



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
CONTEXTOS URBANOS

Valoración socio-económica de servicios ecosistémicos de provisión de agua y belleza
escénica del pedregal de San Ángel

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
MONSERRAT MOYSÉN CARBAJAL

Tutor principal
Dra. Lucía Oralia Almeida Leñero
Facultad de ciencias

Miembros del comité tutor
Dr. Daniel Alfredo Revollo Fernández
UAM
Dr. Luis Zambrano González
Instituto de biología
Ciudad Universitaria, Cd. Mx. Enero2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CEP/PCS/384/17
Asunto: Asignación de Jurado

Lic. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su vigésimo novena sesión del 10 de octubre del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **MOYSÉN CARBAJAL MONSERRAT** con número de cuenta **305588315** con la tesis titulada "Valoración socio-económica de servicios ecosistémicos de provisión de agua y belleza escénica del Pedregal de San Ángel", bajo la dirección de la Dra. Lucia Oralia Almeida Leñero.

PRESIDENTE:	MTRA. CLAUDIA CECILIA LARTIGUE BACA
VOCAL:	DR. DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ
SECRETARIO:	MTRO. PEDRO CAMARENA BERRUJECOS
SUPLENTE 1:	DR. LUIS ZAMBRANO GONZÁLEZ
SUPLENTE 2:	DRA. LUCIA ORALIA ALMEIDA LEÑERO

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 8 de enero de 2018.


Dra. Marisa Mazari Hiriart
Coordinadora
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por el conocimiento y principios que me ha dado a lo largo de mi formación académica.

Al Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM por mi formación académica y el apoyo brindado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada y por el apoyo a través del proyecto 246947/CONACYT de la convocatoria Problemas Nacionales 2014.

A la Dra. Lucía Almeida Leñero, mi directora de tesis y guía académica, por creer en mi y dejarme ser y hacer. Por siempre estar disponible y apoyarme. Sobretudo gracias por impulsarme y darme siempre la oportunidad de demostrar de lo que soy capaz.

Al Dr. Luis Zambrano González, por tu disponibilidad y atención en todo momento. Gracias por creer en este proyecto y en mi. Admiro profundamente tus esfuerzos por hacer un cambio.

Al Dr. Daniel Revollo Fernández, por siempre ayudarme y estar en la mejor disposición de enriquecer este proyecto. Por tu paciencia y sobretudo por ser la mejor guía en el mundo de la economía.

A los miembros del jurado externo, la Mtra. Cecilia Lartigue por querer y hacer que el escrito mejorara, gracias por tu tiempo y el Mtro. Pedro Camarena por la disponibilidad y tiempo brindado.

A todos los que hacen del laboratorio de Ecosistemas de Montaña el lugar perfecto para pensar, trabajar, reír. Gracias a Verónica Aguilar por siempre estar disponible, por las pláticas y consejos. A todos los chicos de servicio que me ayudaron y escucharon.

Gracias Alya, Ju por sus consejos y ser la voz de la experiencia. A Laura, Lucero, Fer, Indira, Etzalli, Ro, Karla por las pláticas, momentos y ayuda.

¡Muchas gracias a todos los que me ayudaron de alguna forma para subir un escalón más!

Dedicatoria

A mis padres y hermanas, que siempre han sido mi ejemplo de apoyo y amor incondicional. Sé que siempre estarán para apoyarme y ayudarme. Agradezco a la vida el que podamos estar juntos para disfrutar, reír, llorar y hasta enojarnos. ¡Gracias por creer en mi, los amo!

A mis dos amores chiquitos, mi Emi y Leo que siempre sacan lo mejor de mi y me motivan a ser mejor. ¡Por quienes daría todo, los amo!

A mis abuelitas, que me cuidaron, cuidan y cuidarán donde sea que se encuentren.

Gracias Lilo (la mejor compañera de viaje), por tu presencia y amistad, por siempre alegrarme el día con tus aventuras y manera de contarlas, por las pláticas, risas, confidencias y todo tu cariño. ¡Gracias por confiar en mi tanto como yo en ti, te quiero!

A Geth y Hugo, por tener toda la intención de ayudarme. Pero sobretodo les agradezco que estuvieron en los momentos más difíciles y el que estén en los mejores. ¡Gracias por apoyarme, escucharme, aconsejarme, hacerme reír, los quiero!

A todos mis amigos, sin duda son parte esencial de mi camino y mi crecimiento, sin ustedes no sería igual. En especial a Laura y Raiza, porque compartimos el mismo camino, las alegrías, frustraciones, enojos y risas. ¡Las quiero!

A mi confidente. Gracias Ray por ser y estar, por escucharme, ayudarme, aconsejarme, hacerme reír y crecer juntos, porque sin ti no sería lo mismo. ¡Gracias por cuidar de mi, de lo mío y lo nuestro, te amo!

Índice

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
PRESENTACIÓN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
Marco conceptual.....	7
Desarrollo sostenible y ciudad.....	7
Sistemas Socio-Ecológicos	9
Servicios ecosistémicos.....	11
Valoración socio-económica de servicios ecosistémicos.....	13
Importancia de las áreas verdes urbanas para el bienestar	17
Antecedentes.....	19
Crecimiento y urbanización de la ciudad de México	19
Ecosistemas urbanos de la ciudad de México	20
Ecosistema pedregal de San Ángel	20
Justificación	23
MÉTODOLOGÍA	24
Área de estudio	24
El pedregal de San Ángel.....	24
Trabajo de gabinete	25
Descripción del SSE del pedregal.....	31
Valoración socio-económica de SE del pedregal.....	31
Valor del SE agua potable que provee el pedregal.....	31
Valor social del SE de belleza escénica.....	33
Disponibilidad a pagar asegurar la conservación del pedregal.....	34
RESULTADOS.....	35
Estado del arte del pedregal	35
Sistema socio-ecológico del pedregal.....	36
Análisis social	38
Valor monetario del SE de provisión de agua	41
Valor no monetario del SE de belleza escénica del pedregal	43
Disponibilidad a pagar por conservar el pedregal	47
Modelo econométrico: DAP por conservar el pedregal.....	48
DISCUSIÓN.....	50
Estado de arte del pedregal	50
Sistema socio-ecológico del pedregal	50
Análisis social	51
Valoración monetaria y no monetaria servicios ecosistémicos del pedregal	51
Valor monetario del SE de provisión de agua	52
Valor no monetario del SE de belleza escénica del pedregal	53
Disponibilidad a pagar por conservar el pedregal	54
Modelo econométrico: DAP por conservar el pedregal	54
Hacia una Ciudad Universitaria sostenible.....	56
CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS.....	60

Índice figuras

Figura 1. Esquema conceptual para la valoración socio-económica de servicios ecosistémicos de provisión de agua y belleza escénica del pedregal de San Ángel.....	7
Figura 2. Clasificación de servicios ecosistémicos.	12
Figura 3. Mapa del pedregal de Ciudad Universitaria en la CDMX.	24
Figura 4. Marco metodológico del trabajo.....	25
Figura 5. Esquema de valores de uso de SE del pedregal de Ciudad Universitaria en la CDMX ...	26
Figura 6. Pedregal, CDMX	27
Figura 7. Pedregal alterado, CDMX	27
Figura 8. Área verde/jardín, CDMX.....	28
Figura 9. Pedregal con construcciones.....	28
Figura 10. Paisaje del pedregal con construcciones en Ciudad Universitaria, CDMX	29
Figura 11. Paisaje del pedregal sin construcciones en Ciudad Universitaria, CDMX	30
Figura 12. Paisaje del pedregal con una construcción en Ciudad Universitaria, CDMX	30
Figura 13. Mapa de red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria, CDMX.	32
Figura 14. SSE del pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX.....	36
Figura 15. Proporción de hombres y mujeres encuestados en Ciudad Universitaria, CDMX	38
Figura 16. Proporción por ocupación de la comunidad de Ciudad Universitaria, CDMX	38
Figura 17. Proporción por grado de estudios de la comunidad de Ciudad Universitaria, CDMX	39
Figura 18. Proporción de la comunidad que conoce el pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX ..	39
Figura 19. Percepción del pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX	40
Figura 20. Consumidores de agua de bebederos en Ciudad Universitaria, CDMX	42
Figura 21. Percepción de la calidad del agua en Ciudad Universitaria, CDMX.....	42
Figura 22. Consumidores de agua embotellada en Ciudad Universitaria, CDMX	42
Figura 23. Valor y preferencia de los paisajes de Ciudad Universitaria, CDMX.....	44
Figura 24. Preferencia futura del paisaje de Ciudad Universitaria, CDMX	44
Figura 25. Nube de palabras que respaldan la preferencia por Xerojardinería (pedregal).. ..	45
Figura 26. Nube de palabras del paisaje pedregal con edificios en Ciudad Universitaria, CDMX. ..	46
Figura 27. Nube de palabras del paisaje pedregal sin edificios en Ciudad Universitaria, CDMX. ...	46
Figura 28. Nube de palabras del paisaje pedregal con un edificio en Ciudad Universitaria, CDMX..	47
.....	47

Índice tablas

<i>Tabla 1. Tipos de bienes en función de los atributos de rivalidad y exclusividad.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 2. Tipos de valoración económica).</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 3. Servicios ecosistémicos que ofrece la REPSA.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 4. Publicaciones por SE disponibles en la biblioteca digital de la REPSA</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 5. Costo del consumo anual de agua en Ciudad Universitaria</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6. Afectación del presupuesto docencia nivel superior.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 7. Costo monetario por el consumo de agua embotellada en Ciudad Universitaria, CDMX ..</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8. Valor del paisaje pedregal para la comunidad universitaria de Ciudad Universitaria, CDMX</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 9. Preferencia y valor no monetario del paisaje pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX ...</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 10. DAP por conservar el pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 11. Variables que afectan la DAP por conservar el pedregal Ciudad Universitaria, CDMX...</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 12. DAP con valor monetario</i>	<i>49</i>

Índice anexo

<i>Anexo 1. Comunidad universitaria de Ciudad Universitaria, UNAM.....</i>	<i>66</i>
<i>Anexo 2. Encuesta que se aplicó a la comunidad de Ciudad Universitaria.....</i>	<i>67</i>
<i>Anexo 3. Variables categóricas e identificador de preguntas.....</i>	<i>71</i>
<i>Anexo 4. Tabla estado del arte por tipo de SE y publicación.....</i>	<i>73</i>
<i>Anexo 5. Gráfico del estado de arte.....</i>	<i>74</i>
<i>Anexo 6. Tabla de número de estudiantes por licenciatura.....</i>	<i>75</i>

RESUMEN

El problema principal de la sostenibilidad se relaciona con el mal funcionamiento de las ciudades, ya que, actualmente más de 90% del crecimiento urbano se localiza en países en desarrollo y para el 2030 las urbes representarán 80% de la población mundial. Así, las ciudades son modificadoras del ambiente, insuficientes e inequitativas. Tal es el caso de la ciudad de México, que debido al acelerado proceso de urbanización y crecimiento poblacional los ecosistemas de la cuenca están perdiendo la capacidad de auto-regulación y mantenimiento de servicios ecosistémicos (SE). Por ello, es primordial conocer y reconocer la importancia de los ecosistemas urbanos a través de la provisión de SE, dentro del marco de sistemas socio-ecológicos (SSE).

La valoración socio-económica de SE es una herramienta para expresar en términos monetarios o no monetarios el valor intrínseco de los SE, incluyendo necesidades y percepciones de los actores. Así, la valoración socio-económica hace visible los beneficios que el hombre obtiene de la naturaleza.

El pedregal de San Ángel es un ecosistema relicto que se origina gracias a la erupción del volcán Xitle. El pedregal se distribuye al sur de la ciudad de México; dentro de los límites de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México; se resguarda y conserva con la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Sin embargo, en la actualidad se ha perdido más del 70% del área de distribución original, debido al acelerado desarrollo urbano de la Ciudad de México y el crecimiento propio de la universidad. El pedregal brinda SE tales como: cantidad y calidad de agua, belleza escénica, regulación de clima, investigación académica, recursos genéticos, etc. Sin embargo, pese a la basta información que hasta el momento se tiene, existe carencia de trabajos integrales que reflejen las interacciones entre los factores bióticos, abióticos y sociales de este ecosistema relicto. Por ello, el objetivo de este trabajo fue obtener la valoración socio-económica de SE provisión de agua y belleza escénica del pedregal. Con esto se encontró que la comunidad universitaria aprecia más el paisaje del pedregal que cualquier otro paisaje de ciudad universitaria. Además, el valor monetario de provisión de agua fue de \$174'631.544.59, mientras que el valor de belleza estética fue tan importante como el valor de provisión de agua. Un análisis socio-económico de los SE que provee el pedregal hace explícito los beneficios que brinda, destaca la importancia de conservar este ecosistema relicto y ayuda en la sensibilización sobre la futura toma de decisiones.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, sistemas socio-ecológicos, valoración socioeconómica, pedregal de San Ángel

ABSTRACT

The main concern of sustainability is related to the poor functioning of cities since more than 90% of the urban development is located in developing countries, and it is expected that in the year of 2030 big cities will represent 80% of the world population. Thus, cities are environment modifiers, insufficient and unequitable. Such is the case of Mexico City which due to the accelerated process of urbanization and population growth, the ecosystems of the basin are losing their auto regulation ability and maintenance of the Ecosystem Services (ES). Hence, it is essential to recognize and be aware of the importance of the urban ecosystems through the provision of ES within the framework of the Socio-Ecological System (SES). The socio-economic valuation of the ES is an instrument to express on monetary or non monetary terms, the inherent value of the ES including the needs and perceptions from the stakeholders. Thus, the socio-economic evaluation remarks the benefits that man obtains from nature. The pedregal de San Ángel is a relict ecosystem which is originated thanks to the eruption of the Xitle volcano. The pedregal is distributed through the south of Mexico City, and within the territorial boundaries of the Universidad Nacional Autónoma de México the Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel is sheltered and preserved. However, more than 70% of the original area of distribution has been lost due to the accelerated urban development of Mexico City and the growth of university. The pedregal supplies ES such as: quantity and quality of water, landscape beauty, weather regulation, academic research, genetic resources, etc. Nevertheless, despite the vast information we possess, there is a lack of integral works that portray the interactions between the biotic, abiotic and social factors of this relict ecosystem. A socio-economic analysis of the ES that the pedregal offers, gives an explicit explanation of the benefits provided, highlights the importance of preserving this relict ecosystem and helps to sensitize over the future decision making. Our aim was obtain a socio-economic analysis of the ES that the pedregal offers. The university community appreciates more the landscape of the pedregal than another landscape. The non-monetary value of the aesthetic quality was important. Furthermore, the monetary value of the provisioning water was US\$9'910,692 while the monetary value of the aesthetic quality was as important as the value of provisioning water. We conclude that a socio-economic evaluation of the ES that pedregal offers is a tool that brings a better interpretation about the relation between benefits and our human well-being.

Key words: ecosystem services, socio-ecological system, socio-economic valuation, Pedregal de San Ángel.

PRESENTACIÓN

Esta tesis integró aspectos ambientales, sociales y económicos del ecosistema del pedregal de San Ángel. Para lo anterior, se estructuró en cuatro secciones: introducción, metodología, resultados y discusiones.

La introducción se integra por el marco conceptual, antecedentes y justificación. El marco conceptual se subdividió en cinco temas principales:

1. Desarrollo sostenible y su relación con las ciudades, ya que en estas últimas, se conglomeran gran parte de la población dentro de espacios poco autosuficientes; lo que implica la generación de problemas complejos.
2. Sistemas Socio Ecológicos (SSE), concepto integrativo que permite abordar los problemas complejos y comprender e integrar aspectos ambientales, sociales y económicos.
3. Servicios Ecosistémicos (SE), ya que dentro del análisis de SSE el marco conceptual integral de SE resalta la relación de la parte ambiental con la social (Binder *et al.*, 2013),
4. Valoración socio-económica de SE, ya que permite interpretar la relación medio ambiente-hombre, a través de parámetros económicos y no económicos, con la finalidad de obtener herramientas que ayuden a la interpretación de la importancia de conservar los ecosistemas, los cuales son proveedores de bienestar humano. Lo anterior se hizo a través de una visión holística del concepto de SE y no mercantilista. Al emplear el concepto de SE, se facilita el entendimiento de la importancia de mantener y conservar el ecosistema del pedregal, considerando e incorporando la relación estrecha entre el ser humano, como parte de un sistema social, y los ecosistemas como sistemas ecológicos (Balvanera *et al.*, 2011; Binder *et al.*, 2013).

5. Importancia de las áreas verdes urbanas para el bienestar humano, a través de los SE que brindan *in situ* a los habitantes de una megaurbe.

En los antecedentes se desarrolló el crecimiento y urbanización de la CDMX, procesos que han alterado los ecosistemas de la ciudad y sus alrededores, por lo que, el siguiente tema que se incorporó fue los ecosistemas urbanos de la CDMX. Por último, se describió al ecosistema del pedregal de San Ángel, el cual ha sido afectado por los procesos de crecimiento y urbanización de la CDMX.

La justificación puntualiza la importancia de esta investigación, ya que es de los primeros esfuerzos que integran aspectos ambientales, sociales y económicos del pedregal de San Ángel.

La metodología de esta tesis integró elementos ambientales, sociales y económicos del pedregal. Se inició con la descripción del área de estudio: el pedregal de San Ángel. Después se realizó trabajo de gabinete intenso, con lo que fue posible definir el SSE del pedregal y por último se realizó la valoración económica de los SE de provisión de agua y belleza escénica del pedregal.

Los resultados describen el estado del arte del pedregal, el SSE del pedregal, el valor monetario del agua que provee el pedregal, análisis social de la comunidad universitaria, el valor no monetario de la belleza escénica del pedregal y por último la disponibilidad a pagar de la comunidad universitaria por conservar el pedregal.

La última parte de esta tesis la integran las discusiones y conclusiones de los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

El bienestar humano es resultado de las interacciones que ocurren en el capital natural de una nación (Costanza *et al.*, 2014). Dicho capital se conforma por los ecosistemas y sus funciones, que generan servicios ecosistémicos (SE), la presencia de gente y sus comunidades (capital humano) y el ambiente construido (capital construido) (Costanza *et al.*, 2014). Pese a que el hombre ha utilizado recursos naturales desde su origen, éstos han sido entendidos como infinitos y se les ha desvalorizado (Balvanera y Cotler, 2007). A finales del siglo XVIII y principios del XIX, se comienza a consolidar la economía basada en la teoría de mercado, con lo que se refuerza el sistema económico capitalista que se caracteriza por la regulación de los precios del mercado a través de la oferta privada y la demanda (Camacho y Ruiz, 2011). Bajo este esquema, las naciones buscan el crecimiento continuo, requiriendo permanentemente el suministro y, por ende la sobreexplotación de recursos, ocasionando la degradación ambiental, que se ha convertido en tema de interés de distintos sectores de la sociedad, lo que ha generado el incremento de herramientas que incorporan los principios de la sostenibilidad (Costanza *et al.*, 2014).

Los ecosistemas han sido alterados debido a la demanda creciente de bienes y servicios ocasionada por el desarrollo de las sociedades humanas y por el crecimiento poblacional (Balvanera y Cotler, 2007). Esta demanda genera procesos como el cambio de uso de suelo, modificaciones climáticas, erosión de suelo y su fragmentación, pérdida de biodiversidad (Balvanera y Cotler, 2007), provocando que los ecosistemas estén perdiendo su capacidad de auto-regulación y mantenimiento de los distintos SE que brindan (MA, 2003). Este fenómeno se

puede apreciar claramente en ciudades que han tenido un acelerado proceso de urbanización, tal es el caso de la Ciudad de México (CDMX) y su área conurbada, zonas con elevada demanda de SE, que en su mayoría se obtienen de zonas lejanas. Debido a esto es necesario estudiar los ecosistemas urbanos para asegurar su conservación y el mantenimiento de SE *in situ*.

La valoración de SE permite una mejor interpretación de los beneficios y la posibilidad de identificar los cambios que provocan la disminución o aumento del bienestar humano (Costanza *et al.*, 1997). Esta visión se acopla con la del capital natural y se pueden entender como una medida de riqueza de un país, ya que al reconocer los valores de la biodiversidad desde un punto de vista económico, se asume que los recursos naturales producen riqueza y bienestar a lo largo del tiempo (Camacho y Ruiz, 2011). Esta herramienta propicia la generación de estrategias que orienten la toma de decisiones que garanticen el mantenimiento a lo largo del tiempo de la provisión de SE y, en consecuencia, la conservación de ecosistemas. No es sólo una aspiración ética de la sociedad, sino también, un menester estrechamente ligado a la satisfacción de las necesidades básicas de la vida humana (Balvanera *et al.*, 2011).

Marco conceptual

Con la finalidad de que esta sección sea entendida de forma integral se presenta su contenido en la figura 1.

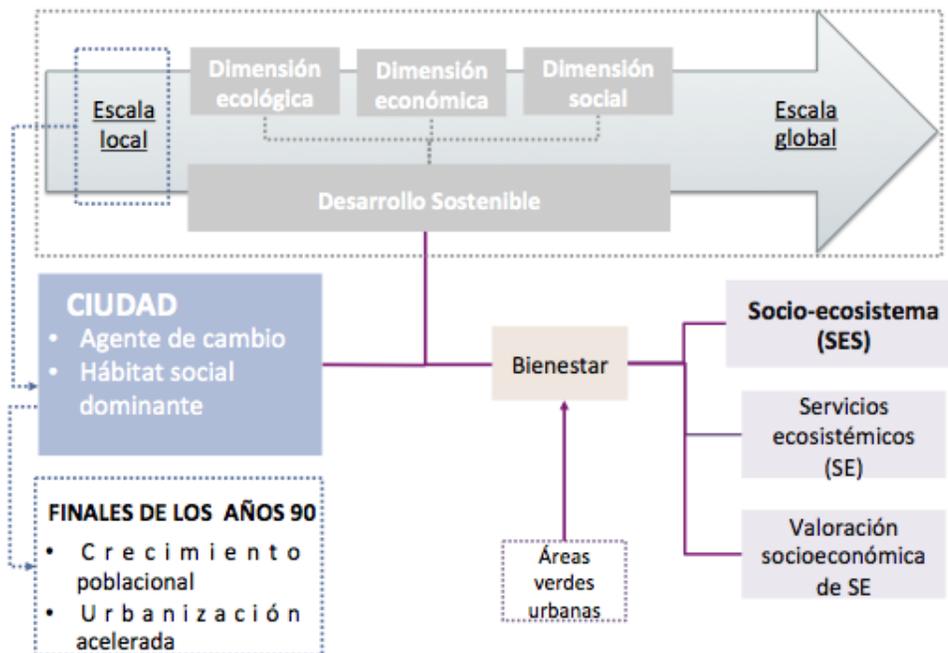


Figura 1. Esquema conceptual para la valoración socio-económica de servicios ecosistémicos de provisión de agua y belleza escénica del pedregal de San Ángel. Elaboración propia

Desarrollo sostenible y ciudad

La sostenibilidad es un modelo de desarrollo que contempla e integra tres dimensiones interrelacionadas de manera compleja e igualmente importantes: la ecológica, la económica y la social, las cuales requieren de un eje de actuación transversal en lo político y donde la interdisciplina es fundamental. El desarrollo sostenible surge para asegurar la satisfacción de las necesidades humanas, intra e intergeneracional, manteniendo un ambiente estable y sano y solucionando

deficiencias económicas y sociales (Sobrino *et al.*, 2015). En la actualidad el desarrollo sostenible y sus tres dimensiones es un tema muy *ad hoc* en los discursos políticos a nivel mundial; en la práctica, la realidad es que tanto los objetivos clave como estrategias son temas difusos, lo cual en términos generales favorece especialmente la dimensión económica (Sobrino *et al.*, 2015). Por ejemplo, la política neoliberal muestra un marcado interés en el discurso de ser económicamente competitivo, en la innovación de infraestructura urbana, la atracción de nuevas inversiones, olvidando aspectos que brinden mejoras en la conservación de bosques y parques urbanos y espacios públicos, el reciclamiento de desechos urbanos, la reducción de la desigualdad socio-espacial y pobreza (Dempsey *et al.*, 2011). Además, que se presta poca atención a los procesos socio-ambientales que están detrás de los problemas ambientales más graves (Sobrino *et al.*, 2015).

A finales de los noventa hechos como la acelerada urbanización en los países en desarrollo y la influencia de las ciudades y sus procesos en la contaminación ambiental, motivaron a tratar el tema del desarrollo sostenible a escala urbana (Dempsey *et al.*, 2011). En este contexto, el problema principal de la sostenibilidad se relacionaba con el mal funcionamiento de las ciudades, las cuales representan el hábitat social dominante caracterizado por las transformaciones globales de la sociedad, la disfunción de las políticas públicas e instituciones y la distribución socio-espacial desigual (Camagni, 2005; Dempsey *et al.*, 2011). De aquí la importancia de pensar en el desarrollo sostenible a nivel ciudad, ya que las mismas causas que ponen en peligro la sostenibilidad global impactan la local, siendo más eficiente enfrentarse a un mismo problema desde la escala local que a partir de lo global (Escobar y Jiménez, 2009).

En la actualidad más de 90% del crecimiento urbano se localiza en países en desarrollo y se ha calculado que para el 2030 los asentamientos urbanos

representarán 80% de la población mundial (Sobrino *et al.*, 2015). Los efectos ambientales de los asentamientos urbanos rebasan los límites de la ciudad propiamente dicha, y algunos de estos efectos son directos mientras que otros son indirectos (Pisanty *et al.*, 2009). Hoy en día las ciudades son insuficientes, inequitativas y depredadoras del ambiente: ciudades insostenibles (UN-HABITAT, 2008; Sobrino *et al.*, 2015). Las ciudades grandes ejercen una fuerte presión sobre zonas circunvecinas e incluso sobre regiones completas y distantes que alimentan las necesidades de las megalópolis (Pisanty *et al.*, 2009). Los costos ambientales que generan son absorbidos y pagados por las regiones afectadas, por ser tanto productoras de insumos para el consumo creciente de las ciudades como receptoras de desechos urbanos (Pisanty *et al.*, 2009). Así, resulta obvio que las ciudades distan de ser sistemas autosuficientes y resalta la dependencia que tienen los centros urbanos con todas aquellas zonas generadoras de SE.

Dado lo anterior, hablar de desarrollo sostenible en la ciudad requiere reconocer que la variable principal es el bienestar de la población local a largo plazo, vinculada a la prosperidad de la misma ciudad. Dicho bienestar debe estar en función de lo, físico, ambiental y económico (Escobar y Jiménez, 2009). Para lograr esto, es preciso entender los procesos sociales, los cuales dan forma a la interacción sociedad-naturaleza a diversas escalas espaciales y temporales; a partir del entendimiento de las estructuras y procesos socio-espaciales (justicia social, valores, ideologías, instituciones, cultura, historia) que influyen en el intercambio metabólico entre la sociedad y naturaleza.

Sistemas Socio-Ecológicos

Hoy en día problemas ambientales complejos, tales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la escasez de SE y su degradación han aumentado el interés de comunidades científicas y políticas, sin embargo, estos problemas no pueden ser analizados únicamente con enfoques disciplinarios, tienen que ser

entendidos y tratados de forma integral, considerando las interacciones entre los sistemas social y ecológico (Binder *et al.*, 2013). Como se ha mencionado, el análisis de los SE que proveen los ecosistemas a las sociedades humanas representan un vínculo explícito entre el bienestar humano y el adecuado funcionamiento de los ecosistemas (Balvanera *et al.*, 2011). En este contexto, al hablar de SE hacia la sociedad se enfatiza la interdependencia que existe entre el sistema ecológico y el social (Daily 1997, Balvanera *et al.*, 2011).

Para Balvanera *et al.* (2011) el concepto de sistemas socio-ecológicos (SSE) permite la integración de los humanos en la naturaleza y enfatiza el estudio de sistemas acoplados sociedad-ambiente, permitiendo entender los procesos de toma de decisiones acerca de los ecosistemas y las implicaciones sobre su composición, estructura y funcionamiento.

Para el estudio de los SSE se han desarrollado marcos que establecen un lenguaje común, con la finalidad de estructurar la investigación y para proporcionar orientación hacia un desarrollo sostenible (Gallopín *et al.*, 2001). Dentro de estos marcos se encuentra el de SE, el cual se centra en las interacciones integrales, dinámicas y complejas de componentes bióticos y abióticos que prestan los servicios que sostienen la vida en la Tierra (Binder *et al.*, 2013). El marco SE fue desarrollado para asegurar la disponibilidad sostenible y continua de las funciones de los ecosistemas mediante el mantenimiento de estructuras y procesos ecológicos básicos (Binder *et al.*, 2013). Por su parte Balvanera *et al.* (2011) argumentan que debido a las interacciones dadas entre los sistemas social y ecológico, el análisis de los SE requiere de marcos conceptuales transdisciplinarios que permitan el estudio de SSE, con la finalidad de lograr la integración dialéctica y el entendimiento de que las propiedades de éstos no resultan de la suma de las propiedades de sus componentes.

Para estudiar los SE dentro del contexto de SSE es necesario identificar los componentes de los sistemas; el social se conceptualiza como todos los seres

humanos que son los usuarios del ambiente, mientras que el sistema ecológico se trata con una perspectiva ecocéntrica donde las funciones ecosistémicas son el centro de atención (Binder *et al.*, 2013). El marco de SE conceptualiza la relación entre lo social y ecológico, a través de una relación $S \rightarrow E$, es decir, las actividades humanas afectan al sistema ambiental, además, utiliza la noción de flujos para analizar el sistema ecológico y su dinámica (Binder *et al.*, 2013).

Servicios ecosistémicos

El concepto de SE tiene su origen en el movimiento ambientalista en las décadas de 1960 y 1970, cuando se denuncian los efectos negativos de la contaminación, deforestación, uso de agroquímicos (Camacho y Ruiz, 2011). Es Westman (1977) quien hizo el primer acercamiento formal al hablar de “servicios de la naturaleza”. Las dos menciones anteriores se reconocen como antecedentes que documentan el efecto del ser humano en los ecosistemas y evalúan los beneficios derivados de los recursos naturales (Camacho y Ruiz, 2011). En 1997, se reconoce por primera vez el valor global de los SE, se estimó que su valor aproximado era de US\$33 trillones por año (Costanza *et al.*, 1997). A este trabajo se le suman los de (de Groot, 1987; Daily, 1997) que propiciaron el aumento en el estudio de los SE (Costanza *et al.*, 2014).

Sin embargo, el concepto de SE ganó mayor atención hasta el 2003, cuando las Naciones Unidas publicaron *Millennium Ecosystem Assessment* (MA) (Costanza *et al.*, 2014). Dicha publicación es el resultado de la necesidad de enfatizar la relación que existe entre los ecosistemas y el bienestar de las poblaciones humanas (MA, 2003). Así, se define a los SE como todos aquellos beneficios, tangibles e intangibles, que se derivan de la naturaleza para provecho del ser humano (MA, 2003). El concepto SE considera el beneficio que distintos actores o sectores de la sociedad reciben de los ecosistemas, así como las complejas

interacciones tanto positivas como negativas entre servicios y entre actores (MA, 2003). Es importante considerar que “los SE no fluyen directamente del capital natural al bienestar humano, este se genera únicamente a través de la interacción con las otras tres formas de capital: social, económico y construido” (Costanza *et al.*, 2014).

El MA (2003) hace una clasificación de los SE (figura 2), estableciendo que existen cuatro tipos principales de SE: (1) los de provisión, como alimentos y agua (2) los de regulación, p.e. regulación del suelo, del clima o el control de plagas (3) los culturales, como placer estético o la inspiración y (4) los de soporte, en la figura 1 se encuentran en el centro, ya que son aquellos que mantienen los procesos de los ecosistemas y permiten la provisión del resto de los servicios, p.e. biodiversidad, ciclo hidrológico y de nutrientes (MA, 2003). A partir de la publicación del MA los SE han sido una fuente constante de investigaciones importantes, desarrollando trabajos de medición, modelación, mapeo y evaluación de los cambios en la provisión de SE con respecto al bienestar humano (Fisher *et al.*, 2009).

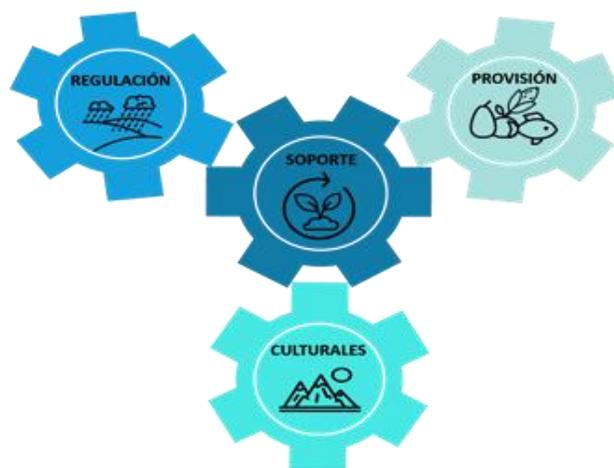


Figura 2. Clasificación de servicios ecosistémicos. Según MA (2003). Elaboración propia

El MA sentó las bases conceptuales y teóricas para desarrollar estudios de tipo socio-ecológico que permitieran entender cómo es que los bienes de la naturaleza se distribuyen en la sociedad y afectan al bienestar humano. Sin embargo, no establece cómo implementar el concepto en la toma de decisiones, para lo cual es prioritario evaluar: (1) cuáles son los cambios en el flujo de la producción de SE, y (2) cómo es que cambios en el conjunto de los SE modifican el bienestar humano. Esto requiere considerar la multiplicidad de factores que determinan los SE y sus interacciones, entender su distribución espacial, los diferentes actores sociales involucrados, y los beneficios que dan a la sociedad (Reyers *et al.*, 2013).

El acercamiento al entendimiento de los SE puede darse a partir de distintos enfoques metodológicos, por ejemplo, a través del estudio de modos de vida es posible concentrarse en cómo las familias responden al cambio global y las alteraciones en su contexto social, cultural y económico, combinando de distintas formas el uso de la tierra, el trabajo, el capital y demás recursos (Quétier *et al.*, 2007), otro ejemplo es la valoración socio-económica, la cual consiste en asignar un valor económico (capital económico) a los SE; con la finalidad de darles un valor de cambio competitivo con respecto a las actividades económicas (Farber *et al.*, 2002; Fisher *et al.*, 2009).

Valoración socio-económica de servicios ecosistémicos

Durante 1950 y 1960, los economistas neoclásicos elaboraron teorías sobre el crecimiento económico en las que los niveles de vida podrían aumentar indefinidamente, sin importar las condiciones del ambiente (Common y Stagl, 2008). Para el año 1970, la economía neoclásica comenzó a demostrar interés en la naturaleza incluyendo la economía ambiental, la cual estudia las problemáticas ambientales con herramientas económicas y reconoce las fallas del mercado

corrigiendo las externalidades ambientales negativas al asignarles un valor monetario (Common y Stagl, 2008). Además, la economía ambiental involucra en el análisis económico los SE, dándoles un valor de mercado que les dé peso en la toma de decisiones (Costanza *et al.*, 1997).

La valoración económica de los ecosistemas representa los procesos por los cuales se expresa un valor para los SE, que refleja las satisfacciones de las preferencias del hombre (Farber *et al.*, 2002). Asignar valor a los SE tiene un alcance que excede por mucho la definición más común de valor económico, el precio (Paruelo, 2011). En este sentido el término de valoración hace referencia al proceso por el cual se asigna un valor a un objeto/preferencia. Esta ha sido una herramienta importante para transmitirles y sensibilizar a los actores clave en la toma de decisiones la importancia de los ecosistemas y de los servicios que proveen para el bienestar de las sociedades (Costanza *et al.*, 1997 y 2014). La valoración económica sirve para la toma de decisiones, elaboración de políticas públicas, conservación y manejo de áreas naturales, así como para conocer el impacto en costos que tendría la degradación ambiental en el bienestar humano (Fisher *et al.*, 2009).

Los SE que se valoran no se encuentran explícitamente en el mercado, y pueden incluir los beneficios ecosistémicos que se obtienen de la conservación, de un paisaje, o bien los beneficios de los servicios de regulación, como la polinización. Los beneficios se pueden expresar en el Valor Económico Total (VET) de un SE; el VET es el conjunto de los valores de uso y de no uso o uso pasivo (Turner *et al.*, 2003). Por valores de uso, se entiende todo lo que puede aprovechar y utilizar por los seres humanos en el presente y/o futuro (Barzev, 2002). Los valores de no uso son todos aquellos que se generan por el beneficio de saber que existen, sin tener que aprovecharlos; por ejemplo la satisfacción de saber sobre la existencia de una especie sin tener que verla (Barzev, 2002; Turner *et al.*, 2003). Otro valor de no uso, es el valor de opción, el cual se obtiene por no usar un bien o servicio en el

presente pero mantenerlo para que se pueda usar en el futuro (Turner *et al.*, 2003).

Por otro lado, es preciso acotar que según cómo se distribuyen los beneficios de los SE en la sociedad, se les puede caracterizar según sus atributos de rivalidad o exclusividad. Un bien es exclusivo cuando se puede excluir a una persona o grupo de personas de su aprovechamiento; este atributo tiene que ver con la asignación de los recursos y los derechos de propiedad (Ostrom, 1999). Mientras que un bien es rival cuando su consumo por una persona reduce la disponibilidad de ese bien para otra persona; la combinación de estas dos características genera cuatro tipos de bienes: privado, de uso común, público con exclusión y público sin exclusión (tabla 1) (Ostrom, 1999).

Tabla 1. Tipos de bienes en función de los atributos de rivalidad y exclusividad

	Exclusivo	No exclusivo
Rival	Bien privado (responde al mercado)	Bien de uso común (no responde al mercado)
No rival	Bien público (responde al mercado)	Bien público (no responde al mercado)

La necesidad de valorar económicamente los SE surge como respuesta al acelerado deterioro de los ecosistemas, con la finalidad de expresar en términos monetarios el valor intrínseco de los SE, considerando además, integrar las necesidades y percepciones de los distintos actores en estas valoraciones (Balvanera *et al.*, 2011); existen diversas metodologías de valoración según el tipo de preferencia de los actores (tabla 2). Las valoraciones económicas de los SE son fundamentales para analizar los impactos tanto positivos como negativos de distintas políticas y prácticas de manejo (Balvanera *et al.*, 2011). A través de estas valoraciones es posible identificar las externalidades negativas o positivas de

acciones específicas, internalizar costos y hacer un uso más sostenible de los ecosistemas y SE que proveen (Balvanera *et al.*, 2011). Es así, como este análisis permite entender a los ecosistemas como activos del capital que posee un país, una región; sin embargo, es necesario enfatizar que se pueden presentar retos éticos en relación a la asignación de valores y costos, esto debido a la reducción de múltiples funciones y beneficios a un simple indicador económico (Balvanera *et al.*, 2011), por lo que su utilidad reside en entender los cambios marginales en el valor económico de uno o varios SE conforme se generan cambios en el ecosistema o en la sociedad (Fisher *et al.*, 2014). Evaluar los cambios marginales en el valor económico de los SE permite entender los costos y beneficios que diferentes actores reciben al haber cambios en un ecosistema, y por lo tanto, mejorar el manejo de los recursos.

Es importante tomar en cuenta en una valoración económica el contexto en el que se desarrolla, es decir, depende de las preferencias sociales, de los actores considerados, de sus características socioeconómicas, y de mercados espacialmente y temporalmente definidos (Fisher *et al.*, 2014).

Tabla 2. Tipos de valoración económica basado en Dixon et al. (1988) y CCAD-PNUD/GEF (2002).

Tipo de valoración	Método	Descripción	SE valorado
Valoración de mercado	Precios de mercado	Valor económico del servicio en el mercado	Servicios de provisión (productos forestales, ornamentales)
	Costos evitados	Cantidad de dinero que se necesita para reparar los daños provocados por la pérdida en un SE, o que se gana por conservarlo	Servicios de regulación (de la erosión, climática y protección contra huracanes)
	Costos de reemplazo	Cantidad de dinero que se necesita para obtener un beneficio que sustituya los beneficios de los SE	Servicios de provisión (plantas medicinales) o de regulación (infiltración de agua)
	Costos de	Cantidad de dinero necesaria para	Conjunto de servicios de un

	restauración	restablecer un ecosistema	ecosistema
	Factor de riesgo	Aumento en el ingreso o producción de un bien que se debe al SE	Servicios de regulación (provisión de agua, calidad del suelo)
Preferencia revelada	Costo de viaje	Costo de transporte y entrada para visitar un área natural o recreativa	Servicios culturales de tipo recreativo o estético
	Precios hedónicos	Proporción del precio total de un bien que se debe al beneficio relacionado con la naturaleza	Servicios culturales de tipo recreativo o estético
Preferencia declarada	Valoración contingente	Valor monetario de disponibilidad a pagar	Servicios de provisión, regulación y culturales

Fuente: elaboración propia.

Importancia de las áreas verdes urbanas para el bienestar

A nivel mundial, a partir del año 90 se comienza a valorar la importancia de las áreas verdes urbanas, por ejemplo, en Agenda 21 (Río de Janeiro en 1992) se establece que todas las áreas verdes en las zonas urbanas y periurbanas son esenciales para el equilibrio biológico e hidrológico (Flores-Xolocotzi, 2012). En México se reconocen jurídicamente en el año 2000, así según la ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (2000), “un área verde es toda superficie cubierta de vegetación, natural o inducida que se localice en el Distrito Federal”. De forma más específica, la misma ley indica que son áreas verdes: parques y jardines; plazas ajardinadas o arboladas; jardineras; zonas con cualquier cubierta vegetal en la vía pública; así como área o estructura con cualquier cubierta vegetal o tecnología ecológica instalada en azoteas de edificaciones; alamedas y arboladas; promontorios, cerros, colinas, elevaciones y depresiones orográficas, pastizales naturales y áreas rurales de producción

A pesar del reconocimiento del valor que tienen las áreas verdes urbanas, hoy en día, existe una desconexión de la gestión de áreas verdes y la planeación urbana; cuando deberían ser tratados integralmente (Flores-Xolocotzi, 2012). Se debe

comenzar a reconocer su importancia según la provisión de beneficios tangibles o no (SE), para la sociedad. PAOT (2003) reporta los beneficios siguientes:

1. Contribución al mantenimiento del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos y mitigación de inundaciones.
2. Remoción de contaminación del aire y generación de oxígeno.
3. Hábitat para la diversidad de vida.
4. Almacenamiento de dióxido de carbono y regulación de la calidad del aire, así como regulación del clima.
5. Regulación de tolvaneras (retención de partículas suspendidas y polvo).
6. Amortiguamiento y disminución de los niveles de ruido.
7. Recreación y belleza escénica (generación de sensaciones agradables que ayudan a la relajación).

Por otro lado (Flores-Xolocotzi, 2012) menciona los beneficios económicos; por ejemplo, la depuración del aire realizada por la vegetación puede conducir a la reducción de los costos de la contaminación y de sus medidas de prevención. Además, cuestiones estéticas relacionadas con belleza escénica, recreación e historia aumentan el valor de las propiedades aledañas; incrementando el atractivo de la ciudad para el turismo (PAOT, 2003). Es importante aclarar que la provisión de beneficios se relaciona con la calidad ambiental, ubicación, así como sus características particulares.

Caso especial son las Reservas Naturales Urbanas (RNU), verdaderos oasis inmersos en los desiertos de pavimento y que conservan remanentes de ambientes silvestres; son ideales para poner a la naturaleza al alcance de todos (Flores-Xolocotzi, 2012). En las RNU se puede encontrar flora y fauna de una zona determinada para estudiarla o simplemente conocerla; a diferencia de los

parques y alamedas, su objetivo principal es preservar relictos de ecosistemas y funcionan como laboratorios naturales (Flores-Xolocotzi, 2012).

Antecedentes

Crecimiento y urbanización de la ciudad de México

En 1900, México era un país poco poblado (13.6 millones de habitantes); la mayoría de los habitantes eran rurales, es decir, 90% vivía en localidades de menos de 15 mil personas (Tudela, 2004). Para el año 2010, la población de México era de 112 336 539 millones (INEGI, 2011), sus habitantes eran predominantemente urbanos, es decir, menos de 40% de la población total radica en asentamientos de menos de 15 mil habitantes (Tudela, 2004). En la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM) vivía el 18% de la población del país (Tudela, 2004). A partir de la segunda mitad del siglo XX, la mancha urbana se extendió más allá de las fronteras del Distrito Federal, ahora CDMX. Además, se prevé que para el año 2030 cerca de 71% de la población mexicana habitarán alguna ciudad, es decir, en lugares con más de 15 mil habitantes (Pisanty *et al.*, 2009).

Los procesos de urbanización de la CDMX se sostienen sobre dos tipos de incompatibilidades: la alteración de los ecosistemas a su alrededor y la centralización económica, ambas anacrónicas (Torres-Carral, 2008). Esto ha derivado en la construcción de un conglomerado urbano con enorme vulnerabilidad, en donde la mayoría de los ecosistemas naturales han sido modificados y alterados de forma irreversible, afectando el flujo de agua y la calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos (acuíferos) (Pisanty *et al.*, 2009). Actualmente, el modelo general de crecimiento de la CDMX se puede caracterizar principalmente a través de la red de desarrollo inmobiliario, servicios e infraestructura para la movilidad que favorece el uso del transporte privado (Torres-Carral, 2008).

Lo anterior ha provocado la alteración y, frecuentemente, la desaparición total de características físicas y biológicas originales de la región. Aun cuando la CDMX se encuentra en una cuenca de alta biodiversidad, con suelos fértiles y rica en recursos hídricos, actualmente es una ciudad dependiente de bienes y servicios (ecosistémicos) (Pisanty *et al.*, 2009, CONABIO, 2016). Se ha pagado el costo del crecimiento urbano a través de la alteración del entorno natural.

Ecosistemas urbanos de la ciudad de México

Durante los 30 años de gobierno de Porfirio Díaz surgió la preocupación por dotar a la capital de áreas verdes, básicamente, por razones relacionadas con la sanidad; así se construyeron 54 parques y jardines (PAOT, 2003). Sin embargo, la rápida urbanización y el crecimiento desordenado de la CDMX hacia la década de los años 50, tuvo como consecuencia la fragmentación de la ciudad y que los elementos naturales y el suelo dejaron de ser los componentes clave en la planeación urbana que caracterizó al porfiriato (PAOT, 2003). Así, México comenzó a presentar ciudades con condiciones generalizadas de degradación del espacio público.

Hoy en día la CDMX sufre del progresivo uso y apropiación de estos espacios, generando procesos de expulsión de las poblaciones más débiles, vulnerables de los espacios urbanos.

Ecosistema pedregal de San Ángel

Pese a que el pedregal de San Ángel brinda una serie de SE locales, su conservación no ha sido prioridad para autoridades de la ciudad, ya que desde la segunda mitad del siglo XX, el pedregal ha perdido el 70% de su área de distribución original, debido al acelerado desarrollo urbano que sufrió la CDMX

(Soberón *et al.*, 1991). Como respuesta a esta problemática surgieron estrategias de conservación como ecoguardas, zona inmersa en la ciudad, que posee matorral xerófilo y que proporciona SE (GODF, 2006); y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) en Ciudad Universitaria (CU). Esta última es resultado de un esfuerzo impulsado por la comunidad y diversas instituciones universitarias en 1983 (Román, 2008). Sin embargo, este esfuerzo no ha sido suficiente para salvaguardar la integridad de este ecosistemas, ya que en la actualidad la REPSA resguarda menos del 36% del área de distribución original del pedregal de San Ángel, porción del ecosistema que constantemente se encuentra en riesgo por problemas como saqueo de especies, acumulación de basura, edificaciones e incendios (Juárez-Orozco y Cano-Santana, 2007).

Con la creación de la REPSA se dio un gran impulso al desarrollo de investigaciones relacionadas con la vegetación y ecología del pedregal de San Ángel, es decir, sus características exclusivas han hecho de este ecosistema un laboratorio natural desde hace más de un siglo, inmerso en una megalópolis (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). Ha sido objeto de diversos estudios que permiten visualizar que se trata de un ecosistema de gran importancia, sobre todo, como refugio para la biodiversidad, con elevadas perspectivas para la educación ambiental y la investigación científica, que ofrece un paisaje estético y un área de recreación (Cano-Santana *et al.*, 2006). Los SE que brinda el pedregal de San Ángel al sur de la CDMX no han sido completamente documentados ni evaluados, al respecto hay una primer aproximación de Nava-López *et al.* (2009) quienes reconocen que esta reserva ofrece siete servicios de provisión, tres de regulación, cuatro culturales y tres de soporte (tabla 3).

Tabla 3. Servicios ecosistémicos que ofrece la REPSA

Servicios ecosistémicos del Pedregal de San Ángel, DF	
Provisión	Alimento, especies medicinales, especies ornamentales, recursos genéticos, madera, combustible y productos no maderables.
Regulación	Cantidad y calidad del agua, polinización, regulación del clima.
Culturales	Investigación académica, recreación, belleza escénica, herencia cultural.
Soporte	Producción primaria, ciclaje de nutrientes, flujos de energía y cadenas tróficas.

Fuente: Nava *et al.*, 2009

Justificación

Debido al acelerado proceso de urbanización, junto con su inherente demanda de bienes y servicios, se ha reconocido la importancia de los ecosistemas urbanos para la sostenibilidad en las ciudades y la relevancia de trabajar bajo un enfoque de SE, lo que plantea la necesidad de desarrollar investigación integral que trate los servicios ecosistémicos dentro del marco de SSE. Pese a la vasta información que se tiene del pedregal de San Ángel, existe carencia de trabajos integrales que reflejen las interacciones entre los factores bióticos, abióticos y sociales de este ecosistema relicto. Al integrar esta información con un análisis socio-económico, se hacen explícitos los beneficios que brinda el pedregal de San Ángel. Con la finalidad de traducir la importancia de conservar este ecosistema relicto inmerso en una megalópolis, el objetivo de este trabajo fue obtener la valoración socio-económica de SE del pedregal de San Ángel.

MÉTODOLOGÍA

Área de estudio

El pedregal de San Ángel

Inmersos en la CDMX se encuentran relictos del Pedregal de San Ángel, ecosistema cuya formación data de hace 2000 años, debido al escurrimiento de lava del volcán Xitle que cubrió 80 km² (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). Este se caracteriza por presentar un tipo de matorral xerófilo, debido a la altitud y al sustrato volcánico en el que se desarrolla (Rzedowski, 1954). Sobre este ecosistema se construyó CU, la cual cuenta con una extensión en superficie de 730 ha. En la actualidad, 237 ha son resguardadas por la REPSA, 171 ha forman parte del núcleo y 66 ha son de amortiguamiento (Lot y Cano-Santana, 2009) (Figura 3).

PEDREGAL EN CIUDAD UNIVERSITARIA



Figura 3. Mapa del pedregal de Ciudad Universitaria en la CDMX, basado en Lot y Cano-Santana (2009).

Para la realización de este trabajo se requirió de la división del trabajo en dos etapas, las cuales se resumen en el marco metodológico de la Figura 4.

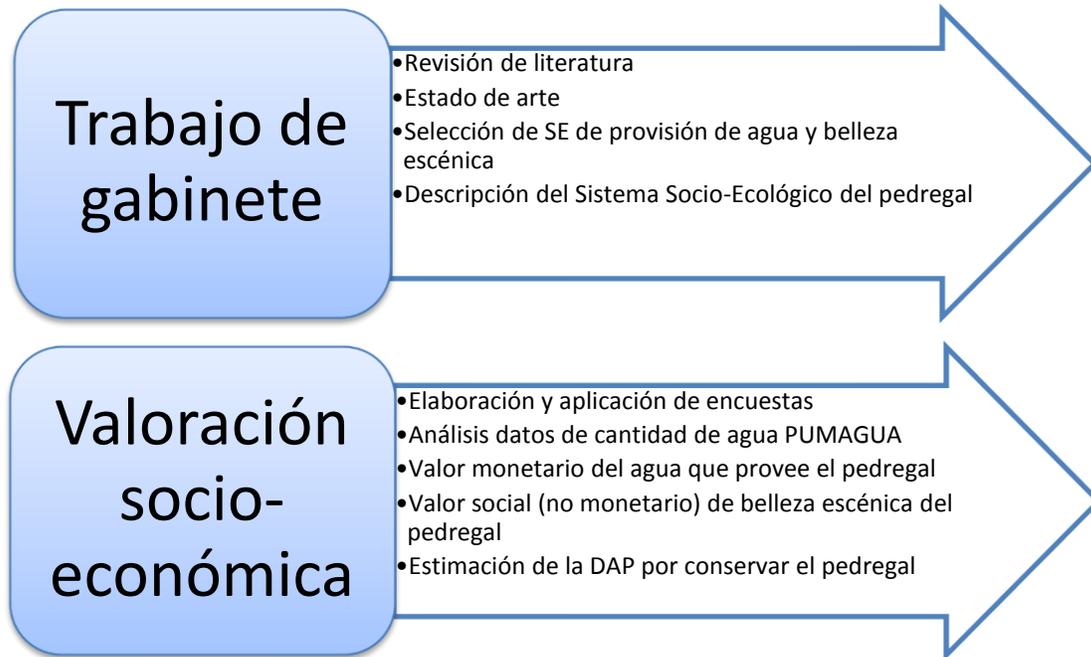


Figura 4. Marco metodológico del trabajo

Trabajo de gabinete

Se realizó con la información disponible en la biblioteca digital de la REPSA, considerando publicaciones de libros, capítulos, artículos, artículos de divulgación, tesis y congresos. Con esta revisión se elaboró el estado del arte del pedregal que permitió identificar y caracterizar los SE de provisión de agua y belleza escénica del pedregal de San Ángel. Se generó la propuesta del SSE para el pedregal, considerando los SE de provisión de agua y belleza escénica. Para la valoración

socio-económica se obtuvo que el tamaño de la muestra para el área de estudio es de 383, personas con un margen de error del 5%, considerando como población objetivo un total de 194,700 personas (Ver anexo 1). Posteriormente se definió el tipo de valor a encontrar según los SE del pedregal que se caracterizaron (Figura 5) y se elaboró una encuesta semi-estructurada, la cual se aplicó dentro de CU de forma aleatoria a 400 estudiantes, empleados UNAM y académicos. Considerando que sólo se aplicó a la comunidad que estudia/trabaja (comunidad universitaria).



Figura 5. Esquema de valores de uso de SE del pedregal de Ciudad Universitaria en la CDMX

La encuesta (Ver anexo 2) se compone por cinco secciones:

1. Sección introductoria con foto-cuestionario: uso del pedregal. En esta sección se obtuvieron datos personales. Además se mostraron cuatro fotografías (Figura 6, 7, 8 y 9) que representan los tipos de paisajes de Ciudad Universitaria que la comunidad más transita. El objetivo fue conocer qué tanto la comunidad valora y reconoce los cuatro paisajes de CU.



Figura 6. Pedregal. Se observa vegetación característica del pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX



Figura 7. Pedregal alterado. Se observa vegetación atípica del pedregal Ciudad Universitaria, CDMX



Figura 8. Área verde/jardín. Se observa el paisaje de áreas amplias de Ciudad Universitaria, CDMX



Figura 9. Pedregal con construcciones. Se observa el paisaje de las facultades que integran elementos del pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX

2. Sección de identificación de beneficios del pedregal. Esta sección la integran preguntas que revelan si se conoce el pedregal y beneficios relacionados con SE.
3. Sección de valoración. En esta sección el objetivo fue conocer la disponibilidad de los encuestados para contribuir con la conservación del pedregal.
4. Sección de seguimiento. El objetivo de esta sección fue conocer cómo le gustaría al encuestado que ciudad universitaria sea en un futuro.
5. Sección socio-económica y foto-cuestionario. Se concluyó con preguntas relacionadas al ingreso económico del encuestado y con una foto-pregunta para conocer la preferencia que hay sobre las construcciones en ciudad universitaria (Figuras 10, 11 y 12).



Figura 10. Paisaje del pedregal con construcciones en Ciudad Universitaria, CDMX



Figura 11. Paisaje del pedregal sin construcciones en Ciudad Universitaria, CDMX



Figura 12. Paisaje del pedregal con una construcción en Ciudad Universitaria, CDMX

La encuesta se conformó de 18 preguntas todas con variables categóricas, las cuales se convirtieron a variables numéricas, obteniendo un total de 59 (Ver anexo 3).

Descripción del SSE del pedregal

La descripción del SSE del pedregal se realizó posterior al trabajo de gabinete, ya que con la identificación de los SE con los que se trabajó se definió el subsistema ecológico. Posteriormente se analizaron las interacciones de los otros dos subsistemas en relación con los SE de provisión de agua y belleza escénica, así como la información obtenida de las encuestas. Considerando como escala territorial todo el área ocupada por ciudad universitaria.

Valoración socio-económica de SE del pedregal

La información de las encuestas se pasó a una base de datos, se analizó de forma cualitativa para obtener el valor social y cuantitativa para el valor monetario a través de la metodología de valoración contingente.

Valor del SE agua potable que provee el pedregal

Actualmente no existe información disponible sobre la cantidad de agua que infiltra el pedregal. Sin embargo, Canteiro (sin publicar) expone que existe un acuífero somero, que corresponde a los 80 km² del derrame original del Xitle, al cual llega el agua infiltrada en el pedregal y que CU se abastece de agua del acuífero principal de SACMEX. Debido a esto se consideró importante conocer el costo del consumo de agua (dinero que ahorra la universidad), con la finalidad de resaltar la responsabilidad que tiene la universidad por conservar el pedregal del campus, ya

que este ecosistema es importante para la infiltración de agua. Para obtener este valor se utilizó la información de PUMAGUA (Programa de Manejo, Uso y Reúso del agua en la UNAM) sobre la cantidad de agua en m^3 que se consume en CU. Esta información corresponde a la cantidad en m^3 que se extrae de los tres pozos ubicados dentro de CU (Figura 13), los cuales sirven para abastecer de agua a toda CU. Se trabajaron datos históricos de extracción de agua a partir del 2010, ya que este es el año base por contar con información completa. Los datos obtenidos se relacionaron con el precio del m^3 para la cantidad de agua extraída, a partir del artículo 172 del código civil para el Distrito Federal (GOCDMX, 2017).

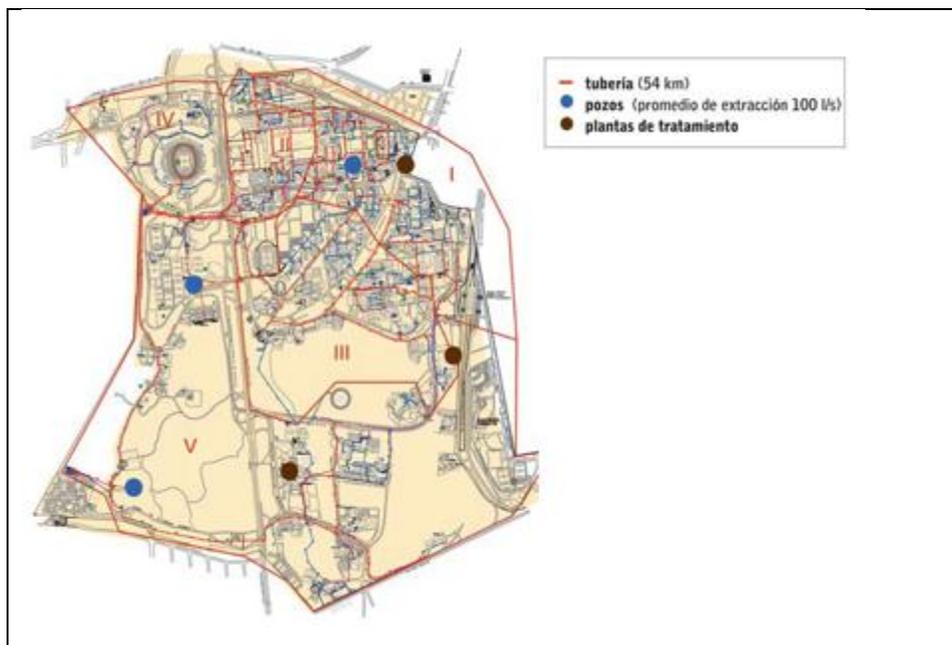


Figura 13. Mapa de red de distribución de agua potable de Ciudad Universitaria en la CDMX. Fuente: PUMAGUA

El análisis posterior consistió en obtener y comparar la media del costo del agua consumida en CU y el presupuesto UNAM 2015 que fue destinado para docencia

nivel superior, con la finalidad de establecer el impacto que tendría el costo del consumo del agua en la asignación del presupuesto para las dependencias..

Por último, para obtener el valor del agua por parte de la comunidad universitaria, se consideró cuantas veces a la semana compran agua embotellada, así como el gasto semanal y se multiplicó por el total de semanas de actividad escolar de la UNAM (42 semanas).

Valor social del SE de belleza escénica

Para la estimación del valor social que la comunidad universitaria tiene del paisaje pedregal se utilizaron los datos obtenidos de la foto encuesta. La parte correspondiente de la foto encuesta se divide en dos:

Foto encuesta paisajes de Ciudad Universitaria. Integrada por cuatro paisajes típicos:

1. pedregal (se aprecian elementos típicos del ecosistema)
2. áreas verdes/jardines (típicas áreas verdes amplias y abiertas)
3. pedregal modificado (se aprecian elementos típicos y no del pedregal)
4. pedregal construcción (se aprecian elementos del pedregal inmersos en las zonas construidas del campus)

Foto encuesta paisaje pedregal. Integrada por tres posibles escenarios futuros para Ciudad Universitaria:

1. paisaje con edificios
2. paisaje sin edificios
3. paisaje con un edificio

Los encuestados le asignaron un primer valor a los paisajes, el cual corresponde al orden consecutivo y ascendente de preferencia de paisaje (1, 2, 3, 4), partiendo del que más les gustó al que menos. Posteriormente se asignó una calificación a los paisajes, considerando una escala del 1 al 10 en valores enteros y sin

posibilidad de repetir. Donde 10 es el valor máximo de agrado y 1 el mínimo de agrado. De estos valores se obtuvo la media, la cual corresponde al valor promedio de la preferencia social que tiene la comunidad universitaria sobre los paisajes de Ciudad Universitaria.

Disponibilidad a pagar asegurar la conservación del pedregal

La disponibilidad a pagar (DAP) es la cantidad máxima que pagaría un consumidor por adquirir un determinado bien o servicio (Farber *et al.*, 2002). Para obtener la DAP para asegurar la conservación del pedregal se empleó la metodología de valoración contingente, en donde se parte del principio de la creación de un mercado hipotético para SE que no tienen un valor en el mercado, para este trabajo se empleó el SE de belleza escénica del pedregal. Para encontrar la DAP se obtuvo la media de la variable X44 (cantidad de dinero dispuesto a donar de forma anual para la conservación del pedregal) (Ver anexo 3). Además, se empleó el programa estadístico Gretl para obtener las variables que afectan la DAP al aumentarla o disminuirla. Posteriormente se obtuvo el valor no monetario de la DAP a través de la media de las variables X42 y X45, donde:

- X42 es la disponibilidad a cooperar monetariamente para la conservación del pedregal
- X45 es la disponibilidad a cooperar monetariamente para la conservación del pedregal bajo un escenario donde el pedregal ya no provee agua y la UNAM debe emplear presupuesto de educación/becas para el pago del suministro de este recurso

Ambas variables se componen de valores que van del 1 al 5, donde: 1 = nada; 2 = poco; 3 = regular; 4 = mucho y 5 = demasiado

RESULTADOS

Estado del arte del pedregal

El estado de arte del pedregal (Ver anexo 4) lo conforman un total de 433 publicaciones, de las cuales 160 son tesis, 149 artículos, 106 libros y 18 congresos. Al realizar el trabajo de gabinete se encontró que las publicaciones generaban información que se clasificó por tipo de SE (Ver tabla 4):

- Soporte: ciclo de nutrientes, formación de suelo, producción primaria, biodiversidad y polinización.
- Provisión: recursos ornamentales, recursos genéticos.
- Regulación: del clima, de disturbios, de agua y provisión de agua.
- Culturales: belleza escénica, recreación y ciencia y educación.

Tabla 4. Publicaciones por SE disponibles en la biblioteca digital de la REPSA

Servicio ecosistémico	Número de publicaciones revisadas
Soporte	183
Provisión	9
Regulación	17
Culturales	224
	Total= 433

Sistema socio-ecológico del pedregal

El sistema socio-ecológico del pedregal (Figura 14) de este trabajo se encuentra delimitado por el área ocupada por las instalaciones de ciudad universitaria, es decir, a partir de las 730 hectáreas sobre las cuales se construyó el campus.

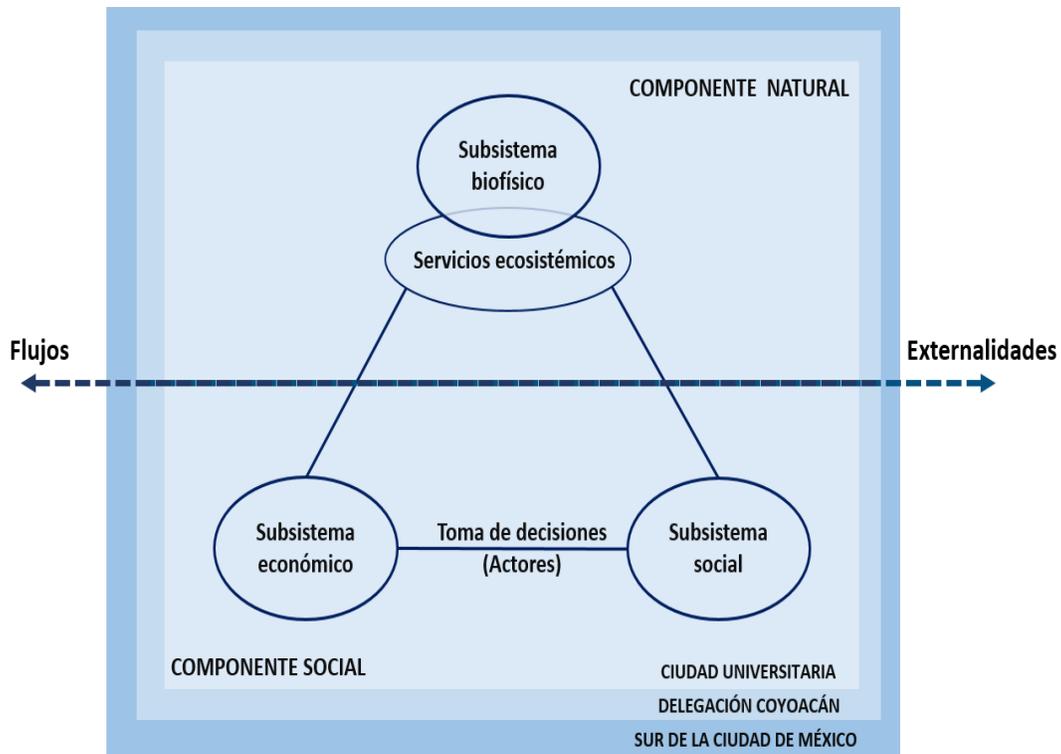


Figura 14. SSE del pedregal de Ciudad Universitaria en la CDMX. Adaptado del modelo conceptual ideal de un socio-ecosistema de Balvanera et al., 2011

El subsistema biofísico comprende al ecosistema del pedregal. Este enfatiza los factores ecológicos que determinan las interacciones entre sociedad-naturaleza y la provisión de SE, en particular la infiltración de agua y belleza escénica. Los componentes del ecosistema pedregal incluyen elementos bióticos (la biodiversidad),

elementos abióticos (condiciones climáticas, geomorfológicas, edáficas) y las interacciones entre ellos (los procesos ecosistémicos). Todo lo anterior es primordial para la provisión y mantenimiento de SE. El subsistema económico lo definen las actividades que han ocasionado la transformación del ecosistema pedregal, por ejemplo, el crecimiento urbano dentro de ciudad universitaria ha propiciado el aumento de actividades educativas, recreativas y laborales. En una escala territorial más amplia la urbanización sigue siendo un conductor de cambio directo en la modificación y subsecuente pérdida del pedregal. Este subsistema enfatiza la generación y necesidad de SE de provisión, principalmente el SE de provisión de agua, ya que el pedregal de CU es un espacio importante para la infiltración de agua. El análisis de la información socio-económica de la comunidad universitaria, así como la política de conservación de la REPSA, permite entender los cambios en la conservación del ecosistema del pedregal y en la provisión de SE. Además sirve de base para explorar las consecuencias de cambios sobre los servicios de provisión de agua y belleza escénica. El subsistema social comprende tanto a la comunidad universitaria (alumnos, trabajadores UNAM y académicos) como procesos sociales, tales como, la centralización de la educación superior y el aumento de la matrícula universitaria y sus efectos en el ecosistema (pérdida de cobertura, aumento en la demanda de agua). Estos procesos responden a una dinámica política interna, donde la toma de decisiones afecta las interrelaciones entre los subsistemas. A través del entendimiento de lo que quiere la comunidad universitaria y de cuanto valoran el pedregal es posible facilitar la inclusión social en la toma de decisión.

Análisis social

Se presentan los resultados de los 400 cuestionarios aplicados aleatoriamente dentro de CU. Los resultados se presentan en el orden del diseño de la encuesta. De las 400 personas encuestadas 226 fueron aplicadas a mujeres y 174 hombres, lo que corresponde al 56% y 44% respectivamente.

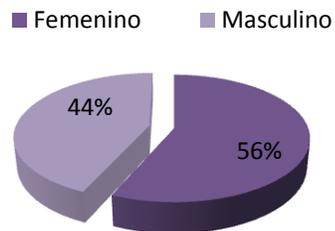


Figura 15. Proporción de hombres y mujeres encuestados en Ciudad Universitaria, CDMX

De la población encuestada la mayoría fueron estudiantes, seguido por los trabajadores UNAM y por último los académicos. Es importante mencionar que se encuestaron a más estudiantes, ya que estos mostraron mayor disponibilidad a contestar, mientras que trabajadores UNAM y académicos/investigadores mostraron menor disponibilidad para contestar.

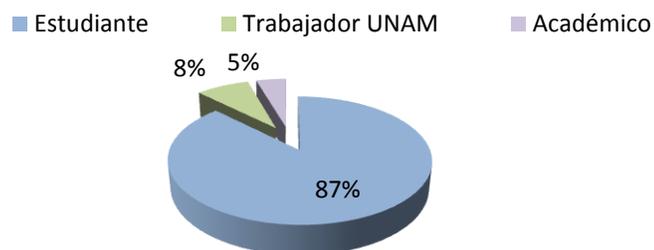


Figura 16. Proporción por ocupación de la comunidad universitaria de Ciudad Universitaria, CDMX

Para conocer el grado de escolaridad se consideró grado máximo de estudios terminado, así de los 400 encuestados 357 tienen como grado máximo de estudios educación media superior, es decir, son estudiantes de licenciatura (ver anexo 6). Sólo 34 personas dijeron tener maestría, 6 doctorado y 3 postdoctorado.

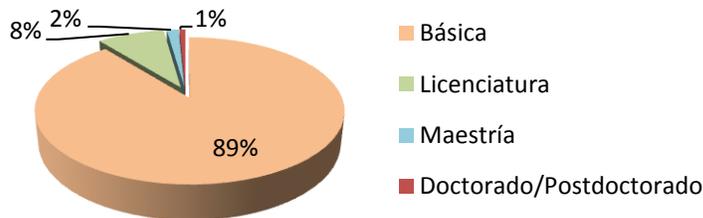


Figura 17. Proporción por grado de estudios de la comunidad universitaria de Ciudad Universitaria, CDMX

El 61% (243) de los encuestados conoce el pedregal y/o la REPSA, de éstos el 60% piensa que es importante y sólo el 1% se refirió de forma indiferente sobre su importancia.

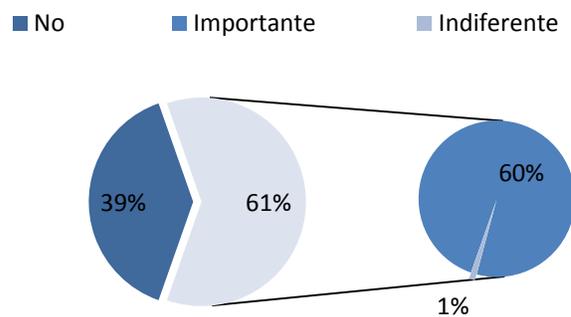


Figura 18. Proporción de la comunidad universitaria que conoce el pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX

Para conocer cómo percibe la comunidad universitaria el pedregal se les dio a elegir qué palabra(s) relacionaban con pedregal y/o REPSA a quienes contestaron que sí lo conocían. De los 243 encuestados que dijeron conocer el pedregal y/o REPSA, 226 lo relacionaron con medio ambiente/conservación, paisaje típico de ciudad universitaria obtuvo 154 menciones, filtra agua/recarga del manto 90 y sólo 10 personas consideran que es espacio desperdiciado.

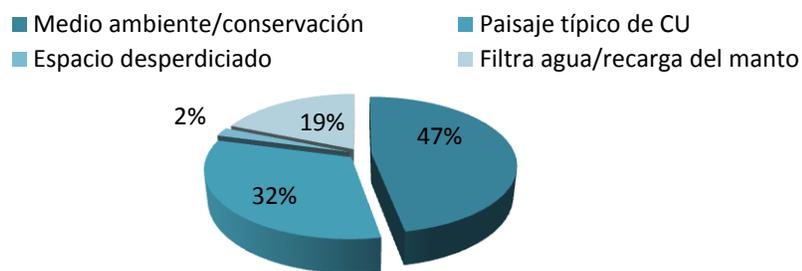


Figura 19. Percepción del pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX

Valor monetario del SE de provisión de agua

El campus universitario de la UNAM se ha visto beneficiado al no pagar el costo del agua que extrae de tres pozos (química, vivero alto y vivero bajo). En un período que comprende del año 2010 al 2015 (Ver tabla 5) la UNAM se ha ahorrado el monto total en pesos de \$174, 631,544.59. En el anexo 7 se encuentra el extenso del ejercicio.

Tabla 5. Costo del consumo anual de agua en Ciudad Universitaria

Año	Consumo anual en m ³	Costo de consumo
2010	101550.96	\$6,393,354.68
2011	304708.63	\$20,694,025.07
2012	433471.84	\$30,659,428.97
2013	495290.50	\$36,369,878.89
2014	544786.73	\$41,589,935.39
2015	494846.71	\$38,924,921.61
Total	2374655.38	\$174,631,544.59

Del análisis comparativo entre la media del costo del consumo de agua de CU y el presupuesto (Ver tabla 6), se encontró que si la UNAM tuviera que pagar el agua que se consume en el campus universitario, el presupuesto destinado para educación superior se reduciría en un 0.19% que equivale a \$34, 926,308.92.

Tabla 6. Afectación del presupuesto docencia nivel superior

Presupuesto UNAM 2015	Presupuesto docencia nivel superior	Media del costo del consumo de agua en CU
\$37,755,686,350.00	\$17,927,008,266.00	\$34,926,308.92
	% del presupuesto UNAM	% del presupuesto docencia nivel superior
	47.5	0.19

Del análisis de las encuestas se obtuvo que 254 personas toman agua de los bebederos, de estos 59 mencionaron que lo hacen porque perciben la calidad del agua como buena. La mayoría de los encuestados hizo mención sobre la conveniencia de aumentar el número de bebederos en el campus.

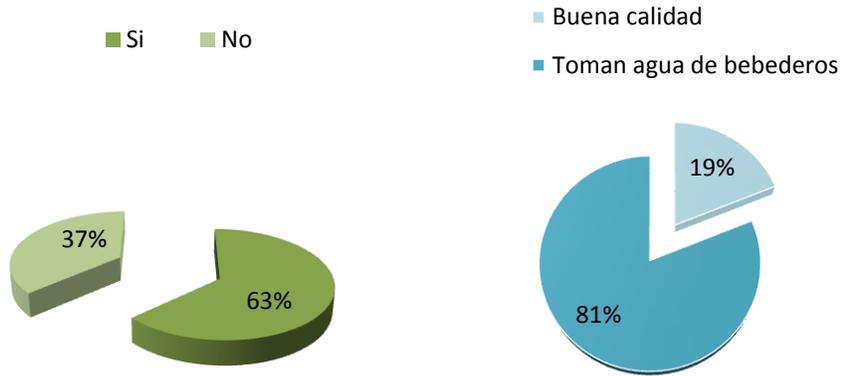


Figura 20. Consumidores de agua de bebederos en Ciudad Universitaria, CDMX

Figura 21. Percepción de la calidad del Agua de Ciudad Universitaria, CDMX

Se obtuvo que 219 personas compran agua embotellada, lo que es menor proporción comparada con los que toman agua de los bebederos. Pero aun así sigue siendo un número significativamente alto en cuanto a la producción de PET. Se estimó que el total del gasto anual que hace la comunidad universitaria corresponde a \$235,746.00 (Ver tabla 7).

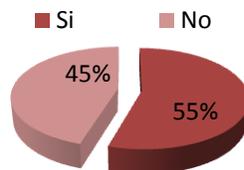


Figura 22. Consumidores de agua embotellada en Ciudad Universitaria, CDMX

Tabla 7. Costo monetario por el consumo de agua embotellada en Ciudad Universitaria, CDMX

Consumidores de agua embotellada	Promedio botellas semanal	Promedio de ml consumidos semanal	Gasto semanal por persona	Gasto semanal de consumidores	Gasto mensual de consumidores	Total anual
219	2.48	2557.68	\$25.63	\$5,613.00	\$22,452.00	\$235,746.00
Considerando toda la comunidad universitaria						
194700	2.48	2557.68	\$25.63	\$4,990,187.67	\$19,960,750.68	\$838,351,528.77

Valor no monetario del SE de belleza escénica del pedregal

Para la primer parte de valoración del paisaje pedregal se obtuvo que para la comunidad universitaria el paisaje pedregal sea valorado y preferido sobre los otros, incluso aquellos que implican uso educativo del espacio.

Tabla 8. Valor del paisaje pedregal para la comunidad universitaria de Ciudad Universitaria, CDMX

Paisaje	Preferencia	Valor promedio	¿Por qué?
Pedregal	1.93	8.18	Relajación
Área verde	3.14	6.36	Paso
Pedregal modificado	2.02	8.05	Relajación
Pedregal construcción	2.91	6.67	Recreación

Se observa que la comunidad universitaria valora más el paisaje que brinda el pedregal y el pedregal modificado que los paisajes de área verde y pedregal construcción (figura 23). Esta preferencia se asocia con los beneficios que obtienen de ellos como relajación.

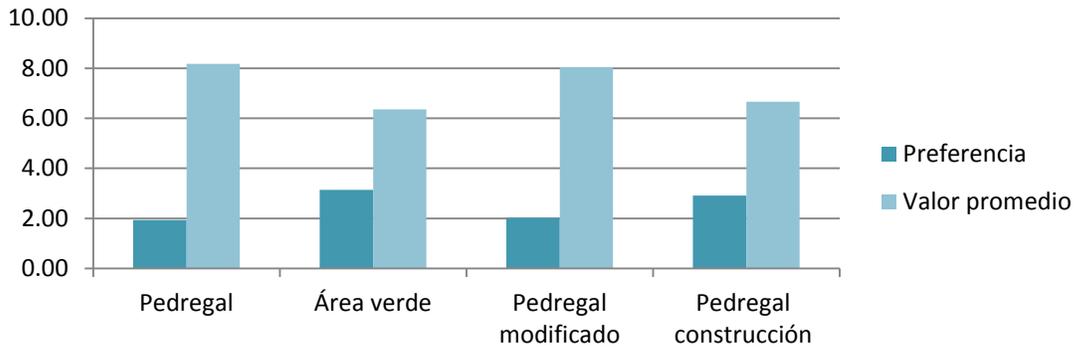
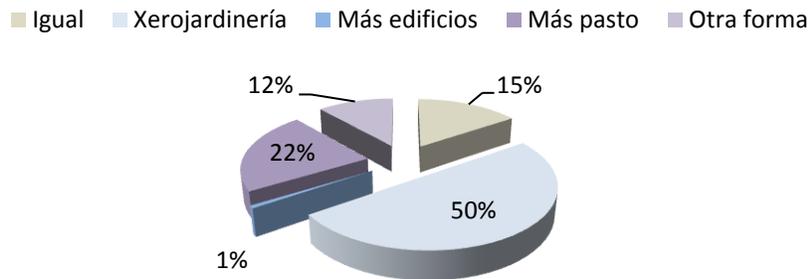


Figura 23. Valor y preferencia de los paisajes de Ciudad Universitaria, CDMX

Al preguntar ¿Cómo le gustaría ver a CU en un futuro? Se dio la opción de elegir una de cinco posibilidades, de las cuales xerojardinería (Camarena, 2010) recibió la mitad de las menciones. Destaca que sólo 3 encuestados mencionaron que más edificios, resultado que contrasta con el crecimiento continuo de Ciudad Universitaria.



Figura

Figura 24. Preferencia futura del paisaje de Ciudad Universitaria, CDMX

Estos resultados se respaldan por la forma en que la comunidad universitaria percibe la opción que eligieron. Al ser xerojardinería la opción con mayor menciones se obtuvo que de manera general la asocian con conservación, típico de CU, endémico y paisaje.



Figura 25. Nube de palabras que respaldan la preferencia por Xerojardinería (pedregal). Cada palabra se acompaña de la frecuencia con que se mencionó.

En la última foto-encuesta se obtuvo que la comunidad universitaria tiene mayor preferencia por el paisaje que brinda el pedregal que por el paisaje urbano (crecimiento urbano) de Ciudad Universitaria, aun cuando reconocen que este puede relacionarse con mayor oferta educativa.

Tabla 9. Preferencia y valor no monetario del paisaje pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX

Paisaje	Preferencia	Valor promedio	¿Por qué?
Con edificios	2.75	5.28	Muy urbanizado
Sin edificios	1.28	8.86	Paisaje/relajación
Con edificio	1.97	7.01	Se pierde paisaje

El paisaje con edificios fue el menos valorado por la comunidad universitaria ya que obtuvo una calificación promedio de 5, el paisaje con un edificio obtuvo una calificación promedio de 7 y la mención recurrente fue la pérdida del paisaje. Por otro lado, es evidente que la comunidad universitaria valora más el paisaje pedregal sin edificios ya que obtuvo el valor más alto. Estas preferencias se asocian con una serie de palabras que reflejan los valores anteriores (Figuras 26, 27 y 28).

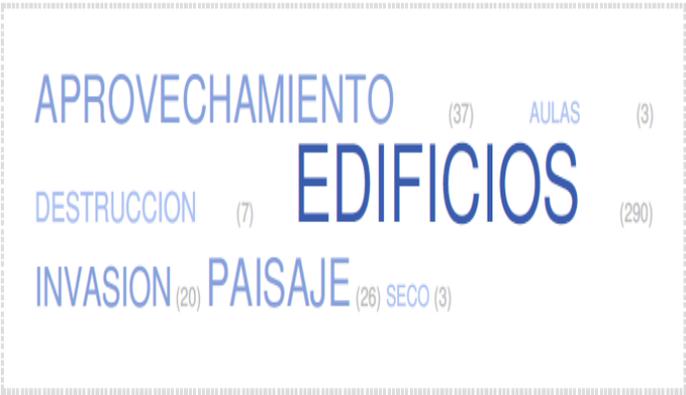


Figura 26. Nube de palabras del paisaje pedregal con edificios en Ciudad Universitaria, CDMX. Esta imagen refleja la baja preferencia y valor de la comunidad universitaria por este paisaje.



Figura 27. Nube de palabras del paisaje pedregal sin edificios en Ciudad Universitaria, CDMX. Esta imagen refleja alta preferencia y valor de la comunidad universitaria por este paisaje.



Figura 28. Nube de palabras del paisaje pedregal con un edificio en Ciudad Universitaria, CDMX. Esta imagen refleja preferencia y valor de la comunidad universitaria por este paisaje.

Disponibilidad a pagar por conservar el pedregal

Se obtuvo que la DAP anual por la conservación del pedregal es de \$ 577.78. Si este valor monetario se multiplica por el tamaño de la comunidad universitaria se obtiene el valor monetario dado por la comunidad universitaria (Ver tabla 9). Es importante mencionar que este valor únicamente contempla un SE (belleza escénica).

Tabla 10. DAP por conservar el pedregal de Ciudad Universitaria, CDMX

Comunidad universitaria	Media DAP	Valor pedregal
194700	\$577.78	\$112,493,766.00

Modelo econométrico: DAP por conservar el pedregal

A través de la metodología de valoración contingente se obtuvieron las variables que afectan la DAP haciendo que aumente o disminuya según el signo del coeficiente. Únicamente se consideraron las variables cuyo coeficiente tiene un valor P significativo.

Tabla 11. Variables que afectan la DAP por conservar el pedregal Ciudad Universitaria, CDMX

Variables	Coeficiente	P
X1	0.788599	*
X2	-0.0672203	***
X3	-0.656919	**
X6	-0.0704938	**
X42	3.09716	***
X45	1.65023	***
X49	1.03994	**

* 90% ** 95% *** 99%

El valor no monetario de la DAP; es decir, cuanto está dispuesta la comunidad universitaria a donar anualmente para la conservación del pedregal se encuentra en el valor 3 (regular). El valor de la DAP no monetario aumentó un 0.8 acercando el valor no monetario a casi 4 (muy dispuesta) con el supuesto en donde el pedregal se ha perdido y ya no hay provisión de agua, lo que repercute que estudiantes pierdan algún estímulo académico (Ver tabla 12).

Tabla 12. DAP con valor monetario

Valor no monetario de DAP	Valor no monetario de DAP con supuesto
3.0575	3.835

DISCUSIÓN

Estado de arte del pedregal

Una de las principales consideraciones de este trabajo es evidenciar la falta de trabajos que integren aspectos biológicos, económicos y sociales del pedregal. Este trabajo es uno de los primeros que contempla e integra lo anterior en valores monetarios y no monetarios dados por la comunidad universitaria.

El estado de arte sirve como base para saber el tipo de información que aún no ha sido generada o que podría ser trabajada con mayor profundidad. Tal es el caso de la información relacionada con la caracterización de servicios ecosistémicos del pedregal de San Ángel, ya que el único trabajo es el del Nava *et al.* (2009) en donde se hizo una identificación general de los servicios ecosistémicos que brinda este ecosistema relicto.

Sistema socio-ecológico del pedregal

Para poder establecer los principios de sostenibilidad se requiere de la capacidad social, ambiental y económica a escalas espaciales diferentes, que puedan sostenerse, reproducirse y funcionar de manera justa, eficaz y eficiente (Sobrino *et al.*, 2015). Además, implica la existencia de interacción social, cierta estabilidad y confianza de la comunidad e instituciones que inciten a la participación plural de la comunidad, sentido de pertenencia, identificación y orgullo. Los elementos mencionados se encuentran reunidos en la comunidad universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la cual, en su mayoría tiene un fuerte sentido de pertenencia por la UNAM. Más de la mitad de los encuestados conoce el pedregal y, de éstos, una tercera parte lo asocia como un paisaje típico de CU, lo que sugiere que en general la comunidad universitaria reconoce el pedregal como elemento de la Universidad. El análisis del pedregal de CU como parte de este SSE permite identificar, entender y las relaciones entre lo

biótico y abiótico. Considerar al pedregal, los servicios ecosistémicos que provee y la comunidad universitaria como parte de un SSE sirve para comprender y establecer estrategias que permitan la conservación integral del pedregal, por el sentido de pertenencia que tiene la comunidad. A partir de esta visión integral es posible asumir que el SSE del pedregal de CU puede funcionar como un modelo de desarrollo sostenible a pequeña escala.

Análisis social

La mayoría de las encuestas fueron contestadas por alumnos que asisten a Ciudad Universitaria, quienes mostraron no sólo mayor interés por contestar sino también preferencia por el pedregal. Aun cuando más de la mitad de la comunidad universitaria conoce el pedregal o REPSA y lo asocian con conservación/paisaje típico de CU, es importante considerar que este análisis sirve para conocer que tipo de estrategia de difusión y conservación del pedregal se debe diseñar para que sea captada por un mayor público. Como caso particular de este trabajo se sabe que el mensaje tendría que ser dirigido a los estudiantes de Ciudad Universitaria, principalmente a los de licenciatura.

Valoración monetaria y no monetaria servicios ecosistémicos del pedregal

La necesidad de valorar los servicios ecosistémicos surge, entre otras cosas, del hecho que hoy en día los ecosistemas se encuentran más estresados y son menos funcionales, lo que repercute en el bienestar humano (Balvanera *et al.*, 2001). Así la valoración monetaria de servicios ecosistémicos es sólo una aproximación del valor real, ya que las funciones ecológicas se reducen a valores. En el caso particular del pedregal, se partió del hecho de que es un ecosistema que forma parte de un SSE, y se entiende que su estudio se desarrolla por la complejidad de su ubicación (dentro de una mega urbe y del principal centro de estudio del país a nivel superior). Así la valoración económica de sus servicios

ecosistémicos es hasta el momento una aproximación. La finalidad de establecer valores monetarios es que permiten expresar las contribuciones relativas de todas las formas de capital (Costanza et al., 1997). Estas unidades monetarias, permiten reconocer la importancia de un ecosistema y de sus SE para que pueda ser entendido por la mayor parte de la gente. El valor de los SE puede ser expresado en diversas unidades, como lo sugieren Costanza et al. (2014) quienes mencionan tiempo, energía, tierra, agrado. Esta visión permite generar investigación interdisciplinaria, que repercute en un cambio en la forma en que se concibe la conservación y sus implicaciones en la generación de políticas públicas (Groot, 2010).

Valor monetario del SE de provisión de agua

El agua al ser un bien de uso común (alta rivalidad y no exclusivo) y que en la actualidad es escaso, debería estar sujeto a regulaciones que garanticen su suministro e impidan su desperdicio (Caro, 2012). Es por ello que un análisis de valoración económica permite dar un valor aproximado de este SE indispensable para la vida. En el caso del valor de provisión de agua del pedregal se encontró que la UNAM al no pagar los \$174, 631,544.59 implica que no existan afectaciones en su presupuesto. Debido a esto la UNAM debería tener una mayor responsabilidad socioambiental, ya que según Canteiro (sin publicar) en la actualidad la extracción de los pozos de agua de CU se hace del acuífero profundo, lo que implica que la superficie que queda del pedregal es limitada para la filtración de agua hacia el acuífero somero y la extracción es mayor que la filtración. Es decir, que el consumo de agua que se genera en el campus genera externalidades negativas, las cuales deberían ser compensadas al menos asegurando la conservación del pedregal de CU.

Por otra parte si tomamos en cuenta el gasto anual en el que incurre la comunidad universitaria por la compra de agua embotellada dentro del campus universitario el

cual es de \$235,746.00 para los encuestados y de \$838, 351,528.77 para toda la comunidad universitaria (194700 personas), es posible asociar este valor con la disponibilidad a pagar de la comunidad universitaria por obtener el servicio de agua para consumo humano. Si la comunidad está dispuesta a hacer este gasto se debe en parte a la mala percepción sobre la calidad del agua en el campus y a la falta de más bebederos.

Respecto a la falta de más bebederos, si se considera que según PUMAGUA el costo de los bebederos que han sido instalados en el campus universitario no asciende los \$11,000.00, con el costo anual obtenido de los consumidores de agua embotellada, se podrían instalar 23 bebederos al año.

Valor no monetario del SE de belleza escénica del pedregal

Para la comunidad universitaria los paisajes que brinda el pedregal son valorados por encima de los otros dos tipos de paisajes de CU (áreas verdes y pedregal con construcciones) según los resultados de la encuesta. Los beneficios que se obtienen del pedregal en función de las preferencias se relaciona con, la recreación (que engloba relajación y actividades de convivencia) y paisaje. Además, la comunidad justificó su elección asociando al pedregal con palabras como conservación, endémico, paisaje típico de CU, no más crecimiento urbano y ecosistema sustentable o autosuficiente. Estos resultados se refuerzan con los obtenidos para los tres posibles paisajes. En donde la comunidad prefirió y valoró más el paisaje del pedregal sin edificios, gracias a los beneficios como paisaje y relajación. Por otro lado, el paisaje del pedregal con edificios fue el menos preferido y valorado por la presencia de edificios, la cual se percibe como invasión y la imposibilidad de apreciar el paisaje del pedregal. El pedregal con un edificio fue elegido en segundo lugar debido a la asociación con el inicio de la

urbanización, para la comunidad universitaria la presencia de un edificio rompió el paisaje del pedregal. Estos resultados sugieren que la comunidad universitaria prefiere y valora más que se mantenga el paisaje que brinda el pedregal, por encima del crecimiento urbano de CU, aun cuando éste se asocia y justifica con progreso. Además, para la comunidad el hecho de mantener el paisaje del pedregal se asocia con conservación.

Disponibilidad a pagar por conservar el pedregal

La DAP anual obtenida para que se conserve el pedregal es un valor que va más allá de la cifra monetaria, ya que integra la percepción y preferencia de la comunidad. Por otro lado, el valor no monetario de la DAP dado por la comunidad es regular, este aumenta al poner un escenario en el que el pedregal se ha perdido por el crecimiento urbano de CU y deja de haber autoabastecimiento de agua. Esto se puede deber principalmente a que la comunidad universitaria se vería afectada al perder ciertos beneficios como las becas, el paisaje que brinda el pedregal. Los valores, monetario y no monetario, están relacionados con cuanto valora la comunidad universitaria el paisaje del pedregal o belleza escénica. Estos deben ser considerados para la elaboración de estrategias de manejo para el pedregal, ya que integra y considera la percepción social.

Modelo econométrico: DAP por conservar el pedregal

La variable de género indica que la DAP por conservar el pedregal incrementa en un 78% si es mujer lo que sugiere que si se implementará algún fondo de apoyo para la conservación del pedregal, las estrategias de difusión deberían ir enfocadas más a este sector.

Un aumento del 100% en la edad de la comunidad universitaria la DAP por conservar el pedregal disminuye en un 6%. Esto se podría asociar a un cambio generacional; en donde las nuevas generaciones cuentan con una mayor conciencia respecto al ambiente, ya que las afectaciones causadas a este último por el hombre son evidentes y se asocian a la disminución del bienestar humano. Mientras que las personas de mayor edad conciben a los recursos como infinitos. La edad promedio de la comunidad universitaria es de 23.6 años, edad que se relaciona con la ocupación estudiante, la cual según el modelo econométrico tiene mayor interés por conservar el pedregal.

La variable ocupación indica que a medida que se tiene un mayor nivel de ocupación, la DAP por conservar el pedregal disminuye en un 65% (esta variable podría relacionarse con nivel de estudios). Además, se asocia con la edad, ya que entre mayor nivel de ocupación (trabajador UNAM o profesor/investigador) la edad es mayor; mientras que si se es estudiante la edad es menor y la DAP es aumenta. Es decir, esta variable, podría estar relacionada con el cambio generacional, antes mencionado, sobre la percepción del ambiente.

Un aumento del 100% en el tiempo en años que se ha pasado (estudiando, trabajando) en Ciudad Universitaria, disminuye en un 7% la DAP por conservar el pedregal. Es decir, a mayor antigüedad menor DAP por conservar. Esta variable al igual que las dos anteriores se puede ver influenciada por el cambio generacional. Ya que a mayor número de años que ha trabajado o estudiado algún miembro de la comunidad universitaria, el nivel de ocupación y la edad es mayor.

A medida que la comunidad universitaria prefiere cooperar monetariamente para la conservación del pedregal que realizar actividades de limpieza y/o separar basura, la DAP anual aumenta un 300%. Esto puede servir como base para elaborar

campañas que incentiven la donación monetaria para la conservación del pedregal.

La DAP por conservar el pedregal aumenta en un 165% bajo el supuesto de que si ya no hay pedregal, entonces no hay filtración de agua provocando el uso de recursos destinados a becas y/o investigación para pagar el suministro externo de agua. Lo que indica que la comunidad universitaria realmente le interesa conservar el pedregal del campus, con la finalidad de asegurar la provisión de beneficios que perciben les brinda y que no obtienen de otros sitios.

Un aumento del 100% en recibir apoyos económicos incrementa en un 103% la DAP para la conservación del pedregal. Es decir, si se es estudiante la DAP aumenta, ya que se asocia con el cambio generacional como se ha encontrado en otras variables. Además, el ser estudiante implica la falta de un ingreso propio y seguro, dependiendo económicamente de terceros. Lo que indica que si se cuenta con mayor diversidad de ingresos la DAP aumenta.

La metodología de valoración contingente para la valoración monetaria del servicio ecosistémico de belleza escénica, además de definir la DAP por parte de la comunidad universitaria da una herramienta que puede ser utilizada como parte de una estrategia de conservación, ya que, el valor monetario obtenido en este análisis refleja la percepción de la comunidad y lo que ésta quiere.

Hacia una Ciudad Universitaria sostenible

Hoy en día no se busca frenar la urbanización de las ciudades, sino saber cómo aprovechar las oportunidades que ofrece, minimizando sus externalidades y logrando ciudades más justas, eficientes y responsables en la gestión del

ambiente (Sobrino *et al.*, 2015). Este debería ser el caso de Ciudad Universitaria, la cual en los últimos años ha aumentado su superficie construida según L. Zambrano (com. pers.), sin tomar en cuenta lo que la comunidad universitaria opina y la capacidad de carga e integridad del pedregal.

Hoy en día el pedregal de Ciudad Universitaria es parte de un gran desafío, al ser visto, por una parte de la comunidad, como un espacio susceptible para edificaciones. Mientras que otra parte de la comunidad de Ciudad Universitaria considera que debe ser vista y entendida como modelo de desarrollo sostenible para la CDMX. Para alcanzar esto, debe ser prioridad para las autoridades universitarias pensar que las modificaciones que se hagan del campus sean sostenibles, a través del respeto y mantenimiento del pedregal y de los servicios ecosistémicos que brinda. Ya que, este último genera bienestar no sólo a la comunidad universitaria sino también a los habitantes del sur de la CDMX (CONABIO, 2016).

Si bien uno de los argumento más fuertes señala que las ciudades nunca lograrán la sostenibilidad, porque dependen de la importación de bienes, servicios y energía, tanto de ecosistemas cercanos como lejanos; es posible y urgente aminorar el impacto ambiental de los centros urbanos (Sobrino *et al.*, 2015), a través de acciones urbano-locales, como por ejemplo, la conservación de las áreas verdes urbanas y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos que brindan. Por último, Ciudad Universitaria debe ser modelo de desarrollo sostenible considerando a este no como un estado ideal y estático, sino es un proceso continuo de mejoras que contribuyen al desarrollo sostenible a una escala mayor.

CONCLUSIONES

- El análisis de los servicios ecosistémicos que brinda el pedregal bajo el marco conceptual de SSE permite la integración del hombre en la naturaleza a través de los beneficios que recibe de él.
- Valorar económicamente los servicios ecosistémicos que brinda el pedregal permite generar una mejor interpretación de los beneficios que brindan al bienestar humano.
- La valoración económica de los servicios ecosistémicos del pedregal es un acercamiento para generar una gestión ambiental que garantice su provisión y goce sostenible en el tiempo.
- Al integrar en la valoración económica de los servicios ecosistémicos del pedregal las preferencias de la comunidad universitaria se estableció un valor agregado, que debe ser empleado como referencia para la conservación y no para la mercantilización de este ecosistema.
- La valoración contingente sirve como modelo para la implementación de estrategias de conservación y difusión del pedregal; ya que evidencia que variables afectan la DAP y cómo la afectan.

- El pedregal es un laboratorio viviente, considerando la cantidad de publicaciones, que ha servido para la generación de conocimiento, formación de capacidades y como modelo de estudio y conservación.
- El análisis integral de beneficios realizado en áreas controladas como el pedregal de CU, permite resaltar la importancia de conservarlas y que sean percibidas como modelos de estudio que pueden replicarse en otras áreas.
- Se requieren más estudios interdisciplinarios sobre el pedregal que integren información social, ambiental y económica del pedregal, con la finalidad de reforzar la importancia de conservar este ecosistema.
- Las campañas de difusión sobre la importancia de conservar el pedregal deben estar dirigidas al sector estudiante de la comunidad universitaria.
- La UNAM debe ser vista como autoridad e institución congruente de la conservación de las áreas verdes urbanas que aún quedan en esta mega urbe, con la finalidad de garantizar la satisfacción de bienes y servicios in situ.

REFERENCIAS

- Balvanera, P. y Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta ecológica*, 84-85, 8-15.
- Balvanera, P., Castillo, A., Avila, P., Caballero, K., Flores, A., Galicia, C. *et al.* (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. En: Laterra, P. (ed.). *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 39-67). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Inta.
- CCAD-PNUD/GEF. (2002). Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Proyecto para la consolidación del corredor biológico mesoamericano. (pp 147). Nicaragua.
- Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P., Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society*, 18(4), 26.
- Camacho, V. y Ruíz, L. (2011). Conceptual framework and classification of ecosystem services. *Bio Ciencias*, 1(4),3-15.
- Camagni, R. (2005). *Economía Urbana*. Barcelona, España: Antoni Bosch.
- Camarena, B. P. (2010). Guía para el diseño de los jardines de Ciudad Universitaria. Coordinación de la investigación científica (pp. 92). D.F., México.
- Cano-Santana, Z., I. Pisanty, S. Segura, P.E. Mendoza-Hernández, R. León-Rico, J. Soberón, E. Tovar, et al. (2006). Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. En: K. Oyama y A. Castillo (eds.). *Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México: perspectivas desde la investigación científica* (pp. 203-226). D.F., México: Siglo XXI.

- Carabias, J. y Soberón, J. (1994). Presentación. En: A. Rojo (ed.). *Reserva Ecológica "El Pedregal de San Ángel", ecología, historia natural y manejo*. (pp. 1-5). UNAM, D.F. México.
- Castillo-Argüero, S., Montes, G., Romero, C., Martínez, R., Guadarrama, O., Sánchez C. (2004). Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Boletín Sociedad Botánica de México*, 74, 51-75.
- Common, M. y Stagl, S. (2008). *Introducción a la economía ecológica* (pp. 522), España: Editorial Reverté.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (CONABIO) Y Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). (2016). La biodiversidad en la Ciudad de México. CONABIO/SEDEMA. México.
- Costanza, R., darge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., van den Belt, M., (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260.
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158.
- Daily, G.C., 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., Brown, C. (2011). The social dimension of sustainable development: Defining urban social sustainability. *Sustainable Development*, 19(5), 289- 300.
- de Groot, R., 1987. Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist Summer*, 7, 105–109.

- De Groot, R., R. Akemede, L., Braat, L., Hein, y L. Willemsen. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning , management and decision making. *Ecological Complexity*, 7, 260-272.
- Dixon, J. A., Scura, F., Carpenter, R., Sherman, P. (1988). Economic Analysis of Environmental Impacts. *Earthscan Publications*, London. (pp. 205)
- Escobar, L., Jiménez, J.S. (2009). Urbanismo y sustentabilidad: estado actual del desarrollo urbano de la ZMVM. *Revista digital universitaria*, 10(7), 1-22.
- Farber, S. Costanza, R. Wilson, M. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41, 375-392.
- Fisher, B., Turner, K., Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics* 68:643-653.
- Flores-Xolocotzi, R. (2012). Incorporando desarrollo sustentable y gobernanza a la gestión y planificación de áreas verdes urbanas. *Frontera norte*, 24(48), 26.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal (GODF). (2006). Decreto por el que se establece como área natural protegida del Distrito Federal, con categoría de zona de conservación ecológica, el área conocida con el nombre de “Ecoguardas”. 29 de noviembre. México.
- Gaceta Oficial de la Ciudad de México (GOCDMX). (2016). Consultado: marzo, 2017. En: http://www.sacmex.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/6_tarifas172.pdf.
- Gallopín, G. C., S. Funtowicz, M. O'Connor, and J. Ravetz. (2001). Science for the twenty-first century: from social contract to the scientific core. *International Social Science Journal*, 53, 219-229.
- Garrocho, C. Campos, J. (2005). La población adulta mayor en el área metropolitana de Toluca, 1990-2000. *Papeles de Población*, 45, 71-106.

- INEGI. (2011). *XIII Censo de Población y Vivienda 2010. Resultados Definitivos*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Internet, recuperado de: www.inegi.org.mx
- Juárez-Orozco, S. y Z. Cano-Santana. (2007). El cuarto elemento y los seres vivos: ecología del fuego. *Ciencias*, 85, 4-12.
- Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). (2009). Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Libro Conmemorativo del 25 aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria (1983-2008). Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Coordinación de la Investigación Científica, UNAM., México, D.F. 538 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2003). *Ecosystems and human well-being*, Capítulo 2: Ecosystem and their services. Millennium Ecosystem Assessment.
- Nava-López, M., J. Jujnovsky, R. Salinas, G., J. Álvarez, S., L. Almeida, L. (2009). Servicios ecosistémicos. En: Lot. A., Cano-Santana Z. (ed.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel* (pp. 51-60). México: UNAM.
- Organización de las Naciones Unidad (ONU). Agenda Hábitat. (1996). Consultado en: http://www.unhabitat.org/declarations/documents/The_Habitat_Agenda.pdf
- Ostrom, E. (1999). Self governance and forest resources. *Ocassional paper*, 62(20), 1-15.
- Paruelo, J. (2011). Valoración de servicios ecosistémicos y planificación del uso del territorio: ¿Es necesario hablar de dinero?. 2011. En: Laterra, P. (ed.). *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 121-142). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Inta.
- Pisanty, I., Mazari, M., & Ezcurra, E. (2009). Contenido. In *Capital natural de México: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 719–759). México: Comisión Nacional para el Uso Conocimiento de la Biodiversidad en México.

- Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT). (2003). Manejo y conservación de áreas verdes. Elementos básicos. En: *Informe anual, apéndice temático*, (pp. 30).
- Reyers, B. et al. (2013). Getting the measure of ecosystem services: A social-ecological approach. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), 268-273.
- Román, J., A. (2008). La UNAM, comprometida con el cuidado del medio ambiente, dice el rector Narro. La Jornada. Consultado en:
<http://www.jornada.unam.mx/2008/11/25/index.php?section=sociedad&article=046n1soc>.
- Rzedowski, J. (1954). Vegetación del Pedregal de San Ángel. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 8, 59-129.
- Sanz, M., L. (2003). Análisis de Redes Sociales: o como representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 21-29.
- Satterthwaite, D. (1999). Sustainable cities or cities that contribute to a sustainable development?. *Urban Studies*, 34(10), 1667-1691.
- Soberón, J., M. de la Cruz y G. Jiménez. (1991). Ecología hipotética de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Ciencia y Desarrollo*, 99, 25-38.
- Sobrino, J., Garrocho, C., Graizbord, B., Brambila, C., Agular, A. (2015a). La distribución del ambiente. En: *Ciudades sostenibles en México: una propuesta conceptual y operativa* (pp. 3-48). México.
- UN-Habitat (United Nations Programme for Human Settlements). (2008). State of the World's cities: Bridging the urban divide. Nueva York. Consultado en:
<http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2917>
- Torres-Carral, G. (2008). La ciudad de México: entre la vulnerabilidad ambiental y la sustentabilidad. *Economía, Sociedad y Territorio*, 28(8), 1067-1078.

Tudela, F. (2002) Los síndromes de sostenibilidad del desarrollo. El caso de México. Santiago de Chile: Naciones Unidas, 2002.

Turner, R. K. et al. (2003). Valuing nature: Lessons learned and future research directions. *Ecological Economics*, 46(3), 493-510.

ANEXOS

Anexo 1. Comunidad universitaria de Ciudad Universitaria, UNAM

Entidad académica	Alumnos			Profesores Investigadores	Personal administrativo
	Licenciatura	Posgrado	Total		
Facultad de Arquitectura	7097	576	7673	1206	PERSONAL ADMINISTRATIVO DE BASE 26072
Facultad de Ciencias	8394	351	8745	2888	Rama Administrativa 6970
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales	11264	488	11752	1877	Rama Obrera 731
Facultad de Contaduría y Administración	16207	2137	18344	2208	Rama Auxiliar en Administración 9694
Facultad de Derecho	11856	1710	13566	1699	Rama Obrera Especializada 1382
Facultad de Economía	5563	278	5841	1163	Rama Técnica Especializada 6706
Facultad de Filosofía y Letras	11785	2172	13957	1435	Rama Profesional 589
Facultad de Ingeniería	13134	1267	14401	2228	
Facultad de Medicina	6553	11408	17961	3852	
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	3258	385	3643	902	PERSONAL ADMINISTRATIVO DE CONFIANZA 3664
Facultad de Odontología	2814	353	3167	976	
Facultad de Psicología	3965	362	4327	541	
Facultad de Química	7186	1165	8351	1308	
Escuela Nacional de Trabajo Social	3079	133	3212	421	
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo		8	8	110	
Centro de Ciencias de la Atmósfera		58	58	80	
Centro de Enseñanza de Lenguas		69	69	357	
Centro de Enseñanza para Extranjeros				89	
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Centro de Investigaciones sobre América				76	
Centro de Investigaciones sobre América				44	
Centro Universitario de Estudios				63	
Instituto de Astronomía		49	49	79	
Instituto de Biología		148	148	145	
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología		262	262	64	
Instituto de Ciencias Nucleares		57	57	84	
Instituto de Ecología		196	196	65	
Instituto de Física		122	122	167	
Instituto de Fisiología Celular		104	104	144	
Instituto de Geofísica		136	136	101	
Instituto de Geografía				85	
Instituto de Geología		143	143	85	
Instituto de Ingeniería		169	169	184	
Instituto de Investigaciones Antropológicas				85	
Instituto de Investigaciones Bibliográficas				101	
Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información				51	
Instituto de Investigaciones Biomédicas		144	144	169	
Instituto de Investigaciones Económicas		69	69	117	
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas		204	204	103	
Instituto de Investigaciones en Materiales		275	275	82	
Instituto de Investigaciones Estéticas				110	
Instituto de Investigaciones Filológicas		41	41	175	
Instituto de Investigaciones Filosóficas				63	
Instituto de Investigaciones Históricas				67	
Instituto de Investigaciones Jurídicas				144	
Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación				102	
Instituto de Investigaciones Sociales				111	
Instituto de Matemáticas		137	137	81	
Instituto de Química		22	22	104	
Otras dependencias				1173	
Total	112155	25198	137353	27611	29736
194700					

Anexo 2. Encuesta que se aplicó a la comunidad de Ciudad Universitaria



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
FACULTAD DE CIENCIAS



Valoración socioeconómica de servicios ecosistémicos del pedregal de San Ángel

La finalidad de esta encuesta es valorar los beneficios que usted obtiene del pedregal. Forma parte de mi proyecto de maestría. ¿Está bien si le tomo unos minutos para que me responda esta encuesta?

Número encuesta:

Fecha:

X1 Género:

X2 Edad:

X3 Ocupación:

X4 Carrera/Profesión:

X5 Facultad donde trabaja/estudia:

X6 Si trabaja, desde cuándo:

Si estudia, que semestre cursa:

I. Sección introductoria: uso del pedregal

1. **X7** ¿Con qué frecuencia a la semana visita/está en CU?
2. **X8** Si es académico o estudiante indique grado de estudio y entidad de procedencia:

FOTO ENCUESTA

Le presento cuatro fotografías de diferentes paisajes en CU: pedregal (P), jardines/área verde (J), pedregal alterado (PA) y pedregal con construcción (PC).

Mostrar las cuatro fotografías de los cuatro tipos de paisaje en CU (pedregal, jardines/área verde, pedregal alterado y pedregal con construcción). Presentar simultáneamente todas las fotos.

X9 ¿Usted identifica estos cuatro tipos de paisaje en CU? () Si () No
¿Cuáles? **X10** Pedregal **X11** Jardín **X12** Pedregal Alterado **X13** Pedregal Construcción

3. Por favor, acomode las fotografías en función de la más importante a la menos importante para usted. *Este orden no se puede repetir, es decir, no puede haber dos paisajes con el puesto 2.*



4. Otorgue un valor irrepetible del 1 al 10 a cada uno de los paisajes (*donde 1 es lo menos preferido y 10 lo más preferido*).

Paisaje	Orden	Valor del 1 al 10	3.2 ¿Qué uso le da al paisaje?
Pedregal	X14	X18	X22
Jardines/área verde	X15	X19	X23
Pedregal alterado	X16	X20	X24
Pedregal con construcción	X17	X21	X25

II. Preguntas de identificación de beneficios del pedregal

X26 5. ¿Conoce el pedregal y/o Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA)?	() SI () NO, pasar a la pregunta 8
X27 6. ¿Qué piensa del pedregal y/o REPSA?	() Importante, X28 ¿Por qué? () Indiferente, no lo conoce.
7. De las siguientes opciones ¿Cuál relaciona con pedregal o REPSA?	1-medio ambiente/conservación-----X29----- 2-paisaje típico de CU-----X30----- 3-espacio desperdiciado-----X31----- 4-filtra agua/recarga del manto-----X32-----
X33 8. ¿Toma agua de los bebederos?	() SI () NO X34 ¿Por qué?
X35 9. ¿Compra agua embotellada?	() SI, pasa a pregunta 10 () NO, pasa a pregunta 11
10. ¿Cuántas veces a la semana? ¿Cuánto gasta?	X36 # veces : X37 \$: X38 volumen en ml:



III. Sección de valoración

A continuación le haré saber información relevante sobre el ecosistema pedregal de San Ángel que se encuentra en Ciudad Universitaria.

Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, es un lugar icónico de México y del mundo, ya que dentro de ella hay una *reserva ecológica*. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) es un lugar de gran importancia ambiental para la ciudad de México, ya que el pedregal alberga alrededor de 1,500 especies de flora y fauna. Además, el pedregal de CU es un espacio importante para la captación de agua, al estar conformado por lava fracturada hay una mayor filtración de agua hacia el subsuelo, beneficiando al sur de la ciudad y CU, ya que esta última se *auto-abastece de agua*.

Después de conocer esta breve información, conteste las siguientes preguntas en escala del 1 al 5, considerando que: 1= nada, 2 = poco, 3 = regular, 4 = mucho y 5 = demasiado.

X39 11. ¿Qué tanto valora que CU cuente con su propio abastecimiento de agua, es decir, no depende de ninguna red de distribución de la Ciudad de México.

X40 DAP (si dan un valor diferente de 1 en cooperación monetaria; SI=1 y NO=0)

12. ¿Qué tanto está dispuesto a contribuir con la conservación del pedregal de CU? **Asigne un valor a las siguientes opciones**

- **X41** Actividades programadas de limpieza
- **X42** Cooperación monetaria
- **X43** No tirando basura/ separando basura

X44 Sólo si asigno un valor distinto de 1 a *cooperación monetaria*, ¿Cuánto dinero estaría dispuesto a donar anualmente para la conservación del pedregal?

Bajo el siguiente supuesto: si la UNAM tuviera que pagar por el abastecimiento de agua para CU proveniente de fuentes externas, entonces tendría que usar parte del presupuesto destinado a la investigación y/o becas. Conteste:

X45 13. ¿Qué tanto estaría dispuesto a contribuir (cooperación monetaria) con la conservación del pedregal de CU para asegurar el auto-abastecimiento de agua? (Ver si cambiaría el valor asignado arriba)



IV. Preguntas de seguimiento

<p>X46 14. ¿En un futuro, cómo le gustaría ver CU?</p> <p>a. Igual que en la actualidad b. Con xerojardinería (pedregal como paisaje) c. Con más edificios d. Con más pasto e. Otro</p>	<p>X47 ¿Por qué?</p>
--	-----------------------------

V. Preguntas socio-económicas

<p>X48 15. ¿Tiene otra actividad u ocupación?</p>	<p><input type="checkbox"/> Empleo formal <input type="checkbox"/> Renta de inmuebles <input type="checkbox"/> Empleo informal <input type="checkbox"/> Beca <input type="checkbox"/> Ninguna</p>
<p>X49 16. ¿Recibe apoyos económicos de algún familiar o institución?</p>	<p><input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No</p>

17. Ordene las siguientes fotografías de la que más le gustó a la que menos.

Fotografía	Orden	Valor del 1 al 10	¿Por qué?
A	X50	X53	X56
B	X51	X54	X57
C	X52	X55	X58

X59 ¿Le gustaría que construyeran otro edificio en su facultad/dependencia?

Si ()
 No ()

Anexo 3. Variables categóricas e identificador de preguntas

Número de pregunta	ID	Variables
	X1	Género; M=1 H=0
	X2	Edad
	X3	Ocupación (estudiante 1, trabajador UNAM 2, Profesor/investigador 3)
	X4	Carrera
	X5	Facultad
	X6	Trabaja/estudia en años
1	X7	Frecuencia en días a la semana visita CU
2	X8	Grado de estudios (básica=1; licenciatura=2; maestría=3; doctorado/postdoc=4)
3	X9	Identificación de paisajes CU; SI=1 NO=0
3ª	X10	Foto pedregal
3b	X11	Foto área verde
3c	X12	Foto pedregal modificado
3d	X13	Foto pedregal construcción
4ª	X14	Orden Pedregal
4b	X15	Orden jardín/área
4c	X16	Orden Pedregal alterado
4d	X17	Orden Pedregal construcción
4e	X18	Pedregal
4f	X19	Jardín/área
4g	X20	Pedregal alterado
4h	X21	Pedregal construcción
	X22	¿Por qué?/Uso Pedregal
	X23	¿Por qué?/Uso jardín/área
	X24	¿Por qué?/Uso Pedregal alterado
	X25	¿Por qué?/Uso Pedregal construcción
5	X26	Conoce el pedregal; SI=1 NO=0 (PASA A P8)
6	X27	Qué piensa del pedregal; IMPORTANTE=1 INDIFERENTE=0
6a	X28	¿Por qué?
7a	X29	Medio ambiente/conservación
7b	X30	Paisaje típico
7c	X31	Espacio desperdiciado
7d	X32	Filtra agua/recarga del manto
8	X33	Toma agua de bebederos; SI=1 NO=0
8a	X34	¿Por qué?

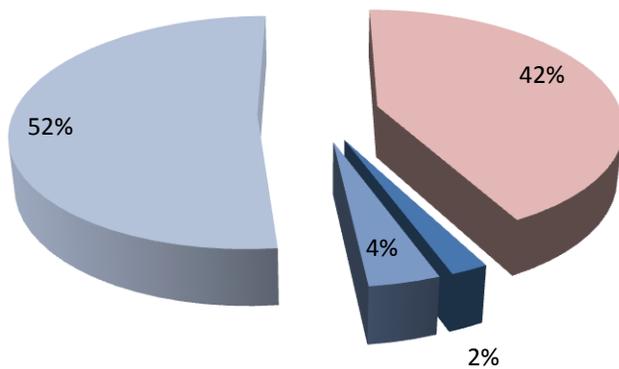
9	X35	Compra agua embotellada; SI=1 NO=0 (PASA A P11)
10	X36	Veces compra agua embotellada
10a	X37	Dinero gastado
10b	X38	Capacidad en ml
11	X39	Valor del autoabastecimiento de agua
11a	X40	Disponibilidad a contribuir con conservación
12	X41	Actividades de limpieza
12	X42	Cooperación monetaria
12	X43	No tirando basura/separándola
12a	X44	Disponibilidad a donar anualmente en pesos
13	X45	Disponibilidad a donar anualmente con supuesto
14	X46	En un futuro como le gustaría ver CU; 1=IGUAL, 2=XEROJARDINERIA, 3=MAS EDIFICIOS, 4=MAS PASTO, 5=OTRO
14a	X47	¿Por qué?
15	X48	Otra actividad económica; 1=EMPLEO FORMAL, 2=RENTA, 3=EMPLEO INFORMAL, 4=BECA, 5=NINGUNO
16	X49	Apoyos económicos; 1=FAMILIAR, 2=INSTITUCIÓN 0=DE NADIE
17	X50	Espacio edificios
17a	X51	Espacio sin edificios
17b	X52	Espacio con H
17c	X53	Espacio edificios
17d	X54	Espacio sin edificios
17e	X55	Espacio con H
17f	X56	¿Por qué?
17g	X57	¿Por qué?
17h	X58	¿Por qué?
18	X59	¿Le gustaría otro edificio en su dependencia?

Anexo 4. Tabla estado del arte por tipo de SE y publicación

Fuente	Soporte					Provisión		Regulación				Culturales			TOTAL
	Ciclo de nutrientes	Formación de suelo	Producción primaria	Biodiversidad	Polinización	Recursos ornamentales	Recursos genéticos	Del clima	Disturbios	De agua	Provisión de agua	Belleza escénica	Recreación	Ciencia y educación	
Libros	2	1	1	51	6	3	1	0	1	1	1	6	1	31	106
Artículos	5	9	1	44	4	0	0	0	4	1	0	8	1	72	149
Tesis	0	5	3	33	4	3	2	3	1	5	0	6	1	94	160
Congresos	0	6	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18
Total	7	21	12	129	14	6	3	3	6	7	1	20	3	201	433

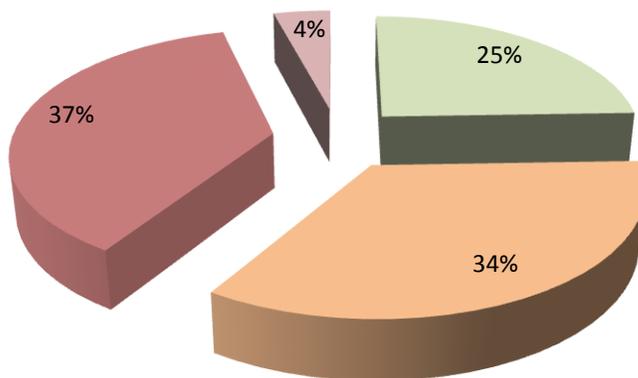
Anexo 5. Gráfico del estado de arte

■ Soporte ■ Provisión ■ Regulación ■ Culturales



Tipos de servicios ecosistémicos

■ Libros ■ Artículos ■ Tesis ■ Congresos



Tipo de fuente

Anexo 6. Tabla de número de estudiantes por licenciatura

Carrera	Estudiantes
Actuaría	4
Administración	9
Administración pública	1
Arquitectura	44
Bibliotecaria	3
Biología	23
Ciencia e ingeniería de materiales	1
Ciencia forense	1
Ciencias bioquímicas	1
Ciencias de la computación	5
Ciencias de la comunicación	12
Ciencias de la tierra	7
Ciencias políticas y administración pública	1
Contaduría	13
Derecho	15
Desarrollo y gestión interculturales	3
Diseño y comunicación visual	2
Diseño industrial	2
Economía	11
Enfermería	3
Estudios latinoamericanos	4
Filosofía y letras	7
Física	8
Fisioterapia	1
Geografía	6
Historia	15
Ingeniería industrial	1
Ingeniería mecánica	2
Ingeniería petrolera	3
Ingeniería mecatrónica	4
Ingeniería química	1
Ingeniería metalúrgica	2

Lengua y literatura hispánica	1
Letras hispánicas	4
Lenguas extranjeras	1
Literatura dramática y teatro	1
Matemáticas	9
Medicina	17
Relaciones internacionales	1
Sociología	7
Odontología	6
Pedagogía	5
Psicología	16
Química	11
Química farmacéutico biológica	3
Trabajo social	21
Urbanismo	7
Veterinaria	32
Total	357

Anexo 7. Costos por consumo de agua en Ciudad Universitaria

Año	Consumo promedio mensual en m ³	Consumo anual en m ³	Cuota por 90 m ³	Precio de 30 m ³ (de 90m ³ hasta 120 m ³)	Precio por m ³ rebasados los 120m ³	Total
2010	8462.58	101550.96	\$1,955.14	\$1,248.90	\$63.00	\$6,393,354.68
2011	25392.39	304708.63	\$2,025.53	\$1,293.90	\$67.93	\$20,694,025.07
2012	36122.65	433471.84	\$2,771.97	\$1,347.60	\$70.74	\$30,659,428.97
Cambió esquema de cobranza por bloques						
Año	Consumo promedio mensual en m ³	Consumo anual en m ³	Cuota por los primeros 120 m ³		Precio por m ³ rebasados los 120m ³	Total
2013	41274.21	495290.50	\$4,557.37		\$73.44	\$36,369,878.89
2014	45398.89	544786.73	\$4,630.55		\$76.35	\$41,589,935.39
2015	41237.23	494846.71	\$4,771.33		\$78.67	\$38,924,921.61
Total						\$174,631,544.59

Anexo 8. Variables que aumentan y disminuyen la DAP

Variables	Coeficiente	P	Variables	Coeficiente	P
X1	0.788599	*	X30	0.236842	
X2	-0.0672203	***	X32	0.523482	
X3	-0.656919	**	X33	0.281275	
X6	-0.0704938	**	X35	0.100564	
X7	-0.192361		X36	0.076379	
X8	-0.0285831		X37	-0.00305721	
X9	-0.734808		X38	0.000193815	
X10	-0.375513		X39	0.158761	
X11	-0.473343		X41	0.220515	
X12	-0.900890		X42	3.09716	***
X13	-0.344019		X43	0.046364	
X14	-0.0718496		X45	1.65023	***
X15	0.0554823		X46	0.0768859	
X16	-0.0991444		X48	0.0821969	
X17	0.0909088		X49	1.03994	**
X18	0.0341452		X50	0.0845071	
X19	-0.0911617		X51	-0.147684	
X20	-0.137981		X52	0.0934749	
X21	-0.0107433		X53	0.0684707	
X26	0.171129		X54	-0.0993743	
X27	0.327777		X55	-0.0532258	
X29	0.175461		X59	-0.640123	

