
Valoración de los servicios de ecosistema: Aplicación del modelo hedónico en la cuenca del río Piedras

Julio C. Verdejo*

Resumen

Áreas de infraestructura natural, dentro del tejido urbano, presentan servicios de ecosistemas importantes para la calidad de vida. Los esfuerzos de investigación de las pasadas décadas han caracterizado estos servicios y aplicado técnicas para la valoración e integración a la planificación urbana. Este estudio, utiliza la técnica de valoración hedónica para determinar el valor indirecto de áreas de infraestructura natural y sus servicios, reflejado en el precio de venta de viviendas unifamiliares en la cuenca del río Piedras en San Juan. Resultados del modelo de regresión reflejan la importancia de amenidades naturales como ríos y quebradas así como la de los espacios verdes visibles desde éstas. El deterioro de la calidad de los espacios públicos en la ciudad refleja, en los resultados, una magnitud mayor de variables de áreas privadas de infraestructura verde y comercial. A la luz de los resultados, la política de planificación para la provisión de acceso a servicios de ecosistema debe examinar las mejores prácticas dentro de la ciudad y presentar alternativas de integración ciudadana, mejoras y cambios de percepción sobre los espacios públicos y naturales en la ciudad.

Introducción

La infraestructura natural de las áreas urbanas está compuesta por espacios verdes y azules que, entre sí, albergan diversas especies de plantas y animales. Donde la infraestructura urbana cubre gran parte del terreno, o en aquellas áreas de mayor densidad poblacional, estos espacios forman ecosistemas urbanos (Gómez-Baggethun & Barton, 2012). Estos ecosistemas pueden ser compuestos por árboles que bordean las carreteras, parques y áreas de pastos, bosques urbanos, áreas cultivadas, humedales, y cuerpos de agua como el mar, lagos y ríos y quebradas (Bolund & Hunhammar, 1999). En estos ecosistemas se presentan servicios desde sus funciones naturales. Los ecosistemas, por medio de sus condiciones y procesos naturales, proveen servicios

*San Juan ULTRA, jcverdejo@replanpr.com

que satisfacen y sustentan la vida humana (Daily, 2012). En general, los servicios de ecosistema son los beneficios que la población obtiene de éstos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La provisión de infraestructura natural en las ciudades en apoyo a brindar mayor acceso a servicios de ecosistemas, se ha convertido en asunto de importancia para mejorar calidad de vida en ciudades y espacios urbanos. La valoración de los espacios naturales busca presentar efectos indirectos en otras áreas de importancia en la ciudad. La Tabla 1 resume los servicios de ecosistemas presentados en el Millennium Ecosystem Assesment (2005) cuyas categorías albergan los servicios de los espacios naturales dentro de la ciudad.

La clasificación y estudio de estos servicios ha sido de gran debate. Usando de referencia las definiciones generales propuestas en el Millenium Ecosystem Assessment, la literatura se concentra en la caracterización de funciones, servicios y beneficios que se encuentran en los ecosistemas. Se debate (Costanza, 2008; Fisher & Kerry Turner, 2008; Wallace, 2008; 2007) sobre la complejidad y sobre la necesidad de desarrollar clasificaciones que se ajusten a las necesidades de distintos propósitos. Parte de estas clasificaciones van dirigidas a la valoración (de Groot, Wilson, & Boumans, 2002), manejo (Wallace, 2007) y planificación (Gómez-Baggethun & Barton, 2012) de provisión de servicios. Esto presenta gran pertinencia dentro de la planificación como disciplina dirigida a la acción, al existir una falta de literatura que se ajuste a la planificación e implantación de medidas de provisión de servicios ecosistémicos.

Tabla 1 – Servicios de ecosistemas

Tipo de servicio de ecosistemas	Servicio de ecosistema
Provisión	alimentos, agua, fibras y combustibles
Regulador	regulación del clima, de las aguas y enfermedades
Cultural	espirituales, estéticos, de recreación y educación
Apoyo	producción primaria y formación de suelos

Fuente: *Millennium Ecosystem Assesment* (2005)

Más allá de las distintas clasificaciones, el estudio de los servicios de ecosistemas busca brindar una valoración de éstos. Una valoración

adecuada de los recursos es de gran importancia. Hasta ahora, su aportación a la economía presentaba una relación inversa entre la contribución y el valor. Una contribución alta de un recurso como la madera puede implicar un precio bajo en el mercado, reflejo de su abundancia, y viceversa ante una contribución baja (H. T. Odum & Odum, 2000). Para H. T. Odum y Odum (2000) estas prácticas no presentarían una valoración adecuada del capital natural, su contribución o los impactos sobre éstos. Farber, Costanza, y Wilson (2002), en su discusión del concepto “valor”, tienden un puente desde la teoría económica y a las consideraciones del valor ecológico. Los autores resumen el valor que se le puede asignar a los servicios de ecosistemas como uno de valor de utilidad, que se manifiesta en la diferencia que sus usos presentan en la satisfacción de las preferencias del ser humano (Farber et al., 2002). Para satisfacer estas preferencias existe un costo, y este costo es el valor que se busca reflejar, o asignar, a los servicios del ecosistema.

Técnicas de valoración como la disposición a pagar, disposición a aceptar compensación y el método de costos de viaje (Farber et al., 2002; Saphores & Li, 2012; Villamil, 2005) se presentan como medias alternas de asignar valor basado en la utilidad que las personas asignan a un recurso natural. En éstas, las personas presentan una de sus preferencias en la disponibilidad para cubrir un costo (en dólares) para mejorar o proteger un recurso, para ser compensados por la pérdida de éste, o los costos incurridos para trasladarse a hacer usos de ellos. En el caso de la valoración hedónica la utilidad, y el costo que las personas están asignando, se buscan en el precio de venta de las viviendas y en la porción de éste representados por distintos servicios de ecosistema en comparación con otras amenidades.

Como las otras técnicas, la valoración hedónica busca determinar un valor indirecto para los servicios que rodean las viviendas. En regiones como cuencas hidrográficas la valoración hedónica ha sido aplicada a estudiar el efecto de variabilidad de usos de suelos (Acharya & Bennett, 2001), la composición de la cobertura vegetal (Kadish & Netusil, 2012), la calidad del agua (Poor, Pessagno, & Paul, 2007) y externalidades de contaminación de ríos (Cho, Roberts, & Kim, 2011). En el contexto de San Juan, la utilización de la valoración hedónica representa un esfuerzo para conocer la relación de los espacios urbanos con su infraestructura natural dentro de la cuenca del río Piedras.

El estudio de la infraestructura verde de San Juan implica la mirada a espacios boscosos fragmentados de alta densidad de especies de árboles y animales (Lugo & Helmer, 2004). Estos espacios son productos de procesos de deforestación para la agricultura, en particular

el cultivo de caña de azúcar, seguido por la urbanización en los campos al ocurrir un cambio económico de la agricultura a la manufactura durante los años 1940 (Grau et al., 2003). Las áreas boscosas de la cuenca del río Piedras se presentan como fragmentos remanentes de estos dos procesos.

Además de espacio físico los estudios han observado los servicios del paisaje provistos por las vistas a espacios verdes. Éstos demuestran los efectos positivos de las vistas a árboles y otra vegetación urbana. En casos donde otras amenidades de mayor valor, como las vistas al mar, se presenta el reflejo de las preferencias de los compradores con la reducción de los precios (Jim & Chen, 2009). En otras áreas como el condado de Ramsey en Minnesota EE.UU. (Sander & Polasky, 2009) y Dijon en Francia (Cavailhès et al., 2009), las vistas demuestran efectos positivos en las ventas. En este último, la distinción se hace entre la vista a un espacio verde y uno del ambiente construido de la ciudad, siendo éste una desamenidad del ambiente urbano.

Investigaciones sobre la valoración hedónica han comenzado a brindar mayor información sobre las diferencias socioeconómicas y actividades delictivas en regiones de estudio. Aspectos como los ingresos en distintos sectores muestran áreas de mayor afluencia donde se pueden obtener más servicios, (Anderson & West, 2006; Saphores & Li, 2012) así como sufrir de menor incidencia criminal, haciendo para pocos que los servicios de ecosistemas sean de mayor acceso y disfrute (Santiago & Verdejo-Ortiz, 2014; Troy & Grove, 2008; Troy, Grove, & O'Neil-Dunne, 2012).

Más allá de los espacios naturales de mayor extensión, los espacios verdes privados presentan áreas de importancia para los servicios de ecosistemas y biodiversidad en regiones con falta de espacios verdes o con acceso limitado (García-Montiel et al., 2014; Melendez-Ackerman et al., 2014). El estudio de estos espacios muestra gran variabilidad entre tipologías así como percepciones culturales a éstos. Su complejidad justifica la necesidad de su estudio en un contexto local.

Este estudio utiliza la técnica de valoración hedónica para medir de forma indirecta el efecto de la infraestructura natural en la cuenca del río Piedras sobre los precios de venta de vivienda unifamiliar. Esta medición indirecta del valor busca proveer mayor información sobre su importancia y guiar la toma de decisiones en cuanto a su manejo.

El área de estudio

Se seleccionó como área de estudio la cuenca del río Piedras en la capital de Puerto Rico, San Juan. Ésta representa un área de 49 kilómetros cuadrados (Lugo, Ramos González, & Rodríguez-Pedraza,

2011) cubriendo parte de Municipios de Guaynabo, San Juan y Trujillo Alto. El río Piedras da comienzo en el barrio Caimito del municipio de San Juan y desemboca en la bahía de San Juan al unirse al río Puerto Nuevo. En total, discurre por aproximadamente 16 kilómetros.

Fue en la cuenca del río Piedras donde comenzó la expansión suburbana que hoy cubre gran parte de sus terrenos. La tipología de viviendas que se desarrolló en la cuenca se replicó en muchas partes del área metropolitana de San Juan y en alrededor de los pueblos de Puerto Rico. Las urbanizaciones de Caparra Heights y Puerto Nuevo presentaron características y prácticas (Sepúlveda-Rivera, 2005) que hoy inciden directamente sobre los servicios ecosistémicos que ofrece el área de estudio. Este proceso de urbanización ocupó los espacios abiertos. Esfuerzos como el plan Barañano (1956) presentaban una visión de San Juan que integraba las áreas verdes en el entramado de áreas urbanas, pero éste no se concretizó en la evolución de la ciudad. Los grandes espacios verdes que se presentan en la ciudad son aquellos que se desocuparon por actividades agrícolas o institucionales.

Mapa 1 – Área de estudio



Metodología

Transacción y los datos del Censo

Se utilizaron transacciones de ventas de propiedades unifamiliares para los años 2005 a 2009, recopilados por la firma de bienes raíces, Luis Abreu y Asociados. Los datos de venta desglosan las características físicas de las propiedades vendidas durante ese periodo, su ubicación y el precio de venta final de la propiedad. La geolocalización de estos datos se llevó a cabo por Geographic Mapping Technologies (<http://www.gmtgis.com>), utilizándose aquellos con una puntuación de pareo de 70%. De éstos, se seleccionaron aquellos dentro de la cuenca del río Piedras.

Para los datos socioeconómicos y de transportación (2005 a 2009) se utilizó la Encuesta para la Comunidad de Puerto Rico (ECPR) del Negociado del Censos de EE.UU.. Se obtuvieron datos a un nivel geográfico de grupo de bloque sobre el ingreso per cápita así como tiempo de viaje al trabajo.

Infraestructura verde

Las variables relacionadas a servicios de ecosistemas se midieron en términos de distancia, área dentro de las propiedades o áreas visibles desde éstas. La distancia de cada punto a ríos y quebradas, parques, así como áreas verdes urbanas, se midió en términos de la distancia euclidiana desde el centro de lote de cada propiedad utilizando herramientas en ArcGIS 10.1. Los espacios verdes, así como las áreas recreativas, se identificaron utilizando geodatos raster de usos del suelo desarrollado por la Escuela Graduada de Planificación Dr. Salvador M. Padilla (EGPSMP) de la Universidad de Puerto Rico para el año 2010. La metodología utilizada para la clasificación del uso del suelo es resumida en (Roman, Castro, & Carreras, 2010). Para las áreas verdes se utilizaron las clasificaciones de usos de: bosques, pastos y reservas o áreas protegidas dentro de la cuenca con un tamaño igual o mayor a una cuerda.

Para identificar el área o extensión de los espacios verdes en los lotes, así como el área visible desde las propiedades, se utilizó un análisis de clasificación de cobertura por percepción remota. Una clasificación automatizada (paralelepípedo), seguida por una asistida de distancia mínima, se aplicó a imágenes del espectro infrarrojos del 2010 (Imágenes son producto del proyecto de mapa de usos de suelo de Puerto Rico de la EGPSMP). Los resultados de esta clasificación generaron una superficie donde se categorizó las áreas verdes versus el espacio construido en la cuenca del río Piedras. El dato de cobertura se resumió al nivel del lote de cada una de las propiedades escogidas.

Para generar la cantidad de espacio verde visible desde estas propiedades, se utilizó la elevación del terreno como parámetros en la herramienta Viewshed de ArcGIS. Los espacios visibles se escogieron de una distancia euclidiana desde el centro del lote de la propiedad, a una distancia de 2 km a 360 grados alrededor de ésta. Generada una superficie de espacios visibles y no visibles, se comparó contra la superficie de espacios verdes y gris generada. Se contabilizó el área visible y verde de cada lote de las propiedades seleccionadas.

Estadísticas de delitos

La seguridad de los vecindarios de las viviendas seleccionadas puede ser factor que afecte el acceso a los servicios de ecosistemas. Los incidentes de Delitos tipo 1, recopilados por la Comandancia de San Juan de la Policía de Puerto Rico, fueron geolocalizados y se seleccionó aquellos con un pareo con una puntuación de certeza igual o mayor a 70%. Estos datos fueron agregados sobre cada grupo de bloque de las propiedades, asignándose a ésta la sumatoria de los delitos en el área geográfica.

El Método de valoración hedónica

El método de valoración hedónica de precios (VHP) fue desarrollado por Griliches(1961), entre otros, para estimar los posibles efectos de la proximidad de un espacio verde urbano en el precio de venta de una unidad de vivienda residencial. El VHP estima el valor de bienes de forma indirecta mediante el uso de transacciones de mercado observables (Champ, Boyle & Brown, 2003). En el caso de una propiedad, su precio de venta es el reflejo de características que van desde sus atributos físicos (habitaciones, baños y pie cuadrados de propiedad), hasta las características del vecindario, como la seguridad (Troy & Grove, 2008) o las restricciones de su zonificación (Cho, Chen, & Yen, 2008).

El modelo de valoración hedónica se podría expresar como:

$$P_i = \beta_0 + \beta_1 S_i + \beta_2 N_j + \beta_3 Q_k + \varepsilon$$

Donde β_0 es el intercepto de los coeficientes, S_i las características físicas de la propiedad, N_j las características del vecindario, Q_k variables naturales y ε el término de error.

En este estudio, se utilizó la regresión de mínimos cuadrados ordinarios con 15 variables que representan características físicas de cada propiedad, aspectos de su vecindario y áreas que representan servicios de ecosistemas. De las variables, 13 fueron transformadas a su valor logarítmico para obtener de éstas una distribución menos

sesgada. Se utilizó la expresión logarítmica del precio venta de las viviendas como variable dependiente y características físicas de la propiedad, de la calidad del vecindario y aquellas relacionadas a servicios de ecosistemas como variables independientes.

$$\log P = \beta_0 + \beta_1 \log_lota + \beta_2 \log_housea + \beta_3 \log_room + \varepsilon$$

$$\beta_4 \log_bath + \beta_5 \log_yearsold + \beta_6 \log_percap$$

$$\beta_7 \log_trav + \beta_8 \log_mall + \beta_9 \log_riv$$

$$\beta_{10} \log_lotgreen + \beta_{11} \log_pcgreen + \beta_{12} \log_green$$

$$\beta_{13} \log_park + \beta_{14} \text{view_verde} + \beta_{15} \text{incidentes}$$

Tabla 2 - Lista de variables del modelo y definiciones

Variable	Descripción	Unidades	Valor promedio
log_lota	Área del lote de la propiedad	Pies cuadrados	410.9
log_housea	Área de la vivienda de la propiedad	Pies cuadrados	1,486.2
log_room	Número de habitaciones	Núm.	8
log_bath	Número de baños	Núm.	2
log_yearsold	Años de venta de la propiedad	Años	2006
log_percap	Ingreso per cápita del grupo de bloque correspondiente a la propiedad	Dólares EE.UU.	19,126.1
log_trav	Tiempo de viaje al trabajo desde grupo de bloque correspondiente a la propiedad	minutos	27.1
log_mall	Distancia euclidiana a centro comercial más cercano	metros	2,519.4
log_riv	Distancia euclidiana a río o quebrada más cercana	metros	256.3
log_lotgreen	Área verde del lote de la propiedad	metros cuadrados	13.4

Tabla 2 - Continuación

Variable	Descripción	Unidades	Valor promedio
log_pcgreen	Por ciento de área verde de la propiedad	%	0.0
log_green	Distancia euclidiana al área verde más cercana	metros	192.5
log_park	Distancia euclidiana al parque más cercano	metros	264.8
view_verde	Área verde visible en 2 km a la redonda desde la propiedad	metros cuadrados	20,465.0
incidentes	Incidentes de Delitos Tipo 1 en el grupo de bloque de la propiedad	Núm. De incidentes	6.3

Resultados y Discusión

Variables físicas

Las características físicas de la propiedad son el criterio principal para su evaluación. Las variables de área del lote (*log_lota*) y área de la vivienda (*log_housea*), son las de mayor influencia en el precio de venta (con un nivel de significancia $p < 0.01$). Ambas variables con coeficientes positivos tendrían un efecto de aumentar el precio de venta con cada 1% de aumento. Para el precio promedio en el área de estudio esto se reflejaría en aumentos de \$849.00 para el lote y \$1,171.00 para el área de la vivienda. El número de habitaciones (incluyendo dormitorios) (*log_rooms*) presentó resultados significativos ($p < 0.01$) de signo negativo. Esto representa una disminución del precio de la propiedad con el aumento de esta variable. Su resultado puede tener implicaciones en cuanto a la tipología de las estructuras, y las características socioeconómicas de su entorno. El estudio por Ramos-Santiago, Villanueva-Cubero, Santiago-Acevedo, & Rodríguez-Melendez (2014), presenta cómo la pérdida de espacios verdes se manifiesta a medida que se observan diferentes características socioeconómicas. Esta pérdida surge con la alteración de las viviendas para conseguir un mayor espacio de habitación. Por su parte, el número de baños (*log_bath*) presentó otro efecto positivo ($p < 0.10$), aunque éste es el de menor magnitud en las características físicas. El año de venta de la propiedad en este modelo no presentó estadística significativa. En general, los resultados son consistentes con la literatura.

Variables económicas y sociales

Los perfiles socioeconómicos, la distancia a centros de empleos y otras actividades que ocurran a su alrededor, pueden incidir directamente en el precio de venta de las propiedades. La variable de ingreso per cápita (\log_percap , $p < 0.01$), refleja un efecto positivo en el precio de venta comparable en magnitud con las características físicas de la propiedad como el área del lote o el de la vivienda. Esto es cónsono con la literatura de valoración hedónica y es de esperarse debido a la capacidad económica en áreas de mayor ingreso. Esta variable es la de mayor influencia en toda la cuenca. Los ingresos de los vecindarios en el área de estudio marcan la relación de los residentes con la disponibilidad o acceso a servicios de ecosistemas. Los delitos tipo 1 (incidentes; $P < 0.10$) prestan un efecto negativo en los precios de venta. Este efecto se traduce en una disminución de \$572.0 dólares del precio de venta final por cada delito adicional que se presente en el vecindario. A pesar de una pobre diseminación pública del dato estadístico y su distribución geográfica, la magnitud de su efecto podría representar la existencia de otros mecanismos de divulgación y conocimiento de estas actividades. En Santiago y Verdejo Ortiz (2014), los autores subrayan el efecto de estas actividades, algunas que podrían no ser catalogadas como un delito tipo 1, en limitar el acceso a los servicios ecosistémicos dentro y alrededor de áreas públicas de recreación como parques y plazas. Esta falta de acceso contrastó con la provisión de servicios de ecosistemas culturales en enclaves de mayor ingreso con áreas privadas de limitado acceso físico y libre de actividades que limiten su disfrute.

Tabla 3 – Resultados modelo de regresión

Descripción	Variable	Coefficiente	t	P>t
Área del lote de la propiedad	\log_lota	0.3694957	16.35	0.000
Área de la vivienda de la propiedad	\log_housea	0.5094688	13.98	0.000
Número de habitaciones	\log_room	-0.1192497	-2.95	0.003
Número de baños	\log_bath	0.0445694	1.79	0.074
Años de venta de la propiedad	$\log_yearsold$	8.1906120	0.86	0.390
Ingreso per cápita del grupo de bloque correspondiente a la propiedad	\log_percap	0.3090416	15.86	0.000

TABLA 3 - Continuación

Tiempo de viaje al trabajo desde grupo de bloque correspondiente a la propiedad	log_trav	-0.0332116	-0.94	0.347
Distancia euclidiana a centro comercial más cercano	log_mall	-0.1498069	-11.57	0.000
Distancia euclidiana a río o quebrada más cercana	log_riv	-0.0216035	-3.16	0.002
Área verde del lote de la propiedad	log_lotgreen	0.0658228	8.67	0.000
Por ciento de área verde de la propiedad	log_pcgreen	-0.0652685	-9.03	0.000
Distancia euclidiana a área verde más cercana	log_green	0.0074944	1.02	0.306
Distancia euclidiana al parque más cercano	log_park	-0.0134752	-1.49	0.137
Área verde visible en 2 km a la redonda desde la propiedad	view_verde	0.0000004	1.88	0.061
Incidentes de Delitos Tipo 1 en el grupo de bloque de la propiedad	incidentes	-0.0024902	-1.87	0.062

Variables amenidades comerciales e infraestructura verde

Al momento de comprar una vivienda, los consumidores pueden considerar los espacios de los centros comerciales y los de carácter natural, como amenidades de importancia. Estas amenidades podrían competir entre sí, marcando la preferencia de los ciudadanos. En este estudio, la variable de distancia a una amenidad comercial es representada como *log_mall*, mientras que distancia a espacios naturales, en específico ríos y quebradas, es representada como *log_river*. Ambas presentaron resultados significativos ($P < 0.01$) con coeficientes negativos. Es importante destacar la magnitud del efecto de la distancia a centros comerciales sobre el precio de venta final de las residencias. El precio de venta promedio de una residencia puede reflejar una disminución de aproximadamente \$300.00 por cada punto porcentual de aumento relativo a la distancia. En general, la literatura de las pasadas décadas apunta hacia una percepción de deterioro del espacio público (Goheen, 1998; Mitchell, 1995). En este contexto, los centros comerciales ofrecen una percepción de seguridad en un espacio pseudo público que Mitchell (1995) describe como festivo. Estos resultados presentan gran contraste con aquellos obtenidos por la distancia a ríos y quebradas. Para esta última, el precio de venta promedio sufriría una reducción, \$50.00 por cada punto de aumento entre éstas y un cuerpo de agua. Este resultado es concurrente con la literatura estudiada (Anderson & West, 2006;

Poudyal, Hodges, & Merret, 2009; Sander & Polasky, 2009; Saphores & Li, 2012). La diferencia en la magnitud de los resultados debe fomentar mayor estudio sobre la calidad de los cuerpos de agua en la ciudad y la percepción de los residentes hacia éstos. Asuntos como las inundaciones, canalizaciones y otras desamenidades podrían reducir el atractivo a los cuerpos de agua. No obstante, las franjas de áreas verdes o corredores ribereños que éstos proveen podrían representar servicios de importancia en algunos sectores. Su estudio detallado puede revelar una distribución desigual de los servicios ecosistémicos con un gradiente que sigue la elevación del terreno y que es dependiente de factores de ingresos y cobertura vegetal. Sectores de alta y media elevación, tales como zonas de los barrios Cupey y Caimito, podrían estar disfrutando de corredores ribereños verdes y un bajo riesgo de inundación. Sin embargo, sectores de menor elevación, como el área de Puerto Nuevo, sufren de inundaciones frecuentes y espacios ribereños degradados por proyectos de canalización.

Los espacios verdes de menor tamaño dentro del área de estudio se encuentran en la cobertura verde de las propiedades. Esta variable se incluyó en su cantidad absoluta (*log_lotgreen*), así como en el por ciento de la propiedad que representaba la misma (*log_percentg*). Ambas variables reflejaron resultados significativos dentro del modelo ($P < 0.01$). Al estudiar sus coeficientes se observan resultados con signos diferentes. El área verde absoluta, o *log_lotgreen*, presenta valor positivo y la variable por ciento de área verde, o *log_percentg*, presenta valor negativo. Esto puede reflejar dos fenómenos distintos. La primera variable aumenta el área verde de la propiedad, esto se puede interpretar como un aumento en el tamaño del lote. El porcentaje de área verde se manifiesta dentro de un espacio limitado donde el aumento de esta cobertura compite con otros usos para la propiedad. Ambas variables presentan un efecto en el precio de venta de aproximadamente \$150.00 por cada unidad del cambio.

Las vistas a espacios verdes (*view_verde*) fue otra de las variables incluidas en el modelo. Esta obtuvo una significancia estadística al 10% y reflejó coeficiente de signo positivo. El resultado señala a un aumento en el precio de venta al incrementar en 1% la cantidad de metros cuadrados de vistas verdes alrededor de la propiedad. La magnitud del resultado presentaría un aumento de 10 centavos por cada 204 metros cuadrados, presentando así una relación que refleja la gran abundancia de área verde visible en la cuenca. Estos resultados reflejan una relación positiva entre el precio de venta y las vistas a espacios verdes. Este efecto no es siempre positivo. Resultados en la ciudad de Hong Kong (Jim & Chen, 2009), presentan un efecto

negativo reflejando valores ciudadanos distintos ante la importancia de diferentes amenidades naturales. Mayor categorización del tipo de área verde sería útil para comparar las distintas coberturas así como el impacto de vistas a elementos urbanos (Sander & Polasky, 2009).

Aunque representando componentes de importancia en los servicios de ecosistema que ofrece el área de estudio, las variables de distancias a áreas verdes (*log_green*) y parques (*log_park*) no contaron con significancia estadística. Esta falta de significancia deja como incierta la relación de estos espacios como amenidad para los residentes de la cuenca del río Piedras. Una mayor investigación en este aspecto podría beneficiarse de la ampliación del número de observaciones, así como de la inclusión de un área de estudio mayor, que presente amenidades dentro del área metropolitana de San Juan, como la cercanía a expresos y carreteras de importancia, accesibilidad a espacios comerciales y de recreación, así como a espacios de carácter natural como aquellos en las áreas costeras.

Aplicaciones en la planificación

Los resultados de este estudio presentan el efecto de la distancia a áreas donde se concentran servicios de ecosistemas en el precio de venta de una propiedad de residencial unifamiliar. Aunque implicaciones de carácter socioeconómico y de mejor distribución de estos servicios se encuentran subyacentes dentro de los resultados, éstos son sólo un síntoma del proceso histórico del desarrollo de los espacios urbanos y suburbanos dentro de San Juan y la cuenca del Río Piedras. El desarrollo de estos espacios, como recuenta Sepúlveda (2005), presenta el disloque entre el nuevo mercado de vivienda desarrollándose en Puerto Rico a mediados del siglo XX y el proceso de planificación.

En Río Piedras, se replica el proceso de suburbanización presente en los Estados Unidos. Con ello, un patrón de deterioro de espacios públicos y naturales, junto con un aumento de la importancia de la vivienda y los espacios privados que ésta provee. Para Hannigan (2005), en EE.UU ocurre un cambio en el estilo de vida de la población suburbana causado por las responsabilidades de crecientes nuevas familias, la necesidad del traslado para participar de actividades recreativas, el orgullo de ser dueño de una vivienda y la nueva recreación provista por los nuevos medios de Televisión. Un patrón, como el que se materializó en forma de nuevas urbanizaciones, también pudo tener un efecto en sus nuevos residentes.

El deterioro de espacios naturales y recreativos requiere de políticas de planificación que van más allá de la ordenación del

territorio y la construcción de infraestructura dirigida a conectar a los ciudadanos con los espacios abiertos. Se requiere una redefinición de la relación del ciudadano con estos espacios con apoyo de las autoridades gubernamentales. Este acercamiento implica el contacto con comunidades cercanas a espacios como los corredores ribereños, y otros, para atender las percepciones de éstas sobre su entorno. Políticas de seguridad adaptadas a los espacios de los vecindarios, así como actividades que inviten a los espacios abiertos, son necesarias para garantizar mejor acceso a los servicios de ecosistemas dentro de San Juan.

Ejemplos como el Bosque Urbano de San Patricio, representan una oportunidad ante un área urbana deteriorada que revierte a proveer sus servicios de ecosistemas naturales ampliados por la participación ciudadana. En él, los vecinos cambiaron su percepción del espacio para hacerlo un eje de actividad en la comunidad. Ante espacios de bosques costeros, como el Bosque Estatal de Piñones, empresas comunitarias como la Corporación Piñones se integra para proveer servicios ecoturísticos utilizando los servicios culturales de la infraestructura verde y azul de Piñones. Estos ejemplos pueden dar dirección a las nuevas políticas de provisión de servicios ecosistémicos en la región metropolitana de San Juan.

Conclusión

Este estudio comienza a recoger datos sobre la valoración de los servicios de ecosistemas en un área de alta cobertura urbana en San Juan. Los resultados presentan hallazgos positivos entre el mercado de vivienda y las áreas de ríos y quebradas, áreas verdes en los lotes de las residencias y las vistas a espacios verdes. Subyacentes, en estos resultados, se encuentran implicaciones de carácter socioeconómico. En una cuenca con grandes diferencias de ingresos entre sectores de la población, la distribución de estos servicios se ve limitada por las características físicas de las viviendas así como por las actividades que estén presente en los vecindarios. Este deterioro de los espacios públicos ha conducido al mercado a considerar otras amenidades más allá de los espacios naturales. Espacios como los centros comerciales tienen mayor impacto y son más accesibles a la población de la cuenca. Otra forma de mitigar la pérdida de espacios de calidad ha surgido con la aislación de espacios de recreación dentro de los espacios residenciales con acceso controlado.

Las implicaciones para la política pública van más allá del proveer espacios donde se acceda a servicios ecosistémicos. Se trata

de una desigualdad de acceso ya construida en el entramado urbano. Un primer paso debe generar estrategias que permitan el acceso a los espacios existentes, mejorando las percepciones de los residentes en torno a estos espacios. Las áreas vacantes de espacios verdes en la cuenca deben ser reenfocadas a brindar mayores servicios más allá de los que se presentan en sus funciones naturales. El brindar lugares para el desarrollo de servicios ecosistémicos de tipo cultural, contribuiría de gran manera a la calidad de vida de los residentes.

Agradecimientos

El autor agradece el apoyo del Prof. Aurelio Castro y GMT con el componente espacial de este modelo, así como a Ariam Torres por su asistencia en la actualización del modelo para su publicación.

Referencias

- Acharya, G., & Bennett, L. L. (2001). Valuing Open Space and Land-Use Patterns in Urban Watersheds. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 22, 221–237. <http://doi.org/10.1023/A:1007843514233>
- Anderson, S. T., & West, S. E. (2006). Open space, residential property values, and spatial context. *Regional Science and Urban Economics*, 36(6), 773–789. <http://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2006.03.007>
- Barañano, E. (1956). *Plan regional del Área Metropolitana de San Juan*. San Juan: Junta de Planificación de Puerto Rico.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00013-0](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0)
- Cavailhès, J., Brossard, T., Foltête, J.-C., Hilal, M., Joly, D., Tourneux, F.-P., et al. (2009). GIS-Based Hedonic Pricing of Landscape. *Environmental and Resource Economics*, 44(4), 571–590. <http://doi.org/10.1007/s10640-009-9302-8>
- Cho, S. H., Chen, Z., & Yen, S. T. (2008). Urban Growth Boundary and Housing Prices: The Case of Knox County, Tennessee. *Review of Regional Studies*, 38(1), 29–44.
- Cho, S.-H., Roberts, R. K., & Kim, S. G. (2011). Negative externalities on property values resulting from water impairment: The case of the Pigeon River Watershed. *Ecological Economics*, 70(12), 2390–2399. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.07.021>
- Costanza, R. (2008). Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation*, 141(2), 350–352. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.12.020>
- Daily, G. (2012). *Nature's Services*. Island Press.
- de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions,

- goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Farber, S. C., Costanza, R., & Wilson, M. A. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41(3), 375–392. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00088-5](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00088-5)
- Fisher, B., & Kerry Turner, R. (2008). Ecosystem services: Classification for valuation. *Biological Conservation*, 141(5), 1167–1169. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.02.019>
- García-Montiel, D. C., Verdejo-Ortiz, J. C., Santiago-Bartolomei, R., Vila-Ruiz, C. P., Santiago, L., & Melendez-Ackerman, E. (2014). Food Sources and Accessibility and Waste Disposal Patterns across an Urban Tropical Watershed: Implications for the Flow of Materials and Energy. *Ecology and Society*, 19(1), art37–9. <http://doi.org/10.5751/ES-06118-190137>
- Goheen, P. G. (1998). Public space and the geography of the modern city. *Progress in Human Geography*, 22(4), 479–496. <http://doi.org/10.1191/030913298672729084>
- Gómez-Baggethun, E., & Barton, D. N. (2012). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019>
- 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 changes in postagriculture Puerto Rico. *BioScience*, 53(12), 1159–1168.
- Griliches, Z. (1961). Staff papers 3. Hedonic price indexes for automobiles: An econometric of quality change.
- Hannigan, J. (2005). Fantasy City: Pleasure and Profit in the Postmodern Metropolis, 1–245.
- Jim, C. Y., & Chen, W. Y. (2009). Value of scenic views: Hedonic assessment of private housing in Hong Kong. *Landscape and Urban Planning*, 91(4), 226–234. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.01.009>
- Kadish, J., & Netusil, N. R. (2012). Valuing vegetation in an urban watershed. *Landscape and Urban Planning*, 104(1), 59–65. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.09.004>
- Lugo, A. E., & Helmer, E. (2004). Emerging forests on abandoned land: Puerto Rico's new forests. *Forest Ecology and Management*, 190(2-3), 145–161. <http://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.09.012>
- Lugo, A. E., Ramos González, O. M., & Rodríguez-Pedraza, C. (2011). *The Río Piedras Watershed and its surrounding Environment* (No. FS-980) (pp. 1–52).
- Melendez-Ackerman, E. J., Santiago-Bartolomei, R., Vila-Ruiz, C. P., Santiago, L. E., García-Montiel, D., Verdejo-Ortiz, J. C., et al. (2014). Socioeconomic drivers of yard sustainable practices in a tropical city. *Ecology and Society*, 19(3), art20–12. <http://doi.org/10.5751/ES-06118-190137>

org/10.5751/ES-06563-190320

- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being*. Island Press.
- Mitchell, D. (1995). The end of public space? People's park, definitions of the public, and democracy. *Annals of the Association of American Geographers*. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1995.tb01797.xa>
- Odum, H. T., & Odum, E. P. (2000). The Energetic Basis for Valuation of Ecosystem Services. *Ecosystems*, 3(1), 21–23. <http://doi.org/10.1007/s100210000005>
- Poor, P. J., Pessagno, K. L., & Paul, R. W. (2007). Exploring the hedonic value of ambient water quality: A local watershed-based study. *Ecological Economics*, 60(4), 797–806. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.013>
- Poudyal, N. C., Hodges, D. G., & Merrett, C. D. (2009). A hedonic analysis of the demand for and benefits of urban recreation parks. *Land Use Policy*, 26(4), 975–983. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.11.008>
- Ramos-Santiago, L. E., Villanueva-Cubero, L., Santiago-Acevedo, L. E., & Rodríguez-Melendez, Y. N. (2014). Green area loss in San Juan's inner-ring suburban neighborhoods: a multidisciplinary approach to analyzing green/gray area dynamics. *Ecology and Society*, 19(2), art4–20. <http://doi.org/10.5751/ES-06219-190204>
- Roman, G., Castro, A., & Carreras, E. (2010). Generation of Land Use Maps Required for the Implementation Phase of a Spatial Decision Support System for Puerto Rico, 1–144.
- Sander, H. A., & Polasky, S. (2009). The value of views and open space: Estimates from a hedonic pricing model for Ramsey County, Minnesota, USA. *Land Use Policy*, 26(3), 837–845. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.10.009>
- Santiago, L. E., & Verdejo-Ortiz, J. C. (2014). Uneven access and underuse of ecological amenities in urban parks of the Río Piedras watershed. *Ecology and ...*. <http://doi.org/10.5751/ES-06180-190126>
- Saphores, J.-D., & Li, W. (2012). Estimating the value of urban green areas: A hedonic pricing analysis of the single family housing market in Los Angeles, CA. *Landscape and Urban Planning*, 104(3-4), 373–387. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.012>
- Sepúlveda-Rivera, A. (2005). *Viejos Cañaverales, Casas Nuevas: Muñoz vs. el Síndrome Long*. In H. L. Acevedo (Ed.), *Jesús T. Piñero: El Hombre, El Político, El Gobernador*, San Juan.
- Troy, A., & Grove, J. M. (2008). Property values, parks, and crime: A hedonic analysis in Baltimore, MD. *Landscape and Urban Planning*, 87(3), 233–245. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.06.005>
- Troy, A., Grove, J. M., & O'Neil-Dunne, J. (2012). The relationship between tree canopy and crime rates across an urban–rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*, 106(3),

262–270. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.03.010>

Villamil, J. J. (2005). El valor económico de la infraestructura verde. En *Infraestructura verde y nuestros parques*.

Wallace, K. (2008). Ecosystem services: Multiple classifications or confusion? *Biological Conservation*, 141(2), 353–354. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.12.014>

Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *Biological Conservation*, 139(3-4), 235–246. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.015>