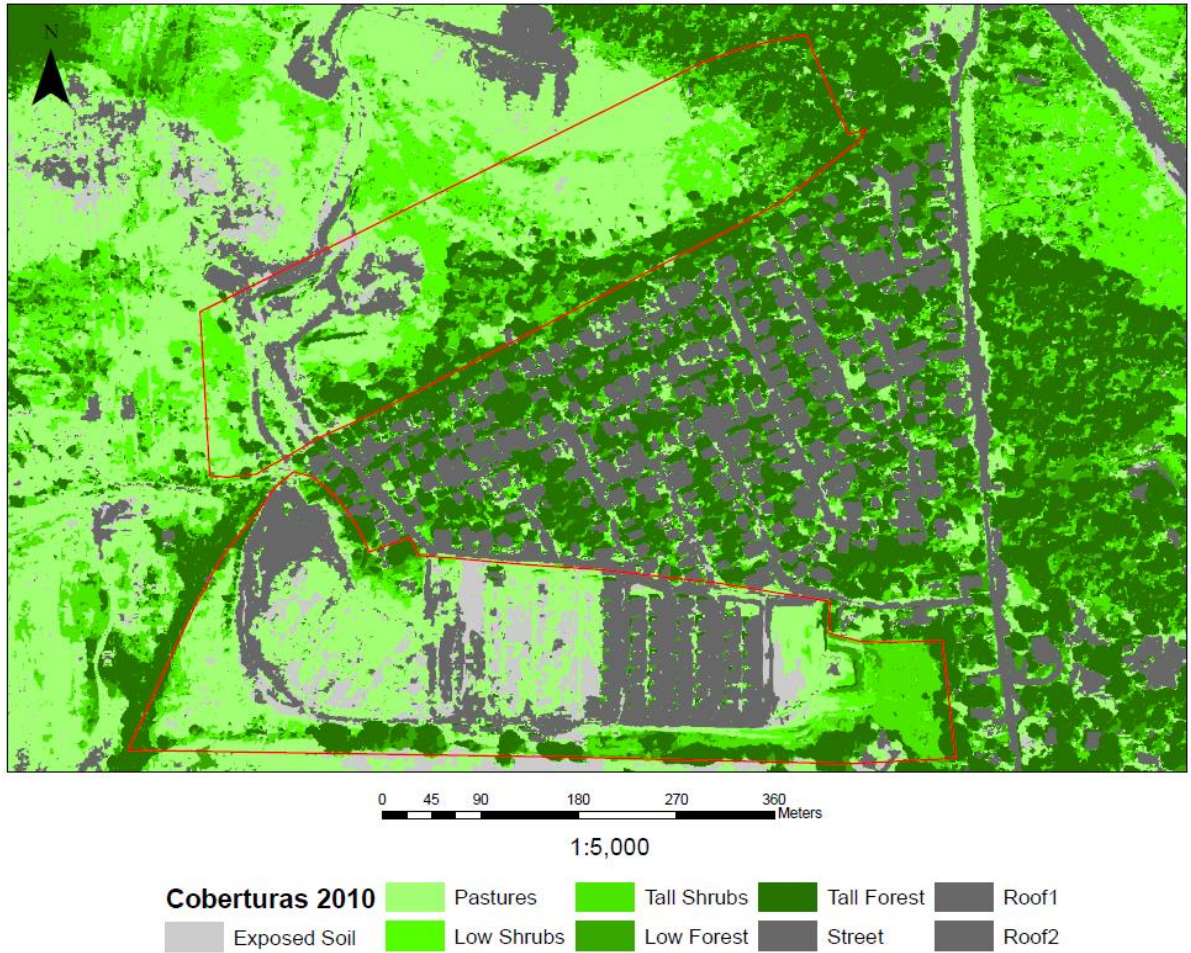


Figura 10: Clasificación digital parcialmente supervisada de terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (Al norte y sur) (Mosaico OGP 2009-10 ORTO RGB)

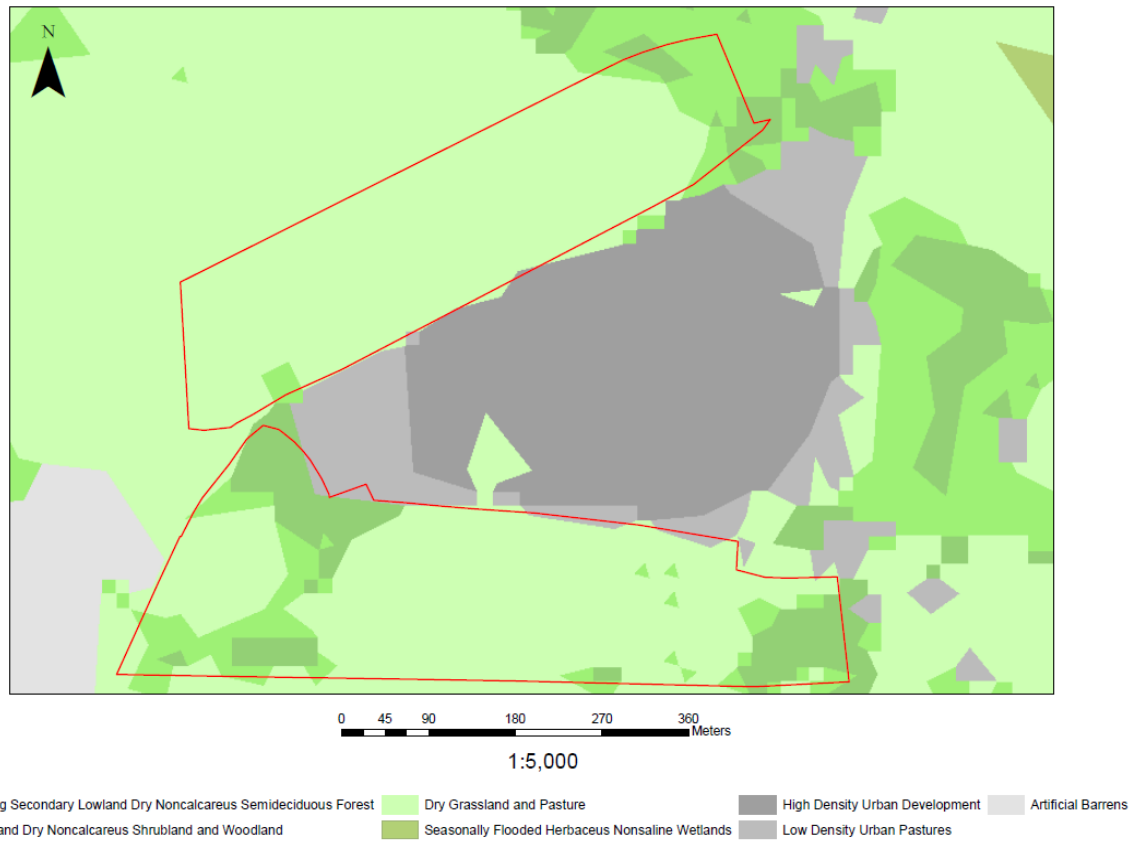


Figura 11: Clasificación de coberturas del terreno en Comunidad Montesoria (al centro) y terrenos propuestos para el desarrollo del proyecto Montesoria II y III (al norte y sur) (PR-LANDCOVER-MAP-2006)(Tesela 15m x 15m)

APÉNDICES

**DETERMINACION DE PRESENCIA AUSENCIA DE LA MARIQUITA (*Agelaius xanthomus*)
EN PROYECTO MONTESORIA II y III, AGUIRRE, SALINAS, PUERTO RICO.**

MUESTREO No:

FECHA (dd/mm/aa):

HORA ENTRADA: (AM/PM)

HORA SALIDA: (AM/PM)

ORNITOLOGO 1:

ORNITOLOGO 2:

| AVISTAMIENTO | HORA | ADULTO | JOVEN | BANDO | No.INDIV. | NIDO | NOTAS |
|------------------------|------|--------|-------|-------|-----------|------|-------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| TOTAL -----> | | | | | | | |

Apéndice 1: Formulario para recolectar información de *Agelaius xanthomus* en el campo.

**MUESTREO EN CUADRANTES DE VEGETACION
EN PROYECTO MONTESORIA II y III, AGUIRRE, SALINAS, PUERTO RICO.**

CUADRICULA 20x20 No.

FECHA (dd/mm/aa):

HORA ENTRADA: (AM/PM)

HORA SALIDA: (AM/PM)

RESPONSABLE

| ESPECIE | DAP | ALTURA | CONDICION | TIPO VEG. | OBSERVACIONES |
|---------------------|-----|--------|-----------|-----------|---------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| TOTAL -----> | | | | | |

Apéndice 2: Formulario para recolectar información de vegetación.

| Grupo | DIA-E Municipio | Fecha | |
|-------|-------------------|-------|--|
| 1 | Conectividad | | |
| 1 | Continuidad | | |
| 1 | Corredor | | |
| 1 | Cuenca | | |
| 1 | Ecosistema | | |
| 1 | Fragmentacion | | |
| 1 | Matriz | | |
| 1 | Paisaje | | |
| 1 | Parche | | |
| 1 | Proximidad | | |
| 1 | Vegetacion | | |
| 2 | Bosque | | |
| 2 | Ciénaga | | |
| 2 | Cuerpo(s) de Agua | | |
| 2 | Estuario | | |
| 2 | Herbazal | | |
| 2 | Humedal | | |
| 2 | Pantano | | |
| 2 | Pastizal | | |
| 3 | Biodiversidad | | |
| 3 | Especie | | |
| 3 | Fauna | | |
| 3 | Flora | | |
| 3 | Habitat | | |
| 4 | conservacion | | |
| 4 | preservacion | | |
| 4 | proteccion | | |
| 4 | protegido | | |
| 4 | reserva | | |
| 4 | Sostenible | | |
| 4 | Sustentable | | |
| 5 | Crecimiento | | |
| 5 | Desarrollo | | |
| 5 | Desordenado | | |
| 5 | desparramado | | |
| 5 | Esponaneo | | |
| 5 | Ordenado | | |

- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| 1 | Funcionalidad Paisaje | 2 | Sistemas Naturales | 3 | Recursos Naturales |
| 4 | Politica Publica | 5 | Economia | | |

Apéndice 3: Hola de cotejo de información para DIAS-E.