

Implementación de instrumentos normativos a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos (árboles o áreas verdes) en la ciudad de Xalapa, estado de Veracruz, México

Angge Paola Ávila Escalona

Autor

**Universidad de los Llanos
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía y Finanzas
Programa de Economía
Villavicencio, Meta
2018**

Implementación de instrumentos normativos a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos (árboles o áreas verdes) en la ciudad de Xalapa, estado de Veracruz, México

Angge Paola Ávila Escalona

Código: 147003202

Autor

Informe final de pasantía profesional como requisito para optar al título de Economista

Ernesto Leonel Chávez Hernández

Director

**Universidad de los llanos
Facultad de ciencias económicas
Escuela de Economía y Finanzas
Programa de Economía
Villavicencio, Meta**

2018

WILSON FERNANDO SALGADO CIFUENTES

Decano de Facultad de Ciencias Económicas

ERNESTO LEONEL CHÁVEZ HERNÁNDEZ

Director de Programa de Economía

ERNESTO LEONEL CHÁVEZ HERNÁNDEZ

Director de Pasantía Profesional

NOTA DE ACEPTACIÓN

DEDICATORIA

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar otra etapa más en mi vida.
A mis padres y hermanos que con su infinito amor, dedicación y apoyo incondicional han estado
durante todo el proceso de mi crecimiento personal y profesional.
De igual manera, agradezco a mis amigos por su apoyo y aprendizajes compartidos.

Tabla de contenido

Introducción	7
1. Planteamiento del problema	8
2. Justificación	11
3. Objetivos	12
3.1. Objetivo general	12
3.2. Objetivos específicos	12
4. Marco referencial	13
4.1. Marco Teórico	13
4.2. Marco geográfico	16
5. Diseño metodológico	17
6. Resultados y análisis de resultados	21
7. Conclusiones y recomendaciones	27
Referencias Bibliográficas	29

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación de Xalapa, Veracruz en el país de México *Fuente: Composición I*..... 17

Lista de Tablas

<i>Tabla 1.</i> Clase de Localización <i>Fuente: Rivas (2011), p. 49.</i> 18
<i>Tabla 2.</i> Clase de especie (Ce) <i>Fuente: Rivas (2011), p. 47</i> 23
<i>Tabla 3.</i> Clase de Condición (Cc) <i>Fuente: Rivas (2011), p.48</i> 24
<i>Tabla 4.</i> Clase de Localización (Cl) <i>Fuente: Rivas (2011), p. 49</i> 24
<i>Tabla 5.</i> Cálculo de costos <i>Fuente: Elaboración propia</i> 26
<i>Tabla 6.</i> Método de valoración <i>Fuente: Rivas, D. (2011)</i> 27

Introducción

El presente documento tiene como finalidad contribuir a la ciudad de Xalapa, Veracruz-México, con la implementación de un instrumento normativo, a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos, que permita determinar la compensación ambiental del arbolado afectado en la ciudad. Para cumplir con el objetivo del documento se lleva a cabo una revisión de la literatura, además, se plantea y aplica una metodología de valoración económica ambiental. Las principales conclusiones del trabajo están relacionadas con el hecho de que la valoración económica de servicios ecosistémicos es una herramienta rigurosa para obtener información precisa en el proceso de construir un marco normativo de compensación ambiental contra determinados fenómenos que afecten los distintos activos ambientales de la ciudad de Xalapa, Veracruz.

1. Planteamiento del problema

Los servicios ambientales o servicios ecosistémicos son los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas o biomas ponen a disposición de la sociedad de manera natural y, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades; entre otros elementos asociados con lo anterior, destacan los bosques, selvas, desiertos, sabana y Tundra (SEMARNAT, 2003).

En el caso de la ciudad de Xalapa, los servicios ecosistémicos que brinda su territorio se derivan principalmente del arbolado presente en la ciudad. Así, para entender comprender la magnitud y el activo que posee la ciudad, se debe tener en cuenta los servicios ambientales específicos que presta el arbolado: Captura de Carbono; Regulación de la temperatura; Provisión de agua en calidad y cantidad; Generación de oxígeno; Amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; Protección y recuperación de suelos (estabilización de taludes); Barrera contra ruidos (diversos estudios señalan que se logra una disminución del ruido hasta por 10 a 12 decibeles con la plantación estratégica de árboles); Biodiversidad; Paisaje y recreación.

Cuando se hace referencia al arbolado de la ciudad, se menciona que no solo incluye árboles, también arbustos y demás vegetación que se encuentran en los centros de población; estos conforman lo que se denomina bosque urbano, el cual incluye los árboles que crecen en las diversas zonas habitacionales, áreas verdes, parques, calles, camellones y jardines. Por lo que éstos representan un aporte significativo de vegetación al ecosistema urbano, además que contribuyen a mejorar las condiciones climáticas, ambientales, de salud y esteticismo de los centros de población (Gaceta del gobierno, Secretaría de Medio Ambiente, Estado de México, 2017, p. 4).

De lo anterior se infiere que en un escenario contra factual la ausencia de árboles y diversa vegetación en las zonas urbanas, elevaría los niveles de contaminación de manera progresiva, provocando modificaciones en la temperatura y precipitaciones. Por tanto, se requiere tomar medidas para poder mitigar los daños ambientales que impacten considerablemente el arbolado de la ciudad de Xalapa y que, por consiguiente, se pueda obtener una compensación aproximada al valor real del activo.

En estos términos, es importante considerar que los componentes de la estructura urbana se interrelacionan de forma dinámica e interdependiente formando una unidad funcional, donde el espacio juega un papel fundamental al constituirse como la expresión física de la ciudad, además del lugar donde se interrelacionan las diferentes actividades de la población (Schjetnan, 1984; Lynch, 1984).

Ahora bien, con la información anterior acerca de los servicios ecosistémicos urbanos, se determina el problema presentado en la ciudad de Xalapa: el marco normativo tiene vacíos legales y procedimentales para evaluar eventuales pérdidas de activos ambientales, es decir, no se cuenta con métodos estandarizados de evaluación-valoración que permitan establecer magnitudes de compensación de activos ecosistémicos. Así, el presente documento tiene como principal objetivo contribuir a la implementación de instrumentos normativos, a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos (árboles o áreas verdes), dentro del reglamento de conservación ecológica y protección al ambiente para el desarrollo sustentable del municipio de Xalapa, Veracruz.

La sociedad xalapeña está organizada por una variedad de normas, como consecuencia de eso, cada norma que se violente da como consecuencia una sanción, en este caso, compensación y multa, las autoridades ambientales se han basado en métodos de valoración limitados en términos de precisión. El método principalmente usado se basaba en la premisa “1 por 10”, es decir, que por cada árbol talado se donaban 10 árboles. De lo anteriormente señalado es importante mencionar que los reglamentos en los que la Subdirección del Medio Ambiente se basa para poder realizar alguna multa o compensación, solo mencionan un factor mínimo y máximo de multas económicas, de tal manera que se requiere un método más preciso y, asimismo, generar un diseño institucional que actúe de manera legítima ante acciones ilícitas de afectación del arbolado de la ciudad.

Actualmente el cuidado del medio ambiente es fundamental en la agenda pública, de igual manera la importancia de la vida de los árboles, pues no se quiere llegar a una sociedad que no tiene conocimiento de las consecuencias de retirar árboles. Para constatar, el Reglamento de Servicios Municipales de Xalapa establece:

Artículo 200.- Las sanciones por violaciones a los Títulos de Limpia Pública y Medio Ambiente consistirán en: IV. Multa de 2 a 100 días de U.M.A. (Unidad de Medida y Actualización) E) Por cada árbol dañado o derribado sin autorización de la autoridad competente, independientemente de la donación de árboles a que se refiere el presente ordenamiento. (Gobierno Municipal de Xalapa, 2013, p.44)

Como se observa, la generalidad del artículo alienta la controversia para la determinación de un sistema de castigos adecuada o más exacto sobre los daños ocasionados, sin embargo, si se obtiene un método más factible que pueda realizar la compensación de los árboles o áreas verdes, no solo se está realizando una compensación adecuada, sino que se está otorgando un valor propicio al árbol.

De ésta manera se plantea que la compensación por pérdida de servicios ambientales se obtenga a través de un método económico, siendo ésta de relevancia para aplicar el marco legal vigente en materia ambiental: multas a personas naturales, multas a personas jurídicas, políticas públicas de recuperación de activos estratégicos ambientales, normas de cumplimiento al gobierno local, etc.

2. Justificación

Los servicios ecosistémicos urbanos cumplen funciones estratégicas dentro de un determinado territorio, además son vitales para mantener un equilibrio y sostenibilidad de áreas sensibles a la intervención humana. Por consiguiente es importante poder plantear una metodología que ayude a la sostenibilidad del arbolado de la ciudad de Xalapa, siendo a través de una compensación económica cuando se incurre en afectación del arbolado.

Respecto a la comunidad universitaria este trabajo tiene como función dar la oportunidad a futuros estudiantes que busquen una experiencia profesional en el ámbito internacional, de esta manera para que sean partícipes de las convocatorias y pueda acceder a ellas, así mismo desarrollar sus prácticas de campo. La experiencia que se va a adquirir al realizar una pasantía en este caso internacional, generará en los estudiantes expectativas para opciones futuras de grado, además la facultad de economía y el programa de economía podrán ser testigos del trabajo realizado y de la aplicación de conocimientos a nivel profesional en un país diferente.

Como estudiante de la Universidad de los Llanos esta pasantía internacional me proporcionará la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos para mi formación académica y profesional economista, mejorar mis capacidades, además poder contribuir con nuevas alternativas y metodologías que me permitan llegar a una solución que cualquier problema; de esta manera poder regresar a mi país de origen, y poder aportar con el conocimiento adquirido.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Contribuir a la implementación de instrumentos normativos a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos (árboles o áreas verdes) al reglamento de conservación ecológica y protección al ambiente para el desarrollo sustentable del municipio de Xalapa, Veracruz.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar la metodología para realizar la Valoración Económica de Servicios Ecosistémicos Urbanos (árboles o áreas verdes) en el municipio de Xalapa, Veracruz.
- Proponer mediante la metodología elegida y estudiada la compensación ambiental para árboles o áreas verdes a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos.
- Generar impacto en los habitantes de Xalapa que ocasionan retiro de arbolado en el municipio.

4. Marco referencial

4.1. Marco Teórico

Los activos ambientales y naturales cumplen funciones estratégicas dentro de un determinado territorio; son vitales para el equilibrio eco sistémico, la sostenibilidad de áreas sensibles a la intervención humana y la misma sostenibilidad del hombre. La pérdida de activos ambientales y naturales puede tener graves efectos sobre la forma en que el hombre se desenvuelve en el medio.

En el caso de los cascos urbanos, por ejemplo, la inexistencia de zonas verdes arborizadas o zonas verdes comunes puede llegar a tener efectos negativos y considerables sobre la cotidianidad de las personas, su salud y su bienestar en general. Por éstas razones, es importante identificar el valor que poseen los activos ambientales ya sea para reforzar los métodos de conservación, considerar su reemplazo o tratar de recuperarlos en caso de pérdida.

Es importante entonces conocer los conceptos claves y los enfoques de valoración económica y su utilidad implícita. En primer lugar, es preponderante hacer una distinción entre un bien y un servicio ambiental, con mayor razón si estos son funcionales dentro de un área urbana. Los bienes ambientales son definidos como “los recursos tangibles que son utilizados por el ser humano como insumos en la producción o en el consumo final, y que se gastan y transforman en el proceso” (Carbal, 2009, p.79).

Ahora bien, según Carbal (2009) los servicios ambientales:

(...) tienen como principal característica que no se gastan y no se transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor, por ejemplo, el paisaje que ofrece un ecosistema. Son las funciones ecosistémicas que utiliza el hombre y al que le generan beneficios económicos. (p.79).

Por tanto, los bienes ambientales hacen parte de una función de producción y los servicios ambientales hacen parte directamente de la función de consumo de los individuos. Por ejemplo, un parque con características campestres es un activo público o privado que presta un servicio a una determinada comunidad, el servicio puede ser recreativo o de mejora de la calidad del aire si

éste presenta una arborización considerable. En dicho sentido es importante definir las 12 funciones de un bien o servicio ambiental, en el caso que ocupa al presente documento, los árboles y áreas verdes presentan una funcionalidad especial al ser activos que prestan servicios que se demandan zonas densamente pobladas.

Definir la funcionalidad de los activos ambientales es importante también en el sentido que permite reconocer con qué métodos de valoración se puede abordar la medición económica del mismo. Por ejemplo, las zonas de arborización pueden ser valoradas en mayor o menor medida, con uno u otro método debido en parte a que para ciertos individuos los árboles pueden cumplir funciones de: mejora del aire, provisión de oxígeno, provisión de agua, recuperación de suelos, protección de la biodiversidad entre otros (Reyes & Gutiérrez, 2010).

De lo anterior se deriva que la valoración económica permite tener:

(...) un indicador monetario que posibilite determinar el valor de una alteración desfavorable en el medio natural, provocada por acción o actividad económica. El beneficio que le aporta a la sociedad esta valoración es alcanzar un mejor manejo y utilización de los recursos, logrando la conservación del medio ambiente y cumpliendo con un objetivo importante para garantizar un desarrollo sostenible. (Múnera & Correa, 2004, p.161)

En este punto el activo ambiental alcanza un valor implícito alto o bajo según su nivel de escases y su nivel de importancia reconocida por quienes son receptores de sus beneficios, los cuales pueden ser netamente económicos o de calidad de vida. A partir de lo anterior la valoración económica debe definir los beneficios que se dejan de percibir cuando el activo ambiental es impactado o intervenido, de esta forma la valoración se direcciona en dos sentidos: a. identificar y medir los impactos del individuo sobre el activo ambiental y; b. asignar valores económicos a los impactos que han generado externalidades negativas sobre un individuo o comunidad (Aguiar & Álvarez, 2002).

La valoración económica ambiental consigue brindar variadas herramientas para obtener un resultado según las necesidades del valorador, Cerda (2009) considera diversas herramientas de valoración económica:

Según el hábitat: costo de oportunidad, costo de reemplazo, valor de la tierra, valoración contingente; Según Calidad del aire y del agua: efectividad gasto de prevención, gastos preventivos, costos de reemplazo-reubicación-restauración; Según efectos en salud: pérdida de ingresos, costos médicos, prevención, capital humano; Según servicios de recreación: Costo del viaje, valoración contingente; Según activos estéticos, biodiversidad, culturales e históricos: Valoración contingente. (p.18)

Estas herramientas metodológicas se aproximan al valor de los activos ambientales permitiendo que se puedan valorar asimismo posibles medidas para mejorar, aprovechar, restaurar, conservar o reemplazar un activo ambiental. En el caso de las zonas urbanas el método de precios hedónicos resulta conveniente para estimar valores capturando la dinámica de la expansión urbana y las implicaciones de ésta tanto para individuos como para los activos ambientales (Pabón y Burbano, 2017). Es decir, puede capturar la funcionalidad de los activos ambientales según la percepción de los ciudadanos, cuestión que fue abordada inicialmente. Bien puede servir entonces un método como el de costo de reemplazo o precios hedónicos para determinar el valor económico de árboles y zonas verdes en centro urbanos, con el fin de estimar las multas, indemnizaciones y el valor de las pérdidas que servirán para incentivar un mejor uso de los activos o, desincentivar los impactos negativos sobre los mismos; todo esto a través de un esquema legal o normativo.

Desde otra perspectiva, en décadas recientes la teoría microeconómica ha venido incorporando categorías de análisis que se encontraban históricamente relegadas por la doctrina ortodoxa. Una de estas categorías de análisis es el estudio de las externalidades y los impuestos pigouvianos. En éste sentido, la valoración económica ambiental es el punto de partida y aproximación sobre el cálculo de la magnitud de las externalidades negativas que pueden llegar a generar los agentes (UBA, 2012).

De lo anterior se desprenden dos elementos: el primero, la valoración económica de externalidades negativas sobre activos ambientales puede ser un insumo de vital importancia para el diseño de impuestos pigouvianos que busquen compensar las externalidades mismas (Bruvold, 2013); el segundo, con la configuración de un marco metodológico robusto para el diseño de mejores políticas públicas ambientales. Sobre éste aspecto, las mejores políticas públicas para medio ambiente se basan en la evidencia y en métodos de valoración económica

que permitan aproximaciones reales sobre problemas ambientales (Hidano, 2002; Fraser, Smith & Zanni, 2002; Ascher & Steelman, 2006).

4.2. Marco geográfico

Xalapa o **Jalapa** (en náhuatl: *Xallapan*, 'manantial en la arena') oficialmente denominada **Xalapa-Enríquez**, es una ciudad mexicana, cabecera del municipio homónimo y capital del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Fue denominada como la «Ciudad de las flores», por el naturalista y explorador Alexander von Humboldt durante su visita a la ciudad en 1804.

La ciudad, se encuentra ubicada al centro del estado y aproximadamente 350 kilómetros al este de la Ciudad de México, colinda al norte con Banderilla, Jilotepec y Naolinco, al sur con Coatepec, al oeste con Tlalnahuayocan y al este con Actopan y Emiliano Zapata. Sus 124.38 km² de extensión representan el 0.17% del territorio veracruzano. Se encuentra a una altitud de 1420 metros sobre el nivel del mar. En 2010, registró un índice de desarrollo humano de 0.817. De acuerdo con los Censos Económicos de 2014, las principales actividades económicas del municipio y de la zona metropolitana son las relacionadas con los servicios privados no financieros.

Según cifras del último Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010, por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Xalapa-Enríquez cuenta con una población de 424 755 habitantes. Además, Xalapa cuenta la rectoría de la Universidad Veracruzana, universidad representativa del Estado en educación superior.

Respecto a la vegetación que presenta Xalapa, de acuerdo al tipo de clima, se caracteriza por tener entre su vegetación el bosque mesófilo de montaña, en el cual se puede encontrar árboles con una altura que va de los 15 a los 35 metros de alto; generalmente es un bosque denso, los troncos de los árboles pueden alcanzar los 2 metros de diámetro y pueden ser tanto perennifolios como caducifolios (perdiendo sus hojas en los meses fríos del año), de tal forma que el bosque nunca está carente de verdor. Este tipo de bosque se desarrolla en una altitud alrededor de los 500 y hasta los 2,000 metros sobre el nivel del mar, y mantienen una temperatura media anual que puede variar entre 12 y 23 °C. Debido a estas características, a menudo este bosque se encuentra en fragmentos con condiciones microclimáticas muy específicas. Dentro de las

especies más representativas de su vegetación está el Liquidámbar (*Liquidámbar styraciflua*). Géneros vegetativos predominantes: Inga, Quercus, Juglans, Ficus, Fagus, Cornus, Clethra, Carpinus y Ulmus; Árboles frutales: Durazno, Limonero, Naranja, Berenjena, Guayaba, Plátano, Níspero, Chirimoya; Especies alimenticias: Maíz, Hortaliza, Frijol, Calabaza, Chayote; Plantas de Ornato: Rosas, Camelias, Azahares, Gardenias, Tulipanes, Plantas medicinales: Manzanilla, Ruda, Higuera, Sauco, Gordolobo, Yerbabuena y la famosa Raíz de Xalapa. Es importante mencionar que mucha de la vegetación primaria de Xalapa ha sido modificada y se ha transformado en sistemas agroforestales como lo es el café que se entremezcla principalmente con aéreas de encinares (Edward Allan Ellis, 2010).



*Figura 1. Ubicación de Xalapa, Veracruz en el país de México
Fuente: Composición1*

5. Diseño metodológico

A. Valoración económica de árboles y áreas verdes en zona urbana de Xalapa

Para definir el valor monetario de compensación de un activo natural, como lo son los árboles y zonas verdes, se requiere identificar una metodología que implique restaurar o reemplazar el activo ambiental, esto en caso de que el activo sea dañado o se pretenda ocupar el espacio del mismo para otros fines. De manera que se utiliza un método de valoración económica

distinto para cada activo ambiental, a continuación se esbozan los métodos escogidos para árboles urbanos y zonas verdes.

B. Valoración Económica de un árbol urbano

En el caso de los árboles urbanos se estimará el costo del mismo, específicamente el costo de reemplazo. Se elige la estimación de costo de reemplazo debido a que este permite en últimas realizar una aproximación más precisa de la indemnización por daños. La metodología se desglosa siguiendo el planteamiento de Rivas (2011):

$$Vf = Vb \times Ce \times Cc \times Ci \quad (1)$$

Donde Vf es el valor final del árbol; Vb es el valor base. Ce es clase de especie, la cual se categoriza según calidad y se asignan valores: Excelente (1), bueno (0.8), medio (0.6), bajo (0.3) y pobre (0.1). Cc clase de condición, que principalmente clasifica calidad de la salud y estructura del árbol en rangos, así: Excelente (0.9-1), buena (0.7-0.9), media (0.3-0.7), pobre (0.1-0.3) y moribundo o muerto (0.0-0.1). En el siguiente cuadro se describe la variable Ci.

N°	Sitio	Clase	Valor
1	Árbol histórico o patrimonial	100	0.9-1.0
2	Árbol arquitectónico o residencial	80-90	0.8-0.9
3	Áreas públicas	70-80	0.7-0.8
4	Parques y áreas recreativas	60-70	0.6-0.8
5	Campos de golf	50-60	0.6-0.8
6	Calles, camellones y avenidas	40-50	0.6-0.8
7	Pantalla ambiental	30-40	0.6-0.8
8	Área industrial	20-30	0.5-0.7
9	Autopistas	10-20	0.4-0.6
10	Áreas rurales	0-10	0.2-0.4

Tabla 1. Clase de Localización
Fuente: Rivas (2011), p. 49.

A continuación se desglosan la variable Vb de la fórmula (1). En primer lugar se debe calcular el Valor Base (Vb):

$$Vb = ATT \times CUA + CAI \quad (1.1)$$

Donde ATT es el área del tronco a tasar; CUA es el costo unitario del arbolito y; CAI costo del árbol instalado. Ahora bien el ATT se calcula:

$$ATT = AT \text{ o } ATA - At \quad (1.1.1)$$

Esto es, AT el área del tronco ($D < 75$ cm); ATA es el área del tronco ajustada ($D > 75$ cm y; At es el área del tallo del arbolito a instalar. Por otra parte el CUA se define así:

$$CUA = \frac{Cu}{At} \quad (1.1.2)$$

Cu es el costo promedio de un ejemplar de vivero que está disponible en la región y At es el área de la sección transversal del tallo del arbolito en Cm^2 . Finalmente el CAI incluye costos de instalación (transporte, mano de obra, mantenimiento, etc.) y costo del árbol tomado de vivero (Ibíd.). Finalmente con la siguiente fórmula estima el valor de la indemnización por reemplazo:

$$I = Vf \times \text{Daño al tronco} + Pr \quad (2)$$

I es el valor de indemnización a estimar; Vf es el valor final que se calcula en (1); Daño al tronco es el porcentaje de perímetro afectado y; Pr es el programa especial de recuperación del árbol (Rivas, 2011). Con el valor de indemnización estimado se puede conocer el valor aproximado de la multa dado que la fórmula de indemnización tiene en cuenta el valor de los componentes del árbol, el daño que se le cause al mismo y los gastos de mantenimiento de dicho activo.

C. Valoración económica de una zona verde

Con el fin de aproximarse a un valor de indemnización o multa por pérdida de áreas verdes (parques, sitios de recreación, humedales, potreros arborizados, áreas comunes, etc.) se plantean dos métodos como posible aproximación al valor económico, el primero para áreas arborizadas y el segundo para otro tipo de áreas verdes.

Para las áreas verdes arborizadas se tiene en cuenta la variable principal de la fórmula (2) de indemnización, a la cual se agrega una variable que tiene en cuenta el área verde arborizada, así:

$$IAVa = \sum_i I * AVa \text{ m}^2 \quad (3)$$

Es decir, la indemnización del área *IAVA* es igual a la suma de las indemnizaciones por especies de árbol ($\sum_i I$) multiplicado por el área de la zona arborizada en metros cuadrados $AVam^2$. De esta forma se tiene en cuenta tanto la indemnización por cada árbol, su suma y el espacio afectado, perdido o reemplazado.

El segundo planteamiento se basa en el modelo de precios hedónicos, siguiendo el uso frecuente variables de Romero & Vargas (2015), Zorrilla (2012), & Penagos (2002). Estos autores estiman modelos econométricos: logit, máxima verosimilitud, lineales y log-lineales, con el fin de estimar la disposición a pagar de un ciudadano para obtener diferentes atributos de una vivienda, uno de ellos el atributo ambiental de las zonas verdes. La función hedónica se describe así:

$$Vv_i = Vv_i(Q, R, S) \quad (4)$$

Donde Vv_i es el precio de mercado de la vivienda; Q es el vector de las características estructurales del inmueble; R es el vector de atributos ambientales del entorno y; N es el vector de características del vecindario. Para obtener la estimación se obtiene la siguiente ecuación lineal:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Nc + \beta_2 Dt + \beta_3 Dj + \beta_3 Dg + \beta_4 Nb + \beta_5 Zh + \beta_6 dm + \beta_7 dT + Dcc + u \quad (5)$$

Fuente: Elaboración propia con base en las variables utilizadas por Romero & Vargas (2015), Zorrilla (2012), & Penagos (2002)

Y es el valor de la vivienda en el mercado; Nc es el número de cuartos de la vivienda; Dt Dummy de terraza; Dj es una Dummy de jardín; Dg es una Dummy de garaje; Nb es el número de baños; Zh es zonas verdes por habitante de un barrio, localidad o colonia; dm es distancia metros de la vivienda a una zona verde; dT es la distancia en tiempo a pie de la vivienda a una zona verde y; Dcc es una Dummy de presencia de centro comercial cerca.

El modelo es lineal debido a que se quiere conocer el efecto nominal sobre la variable dependiente, es decir, para conocer el efecto en valor monetario, lo cual permitiría conocer el valor promedio con el cual se puede indemnizar a los propietarios que pierdan un activo ambiental estratégico como lo es una zona verde; o en determinado caso multar por deterioro o reemplazo de un área verde sin permiso. Los betas en negrita son los coeficientes de interés.

Es válido aclarar que el modelo y sus variables pueden ser sustituibles por mediciones más robustas y según la disponibilidad de datos para cada una de las variables. Asimismo, las variables que miden el impacto de las zonas verdes sobre el valor de la vivienda pueden ser sustituidas por otras medidas más precisas.

6. Resultados y análisis de resultados

La implementación del instrumento normativo a través de la valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos en el municipio de Xalapa, capital del Estado de Veracruz; no fue desarrollada en su totalidad; considerando que se contaba con una de las metodologías más adecuadas para multas a infractores y compensaciones de solicitantes de proyectos que implicaban retiro de ejemplares arbóreos; debido al largo proceso de modificación del reglamento de Conservación Ecológica y Proyección al ambiente para el desarrollo sustentable del municipio de Xalapa, Ver.; el cual sigue en modificación. Sin embargo, se diseñó formatos concretos de cálculo y costos finales de multas y compensaciones para ciudadanos infractores y solicitantes de retiros de ejemplares, los cuales sustenta la metodología de la compensación económica por retiro de arbolado en la ciudad. A continuación, se muestra el diseño de forma a adoptar.

A continuación,

Formato 1.

Valoración Económica de Servicios Ecosistémicos Urbanos

Solicitante/infractor _____

Nombre común (*nombre científico del árbol*)

Caso: Retiro de árbol ----, ubicado en el domicilio -----; ****explicación de la condición del árbol y causas del retiro****

Teniendo en cuenta lo anterior, se determina una compensación económica por el árbol, dado que se considera ----- (nativo, cultural, histórico, científico, etc.). La valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos (árboles o áreas verdes) se llevará a cabo con base en el método del Dr. Daniel Rivas, siendo sus variables las más acertadas para

la compensación; cabe aclarar que dicha compensación no abarca variables completas, razón por la cual son tomadas como supuesto.

Compensación Económica

Valoración Económica de árboles Urbanos, Dr. Daniel Rivas Torres, Arborista Certificado ISA, Medellín, Colombia.

Para el arbolado urbano, se estima el costo de reemplazo, ya que este permite realizar una aproximación más precisa de la compensación por daños. La metodología se desglosa siguiendo el planteamiento de Rivas (2011):

$$Vf = Vb * Ce * Cc * Cl + \text{remoción y limpieza} \quad (1)$$

Donde:

- **Vf** es el valor final del árbol
- **Vb** es el valor base
- **Ce** es clase de especie, la cual se categoriza según calidad y se asignan valores: Excelente (1), medio (0.7), y pobre (0.2) (*Cuadro 1*).
- **Cc** es la clase de condición, que principalmente clasifica calidad de la salud y estructura del árbol en rangos, así: Excelente (0.9-1), media (0.3-0.7), pobre (0.1-0.3) y moribundo o muerto (0.0-0.1) (*Cuadro 2*).
- **Cl** es la clase de localización. Contribución: Estética y funcional (Purificación aire (f), Propiedades alergénicas, flores, frutos, hojas, brotes, permanencia, absorción tierra y polvo, control erosión, protector luz y destellos, atenuación ruido, barrera de seguridad (F)). Valor histórico, especie rara, estructura única. Pantalla visual, hábitat silvestre (*Cuadro 3*).

Cuadro 1. Clase de especie (Ce)

Característica		Excelente	Medio	Pobre
<i>Rango</i>		1.0-0.7	0.7-0.3	0.3-0
Clase de especie		100	70	20
Valor para usar en la fórmula		1	0.7	0.2
1	Resistencia plagas y enfermedades			
2	Longevidad (excelente>50 años)			
3	Valor estético			
4	Resistencia estructural, resistencias heladas.			
5	Valor ecológico: protección agua, clima, suelo, fauna, flora.			
6	Valor ambiental: amortiguación, ruido, luz, polvo, contaminación, malos olores, vistas desagradables.			
7	Adaptación suelos (salinos, pesados, someros, pobres)			
8	Otros			
SUBTOTAL				
Puntuación (media ítems considerados)				

Tabla 2. Clase de especie (Ce)

Fuente: **Rivas (2011), p. 47**

Permite evaluar el potencial de la especie para proporcionar beneficios ambientales, ecológicos y sociales en un ambiente urbano.

Cuadro 2. Clase de condición (Cc)

Evalúa: Estructura y Salud

Condición	Descripción	Clase de condición	Valor
Excelente	-Especímen perfecto. Excelente forma y vigor para la especie. -Sin problemas de plagas, enfermedades o daños mecánicos. -Sin desmoches. -No requiere trabajo correctivo. -Esperanza mínima de vida de 30 años.	100	1 Rango 1.0-0.9
Media	-Condición promedia de vigor para el área. -Presencia de desmoches aunque no en todo el árbol. -Puede ser necesario algún trabajo correctivo de poda o reparación. -Puede carecer de las características de forma deseables para la especie. -Puede mostrar problemas menores de insectos, enfermedades o fisiológicos.	60 o 40	0.6 o 0.4 Rango 0.7-0.3
Pobre	- Estudio general de declinación. -Puede mostrar severos daños mecánicos, insectos o enfermedades, pero la muerte no es inminente.	20	0.2 Rango 0.3-0.1

	-Desmoches en la estructura principal del árbol. -Puede requerir reparación mayor o renovación. -Esperanza mínima de vida de 5 años.		
Muerto o moribundo	-Muerto o muerte inminente en 5 años.	0	0.0 Rango 0.1-0.0

Tabla 3. Clase de Condición (Cc)

Fuente: **Rivas (2011), p.48**

Cuadro 3. Clase de localización (Cl)

No.	Sitio	Clase	Valor
1	Especie o árbol histórico, cultural	100	0.9-1.0
2	Árbol arquitectónico o residencial	80-90	0.8-0.9
3	Áreas públicas, instituciones, estacionamientos	70-80	0.7-0.8
4	Arboreum, parques, áreas recreativas, campos de golf, calles, camellones y avenidas, pantalla ambiental	60-80	0.6-0.8
5	Área industrial	50-70	0.5-0.7
6	Autopistas	40-60	0.4-0.6
7	Áreas rurales	20-40	0.2-0.4

Tabla 4. Clase de Localización (Cl)

Fuente: **Rivas (2011), p. 49**

A continuación, se desglosa la metodología para la obtención de la variable V_b presente en la ecuación (1).

$$V_b = ATT * CUA + CAI \quad (1.1)$$

Donde:

- **ATT** es el área del tronco a tasar
- **CUA** es el costo unitario del arbolito
- **CAI** costo del árbol instalado; incluye costos de instalación (transporte, mano de obra, mantenimiento, etc.) y costo del árbol tomado de vivero.

A su vez, ATT se obtiene de la siguiente manera

$$ATT = AT \text{ o } ATA - At \quad (1.1.1)$$

Esto es:

- **AT** es el área del tronco ($D < 75$ cm)
- **ATA** es el área del tronco ajustada ($D > 75$ cm)

- **At** es el área del tallo del arbolito a instalar. (Si $D < 75$ cm, At se calcula como $At = 0.7854 * d^2$.
Si $D > 75$ cm, At se calcula como $At = 0.7854 * d^2$.)

Por otra parte, CUA se define:

$$CUA = \frac{CU}{At} \quad (1.1.2)$$

Donde

- **Cu** es el costo promedio de un ejemplar de vivero que está disponible en la región
- **At** es el área de la sección transversal del tallo del arbolito en cm^2 .

Una vez calculados los datos anteriores, se pueden sustituir en la ecuación siguiente para obtener el monto de la compensación por el remplazo del árbol, este monto considera el valor de los componentes del árbol, el daño que se le causó y los gastos de mantenimiento.

$$C = Vf * Daño\ al\ tronco + Pr \quad (2)$$

Siendo:

- **C** el valor de compensación a estimar
- **Vf** el valor final del árbol
- **Daño al tronco** es el porcentaje de perímetro afectado
- **Pr** es el programa especial de recuperación del árbol (Rivas, 2011).

Formato 2.

Costo de compensación del ejemplar nombre del árbol (*nombre científico*)

Solicitante:/Infractor:

Ubicación del árbol:

Solicitud de retiro:

El árbol tiene ----- cm de perímetro o circunferencia del tronco, altura aproximada de --- m y diámetro de --- cm.

Cálculo de costos	
<i>Costo de remplazo</i> (El precio de un ejemplar de vivero de la misma especie con altura de --- m y --- cm de diámetro)	\$
<i>Costo de instalación</i>	\$
<i>Costo del árbol instalado</i>	\$

Tabla 5. Cálculo de costos
Fuente: **Elaboración propia**

Costo unitario (CUA)

Como el diámetro del árbol es menor/ mayor a 75 cm, se calcula A_t de la siguiente manera:

$$A_t = 0.7854 * d^2 = \text{cm}^2$$
$$A_t = = \text{cm}^2$$

Por lo tanto:

$$CUA = \frac{\$}{\text{cm}^2} = \frac{\$}{\text{cm}^2}$$

$$ATT = \text{cm}^2 - \text{cm}^2 = \text{cm}^2$$

Cálculo del valor base (Vb)

$$Vb = \text{cm}^2 * \frac{\$}{\text{cm}^2} + \$ = \$$$

Valor final del árbol (Vf)

Los coeficientes de especie, condición y localización se encuentran en los cuadros 1, 2 y 3, para este árbol, los valores son:

Ce:

Cc:

Cl:

$$Vf = \$ * Ce * Cc * Cl + \$ = \$$$

Costo de compensación (C)

$$C = \$ * \% + \$0.00 = \$$$

COMPENSACIÓN

Para el caso del árbol nombre del árbol (*nombre científico*) que fue retirado por *explicar causas*, y después de la valoración económica, se obtuvo que el valor final del árbol es de \$ _____, y la compensación que el solicitante/infractor, deberá pagar es de:

\$ _____

No.	Árbol			Vivero				Costo instalación	Costo instalado	Costo remoción & limpieza	Área Tronco	Área/Tasa r	Costo base árbol	Clase de especie	Clase de condición	Clase de localización	Valor final	Indemnización
	Especie	Perímetro/circunferencia	D	Costo replazo	D	Área a tallo	Costo unitario (CU)	CIN	CAI	CR&L	AT	ATT	Vb	Ce	Cc	Cl	Vf	Valor a pagar
	Nombre científico	cm	cm	\$	cm	cm ²	\$/cm ²	\$	\$	\$	cm ²	cm ²	\$	%	%	%	\$	\$
1 Ejemplo	<i>Pinus patula</i>	125,7	40,0	2.000,0	5,0	19,6	101,9	3.500,0	5.500,0	3.000,0	1.255,9	1.236,3	131.426,7	0,7	0,2	0,6	14.039,8	7.019,92

Tabla 6. Método de valoración
Fuente: Rivas, D. (2011)

7. Conclusiones y recomendaciones

La conservación ecológica y proyección al ambiente para el desarrollo sustentable del municipio de Xalapa, Veracruz, dispone de observancia general, orden público e interés social, por esa razón luchan por mantener el equilibrio de la arborización de la ciudad, ya sea reforestando o llevando control de retiros de ejemplares arbóreos en áreas privadas y públicas.

La compensación económica por afectación a arbolado de la ciudad, es considerada de suma importancia para generar impacto en los ciudadanos Xalapeños que retiran ejemplares arbóreos para llevar a cabo proyectos ya sea de tipo comercial o familiar, donde en muchas ocasiones no

es necesario talar los árboles, entonces, para preservar el arbolado urbano es obligación reforestar los individuos arbóreos afectados en diferentes zonas de la ciudad para mantener un equilibrio ambiental.

Para llevar a cabo la compensación económica en su totalidad por tala de individuos arbóreos de la ciudad de Xalapa, se recomienda contar con más participación por parte de los ciudadanos denunciando a infractores y con solicitudes previas de proyectos que implican retiro de ejemplares arbóreos en la ciudad; más inspecciones a zonas arborizadas y actualización de planos cartográficos ambientales de los cuales depende todo tipo de estudios ambientales y territoriales. Además, implementar la metodología correspondiente que, a su vez, cuenta con variables posibles en una valoración económica de servicios ecosistémicos urbanos (árboles); hacer la debida compensación y reforestación para dinamizar la afectación ambiental en la ciudad.

Referencias Bibliográficas

- Edward Allan Ellis, M. M. (2010). Vegetación y Uso del Suelo. Recuperado el 26 de febrero de 2018. En: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/9654/1/08VEGETACION.pdf>
- Gaceta del gobierno (2017). Secretaría de Medio Ambiente. PROYECTO DE NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA-018-SEMAGEM-RS-2017. Recuperado el 2 de marzo. En:
<https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2017/jul201.pdf>
- Cerda, A., (2009). Valoración Económica del Ambiente. Pág. 18. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En: <https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/35988/ivaloracioncepal2009.pdf>
- Gutiérrez, J., y Reyes, I., (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. Pág. 98. . Recuperado el 1 de marzo de 2018. En: <http://www.redalyc.org/pdf/401/40113202009.pdf>
- Carbal, A., (2009). La valoración económica de bienes y servicios ambientales como herramienta estratégica para la conservación y uso sostenible de los ecosistemas: “Caso Ciénaga La Caimanera, Coveñas - Sucre, Colombia”. Pág. 79. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En: <http://www.unilibre.edu.co/CriterioLibre/images/revistas/10/CriterioLibre10art03.pdf>
- Aguiar, H., y Álvarez, R., (2002). Valoración económica de bienes ambientales. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En:
<http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1358/1385>
- Pabón, M., y Burbano, C., (2017). Valoración económica ambiental de la vivienda en relación con el pm10 y ruido en la ciudad de Bogotá, aplicando la metodología de precios hedónicos.
Pág. 10-12. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En:
<http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9264/PabonMaria2017.pdf?sequence=1>
- Correa, F., y Múnera, J., (2004). Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación. Pág. 161. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En:
<http://www.redalyc.org/pdf/1650/165013657006.pdf>
- Penagos, A., (2002). ¿Están los bogotanos interesados en vivir cerca de un parque urbano? Pág. 99-101. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En:
http://revistas.univalle.edu.co/index.php/sociedad_y_economia/article/download/.../6154/
- Zorrilla, A., (2012). Aplicación de la metodología de precios hedónicos para la valoración ambiental de las áreas verdes urbanas en la ciudad de Bogotá. Pág. 49-59. Recuperado el 3 de marzo de 2018. En:

- <http://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/690/Aplicacion%20de%20la%20metodologia%20de%20precios%20hedonicos%20para%20la%20valoracion%20ambiental%20de%20las%20areas%20verdes%20urbanas%20en%20la%20ciudad%20de%20Bogota.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivas, D., (2011). Valoración Económica de Árboles Urbanos. Pág. 41-49. Recuperado el 2 de marzo de 2018. En: http://www.rivasdaniel.com/pdf/Valoracion_Arboles.pdf
- Romero, J., y Vargas, J., (2015). Valoración ambiental de las zonas verdes de una urbanización en Bogotá, Colombia, con el método de precios hedónicos. Pág. 21-26. Recuperado el 2 de marzo de 2018. En: <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v19n39/v19n39a02.pdf>
- UBA, (2012). Economic Valuation of Environmental Damage – Methodological Convention 2.0 for Estimates of Environmental Costs. Pág. 21. Recuperado el 4 de marzo de 2018. En: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/methodological_convention_2_0_for_estimates_of_environmental_costs_annex_a.pdf
- Bruvoll, A., (2013). The Misinterpretation of Pigouvian Taxes. Recuperado el 20 de marzo de 2018. En: https://vista-analyse.no/site/assets/files/5773/2013_the_misinterpretation_of_pigouvian_taxes_1.pdf
- Hidano, N., (2002). The Economic Valuation of the Environment and Public Policy: A Hedonic Approach. Recuperado el 15 de marzo de 2018. En: <https://www.e-elgar.com/shop/eep/preview/book/isbn/9781843767152/>
- Fraser, I., Smith, L., & Zanni, A., (2002). Environmental Valuation: Theory, Techniques and Application. Recuperado el 8 de marzo de 2018. En: <https://www.soas.ac.uk/cedep/online-programmes/modules/file60544.pdf>
- Ascher, W., & Steelman, T., (2006). Valuation in the environmental policy process. Recuperado el 8 de marzo de 2018. En: https://sciencepolicy.colorado.edu/students/envs_5000/ascher_and_steelman_2006.pdf
- Gobierno Municipal de Xalapa, (2013). REGLAMENTO DE SERVICIOS MUNICIPALES DE XALAPA: Capítulo II De las Infracciones y Sanciones. Pág. 44. Recuperado el 2 de marzo de 2018. En: <http://xalapa.gob.mx/wp-content/uploads/2013/08/servmun.pdf>
- SEMARNAT, (2003). NORMA Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003. Recuperado el 1 de marzo de 2018. En: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO337.pdf>
- Schjetnan, M., (1984). Principios de diseño ambiental-urbano. Recuperado el 25 de marzo de 2018. En: https://books.google.com.co/books/about/Principios_de_dise%C3%B1o_urbano_ambiental.html?id=1JQIPAAACAAJ&redir_esc=y

Lynch, K., (1984). Good City Form. Recuperado el 20 de marzo de 2018. En:
<https://mitpress.mit.edu/books/good-city-form>