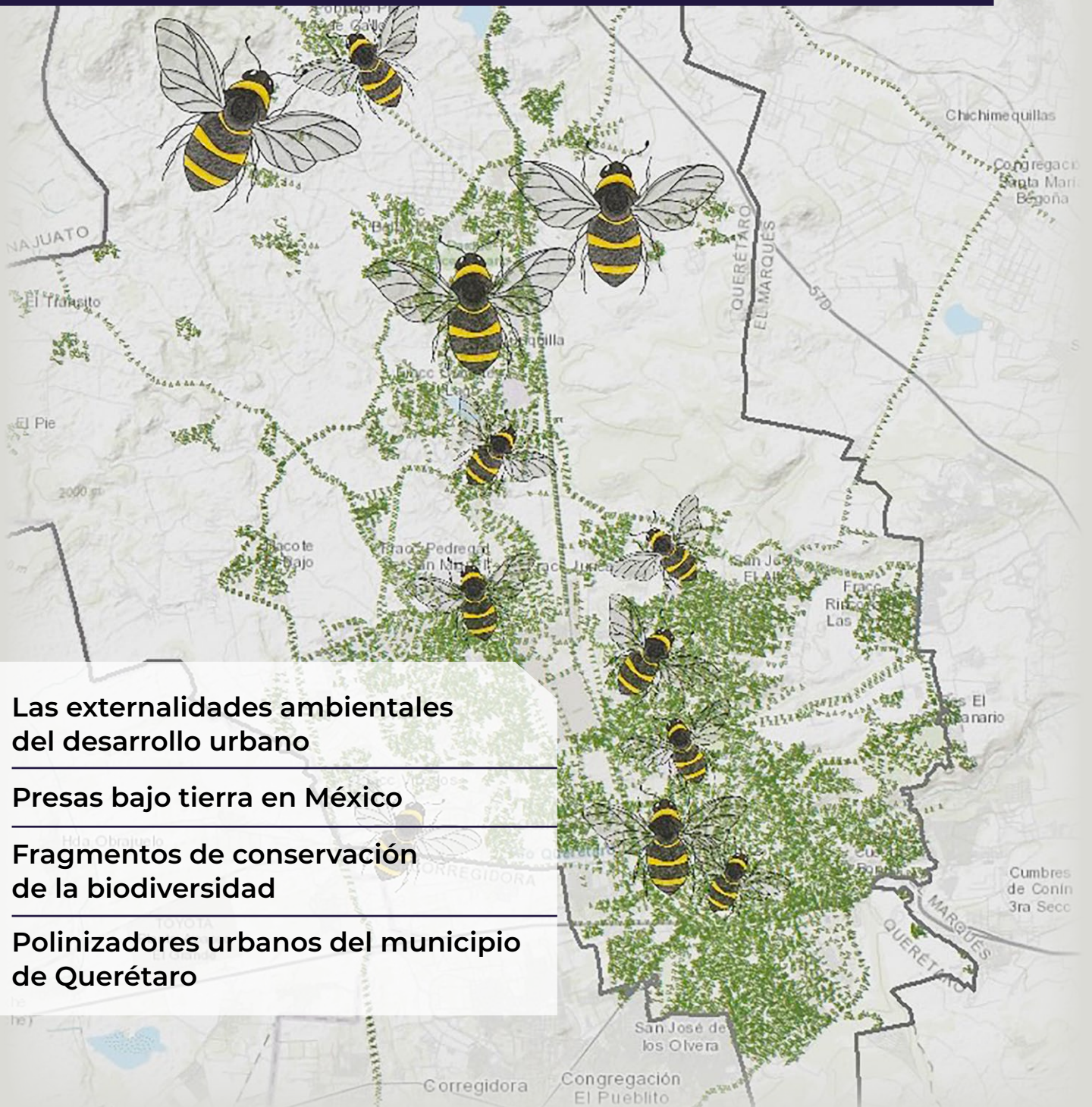


Instituto de Ecología y Cambio Climático

CUADERNO DE INVESTIGACIÓN

NÚMERO 3

Junio 2023



**Las externalidades ambientales
del desarrollo urbano**

Presas bajo tierra en México

**Fragmentos de conservación
de la biodiversidad**

**Polinizadores urbanos del municipio
de Querétaro**



Título: Cuaderno de investigación No. 3

Año: 2023

Primera edición: junio de 2023

Corrección de estilo: Rocío Río de la Loza Quinzanos

Diseño editorial: Mariana Suzette Escobar Ruvalcaba

Portada: Mariana Suzette Escobar Ruvalcaba
y Lic. Daniela Alejandra Leal Villalvazo

© 2023 Instituto de Ecología y Cambio
Climático del Municipio de Querétaro

Bld. Bernardo Quintana 10000
Col. Centro Sur C.P. 76090
Santiago de Querétaro, Querétaro, México

DIRECTORIO

Mtro. Luis Bernardo Nava Guerrero
Alcalde del Municipio de Querétaro

Lic. Tania Palacios Kuri
Secretaria de Desarrollo Sostenible
Municipio de Querétaro

Mtro. Alejandro Angulo Carrera
Director del Instituto de Ecología y Cambio Climático
Municipio de Querétaro

Mtro. Francisco Javier García Meléndez
Coordinador de Investigación Ambiental del Instituto de Ecología
y Cambio Climático



ÍNDICE

6

Presentación

8

Dedicatoria

10

Artículos de investigación:

Las externalidades ambientales del desarrollo urbano

15

Presas bajo tierra en México

20

Fragmentos de conservación de la biodiversidad

24

Polinizadores urbanos del municipio de Querétaro



PRESENTACIÓN

El Municipio de Querétaro, a través del Instituto de Ecología y Cambio Climático, promueve, protege, respeta y garantiza el Derecho Humano a la Ciencia.



DERECHO HUMANO A LA CIENCIA

Mtro. Alejandro Ángulo Carrera

Fracción V del Artículo 3o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que dice:

Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica. El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, y garantizará el acceso abierto a la información que derive de ella, para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia; además alentará el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura.¹

El Municipio de Querétaro, a través del Instituto de Ecología y Cambio Climático (IECC), busca con esta publicación garantizar el **Derecho a la Ciencia y sus beneficios** y satisfacer las necesidades elementales de las personas para alcanzar una vida digna, en los ámbitos de salud, educación, trabajo, seguridad social, vida familiar y disfrute de un medio ambiente saludable.

Con esta medida se incentiva la participación de la generación y divulgación del conocimiento científico y las políticas científicas en materia ambiental para garantizar la responsabilidad en la gestión de riesgos, la actualización del marco regulatorio y la protección del derecho humano a un medio ambiente sano; así como para definir y proteger las libertades y responsabilidades del personal del IECC abocado a hacer actividades relacionadas con la ciencia.

¹ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const]. Art. 3. 5 de febrero de 1917 (México).

DEDICATORIA

Dedicatoria especial a Anabell Mote Meraz

La edición del *Cuaderno de investigación No. 3* es en honor a una persona que dedicó gran parte de su vida al desarrollo, continuidad y crecimiento de nuestra institución. Ella es nuestra compañera, la Lic. Anabell Mote Meraz, psicóloga de profesión, quien a lo largo de casi 20 años de trayectoria (2003-2023) dentro de lo que era anteriormente la Dirección de Ecología del Municipio de Querétaro y actualmente el Instituto de Ecología y Cambio Climático, destinó su vida a la educación ambiental. Siendo el alma en la organización, desarrolló expos y ferias ambientales, cursos, talleres, exposiciones y congresos, entre otras cosas, forjando así un referente ambiental para el Municipio de Querétaro.

Gracias a su astucia, alegría, dedicación y creatividad, se lograron implementar programas como la Certificación Ambiental Bandera Verde en diversas escuelas primarias del Municipio de Querétaro.

Los cursos que impartió versaban sobre medio ambiente, biodiversidad, residuos sólidos urbanos, reciclaje, fuentes hídricas, contaminación, deforestación, huertos urbanos, cambio climático y economía circular, entre otros temas que formaban parte de su acervo cultural para realizar talleres en todos los grados educativos, así como cursos de verano abiertos a la sociedad en general.

También contribuyó en resoluciones a favor de los ciudadanos, como fueron el Estudio de Manejo de Patos en Cumbres de Lago y el Diagnóstico de Ratas del Centro Histórico; acompañando a autoridades y a ciudadanos para verificar sus necesidades y vislumbrar las posibles soluciones.

Por último, destaca su participación en el otorgamiento de permisos de perifoneo fuente fija y móvil, como en el procesamiento de información relativa a las denuncias e ilícitos del municipio para el procesamiento de datos, lo que hoy forma parte de un acervo de informes que nos permiten tener un referente y así tomar decisiones asertivas.

“Anabelita”, como le decíamos conocidos y amigos, fue



Lic. Anabell Mote Meraz
Analista Ambiental

una gran persona; siempre atenta y servicial, tanto con nosotros sus compañeros como con los ciudadanos, extensamente reconocida en el ámbito ambiental, era muy estimada y querida dentro del Municipio de Querétaro, pues su amplia trayectoria y calidad humana hacía que la quisiéramos como parte importante de nuestro instituto. Fraterna, amigable, respetuosa y excelente profesionista, deja un gran vacío en nuestros corazones y en nuestro instituto como equipo. En honor a ella queremos dedicarle estas líneas a su familia, amigos, seres queridos y a toda la sociedad, que a lo largo de los años atendió de manera cálida.

El presente trabajo de investigación forma parte de la labor y contribución de esta gran profesionista.

Anabelita:

Descansa en paz, dejas tu legado en cada una de las resoluciones, aporte y apoyo a los ciudadanos, por lo que estamos seguros de que siempre vivirás en nuestros corazones.

Con cariño,

Tus compañeros del Instituto de Ecología y Cambio Climático

ARTÍCULO 1

Las externalidades ambientales del desarrollo urbano

Mtro. Alejandro Angulo Carrera
Director del Instituto de Ecología y Cambio Climático

Abordar las externalidades negativas del desarrollo urbano es una cuestión fundamental, ya que el progreso observado en las ciudades ha generado daños colaterales que inciden en los derechos colectivos y difusos ambientales. De ahí que el desarrollo urbano ha transferido sus costos sobre los derechos que tienen todos a los ecosistemas.

En este sentido, la *progresividad* la cual se puede decir que le es innata a este tipo de derechos y la vía de la *convencionalidad* que se convierte en una poderosa herramienta para maximizar su disfrute pleno por la sociedad, son piezas clave a tomar en cuenta, máxime cuando se trata de una ciudad en la que habitamos la mayoría de la población.

De acuerdo con Franco Lammoglia:

El problema radica en que la toma de decisiones de política de desarrollo no pasa por los órganos jurisdiccionales- la guía de desarrollo la tienen las autoridades administrativas, son la última línea de defensa de estos derechos, ya que ahí se autoriza, se permite, fomenta y se busca con sus actos o procesos el desarrollo. Los actos administrativos no están sujetos a la convencionalidad, salvo que sean impugnados ante los órganos jurisdiccionales, pero si son la fuente de todas las externalidades que genera el desarrollo. Son las autoridades, que permiten todas las externalidades sobre los derechos humanos de las colectividades, esto aun cuando por el principio de legalidad sus actos deben sujetarse al marco jurídico nacional, incluyendo los tratados, firmas y ratificados por el Estado. La presente se plantea si esta omisión de la autoridad (administrativa) puede ser superada, si nuestro ordenamiento prevé los medios necesarios para que las autoridades administrativas a cargo del desarrollo puedan cumplir con sus obligaciones en materia de protección a los derechos humanos y la encomienda del constituyente para cambiar el paradigma del desarrollo sustentable. (Lammoglia, 2022)

“El problema radica en que la toma de decisiones de política de desarrollo no pasa por los órganos jurisdiccionales”

En sí, lo que propone el autor, es el cómo plantear desde una perspectiva del Derecho que las autoridades administrativas puedan armonizar sus actos para proteger los *derechos humanos difusos* sustentables.

Se ha señalado que la gravedad de las externalidades se encuentra en la ineficacia de los marcos jurídicos, tanto nacionales como estatales y municipales, para proteger a la sociedad de estos efectos indeseados del desarrollo y que, por lo general, solo se limitan al control, reporte, verificación y sanciones administrativas para la protección de diversos bienes jurídicos tutelados de los colectivos.

El reto para la autoridad administrativa es complejo, pues de entrada tiene que analizar si sus actos son para prevenir, regular, compensar, reparar o ¿para todos ellos? Así es que para cada uno de ellos se precisará de un mecanismo e instrumento.

En el pasado, cuando solo existía la figura de la multa o sanción económica en lo administrativo y la pérdida de la libertad en lo penal, parecía muy eficaz la aplicación de ambas. Sin embargo, al paso del tiempo, resultaba mejor para el infractor pagar una multa y evadir a la justicia que cumplir con la legalidad (y mucho menos invertir en la reparación). Más adelante, el movimiento ambientalista cuestionó mucho esta situación y señaló que pagar una multa o perder la libertad no es suficiente para el medio ambiente, por eso se proponía que, además de ello, se le obligara al infractor o delincuente ambiental a la *reparación del daño*. Y hay que señalar que en estricto sentido es una medida *ex post*, mas no preventiva (*ex ante*), ni tampoco regulatoria.

Con esta medida parecía que el medio ambiente saldría ganando, pero no fue así como resultó, pues la acción omisiva de los responsables la pasaron a un escalón previo, al de la planificación y regulación, mediante los planes de desarrollo urbano municipal y/o los planes parciales de desarrollo urbano.

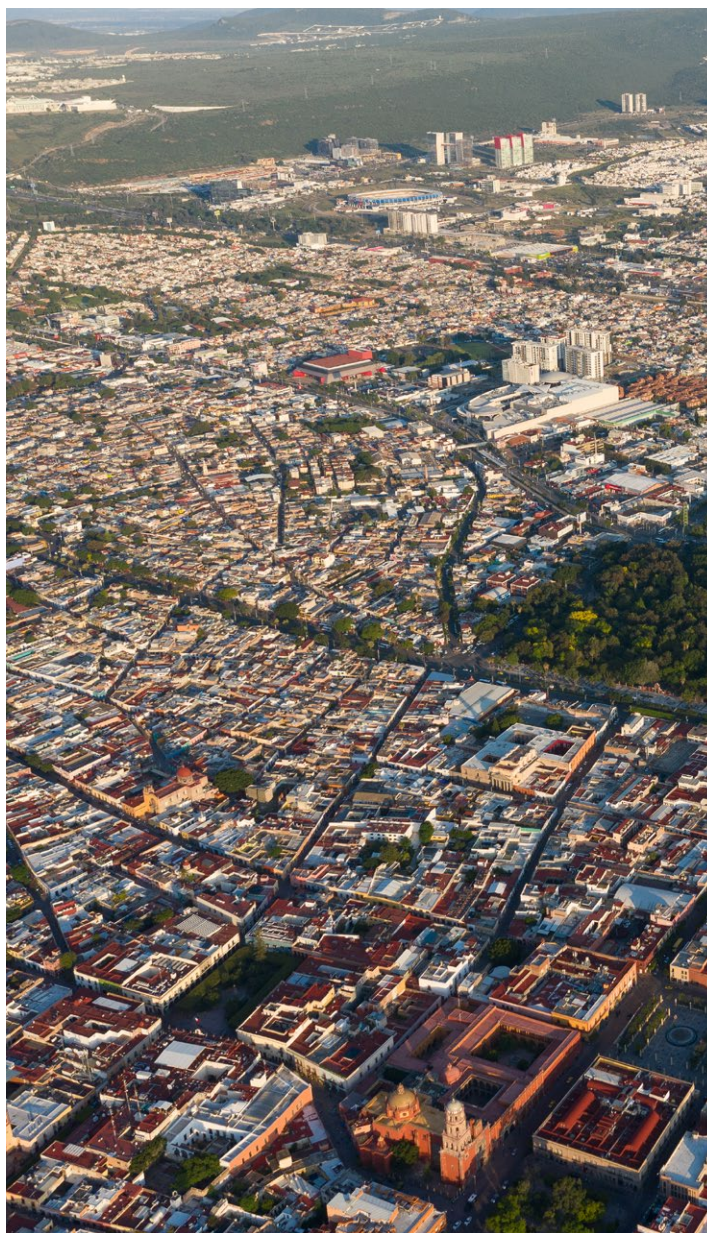
En este sentido, es que se tiene que concebir una propuesta integral que contenga medidas y mecanismos desde la *prevención*, durante la *regulación* y la *compensación*, y después con la *restauración o reparación del daño*.

Pero, además, considerar los diferentes tipos de externalidades negativas (acumulativas, sinérgicas y residuales), las cuales se interrelacionan e intercalan con las etapas: previa, durante y posterior. No obstante, el asunto se torna más complejo cuando agregamos las distintas dimensiones, tales como los cambios de uso del suelo, la factibilidad de agua y su tratamiento, la energía y sus emisiones de CO₂, el impacto vial, el ruido, el manejo de la vegetación, las áreas verdes, el transporte, el impacto visual y de paisaje, las emisiones de contaminantes químicos y el nivel de riesgo por su actividad, localización o dimensión.

Si realizamos un análisis exhaustivo, veríamos que ya existen una serie de figuras y mecanismos al respecto. Veamos tan solo la dimensión del cambio de uso del suelo, para ilustrar lo que decimos.

Los cambios de uso del suelo, desde la perspectiva preventiva y regulatoria, se contemplan en la legislación federal al considerar la figura de terrenos forestales, que solo por excepción se autorizarían, pero aún en el caso debe el interesado presentar un estudio técnico justificativo y una manifestación de impacto ambiental por la obra o las actividades que pretende realizar. En dichas figuras se contempla también la compensación en caso de que se autorizarse el

cambio de uso del suelo. No obstante, a su vez, hoy en día la autoridad administrativa federal solicita la opinión técnica del gobierno estatal y municipal para conocer si ese cambio de uso del suelo es compatible con al menos dos instrumentos, a saber: el ordenamiento ecológico regional y el local y, por otra parte, el plan de desarrollo urbano tanto local como estatal, en caso de que exista. Bajo esta tesitura, hay planeamientos preventivos, regulatorios (durante) y posteriores (negativa de autorización o impugnación de un ilícito administrativo, de donde se desprenden las sanciones y multas).



Y luego entonces, la pregunta es ¿por qué no se ha logrado contener, mitigar o mejorar las externalidades negativas ambientales del desarrollo urbano? Y lo mismo sucede para las demás dimensiones que hemos mencionado líneas arriba.

Dentro de las propuestas de última generación se encuentra la figura de *impacto urbano*, que ya se exige en la Ciudad de México y en Querétaro, la cual está prevista en el Código Urbano, pero no se aplica ni por la autoridad estatal ni por los municipios. Otra figura que ya también está presente es la del *impacto energético*, pero es lo mismo, no tiene aplicación por las autoridades estatales y/o municipales y, en el plano federal, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) no la exige.

Desde esta perspectiva, se antoja pensar que se necesita una figura integradora o, al menos, un sistema que contemple las tres figuras siguientes, pero no de manera aislada sino sistémica: el ordenamiento ecológico y los planes de desarrollo urbano; el impacto urbano y el impacto energético; además de considerar medidas del orden compensatorio y de resarcimiento del daño ambiental. Dichas figuras deben establecer una vinculación entre ellas para lograr una coherencia integral, a fin de contemplar la parte preventiva, regulatoria y restaurativa.

En definitiva, esta labor se tornará compleja para un analista, por lo que hay que prevenir el uso de herramientas automatizadas para procesar toda la información e interrelacionarla.

Pero algo importante es considerar que en cada estado y municipio del país las externalidades negativas se dan de manera diferenciada, lo cual no implica la ausencia de algún tipo de externalidad negativa ambiental, sino que en cada municipio habrá una problemática puntual que hay que atender, por lo que el sistema debe ponderar el tipo principal de externalidad negativa (acumulativa, sinérgica y residual)

para lograr mitigarla, reducirla o compensarla. También es el caso tratado en la revista «Este País» de diciembre del 2022, que en el artículo «Un cielo azul: la esperanza de un lujo por ahora inalcanzable» nos habla de forma indirecta de las externalidades negativas de las emisiones contaminantes a la atmósfera, principalmente del ozono y las partículas 2.5 micras, que resultan tan nocivas a la salud humana, cobrando vidas anualmente o reduciendo la expectativa de vida de los ciudadanos.

En dicho artículo de Leonora Rojas, se plantea que las medidas, figuras y mecanismos que se ha empleado para contar con un aire limpio no han funcionado y se refiere a que las medidas para *controlar los picos* en un par de días no resuelven el problema, ya que debería lograrse en todas las semanas, meses y estaciones y del año.

En ese sentido, Rojas (2022) explica que el Hoy No Circula, la suspensión de actividades comerciales e industriales o la restricción de operaciones en la hidroeléctrica y refinería de Tula, Hidalgo, "es una estrategia fútil, vana, inútil para resolver el problema de la contaminación del aire". Y remata diciendo que "se trata de una respuesta que parece ignorar la severidad de los nocivos efectos de la contaminación del aire en la salud de los ciudadanos, niños, adultos y ancianos, hombres y mujeres en el país".

La autora finaliza proponiendo que el gobierno debe impulsar una movilidad en las zonas urbanas multimodal, en la que se reduzca el dominio del coche particular para su reemplazo por el transporte público, el cual debe ser limpio y sustentable, pero además debe ser activa en el sentido de no optar por la motorización para multiplicar los desplazamientos a pie y en bicicleta, lo que sin duda alguna implica la construcción de infraestructura y planea-

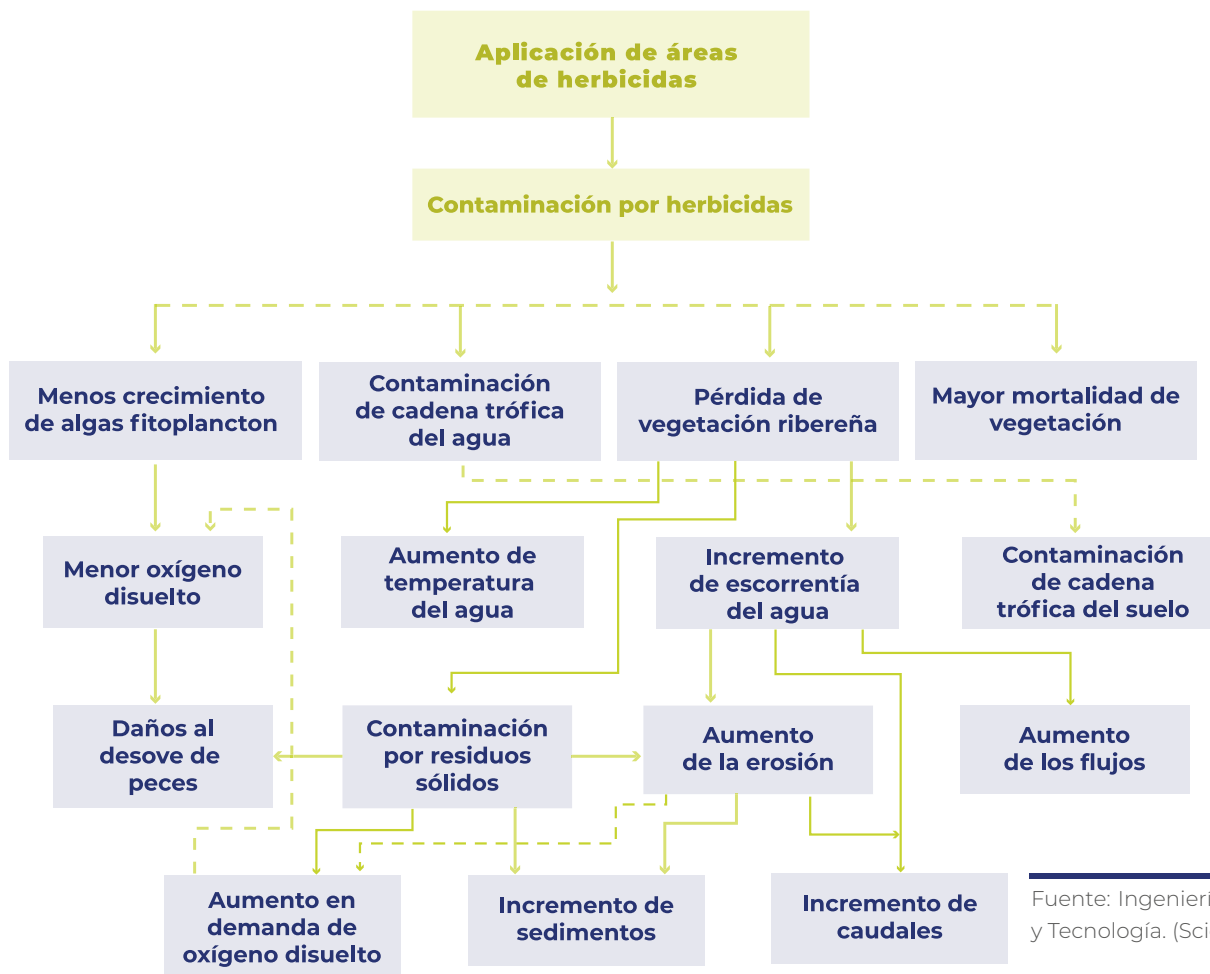
ción urbana. En el último párrafo del artículo, la experta en salud pública ambiental señala enfáticamente que “la contaminación del aire interfiere con el disfrute efectivo a un medio ambiente limpio, sano y sostenible, reconocido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como un derecho humano universal”.

Por ello vale la pena detenerse en aclarar ¿qué son las externalidades negativas?, pues estas no son otra cosa que los impactos negativos que se generan por una actividad, proceso, obra, extracción, ocupación del territorio, contaminación, alteración del medio físico, quema, derrames, fragmentación o cualquier acción que altere el equilibrio ecológico.

A continuación, podemos visualizar los daños colaterales o impactos indirectos que establecen



las relaciones de causalidad, generalmente lineal, entre la acción propuesta y el elemento afectado. Un ejemplo simple lo podemos observar la aplicación de herbicidas:



Fuente: Ingeniería, Investigación y Tecnología. (SciELO)

Hay un área de oportunidad con respecto al potencial que presenta la *identificación, medición y valoración* de las externalidades urbanas para el crecimiento sostenido de la ciudades.

De acuerdo con la Guía de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL) sobre las externalidades, señala que debe haber un *abordaje sistémico* de las externalidades, ante la interacción e integración de los subsistemas que componen el sistema ciudad (sistema social, económico físico y ambiental) y de las interacciones dinámicas que se dan en el sistema (externalidades, rendimientos crecientes y sinergias) y

esencialmente en las externalidades negativas urbanas.

La Guía de CEPAL define a las externalidades de la siguiente manera:

Se entiende por externalidad negativa a aquellos efectos, condiciones y dinámicas generadas en las ciudades tanto por la acción misma del hombre, por los procesos propios urbanos, como por la aplicación ineficiente, inequitativas y desigual por parte del gobierno o particulares y que afectan principalmente de forma negativa a los sectores poblacionales en condiciones de pobreza y precaridad urbana.

Tipos de externalidades e interacción entre los subsistemas urbanos en un asentamiento humano			
Interacción y efectos externos entre subsistemas de la ciudad			
Externalidades	Interacción entre subsistema económico y subsistema físico ambiental	Interacción entre subsistema económico y subsistema social	Interacción entre subsistema social y subsistema físico ambiental
Positivas	<p>Economía de escala en el uso de la energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado público • Transporte público • Calefacción domiciliaria <p>Valores ambientales como bienes de lujo o factores de localización para las actividades avanzadas</p>	<p>Accesibilidad a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Servicios especializados para la vivienda • Mercado de trabajo diversificado • Instituciones de formación • Centros de cultura • Servicios sanitarios cualificados • Facilidades de interacción social 	<p>Concentración de externalidades histórico-culturales y ambientales</p> <p>Accesibilidad a los bienes ambientales de carácter público</p>
Negativas	<ul style="list-style-type: none"> • Escasez de recursos naturales y de biomasa • Rendimientos decrecientes en el transporte privado • Congestión, contaminación del aire, contaminación acústica • Contaminación de las capas acuíferas 	<ul style="list-style-type: none"> • Suburbanización forzada por efecto de las rentas centrales elevadas • Conflictos sociales en el mercado del trabajo • Nuevas formas de pobreza 	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste del patrimonio histórico-monumental • Pérdida del patrimonio cultural • Conflictos sociales • Segregación social y ausencia de ley y/u orden

Fuente: Naciones Unidas (CEPAL)



Ahora bien, estos impactos negativos no todos son iguales y afectan de manera diferenciada, de donde se obtienen que las principales externalidades negativas se agrupan en acumulativas, sinérgicas y residuales.

Lammoglia (2022) señala que “estas externalidades acumulativas afectan a las sociedades al privarlas de los servicios ambientales y de ecosistemas para su desarrollo pleno, condenando a las poblaciones vulnerables a los círculos de pobreza y discriminación...”.

Sinérgicas: Estas externalidades sinérgicas lo que buscan es identificar los fenómenos de causalidad múltiple asociados a la afectación de derechos sociales y económicos como resultado de interacciones entre los impactos generados por actividades humanas sobre el medio ambiente, en los cuales el resultado es diferente a la mera suma de los impactos

contemplados. En resumen, se dice que las externalidades sinérgicas son el escenario en el cual los impactos simultáneos comparten una tendencia capaz de desestabilizar el sistema, el cual es vulnerable ya sea por resistencia o resiliencia. Lo cual es bastante complejo ya que, por su carácter multifactorial, resulta difícil apuntar en qué proporción generan el desequilibrio ecológico, debiendo considerar la temporalidad, espacialidad y causalidad entre los impactos y el estado inicial en que se encuentra el ecosistema.

Residuales: Estas externalidades o impactos negativos ambientales son aquellos que persisten aún después de la implementación de medidas de mitigación, que se estampan sobre los derechos difusos como externalidades. Por otra parte, las externalidades residuales modifican la capacidad de carga de manera permanente y al no estar considerados en los actos administrativos, se constituyen en externalidades negativas ambientales directas sobre los derechos difusos.

Como idea final podemos decir que las externalidades negativas ambientales del desarrollo se deben considerar como uno de los principales pasivos que dejamos las generaciones actuales a las generaciones futuras y, por ello mismo, deben de ser atendidas para eliminar o reducir tales pasivos.

Visto en su conjunto, es imprescindible considerar la pertinencia de la construcción de una **política pública municipal preventiva, compensatoria y regulatoria** para las externalidades negativas ambientales con la intención de minimizar, mitigar y restaurar los impactos negativos en los derechos difusos colectivos y en el medio ambiente.

Dicha política pública municipal, sin duda debe estar acorde con el Acuerdo de la COP 15, especialmente con la Meta 19 en los siguientes incisos:

c) *Movilizar financiación privada, promover la financiación combinada, aplicar estrategias para recaudar recursos nuevos y adicionales, y alentar al sector privado a invertir en diversidad biológica, incluso mediante fondos de impacto y otros instrumentos;*

d) *Estimular sistemas innovadores como el pago por servicios ecosistémicos, bonos verdes, compensaciones y créditos para la diversidad biológica, mecanismos de participación en los beneficios, con salvaguardias ambientales y sociales;*

Sobre todo, en el inciso «d)», que aborda los pagos por *servicios ecosistémicos* y las *compensaciones*. Lo cual se puede articular desde la esfera internacional, pero sobre todo en el quehacer cotidiano que le compete a los gobiernos locales, en donde se traza la toma de decisiones con respecto a autorizaciones, permisos o licencias que transforman, modifican y/o degradan la biodiversidad, con énfasis en los contextos urbanos, donde los cambios suceden con gran magnitud y velocidad.

Tal política pública municipal versaría sobre las siguientes áreas del derecho administrativo:

- a) Cambios de uso del suelo**
- b) Limpieza y manejo de vegetación**
- c) Obras de infraestructura urbana**
- d) Proyectos de industrias y parques industriales**
- e) Obras de desarrollos habitacionales y comerciales**

Y el otro aspecto a considerar es el énfasis que hay que poner en los impactos sinérgicos, sin descuidar los otros dos; pero sobre todo los primeros, ya que actualmente son los que se presentan con mayor frecuencia y magnitud en el municipio.

Ahí también se requiere de un enfoque que priorice el pago de servicios ecosistémicos perdidos y la compensación necesaria propor-

cional al impacto, tomando en cuenta la línea base que ya se tiene por delegación municipal, para evitar distorsiones o una inequitativa distribución que afecte a los sectores más vulnerables.

Llegado a este punto, cabe resaltar que la protección, conservación y/o compensación de los servicios ecosistémicos son una prioridad, en tanto que son vitales para la calidad de vida de los habitantes de la urbe y que envuelven una serie de bienes comunes y colectivos como la remoción de contaminantes, la infiltración de agua a los acuíferos, el secuestro de carbono y la termorregulación de las distintas zonas de la ciudad.

Los servicios ecosistémicos hoy en día en la ciudad de Querétaro tienen un valor enorme para todos sus habitantes, no sólo para quienes de forma directa se vean afectados, sino para el conjunto de los ciudadanos y sus derechos difusos colectivos.

En esta medida, el enfoque de pago de los servicios ecosistémicos y compensación por las externalidades negativas ambientales proporcionales en el municipio, representa un sistema más balanceado, equitativo y justo, que permitirá conservar o reponer estos bienes y servicios ambientales y, con ello, garantizar un sistema justo de protección de los derechos humanos difusos, que al mismo tiempo fortalecerá el sistema de gobernanza ambiental municipal al dotarlo de mecanismos e instrumentos jurídicos administrativos de última generación, pensando en evitar la transferencia de pasivos ambientales a las generaciones futuras y a las finanzas municipales, dando así cumplimiento a los objetivos y metas establecidos en el instrumento internacional de la reciente COP 15 del 2022 sobre biodiversidad, avalados por México.

Hacia un algoritmo ambiental de compensación

Para la construcción de una política pública municipal de compensación que atienda al derecho administrativo, en razón del derecho humano a un medio ambiente adecuado que comprende derechos difusos por las externalidades negativas ambientales, hay que partir de la línea base por delegación municipal, con el objeto de que la proporcionalidad implique un incremento o igualdad con lo que ya existe, para evitar el decremento o pérdida de servicios ecosistémicos y/o de biodiversidad.

En tal medida podemos conceptualizar lo siguiente:

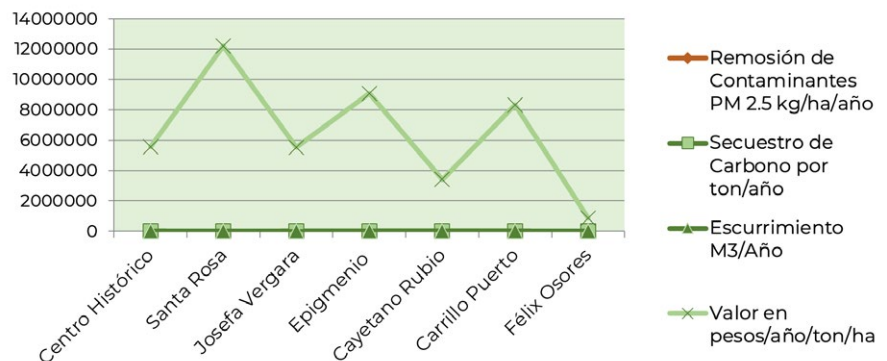
Compensación C = (Valor de los servicios ecosistémicos + valor de la densidad de arbolado urbano por ha) * ponderación del tipo de externalidad negativa

En donde:

- ▶ Valor de los servicios ecosistémicos VSE = valor de remoción de contaminantes + valor de secuestro de carbono + escurrimiento evitado
- ▶ Valor de la densidad de arbolado urbano por hectárea VDA = cantidad de árboles nativos * valor de cada individuo arbóreo
- ▶ Ponderación por tipo de externalidad negativa:
 - Externalidad negativa acumulativa = 2.5
 - Externalidad negativa sinérgica = 3
 - Externalidad negativa residual = 1

Línea base por delegación municipal:

Delegación municipal	Remoción de contaminantes PM 2.5 kg/ha/año	Secuestro de carbono	Escurrimiento evitado m ³ /Año
Centro Histórico	2.01 kg/ha/año Valor= \$5,570,137.57 pesos/año/Tot ha	480 ton/año Valor=\$1,769,890 pesos/año	26,056 m ³ /año Valor=\$1,170,291 pesos/año
Santa Rosa Jáuregui	0.92 kg/ha/año Valor= \$12,181,799.94 pesos/año/Tot ha	761 ton/año Valor=\$2,806,952 pesos/año	27,334 m ³ /año Valor=\$1,227,237 pesos/año
Josefa Vergara	2.02 kg/ha/año Valor= \$5,520,294.08 pesos/año/Tot ha	508 ton/año Valor=\$1,873,946 pesos/año	11,668 m ³ /año Valor=\$523,997 pesos/año
Epigmenio González	1.23 kg/ha/año Valor= \$9,077,922.78 pesos/año/Tot ha	513 ton/año Valor=\$1,891,072 pesos/año	16,016 m ³ /año Valor=\$719,267 pesos/año
Cayetano Rubio	3.28 kg/ha/año Valor= \$3,406,397.09 pesos/año/Tot ha	525 ton/año Valor=\$1,934,979 pesos/año	15,712 m ³ /año Valor=\$705,613 pesos/año
Carrillo Puerto	1.35 kg/ha/año Valor= \$8,302,485.10 Pesos/año/Tot ha	525 ton/año Valor=\$1,234,485 pesos/año	21,012 ton/año Valor=\$943,652
Félix Osores	1.32 kg/ha/año Valor= \$8,466,730.45 Pesos/año/Tot ha	426 ton/año Valor=\$1,570,948 pesos/año	26,137 ton/año Valor=\$1,173,776



Delegación municipal	Superficie en ha	Valor en pesos por año Remoción contaminantes+ Secuestro de carbono+ Escurrimiento evitado	Valor en pesos por hectárea	Valor por ha ponderada por tipo de externalidad
Centro Histórico	1,964.61	\$8,510,318.57	\$4,331.81	Acumulativa: \$10,829.53 Sinérgica: \$12,995.43 Residual: \$4,331.81
Santa Rosa Jáuregui	4,296.57	\$16,215,988.94	\$3,774.17	Acumulativa: \$9,435.43 Sinérgica: \$11,322.51 Residual: \$3,774.17
Josefa Vergara	1,947.03	\$7,918,237.08	\$4,066.83	Acumulativa: \$10,167.07 Sinérgica: \$12,200.49 Residual: \$4,066.83
Epigmenio González	3,201.82	\$11,688,261.78	\$3,650.51	Acumulativa: \$9,126.26 Sinérgica: \$10,951.52 Residual: \$3,650.51
Cayetano Rubio	1,201.45	\$6,046,989.09	\$5,033.08	Acumulativa: \$12,582.69 Sinérgica: \$15,099.23 Residual: \$5,033.08
Carrillo Puerto	2,928.32	\$10,480,622.10	\$3,579.06	Acumulativa: \$8,947.64 Sinérgica: \$10,737.17 Residual: \$3,579.06
Félix Osores	2,986.25	\$11,211,454.45	\$3,754.36	Acumulativa: \$9,385.90 Sinérgica: \$11,263.08 Residual: \$3,754.36
TOTAL: Municipio de Querétaro	18,526.05	\$72,071,872.01	\$3,890.30	Acumulativa: \$9,725.75 Sinérgica: \$11,670.90 Residual: \$3,890.30

Tipos de beneficios de los servicios ambientales

	Beneficio	Por medio de
Ecológico	Reduce contaminantes y la cantidad de gases de efecto invernadero.	Absorción de CO ₂ , O ₃ , PM _{2.5} , SO _x y NO _x . Fijación por medio de la fotosíntesis y retención de partículas dentro de las estomas.
	Aumenta la infiltración de agua de lluvia.	Por efecto de las raíces en la permeabilidad de los suelos.
Económico	Reduce el consumo de energía en confort. Aumenta la plusvalía de bienes raíces. Reduce costos de mantenimiento de asfalto.	Por efecto del sombreado sobre los edificios y de protección contra el viento en invierno se reduce el uso de a/c. Reduce la fatiga de materiales al evitar el sol directo.
Social	Reduce el efecto de isla de calor. Disminuye la criminalidad. Mejora la conectividad en vecindarios .	Reducción de ruido, mejora de paisaje visual, efecto calmante y tranquilizador, genera una sensación de confort en áreas sombreadas con mejor humedad relativa.

Servicios ambientales del arbolado urbano (De la Concha, H, 2017).
Fuente: Estudio de Biodiversidad Urbana del Municipio de Querétaro, 2022.

Bibliografía

- CEPAL (2009). *Guía para decisores, externalidades en infraestructura urbana*. Chile: CEPAL.
- COP 15 (2022). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, Canadá, 18 de diciembre de 2022.
- Coquis Velasco, J. M. (2019). *Derecho Urbanístico Mexicano*. México: UNAM.
- Ingeniería, investigación y tecnología. Recuperado de Scielo:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S14057432006000200004#:~:text=En%20general%2C%20las%20externalidades%20ambientales,cambios%20en%20el%20nivel%20de
- Lammoglia, F. (2022). *Derechos Difusos, sus externalidades y su relación con el desarrollo sustentable*. México: Tirant lo Blanch.
- Municipio de Querétaro (2022). *Gacetas Municipales, Acuerdos de Cabildo sobre cambios de uso del suelo, 2022*.
- Rojas, L. (2022, 7 de diciembre). *Un cielo azul: la esperanza de un lujo por ahora inalcanzable* [versión electrónica]. *Este País*.

A large blue pipe is shown pouring water into a pool of water. The background is a bokeh of colorful lights. The text is overlaid on a dark blue shape.

ARTÍCULO 2

Presas bajo tierra en México

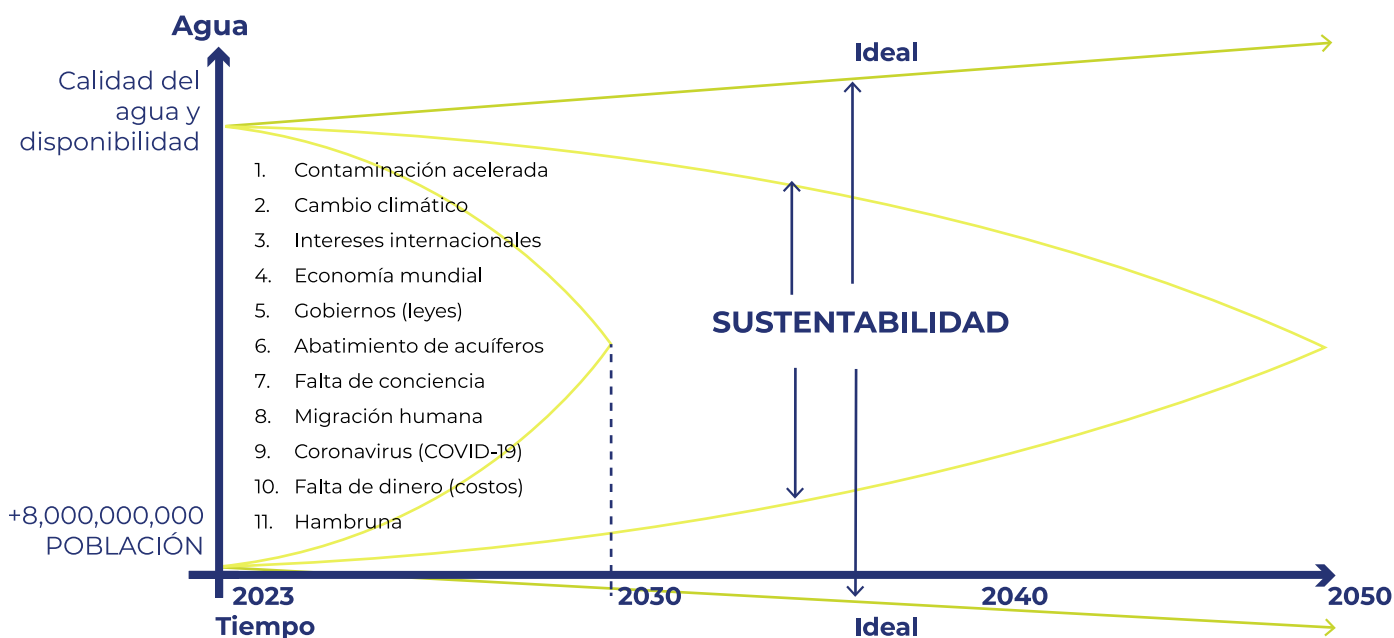
Miguel Álvarez Sánchez

Al promover este concepto, diseñar y construir presas bajo tierra ya por 8 años y medio de manera continua y 100% dedicado a trabajar en este tema en México, el Caribe y Sudamérica, he tenido grandes satisfacciones personales en cuanto a la gran aceptación del concepto como una alternativa de solución a los problemas de agua en México y otros países. Sin embargo, ha habido retos muy importantes que han impedido el desarrollo ágil y multiplicador de proyectos que se reconocen necesarios, pero que en la mayo-

ría de los casos carecen de recursos económicos para llevarse a cabo; asimismo, los tiempos políticos e intereses que son prioritarios en los gobiernos y que son diferentes a los de proveer agua a la gente.

Una vez dicho esto, a través de la gráfica que sigue trataremos de explicar la situación global del agua y, en consecuencia, el mismo patrón se aplica para México.

COMPORTAMIENTO GLOBAL 2023



Con la premisa de que en México existen más de 188,500 poblaciones con menos de 2500 habitantes, que representan cerca del 24% de la población total del país y que alrededor del 70% presentan algún problema relacionado con el agua, es que decido buscar de manera seria y decidida la aplicación de esta tecnología de presas bajo tierra para ayudar, al menos, a solucionar el problema de abasto de agua en este 70% de las poblaciones mencionadas.

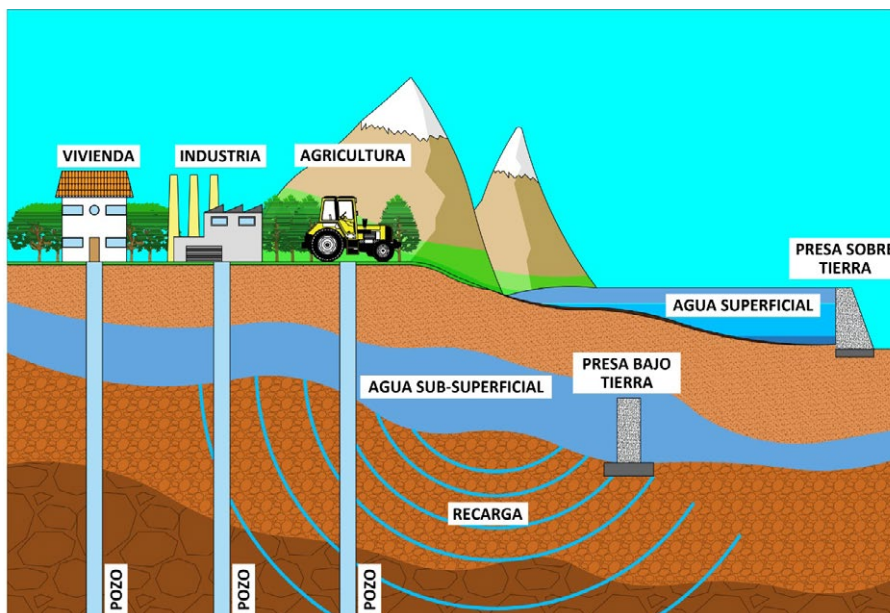
Pues bien, el título de este escrito es «Presas bajo tierra», pero ¿qué es una presa bajo tierra? Veamos.

Una presa bajo tierra es una barrera impermeable que se construye sobre una superficie impermeable (basamento) en un estrato permeable (de alta porosidad) deteniendo el flujo de agua bajo la tierra y provocando un almacenamiento de la misma en los huecos de este estrato para que pueda ser aprovechada posteriormente de una manera sustentable.

Se podría decir que en México se pretende construir presas bajo tierra para cumplir con 4 objetivos fundamentales:

- 1.- Para uso humano y agropecuario.
- 2.- Para la recarga de mantos acuíferos.
- 3.- Para la contención de la intrusión salina.
- 4.- Para el control del flujo de agua bajo tierra.

Una vez definido el concepto de presas bajo tierra, vale la pena compararlo en sus características contra los pozos tradicionales y las presas sobre tierra, lo cual haremos mediante el uso de la tabla siguiente:



CARACTERÍSTICAS DE POZOS, PRESAS Y PRESAS BAJO TIERRA		
POZOS	PRESAS	PRESAS BAJO TIERRA
No es un sistema sustentable cuando excede la recarga	El impacto ambiental es alto	El terreno de la superficie de la presa se puede utilizar como normalmente se hacía
Vida útil del sistema convencional de 10 a 20 años	Tiene un alto costo de construcción	Los desastres potenciales cuidados por el colapso de la propia presa son excluidos, pues no hay afectación
Se necesitan derechos de aguas nacionales (DUANES)	Cada día hay menos lugares propicios para la construcción de este tipo de presas	La evaporación es prácticamente nula
Pago de DUANES	La inundación provocada por el área del vaso de la presa afecta a la población	Normalmente el agua es accesible y abundante
Costo de perforación profunda alto	La evaporación anual puede estar arriba del 30% del volumen total de la presa, dependiendo de su ubicación	No se contamina fácilmente, a menos que intervenga el hombre
No hay certeza en el éxito de la perforación	El agua se puede contaminar fácilmente con contaminantes mortales	Existe certeza en el éxito de la excavación
Abatimiento del nivel freático del acuífero	Se azolvan año con año, disminuyendo su capacidad de almacenamiento	El almacenamiento proyectado es de larga duración
No se puede saber el volumen a extraer	Alto costo de mantenimiento	Previenen el abatimiento del nivel freático
Se corre el riesgo de colapsos	La calidad del agua se deteriora fácilmente por estar expuesta	Pueden tener un mínimo de mantenimiento
Se corre el riesgo de que el pozo no aporte el volumen deseado	Se requiere vigilancia	Las técnicas de construcción son baratas y fácilmente aceptados socialmente

Como se puede apreciar en la tabla anterior, las características de las presas bajo tierra son de llamar la atención por tender a la sustentabilidad, la autonomía en su operación y la sostenibilidad por su bajo costo de operación. Entonces podemos decir que la efectividad de esta nueva idea y los métodos de construcción para la creación de una presa bajo tierra se han venido demostrando durante los últimos años en diferentes países que ha realizado este tipo de construcciones y han aprendido de ellas, pero sobre todo se ha avanzado en el aprovechamiento del agua, utilizando esta tecnología de presas debajo de la superficie, la cual es planteada y diseñada a través del método del elemento finito, en lugares y proyectos que así lo permitan, incluso desde el punto de vista económico.

Ahora bien, el desarrollo de recursos de agua a través de las presas bajo tierra puede ser obtenido por métodos simples de construcción. No solamente podremos obtener una alta calidad en el agua para tomar, pues las presas bajo tierra pueden ayudar igualmente a satisfacer las necesidades de agua para la agricultura e industria que aumentan día con día; de tal manera que también contribuyen al crecimiento y desarrollo del área servida.

Por estos motivos, debido a sus métodos simples y de bajo costo en construcción, además de tener mejores características comparadas con las presas sobre tierra y los pozos, esta técnica puede verse como una posible alternativa de solución a los problemas de agua que se tienen en México y Latinoamérica.

El beneficio de construir una presa bajo tierra es que, en el momento de terminarse, la población puede contar con agua de manera constante y por mucho tiempo en un lugar donde antes nunca había agua. Así mismo, otros beneficios son que se pueden construir en un

periodo muy corto de tiempo, así como tener una construcción segura y sin riesgos, además de poder contar con una inversión menor a la construcción de pozos profundos o presas sobre tierra y un mantenimiento menor.

Lo anterior es lo que da respuesta a los retos que enfrenta la población y gracias a ello se puede detener la migración de las personas a los Estados Unidos, toda vez que ya pueden hacer producir las parcelas ociosas que por años los han obligado a emigrar.

Por otro lado, el contar con una presa bajo tierra no solo ayuda para el consumo humano y agropecuario, sino que también ayuda a la prevención de intrusión salina en las costas de México y a la recarga de mantos acuíferos, siempre y cuando se cumplan las normas oficiales mexicanas. Aunque éstas no son fáciles de cumplir, ni baratas, se tienen muy buenos casos de éxito en este país.

Otro aspecto es la *patrimonialización* del agua; esta palabra debería de estar en la conciencia de cada uno de los seres humanos, especialmente en aquellas personas que toman decisiones respecto al aprovechamiento del agua. Para nosotros en Presas Bajo Tierra, S.A de C.V. el agua es nuestro patrimonio.

Es imperativo el destinar recursos de las autorizaciones gubernamentales para desarrollos habitacionales, industriales y otros, para definir zonas de recarga de acuíferos y construir las, pues es un aspecto que debería tomarse de manera muy seria debido al abatimiento de los acuíferos y su alto grado de contaminación.

Por otro lado, al terminar la construcción de una presa bajo tierra y entregarla para su operación a las personas beneficiadas, se puede notar como cambia su visión de futuro y de los

beneficios que obtendrán en el inmediato, corto y mediano plazo. En el ejemplo del capítulo 5.4 Presa El Pilón del Libro «Presas Bajo Tierra en México», terminada en diciembre del año 2016, nos reportaron que la producción de aguacate saldría a la venta en la temporada del año 2020 y de ahí para adelante cada año.

Ahora podemos decir que es de suma importancia que en el futuro se procure en México la observación del comportamiento de las presas construidas, para poder aprender de las mismas y ser más eficientes en futuros proyectos. Igualmente, debemos compartir las experiencias relacionadas con el aprovechamiento del agua subterránea con otros países para avanzar más rápido en la implementación de presas bajo tierra con el consecuente beneficio.

Por lo mismo, en las siguientes dos fotografías de la presa bajo tierra construida en Charape de los Pelones, Municipio de Querétaro, Querétaro, mostramos su comportamiento después de casi siete años de construida.

Cabe destacar que, de manera directa, vale la pena pensar y demostrar el valor económico del agua frente a su carencia, porque es muy difícil para los municipios destinar recursos para este tipo de proyectos. Por lo mismo, es de suma importancia fomentar en la población respeto a la cultura del agua y su comportamiento, para que así se puedan transmitir estos conocimientos a las nuevas generaciones e incluso a las actuales. Es decir, educar acerca del agua y mostrarles el estado crítico de la misma en México; debe explicarse lo que es la contaminación del agua y los efectos que causa a la salud.

El problema de la erosión en las presas bajo tierra no se presenta de manera significativa ni dañina, aunque se tengan grandes avenidas de agua.



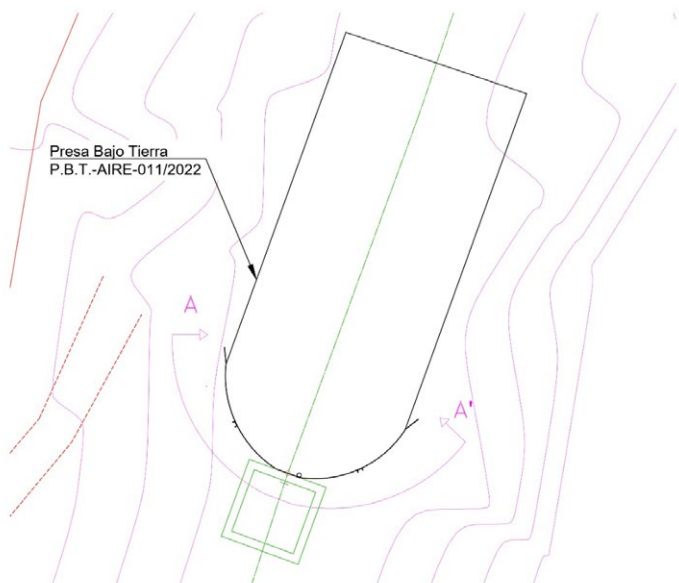
Agua controlada en junio de 2015, Charape de los Pelones, Municipio de Querétaro, Querétaro.



Mismo punto de extracción casi 7 años después. Cumpliendo Norma Oficial Mexicana.



Exploración en el punto de construcción de una presa bajo tierra en la Ciudad de Oaxaca, primera contra sismos.



Conceptualización de presa bajo tierra en Oaxaca con cortina flexible.

Durante la construcción de la presa tampoco se impacta a la naturaleza de manera significativa; si bien se hace excavación, cabe recalcar que en cuanto entra en operación el sistema recupera de manera inmediata la condición natural. Es por eso que los estudios de impacto ambiental deberán ser considerados con las debidas reservas en cada caso en particular, obviamente pensando en la no afectación del lugar a largo plazo.

También las presas bajo tierra pueden ser combinadas con otras tecnologías, como pueden ser algunas relacionadas con la conservación de suelos, reforestación o técnicas de conservación de la propia agua, teniendo en cuenta que presas bajo tierra significa desarrollo, estabilidad y producción.

Es de suma importancia señalar que, en caso de presentarse en la zona de una presa un sismo, este no afectará de manera importante el funcionamiento del sistema, pues aún fracturada la cortina solo disminuirá su capacidad de almacenamiento; además, no habrá daños a los seres humanos ni consecuencias económicas de consideración.

Hacemos hincapié en que estos métodos son económicos, sustentables y sostenibles.

Han provisto soluciones en muchos países del mundo con resultados permanentes y siguen trabajando con muy pocos problemas de mantenimiento hasta la fecha.

También, gracias a los métodos mencionados con anterioridad, al momento de proveer agua de esta manera se cumple con el mandato constitucional del derecho humano al agua, con los beneficios consiguientes a la alimentación y a la salud.

Con el entusiasmo de haber terminado la fuente de abastecimiento de agua en Charape de los

Pelones P.B.T. AIRE 001/2015, decidí compartirlo y al mismo tiempo protegerlo y vino a mi mente el ¿por qué no obtener una patente relacionada con presas subterráneas para México? Después de un proceso de veintidós meses continuos de interactuar con el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, finalmente el 10 de abril del año 2017 obtuvimos la patente número 347027, de la cual se muestra una copia de la misma.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

TÍTULO DE PATENTE NO. 347027

Titular(es): MIGUEL DE JESÚS ÁLVAREZ SÁNCHEZ

Domicilio: Ignacio Zaragoza Oriente, 179-B, La Cruz, 76200, Querétaro, Querétaro, MÉXICO

Denominación: PROCESO PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE PRESAS BAJO TIERRA Y SU POSTERIOR APROVECHAMIENTO.

Clasificación: Int.CI.8: E03B3/11; E21B43/00; F24J2/04; F25B27/00

Inventor(es): MIGUEL DE JESÚS ÁLVAREZ SÁNCHEZ

SOLICITUD

Número: MX/a/2015/014749

Fecha de presentación: 21 de octubre de 2015

Hora: 13:00

PRIORIDAD

País:

Fecha:

Número:

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 21 de octubre de 2035

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 11, 2ª fracción V, 6ª fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial. De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6ª fracciones III y 7ª bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/09/1998, reformado el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/11/2004, 16/06/2005, 25/01/2008, 04/02/2009 (en vigor), 14/06/2012, 23/06/2013, 27/01/2015 y 06/04/2015); artículos 15 3ª fracción V inciso a), 4ª y 12ª fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 11, 2ª, 4ª, 6ª fracción V inciso III, fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 25/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007), 1ª, 3ª y 5ª inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinadores, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

Fecha de expedición: 10 de abril de 2017

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES

NAHANNY CANAL REYES

Alfonso No. 500, Piso 5
Caj. Puzos Santa Fe de Tepic
Aguascalientes, C.P. 40020
Ciudad de México
Tel. (55) 52 34 07 09 www.eppa.gob.mx

MEX/01702020

Es importante mencionar que he manifestado en la patente tres aplicaciones que creo que son suficientes para comenzar con el aprovechamiento de los beneficios de las presas bajo tierra, aunque en capítulos anteriores haya mencionado algún otro uso, y son:

- El aprovechamiento del agua para uso humano, agrícola, industrial y ganadero, probablemente el más necesario.

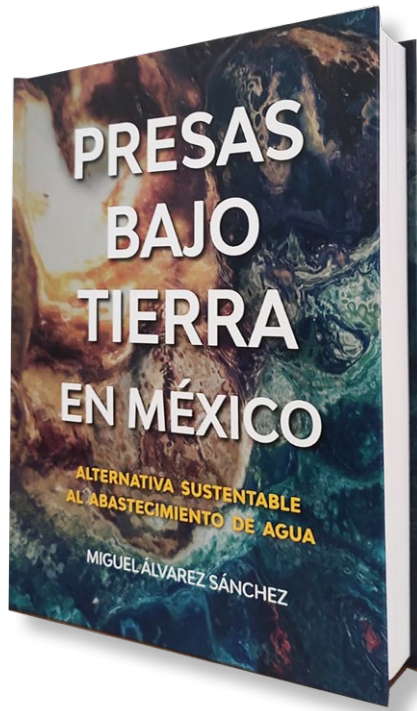
- No menos importante debido a la sobre explotación de los mantos acuíferos, es el uso de estas presas para la recarga de los mantos acuíferos y revertir con esto de alguna manera el abatimiento del nivel freático.
- Por último, la recuperación de millones de hectáreas cultivables en las costas de México, deteniendo la intrusión salina en acuíferos costeros, es la última aplicación mencionada en esta patente.

Durante el periodo de pandemia y con todo el tiempo del mundo en el encierro obligado por las autoridades, es que decido que este concepto debe quedar plasmado por escrito para el conocimiento futuro de su existencia y su aplicación, así como de su efectividad y durante diez meses consecutivos escribimos el libro «Presas Bajo Tierra en México» que a continuación se explica.



¿Por qué escribir un libro?

La intención principal al escribir el libro es dar a conocer de la manera más explícita, visual y entendible la técnica para construir presas debajo de la superficie en idioma español. Otro objetivo es dar a conocer a técnicos proyectistas, responsables del tema de abasto de agua para las poblaciones y al público en general de México y Latinoamérica el hecho de que existe una alternativa diferente a los pozos y presas convencionales para el suministro de agua.



“Que todas las aguas subsuperficiales de México y Latinoamérica sean aprovechadas mediante el uso de tecnologías sustentables como pueden ser presas bajo tierra, tanto para consumo humano como agrícola de manera conjunta”

Autor: Miguel Álvarez Sánchez

Categoría: Tecnología

Editorial: Casa Blanca

Páginas: 400

Idioma: Español

Edición: 1ra

Año: 2020

Todo lo que hasta ahora se ha escrito y mencionado obedece a la identificación que se ha hecho en México de varios impactos negativos que se tienen en la administración del agua subterránea entre los que destacan los siguientes:

- Abatimiento de niveles del agua subterránea.
- Minado de las reservas hidrogeológicas.
- Impacto ecológico negativo: desaparición de manantiales, vegetación nativa, humedales, lagos, gasto base de ríos y ecosistemas locales.
- Disminución del gasto y rendimiento de los pozos.
- Pérdida de rentabilidad de la actividad agrícola.
- Deterioro de la calidad del agua subterránea.
- Incremento del costo de extracción (consumo de energía eléctrica).
- Asentamiento y agrietamiento del terreno, entre otros.

Para poder disminuir estos impactos de manera sustantiva, se propone una agenda de investigación de la cual mencionaremos acciones en general por rubro de la actividad humana actual, en dos temas exclusivamente.

1. Investigar para preservar las fuentes actuales de agua para las generaciones futuras:

- Caracterización de acuíferos someros y profundos.
- Caracterización vertical de los sistemas acuíferos.
- Estudio de la contaminación difusa en acuíferos.
- Impacto de grandes obras de infraestructura en los acuíferos.
- Reducir la explotación intensiva del agua subterránea.
- Mejorar el uso del agua subterránea en la agricultura: incremento de la producción agrí-

cola vs. reducción de volúmenes extraídos.

- Establecimiento de zonas de protección de pozos de agua potable con diferentes niveles de protección.
- Establecimiento de redes permanentes de monitores de niveles y calidad del agua subterránea.

2. Investigar para la mitigación y/o adaptación al cambio climático y a cambios en el nivel del mar:

- Captación de agua salobre en zonas costeras.
- Manejo de la recarga de acuíferos.
- Gestión integrada del agua.
- Modelación hidrogeológica.

- Caracterización de la interfaz agua dulce-agua salada.
- La construcción de presas subterráneas.
- Monitoreo de niveles y calidad del agua subterránea.

Hablando de patentes y como una primicia, he de comentar que está en trámite nuestra segunda patente relacionada con presas bajo tierra bajo el número de expediente MX/a/2021/014289 con el nombre «Mejoramiento de las condiciones de control, almacenamiento y aprovechamiento del agua contenida en el acuífero formado aguas arriba de una presa bajo tierra y en tanques de almacenamiento subterráneos de agua de lluvia construidas exprefeso».

Que nos permite aprovechar el agua superficial y subsuperficial en lugares semidesérticos y desérticos con lluvias de escasas a muy escasas, con el principio de no dejar más ir el agua libremente al mar sin aprovechamiento previo en tierra.

Bien, después de estas páginas escritas, espero lograr el hecho de dar a conocer que existe una alternativa diferente para el aprovechamiento del agua subsuperficial de manera inicial.

Hay que tomar en cuenta que es imperativo y que en México no podemos permitir más el viaje del agua hacia el mar sin lograr un mayor aprovechamiento de la misma en tierra.



Patente MX No. 347027 - Todos los derechos reservados y protegidos a favor del titular, por la Ley de Propiedad Industrial. El titular de la patente podrá demandar daños y perjuicios a terceros, amparado en los artículos 24 y 213 de la Ley de Propiedad Industrial, y Patente No. 2 en trámite bajo el No. Mx/a/2021/014289

ARTÍCULO 3

Fragmentos de conservación de la biodiversidad

Mtro. Francisco J. García Meléndez
Coordinador de Investigación Ambiental del
Instituto de Ecología y Cambio Climático



Presentación

El Municipio de Querétaro, en su Administración Municipal 2021-2024, estableció el **Programa de Biodiversidad** que busca conservar, proteger y dar un uso sostenible de la biodiversidad y en especial la urbana, así como para inducir la restauración y el desarrollo urbano incorporando la biodiversidad. Entre sus proyectos tiene el establecimiento de **Fragmentos de Conservación de la Biodiversidad**, lo cual constituye una oportunidad de sumar espacios urbanos o rurales donde no solo se resguardan las especies que forman esta diversidad, sino el refugio que lo permite su existencia, y gracias a la cual tenemos servicios ambientales (infiltración en zonas de recarga, mitigación de efectos de cambio climático, captura de carbono, hábitat de flora y fauna), buscando la conectividad de espacios de valor ecológico, asegurando la integridad y funcionalidad de los ecosistemas.

Importancia de la biodiversidad urbana

Las ciudades pueden ser entendidas como ecosistemas urbanos donde existen flujos e intercambios de materia y energía, donde sus elementos biológicos existentes proporcionan servicios ecosistémicos importantes a la ciudad en su conjunto, mientras que las estructuras urbanas influyen sobre parámetros físicos como la temperatura, el viento, las concentraciones de gases de efecto invernadero y los contaminantes, entre otros —que a su vez determinan el tipo de biodiversidad urbana existente.

En un contexto urbano, tiene sentido considerar la biodiversidad no simplemente como un elemento aislado de la actividad urbana, sino como un factor presente en toda la ciudad. De esta manera la biodiversidad se constituye como uno de los indicadores fundamentales de sostenibilidad urbana.

Para aumentar la presencia y resiliencia de una

diversidad de especies, las ciudades pueden «naturalizarse» —es decir, incorporar una gran variedad de elementos naturales— mediante actuaciones específicas fundamentadas. Estos proyectos de «naturación», que intentan atraer a la biodiversidad silvestre (especialmente fauna beneficiosa) incluyen la creación de lugares de nidificación, alimentación y refugio dentro de la ciudad, bien sea en zonas verdes, grises o azules. Establecer infraestructuras verdes urbanas, como parques y jardines, es una táctica habitual de naturación, pero este tipo de actividades puede incluir también la creación de cubiertas, muros, fachadas y terrazas verdes. La consecuencia de ello es el aumento del número o la superficie de ecosistemas que pueden funcionar de forma autónoma dentro de la ciudad, sin necesidad de una gestión humana (Rueda, 2010).

La naturación incluye asimismo crear pasillos conectores que entrecruzan la ciudad y que la vinculan con zonas naturales en el exterior, reforzando así sus hábitats.

En el proceso se adapta al medio urbano los modelos clásicos de *corredor* y de *mosaico* utilizados en la disciplina de ecología del paisaje, representando las calles y las avenidas *los corredores* y los parques *las zonas de mosaico*. Las iniciativas de naturación promueven una red resiliente de hábitats y de lugares de alimentación y nidificación, estimulando así la entrada de biodiversidad de los denominados nódulos de recarga, zonas próximas a la ciudad con un nivel elevado de naturalidad que nutren la biodiversidad urbana. El proceso de naturación, que conecta la ciudad con estas zonas, difumina esencialmente los límites entre la ciudad y la naturaleza (Forman, 1995).

La biodiversidad limita los brotes de enfermedades entre los humanos y la vida silvestre y los hábitats, con una amplia variedad de plantas y animales, sirven como

amortiguadores biológicos de los patógenos, existiendo cada vez más evidencia de que mantener una amplia variedad de vida también puede ayudar a protegernos de las enfermedades. Por el contrario, la pérdida de biodiversidad, en la mayoría de los casos, aumenta la propagación de patógenos (Sainato, 2015). Por otro lado, es menos probable que los patógenos encuentren su huésped óptimo en las parcelas más diversas, lo que reduce la prevalencia e incidencia de la enfermedad, siendo esto un efecto protector de la diversidad que se ha encontrado en muchos estudios, no solo para las plantas, sino también para las enfermedades que afectan a los humanos y la vida silvestre (Keesing y Ostfeld, 2015).

Ahora bien, si bien los beneficios de los espacios verdes en entornos urbanos se han vuelto bien conocidos, con numerosos vínculos con las ciencias médicas, incluida la salud física y mental, y la protección del microclima, se tiene que algunos espacios verdes pueden ser variables y potencialmente simplistas en su estructura y, por lo tanto, en los beneficios que podrían brindar a los humanos y animales locales. Para evitar este riesgo y el desperdicio potencial de recursos en el mantenimiento de espacios verdes de baja calidad (pocas especies), es importante promover la biodiversidad (Taylor y Hochuli, 2015). Al respecto, se considera que la biodiversidad de cada una de estas áreas debe estar constituida mayoritariamente por especies nativas propias de los ecosistemas que rodean la ciudad.

Definición de fragmentos urbanos de biodiversidad

De conformidad al artículo «Fragmentación Urbana y Ambiental: El Caso del Municipio de Querétaro», publicado en el «Cuaderno de Investigación No. 1 del Instituto de Ecología y Cambio Climático» (Municipio de Querétaro, 2022), al definir **¿Qué es un fragmento urbano de biodiversidad?**, se retoma el

estudio «Diseñando la Biodiversidad. Proyecto Fragmento Urbano o Parche de Biodiversidad» que menciona que “Un fragmento urbano de biodiversidad o `parche´ es una *tesela*, es decir, un fragmento de un mosaico, que forma parte de la estructura del paisaje y varían en tamaño, formas, tipo y heterogeneidad, y pueden ser comunidades bióticas o de características abióticas o también antrópicas y se caracterizan por su origen, ya sea natural o antrópicas o bien, originados por disturbios o condicionantes ambientales” (Angulo y Mendoza, 2021. Inédito).

De manera sintética se puede decir que un fragmento urbano de biodiversidad es un área que no cuenta con alguna construcción, o sea que contienen aún suelo y que quedan esparcidos a lo largo de las ciudades, que generalmente son generados por el crecimiento descontrolado de la ciudad, y que será destinada a maximizar los servicios ambientales que pueden rescatarse



sobre una superficie, empleando técnicas de conservación, reinserción de especies nativas, midiendo los servicios ambientales que este espacio provee por metro cuadrado y promoviendo la gestión social de los mismos para generar un beneficio directo a las comunidades o colonias cercanas, promoviendo que estas se apropien del proyecto ya que es la clave para que estos espacios se integren y perduren, y su último objetivo es mejorar las condiciones ambientales en las ciudades y espacios urbanos marginados.

Estos fragmentos pese a su condición en tamaño, ubicación, formas y presiones, tanto ambientales como sociales y económicas, guardan su relativa importancia desde la perspectiva de la conservación de la biodiversidad urbana.

Por lo que respecta al valor ecológico de los fragmentos o parches se pueden apuntar los siguientes (Angulo, 2019), sobre todo para los pequeños parches:

- ▶ **Recolonización de especies.**
- ▶ **Aporta a la heterogeneidad de la matriz en cuanto a la disminución de ciertos flujos como la erosión y escorrentía, así como a la remoción de contaminantes atmosféricos.**
- ▶ **Hábitat para especies restrictas a pequeños parches.**
- ▶ **Protección de pequeños hábitats y especies raras.**

Se busca de esta manera que estos fragmentos se ubiquen dentro del principal instrumento de política pública ambiental en materia de planeación territorial, que es el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Querétaro (POELMQ), en una Unidad de Gestión Ambiental (UGA) con política urbana o de aprovechamiento sustentable, aunque

también pueden estar dentro de una UGA con política de protección. De esta manera, estaremos hablando de fragmentos urbanos o periurbanos.

Antecedentes

La certificación **Sello de Biodiversidad**, es parte del componente de sustentabilidad del modelo educativo Bilingüe, Internacional y Sustentable (BIS) creado por la Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáur egui (UPSRJ) y se estableció como un mecanismo de cuidado de la biodiversidad, que permite certificar a predios particulares e instituciones de todo el territorio municipal como fragmentos de biodiversidad.



Imagen 1. Diseño del sello de biodiversidad.

Al respecto, los primeros fragmentos creados fueron un camellón en el Municipio de Corregidora y un fragmento dentro del proyecto Zona Viva Huerto Urbano (Fracc. La Joya, Municipio de Querétaro) enfocado como un espacio agroecológico.

Es por esto, y con la finalidad de incrementar los fragmentos existentes, que durante el 2022 el Instituto de Ecología y Cambio Climático del Municipio de Querétaro se dio a la tarea de definir una estrategia para empezar a ubicar sitios con condiciones para ser considerados como fragmentos e inició las gestiones con propietarios, para recibir sus solicitudes como parte de un proceso voluntario, a la vez de realizar el proceso de contratación para la elaboración del sello de biodiversidad por parte de la UPSRJ

para cada fragmento, y posteriormente, llevar a cabo los eventos para la entrega de los certificados correspondientes.

Se presentan a continuación los fragmentos establecidos en la siguiente tabla:

TABLA 1. FRAGMENTOS DE CONSERVACIÓN DE BIODIVERSIDAD ESTABLECIDOS POR EL MUNICIPIO DE QUERÉTARO				
ID	NOMBRE DEL PREDIO	UBICACIÓN	DELEGACIÓN	SUPERFICIE HECTÁREAS
1	Proyecto Kuishtak	La Providencia, Fracción cuarta de la Exhacienda La Solana	Santa Rosa Jáuregui	275.0000
2	Rancho Tlacoapan	Libramiento Surponiente km 30+300	Felipe Carrillo	138.0000
3	Michelin	Predio clave catastral 140100126003006.	Félix Osores Sotomayor	20.0000
4	Parque "La Cañada Milenio III"	Senda Eterna, Milenio	Villa Cayetano Rubio	1.8200
5	"Carpe Diem"	La Granja S/N, Col. El Salitre	Epigmenio González	1.4000
6	Parque Industrial de Querétaro (PIQ)	Av. Griega S/N. PIQ	Santa Rosa Jáuregui	0.1986
7	Gran Valle Desarrolladora Carpín	Fracc. Puertas de San Miguel Carrillo Etapa 12 manzana 62 lote 4	Felipe Carrillo	0.0886
8	Complejos Residenciales	Gran Reserva Preserve_Casa Club Arbole	Santa Rosa Jáuregui	0.0387
9	Complejos Residenciales	Gran Reserva Preserve-Parque Intraurbano Blvd. Quetzal. Grand Juriquilla	Santa Rosa Jáuregui	0.0200
10	Complejos Residenciales	Gran Reserva Preserve-Parque Aventura - Salto del Moro	Santa Rosa Jáuregui	0.0202
Superficie total de los 10 fragmentos en territorio municipal				436.5861
Porcentaje con respecto al total de superficie del territorio del Municipio de Querétaro*				0.63%
Superficie de fragmentos ubicados en Unidades de Gestión Ambiental con política urbana o de aprovechamiento sustentable del Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Querétaro				260.7300
Porcentaje con respecto al total de superficie del territorio del Municipio de Querétaro*				0.38%

* 69,002.25 hectáreas

Predios certificados

1.- Rancho Kuishtak:

El proyecto comprende 4 predios que se localizan en el centro oriente del Municipio de Querétaro, en la localidad La Solana de la Delegación Santa Rosa Jáuregui del Municipio de Querétaro. Estos predios son: Fracción 1ª de la Providencia, Fracción 2ª de la Providencia, Predio El Refugio y Predio La Luz, todos pertenecientes a la Fracción 4a de la Exhacienda La Solana, que en su totalidad suman una superficie de 275 hectáreas.

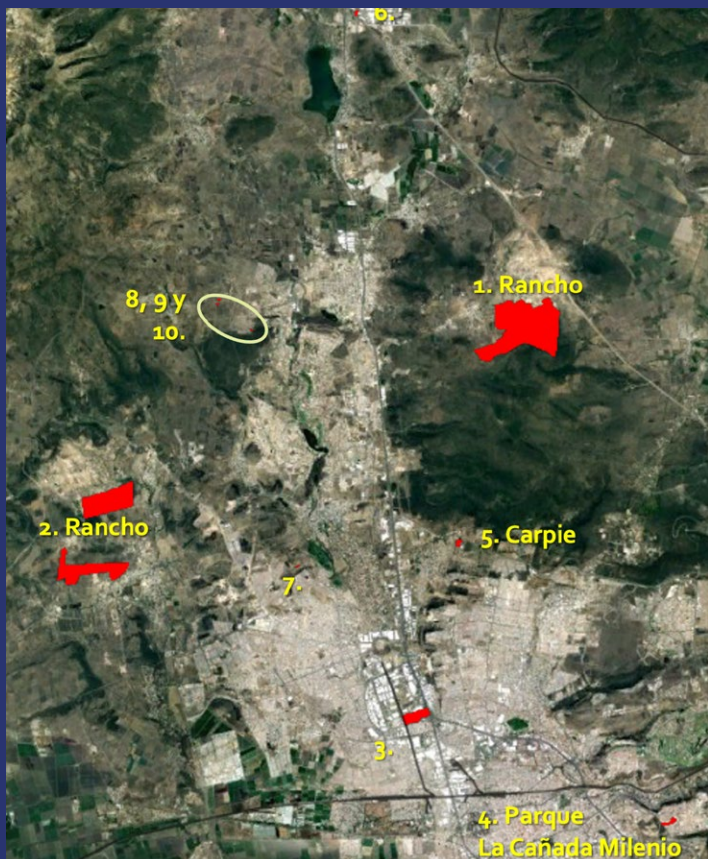


Imagen 2. Ubicación de los 10 fragmentos de biodiversidad sobre imagen satelital.

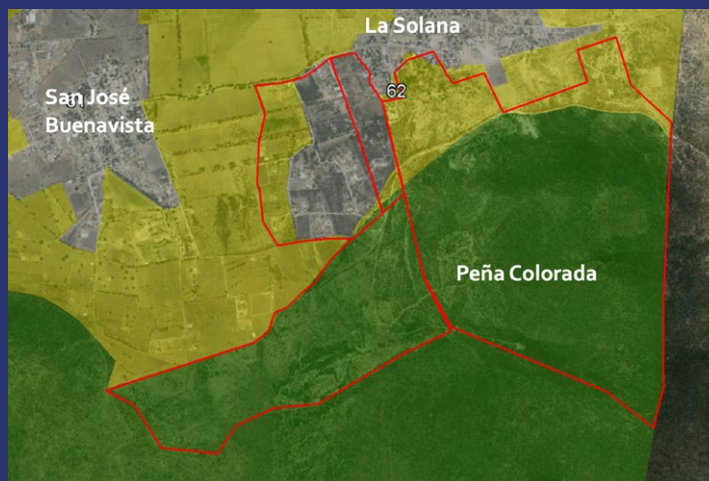


Imagen 3. Polígonos del fragmento de conservación de biodiversidad Rancho Kuishtak sobre UGA´s del POEREQ (en color gris son UGA´s con política urbana, amarillo para UGA´s con política de aprovechamiento sustentable y verde para UGA´s con política de protección).

Dentro del proyecto se tienen 46 hectáreas dentro de la UGA No. 62 «Zona Urbana La Solana sección suroeste» en el POELMQ, otra porción en la UGA 57 «Valle de Montenegro» y el resto en la UGA No.63 «Peña Colorada».

Todos estos predios forman parte de un proyecto denominado Proyecto Kuishtak, nombre que se le da al cerro que se encuentra en el terreno, el cual fue creado en 1995 como una comunidad autosustentable que eleva la calidad de vida fomentando respeto al medio ambiente, desarrollo económico y social de sus habitantes y vecinos, contribuyendo a una nueva cultura de convivencia pacífica. Desde 1995, se

ha realizado un programa de reforestación en una zona semidesértica donde se ha frenado la erosión y se ha cambiado el microclima del lugar, así como programas educativos de la comunidad para mitigar la poda de la flora y la conservación de la fauna local.

En un futuro se considera producir 10 mil árboles de paulonias que deben estar en sus bolsas para finales de este año, con el propósito de crear 3 bosques de 3 mil árboles uno en El Labradío, otro en La Luz y otro en los módulos.

Con respecto a la biodiversidad existente en los predios se trata de matorral xerófilo de tipo crasicale aunado a pequeñas zonas de agricultura y urbanizadas. En términos generales, se encuentran ejemplares de especies propias de matorral xerófilo, en su mayor parte, y bosque tropical caducifolio en algunas zonas. Está formado por un grupo de comunidades vegetales caracterizadas por tener ramificaciones desde la base del tallo muy cerca de la superficie del suelo, altura variable pero casi nunca rebasan los 4 metros y adaptaciones a sitios con muy poca disponibilidad de agua.

Las especies más comunes son *Opuntia treptachanta* (nopál cardón) y *O. hyptiacantha* (hartón), acompañadas por *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), *Prosopis laevigata* (garambullo), *Acacia farnesiana* (mezquite), *A. schaffneri* (huizache chino), *Bursera fagaroides* (xixiote), *Celtis pallida* (granjeno), *Condalia mexicana* (granjeno prieto), *Ipomoea murucoides* (palo bobo, cazahuate) y *Eysenhardtia polystachya* (vara dulce). Mientras que el estrato arbustivo se encuentra formado por *Zaluzania augusta* (limpiatuna tronadora); *Mimosa biuncifera* (uña de gato), *Agave lechuguilla* (lechuguilla); *Bouvardia ternifolia* (trompetilla); *Brickelia veronicifolia* (peixtó), *Brongniatia intermedia* (garbancillo); *Calliandra eriophylla* (charrasquillo), *Croton rzedowskii* (palillo) y *Ferocactus latispinus* (biznaga ganchuda).



Imagen 4. Entrega de certificación del fragmento de conservación de biodiversidad. Rancho Kuishtak por autoridades (mayo 2022).



Imagen 5. Vista del interior del Rancho Kuishtak.



Imagen 6. Vista del Cerro Kuishtak.

2.- Rancho Tlacoapan:

El proyecto está constituido por 2 polígonos que suman 138 hectáreas y se ubica en el poniente municipal (Delegación Felipe Carrillo Puerto), muy próximo al Anillo Vial Norponiente y al área natural protegida «Zona Occidental de Microcuencas».

Esta zona contiene una superficie de 46.19 hectáreas registrada como Unidad de Manejo Ambiental de Vida Silvestre por SEMARNAT, así como diversas infraestructuras ambientales como bordos, áreas de protección de flora y fauna, senderos, bebederos de fauna y áreas reforestadas, entre otras cosas.

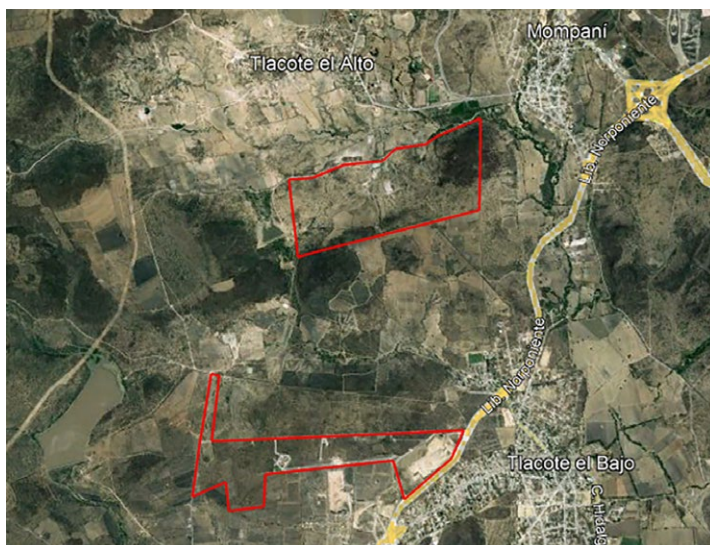


Imagen 7. Polígonos del fragmento de conservación de biodiversidad de Rancho Tlacoapan.

Este rancho tiene registrados 12 especies de mamíferos, 7 de reptiles, 2 de anfibios y 39 de aves, destacando la presencia de especies como: *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), *Dasyus novemcinctus* (armadillo), *Bassariscus astatus* (cacomixtle), *Buteo jamaicensis* (aguiluilla colirroja), *Anas discors* (pato mexicano), *Geococcyx velox* (correcominos), *Masticophis flajellum* (chirriónera), *Pituophis deppei* (alicante), *Kinosternon integrum* (tortuga de casquito) y *Craugastor augusti* (rana amarilla).

En lo que respecta a la flora se tienen ubicadas 16 especies arbóreas, 9 arbustivas y 29 del estrato



Imagen 8. Vistas de diferentes áreas del Rancho Tlacoapan.

herbáceo, entre las que se encuentran: *Bursera fagaroides* (palo xixiote), *Acacia farnesiana* (huizache), *Eysenhardtia polystachya* (palo dulce), *Erythrina coralloides* (colorín), *Lysiloma microphylla* (tepeguaje rojo), *Hesperalbizia occidentalis* (palo blanco) y *celits pallida* (granjeno).

3.- Michelin:

Este proyecto está ubicado en un polígono de 20 hectáreas, íntegramente dentro de la mancha urbana de la ciudad de Querétaro, en las colindancias de las vialidades Blvd. Bernardo Quintana y Av. 5 de febrero (Paseo de la República), en la Delegación Félix Osores Sotomayor.

Desde que en el año 2002 iniciara operaciones en el municipio de Querétaro, Michelin se ha visto involucrado en acciones a favor del medio ambiente.

Algunas de las acciones que el grupo ha impulsado son:

- ▶ Desarrollo de operaciones de manufactura responsable.
- ▶ Implementación de proyectos que promueven la disminución de las huella ambiental y el consumo de energía.
- ▶ Minimización en la generación de residuos.

Así mismo, Michelin y el Fideicomiso Queretano para la Conservación del Medio Ambiente (FIQMA) firmaron un convenio que promueve la creación de proyectos específicos y acciones de conservación y protección de la flora, la fauna, el suelo, el agua y la atmósfera alrededor de sitios industriales.



Imagen 10. Vista del fragmento (izq.) junto a las instalaciones de la empresa Michelin.



Imagen 11. Entrega de certificado a la empresa Michelin (8 diciembre 2022).



Imagen 9. Polígono del fragmento de conservación.

Existe un compromiso de Michelin con este fragmento para proteger e incrementar la biodiversidad local a través de reforestaciones con fines de conservación de especies nativas, monitoreo de fauna silvestre, podas de saneamiento, jardines de polinización, zonas oasis, brechas corta fuego y senderos.



Imagen 12. Visita al fragmento con personal de la empresa, Municipio de Querétaro y FIQMA.

En esta zona se están resguardando ejemplares de flora como *Prosopis laevigata* (mezquite), *Acacia farnesiana* (huizache), *Opuntia spp* (nopal), *Cylindropuntia imbricata* (cardón) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo).

4.- Parque La Cañada Milenio III:

Este proyecto está constituido por 2 polígonos municipales con una superficie de 1.82 hectáreas y se encuentra inmerso en el Fracc. Milenio III de la ciudad de Querétaro. Este proyecto ha sido impulsado por el Comité de Vecinos de Milenio III A.C., quienes han sido promotores de su conservación, mantenimiento y reforestación.

Entre las especies de flora y fauna nativa que pueden localizarse se tiene: *Bursera fagaroides* (palo xixiote), *Acacia farsiana* (huizache), *Myrtillocactus geometrizans* (Garambullo), *Ipomoea murucoides* (palo bobo), tlacuache (*Didelphis virginiana*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y múltiples aves.



Imagen 13. Ubicación del fragmento sobre imagen de Google Earth.

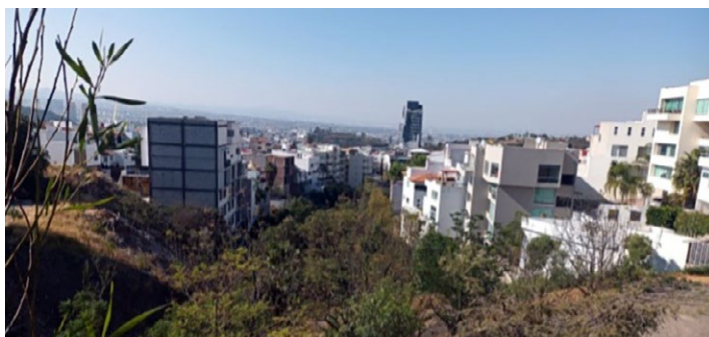


Imagen 14. Visita al fragmento desde la parte más alta.



Imagen 15. Entrega de certificado (14 diciembre 2022).

5.- Carpe Diem:

Esta área constituye una propuesta de establecer un centro artístico con zonas vegetadas en una superficie de 1.4 hectáreas, en las inmediaciones de la localidad El Salitre.

Destaca la presencia de *Prosopis laevigata* (mezquites) como parte de la vegetación original existente, y ejemplares de *Yuca filifera* (palma yuca), *Stenocereus dumortieri* (órgano), *Stenocereus marginatus* (órgano), *Agave lechuguilla* (maguey lechuguilla), *Nyctocereus serpentinus* (reina de noche), *Mammillaria magnimamna* (biznaga de chilitos) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo).



Imagen 16. Polígono donde se ubica el fragmento.



Imagen 17. Vista interior del fragmento.



Imagen 18. Entrega de certificado (29 noviembre 2022).

6.- Parque Industrial de Querétaro (PIQ):

Consiste en una superficie de 886 m² dentro del Parque Industrial Querétaro, donde se ha conservado y establecido ejemplares de flora nativa como lo son: *Bursera fagaroides*, *Stenocereus marginatus*, *Ipomoea murucoides*, *Eysenhardtia polystachya*, *Opuntia sp* y *Acacia farnesiana*, entre otros.



Imagen 19. Vista interior del fragmento.



Imagen 20. Vista del área del predio.

7.- Gran Valle Desarrolladora Carpiñ:

Dentro del Fracc. Puertas de San Miguel Carrillo Etapa 12 Manzana 62 Lote 4, se estableció una superficie donde se conservarán y rescatarán ejemplares de flora nativa a reubicar del desarrollo habitacional, destacando la presencia de *Bursera fagaroides* (palo xixiote) y *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo).



Imagen 21. Polígono donde se ubica el fragmento.

8, 9 y 10.- Complejos Residenciales:

Dentro del Fracc. Gran Reserva Preserve, ubicado en Juriquilla, se establecieron 3 predios: Gran Reserva Preserve-Casa Club Arbole, Gran Reserva Preserve-Parque Intraurbano Blvd. Quetzal y Grand Juriquilla Gran Reserva Preserve-Parque Aventura- Salto del Moro. En total suman 789 m² y se resguarda ejemplares de especies de flora nativa por parte de la empresa Complejos Residenciales.



Imagen 22. Vista del fragmento.



Imagen 23. Entrega de certificado de fecha 23 de noviembre de 2022.

Conclusiones

El proyecto Fragmentos de Conservación de la Biodiversidad constituye una alternativa para incrementar las superficies que resguardan la biodiversidad, adicional a los instrumentos de planificación ambiental territorial (ordenamiento ecológico, áreas naturales protegidas), con la diferencia que **estos fragmentos son voluntarios y hay una participación activa de sus propietarios o habitantes involucrados, lo cual asegura su permanencia a largo plazo.**

En la presente administración municipal se plantea llegar a certificar un total de 30 fragmentos (20 adicionales a los 10 predios ya establecidos en 2022), llegando a una superficie total de 1,200 hectáreas, lo cual implica más de un 1.7% de la superficie total del territorio municipal. Por otro lado, los predios más grandes podrán ser susceptibles a recibir beneficios, a través del proyecto de Venta de Bonos de Carbono del Programa Municipal de Cambio Climático.

Reconocimiento

Debido a que el concepto de «fragmento de conservación de la biodiversidad» tiene su fundamento en la voluntad ciudadana y el compromiso tanto de propietarios de predios, como de personal de la Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui, enlaces, promotores y vecinos, se hace un respetuoso reconocimiento a las personas que se muestran a continuación, quienes hicieron posible la certificación de 10 fragmentos durante el 2022:

- Ricardo García Olivares
- Pablo Corona Artigas
- Pedro Antonio Valenzuela López
- Amilcar González de Cosío Frías
- José Antonio Zamudio Álvarez
- Etienne Ludwig
- Valeria G. Valdez Muñoz
- Roberto Gaitán Spamer
- Walter Arturo Castellanos González
- Rocío Gómez Perrusquía
- Christian G. Reyes Méndez
- Luis Leonel Heath Moncada
- Erika Ximena Gómez Medellín
- Lic. Ariadna González Jacobo
- María Guadalupe Espinosa de los Reyes Ayala

Bibliografía

- Angulo, A. (2019). *Criterios ambientales para espacios abiertos y Hacia una Política Ambiental, Territorial y Social para el Desarrollo de la Infraestructura Verde*. México: Coordinación de Vigilancia Ambiental de la Obra Pública de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP) del Gobierno del Estado de Querétaro. Inédito.
- Angulo, A. y Mendoza, A. (2021). *Diseñando la Biodiversidad. Proyecto Fragmento Urbano o Parche de Biodiversidad*. México: Coordinación de Vigilancia Ambiental de la Obra Pública de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP) del Gobierno del Estado de Querétaro. Inédito.
- Forman, R. (1995). *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Instituto de Ecología y Cambio Climático del Municipio de Querétaro (2022). *Cuaderno de Investigación No. 1*.
- Keesing, F. y Ostfeld, R. (2015, 17 de julio). Ecology. Is biodiversity good for your health? *Science*, 349(6245), 235-236. DOI: 10.1126/science.aac7892
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en el territorio nacional. DOF 28-01-1988. Última reforma [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. DOF 11-04-2022.
- Ley General de Vida Silvestre. DOF 3-07-2000. Que tiene por objetivo conservar la vida silvestre mediante su protección y aprovechamiento sustentable. Última reforma [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. DOF 20-05-2021.
- Municipio de Querétaro (2014, 13 de mayo). Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Querétaro. *Gaceta Municipal Órgano Oficial de Difusión del H. Ayuntamiento de Querétaro*. Año II, No. 36, Tomo II.
- Municipio de Querétaro (2022). *Diagnóstico Ambiental Municipal*. Inédito.
- Rueda, S. (2010). *Green Roofs and Walls in Barcelona. A Study on Existing and Potential Implementation Strategies*. España: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
- Sainato, M. (2015, 31 de agosto). Biodiversity Limits Disease Outbreaks Among Humans and Wildlife [versión electrónica]. *Earth Island Journal*.
- Taylor, L. y Hochuli, D. (2015, septiembre). Creating better cities: how biodiversity and ecosystem functioning enhance urban residents' wellbeing. *Urban Ecosystems*, 18 (747-762). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-014-0427-3>

ARTÍCULO 4

Polinizadores urbanos del municipio de Querétaro

M. C. Oliva R. Segura

Profesora de la Facultad de Ciencias Naturales,
Universidad Autónoma de Querétaro

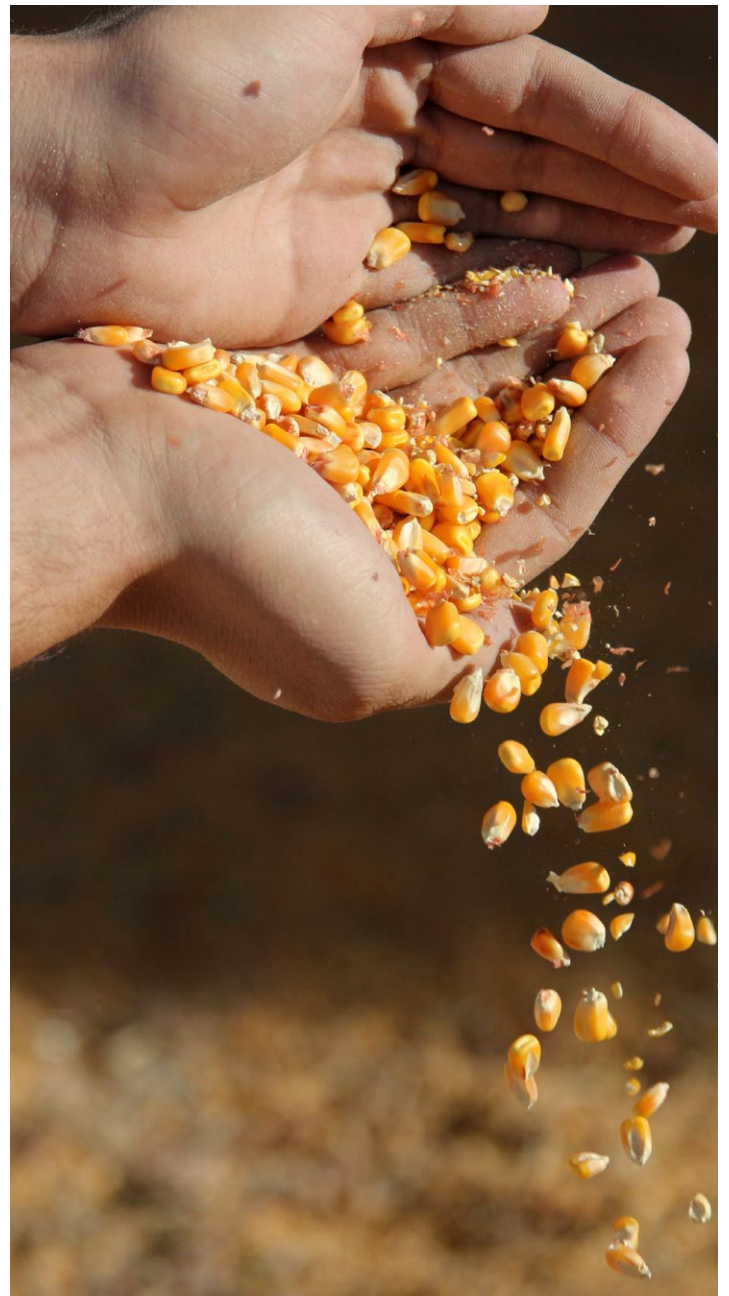


Polinizadores y su importancia

Los polinizadores son un grupo de animales heterogéneo y diverso compuesto en su mayoría por **insectos como abejas, mariposas, moscas y escarabajos, pero también de vertebrados como aves y murciélagos** que visitan flores para obtener alimento, como el polen y néctar, con lo que dispersan el polen entre las flores y facilitan así la reproducción sexual de las plantas (Abrol, 2011). La mayoría de las plantas (87.5%) en el planeta necesita de los polinizadores para reproducirse sexualmente (Ollerton, 2011). Así, los polinizadores promueven que haya nuevos individuos de plantas, lo cual mantiene a las poblaciones vegetales, y beneficia al resto de organismos en otros niveles tróficos como herbívoros, carnívoros, descomponedores, etc. Por ello, la polinización es un servicio ecosistémico de soporte, esto es que permite que se mantengan otros procesos del ecosistema y la provisión de otros servicios ecosistémicos (Sánchez-Gómez y Rocha-Gil, 2014). Además, los polinizadores conectan a las poblaciones de las plantas y propician la variabilidad genética de las plantas, lo que les permite tener poblaciones sanas resilientes a cambios en los ecosistemas (Winfree et al., 2011).

Al mismo tiempo, **los polinizadores son clave para la seguridad alimentaria** (Van der Sluijs y Vaage, 2016) ya que **gracias a ellos se produce el 75% de los cultivos a nivel mundial** (Klein et al., 2007). La importancia de los polinizadores en cuanto a producción de alimentos varía dependiendo de las dietas locales (Elis et al., 2015). En el caso de México resultan sumamente relevantes debido a que **son necesarios para la producción del 85% de alimentos consumidos nacionalmente** (Ashworth et al., 2009). Gracias a la actividad de los polinizadores no sólo se obtienen numerosos frutos y semillas, sino que con ello se gana una dieta variada y balanceada,

rica en micronutrientes tales como vitaminas A, C y D, calcio, fluoruro y ácido fólico (Potts et al., 2016). La actividad de los polinizadores no sólo nos brinda numerosos frutos y semillas, también propicia la obtención de materias primas como fibras y maderas ya que es clave en la reproducción de las plantas de las que las obtenemos. Finalmente, los polinizadores han tenido un papel importante en la cultura de muchas civilizaciones y actualmente son uno de los grupos que más acerca a las personas a la naturaleza y la educación ambiental, por lo que no sólo tienen valor ecológico y económico, sino también social y cultural.



La diversidad de los polinizadores

Cuando se trata del servicio ecosistémico que representa la polinización biótica (o facilitada por polinizadores), generalmente se piensa en una sola especie, *Apis mellifera*, y si bien es una abeja muy usada para la producción de alimentos y otros productos, esta abeja es introducida y no es la única necesaria para obtener todos los beneficios de la polinización.

México cuenta con una gran diversidad de polinizadores nativos, se calcula que hay cerca de 2,000 especies de abejas, lo que representa el 10% de la diversidad mundial (Ayala et al., 1996). Se estima que hay

23,750 especies de lepidópteros –grupo al que pertenecen mariposas y polillas– (Llorente-Bousquets et al., 2014) incluidas cerca de **1,800**

especies de mariposas (Heppner, 2002), hay **57 especies de colibríes** de las 330 que se conocen (Arizmendi y Berlanga, 2014) y se tienen registradas **12 especies de murciélagos**

nectarívoros (Arita y Santos-del-Prado, 1999). Esta enorme diversidad de polinizadores nativos es de la que dependen los ecosistemas pues tienen una estrecha relación ecológica y evolutiva con las plantas nativas de la región. Además, se ha probado que la presencia de los polinizadores nativos es valiosa en la producción de cultivos y que los beneficios que aportan no pueden ser reemplazados con una sola abeja manejada como *Apis mellifera*, incluso aunque se aumente su abundancia (Garibaldi et al., 2013). Esto significa que es prioritario conservar la diversidad de interacciones entre plantas y polinizadores nativos y no concentrar estos esfuerzos en una sola especie introducida y manejada por el hombre.

Amenazas para los polinizadores

Pese a su importancia ecológica, económica y para la salud humana, los polinizadores nativos

enfrentan numerosas amenazas tales como el **cambio climático, cambios de uso de suelo, desface temporal con la floración de las plantas, desplazamiento por especies invasoras, patógenos introducidos, la agricultura intensiva, pesticidas y las interacciones entre todos estos factores** (Dixon, 2009; González-Varo et al., 2013; Potts et al., 2010; Vanbergen e Insect Pollinators Initiative, 2013).

En particular, los cambios de uso de suelo provocan fragmentación, degradación y desaparición de sus hábitats, dificulta a los polinizadores encontrar sitios adecuados para anidar, la obtención de recursos florales y el encuentro de individuos para su reproducción, lo que obstaculiza mantener sus ciclos de vida y altera su estructura poblacional. Los polinizadores que tienen dietas más especializadas siempre son más afectados en estos escenarios, pudiendo llegar a la extinción local (Vanbergen e Insect Pollinators Initiative, 2013). No todos los cambios de uso de suelo afectan por igual a los polinizadores; por ejemplo, se ha observado que **uno de los más dañinos es la agricultura intensiva**, dado que se reducen drásticamente los recursos florales y se promueve el uso de pesticidas que los afectan directamente (Winfree et al., 2011). No obstante, es posible llevar a cabo acciones que permitan conservar la biodiversidad de polinizadores aún en ambientes antropizados y uno de los que tienen más potencial para ello son las ciudades.



Polinizadores en los ecosistemas urbanos

Los ecosistemas urbanos se caracterizan por ser sitios altamente fragmentados y con poca cobertura vegetal, en particular nativa (McKinney, 2008). No obstante, los ambientes urbanos pueden ser capaces de retener buena parte de la biodiversidad, incluyendo a los polinizadores, incluso más que otros sitios antropizados como la agricultura intensiva (Baldock et al., 2015a). **Los polinizadores que persisten en las urbes se enfrentan principalmente a la pérdida y fragmentación de sus hábitats, la introducción de especies, calentamiento urbano y contaminación ambiental** (Harrison y Winfree, 2015). En las ciudades, los polinizadores son importantes para la agricultura urbana y periurbana, incluyendo huertos urbanos (Torres-Lima et al., 2014), pues permiten la reproducción de las plantas nativas que persisten en el ecosistema urbano y son parte de la naturaleza a la que pueden tener acercamiento los ciudadanos (Baldock et al., 2015b).

Dentro de las urbes, las áreas verdes urbanas (AVU) tienen un papel muy importante para el mantenimiento de la biodiversidad en las ciudades, incluyendo a los polinizadores, debido a que son zonas que pueden proveerles de nuevos hábitats (Hall et al., 2017). Sin embargo, para que ello suceda, deben contar con recursos florales variados y adecuados según la región, es decir, con plantas nativas con floraciones en distintos momentos del año. Todo ello puede proporcionar los recursos necesarios para su subsistencia como alimento, refugio y materiales para construcción de nidos (Hall et al., 2017). Dada la fragmentación de la ciudad, las AVU pueden facilitar la conectividad necesaria entre los parches de vegetación y con zonas de vegetación conservada cercanas, lo cual permite que haya intercambio genético

entre poblaciones y que funcionen como sitio de paso para aquellas especies que migran o que se encuentran en la ciudad de manera temporal (Baldock et al., 2015b).

Para que una ciudad y en particular sus AVU realmente puedan funcionar como una alternativa más para la conservación de polinizadores, es fundamental contar con estudios sobre su diversidad de polinizadores, es el punto de partida para toda estrategia de conservación (Baldock et al., 2015a). En México, los estudios sobre polinizadores en ambientes urbanos son escasos (Ramírez-Segura y Jones, 2016), es un campo que recién comienza a explorarse y en el que las instituciones gubernamentales empiezan a involucrarse para elaborar políticas públicas con programas y acciones que protejan a los polinizadores. Por lo anterior, el objetivo de este estudio se centró en brindar un panorama sobre la riqueza de polinizadores de la ciudad de Santiago de Querétaro que permita establecer medidas de conservación para este grupo en sus AVU.



Riqueza de polinizadores del Municipio de Querétaro

Para determinar la riqueza de los polinizadores del municipio de Querétaro se llevaron a cabo tres tipos de actividades:

a) Revisión de literatura: lo cual consistió en localizar trabajos previos que hayan registrado polinizadores del municipio.

b) Revisión de colecciones entomológicas: las colectas científicas permitieron tener un registro de polinizadores previamente observados en el municipio, lo cual hizo más robusta la información.

c) Trabajo de campo: con muestreos de septiembre a octubre de 2022 en 10 sitios estratégicos que abarcan las siete delegaciones del municipio de Querétaro (Figura 1), enfocados a los principales grupos de polinizadores: abejas, mariposas y colibríes.

La riqueza de polinizadores del municipio de Querétaro es basta, en total se registraron **79 especies (30 especies de abejas, 36 de mariposas y 13 de colibríes)**, de las cuales 39 fueron observadas en las áreas verdes urbanas de estudio y 40 se detectaron registradas en colecciones y trabajos científicos (Tabla 1 y Figura 2). **Los sitios que presentaron mayor diversidad de polinizadores fueron las áreas silvestres del campus Juriquilla de la Facultad de Ciencias Naturales (FCN) de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) con 32 especies, esto puede deberse a su abundante vegetación nativa y las diversas estrategias de conservación que se tienen en dicho lugar.** En seguida se encuentra el campus central de la UAQ, con 20 especies, cuyos jardines con variedad de flores favorecen fuertemente la presencia de polinizadores. Por último, está el parque Alfalfaes con 16 especies, cuya flora está compuesta en buena parte por especies nativas además de las especies de jardinería general. Lo anterior muestra la importancia de la vegetación nativa para la conservación de los polinizadores. El sitio con menor diversidad fue el parque Residencial Italia, explicado en parte por ser el de menor tamaño y sobre todo por la falta de variedad de especies con flores. El resto de los sitios puede verse en la Tabla 1.

En cuanto a la riqueza de abejas, en total se registraron 30 especies, 14 de ellas en los sitios de estudio y 16 más de colecciones científicas (Tabla 2). La especie más abundante y con la distribución más amplia fue *Apis mellifera* que fue encontrada en todos los sitios, esta especie es introducida y manejada por el hombre, es una especie generalista por lo que puede aprovechar gran variedad de recursos florales. No obstante, no es tan adecuado encontrarla en grandes números ya que es una fuerte competidora y puede desplazar a las abejas nativas por lo cual sería importante incluir recursos florales nativos que puedan ayudar a las abejas nativas en la ciudad. El

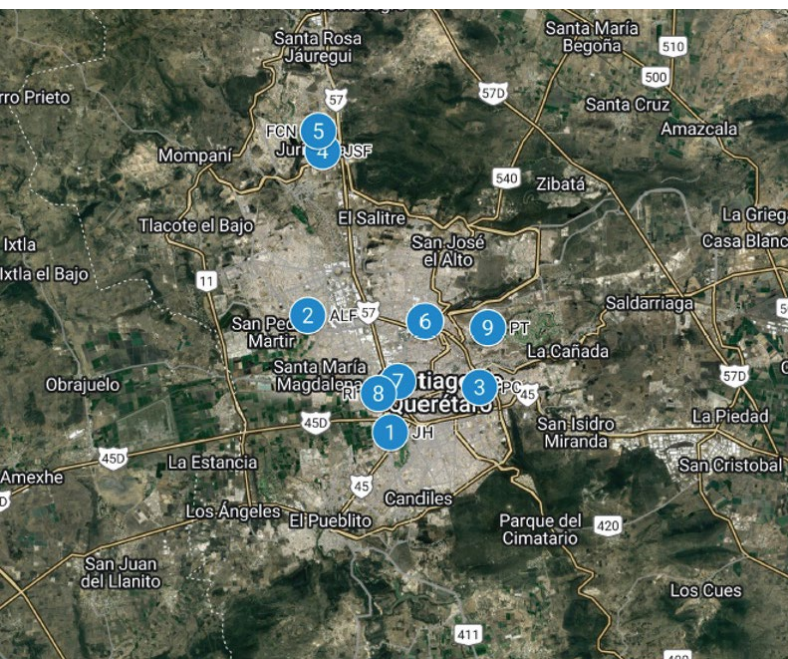


Figura 1. Mapa de los sitios de estudio.

1. Jardines de la Hacienda. 2. Parque Alfalfaes.
3. Parque Carretas. 4. Juriquilla Santa Fe. 5. Áreas silvestres de la Facultad de Ciencias Naturales, UAQ. 6. Parque Querétaro 2000. 7. Centro Universitario UAQ y Parque Nacional Cerro de las Campanas. 8. Parque del Residencial Italia 9. Parque Tlacuache

resto de las abejas son nativas y buena parte son solitarias que anidan en el suelo, por lo que esto debe ser tomado en cuenta en las acciones de conservación de las AVU del municipio. **La riqueza de mariposas fue de 36 especies,** 22 de ellas fueron observadas en las AVU de estudio (Tabla 3). **Entre las especies destaca *Danaus plexippus* o mariposa monarca** dado que se encuentra en la NOM-059 en la categoría de «Sujeta a protección especial» y fue encontrada en siete de los 10 sitios de estudio. Estas 36 especies corresponden al 27% de la diversidad estimada para los municipios del sur del estado de Querétaro –131 especies– (Rivera-Granados et al., 2016). **Mientras que la riqueza total de colibríes fue de 13 especies.** Las especies observadas en campo fueron *Cynanthus latirostris*, *Leucolia violiceps* y *Basilinna leucotis* (Figura 2). La primera de ellas fue la más común y de mayor distribución encontrándose en seis de los 10 sitios muestreados.

Sobre los registros en las AVU, si bien se encontró gran riqueza de polinizadores (39), es importante notar que los muestreos se llevaron a cabo únicamente en el periodo otoño-invierno, por lo que sería importante contemplar en el futuro muestreos en primavera-verano, lo que permitirá tener un panorama más completo de la diversidad y fenología de los polinizadores de la ciudad de Querétaro. Especialmente si se considera que la información previa de polinizadores en Querétaro es escasa y que, en general, la actividad de los insectos y por ende la probabilidad de registrarlos en otoño-invierno es más baja. **En consecuencia, podemos esperar que la riqueza de polinizadores del municipio de Querétaro sea más alta de lo descrito aquí, sin embargo, este trabajo representa un punto de partida pues no se había hecho antes una compilación de los polinizadores del municipio.**



AVU de estudio										
	RI	JH	ALF	PNCC	CU	PC	JSF	FCN	Q2000	PT
Abejas	1	3	6	3	8	3	3	13	5	5
Mariposas	3	7	9	3	9	5	2	17	6	2
Colibríes	0	1	1	1	3	1	0	2	1	0
TOTAL	4	11	16	7	20	9	5	32	12	9

Tabla 1. Riqueza de polinizadores observados en los sitios de estudio.

AVU = Áreas verdes urbanas, RI = Parque Residencial Italia, JH = Jardines de la Hacienda, ALF = Parque Alfalfares, PNCC = Parque Nacional Cerro de las Campanas, CU = Centro Universitario UAQ, PC = Parque Carretas, JSF = Juriquilla Santa Fe, FCN = Áreas silvestres Campus FCN UAQ, Q2000 = Parque Querétaro 2000, PT = Parque Tlacuache

Familia	Especie	AVU de estudio										Colectas previas	Base de datos	
		RI	JH	ALF	PNCC	CU	PC	JSF	FCN	Q2000	PT			
Andrenidae	<i>Calliopsis</i> sp.												1	
Andrenidae	<i>Macrotera</i> sp.												1	
Andrenidae	<i>Perdita</i> sp.			1			1	1	1	1	1			
Andrenidae	<i>Protandrena</i> sp.												1	
Apidae	<i>Anthophora</i> sp.										1	1		
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Apidae	<i>Bombus pensylvanicus</i>					1			1					
Apidae	<i>Bombus sonorus</i>		1			1			1					
Apidae	<i>Ceratina</i> sp.			1	1				1	1				
Apidae	<i>Diadasia affinis rinconis</i>												1	
Apidae	<i>Euglossa viridissima</i>			1	1	1			1					
Apidae	<i>Eulaema</i> sp.					1			1					
Apidae	<i>Exaerete azteca</i>													1
Apidae	<i>Exomalopsis otomita</i>													1
Apidae	<i>Exomalopsis</i> sp.												1	
Apidae	<i>Melitoma</i> sp.												1	
Apidae	<i>Xylocopa sonorina</i>						1			1	1			
Apidae	<i>Xylocopa tabaniformis</i>												1	
Halictidae	<i>Agapostemon nasutus</i>												1	
Halictidae	<i>Agapostemon</i> sp.			1					1					
Halictidae	<i>Agapostemon texanus</i>								1		1			
Halictidae	<i>Augochlora aurifera</i>												1	
Halictidae	<i>Augochlora</i> sp.		1			1								
Halictidae	<i>Augochlorella</i> sp.								1					
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp.			1		1			1	1	1			
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 2								1					
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 3												1	
Megachilidae	<i>Lithurgopsis littoralis</i>												1	
Megachilidae	<i>Megachile</i> sp.												1	
Megachilidae	<i>Megachile chichimeca</i>												1	
TOTAL		1	3	5	3	7	3	2	12	5	5	14	2	

Tabla 2. Riqueza de abejas observadas en las AVU y las registradas para el municipio de Querétaro en colectas previas y bases de datos científicas.

AVU = Áreas verdes urbanas, RI = Parque Residencial Italia, JH = Jardines de la Hacienda, ALF = Parque Alfalfares, PNCC = Parque Nacional Cerro de las Campanas, CU = Centro Universitario UAQ, PC = Parque Carretas, JSF = Juriquilla Santa Fe, FCN = Áreas silvestres Campus FCN UAQ, Q2000 = Parque Querétaro 2000, PT = Parque Tlacuache

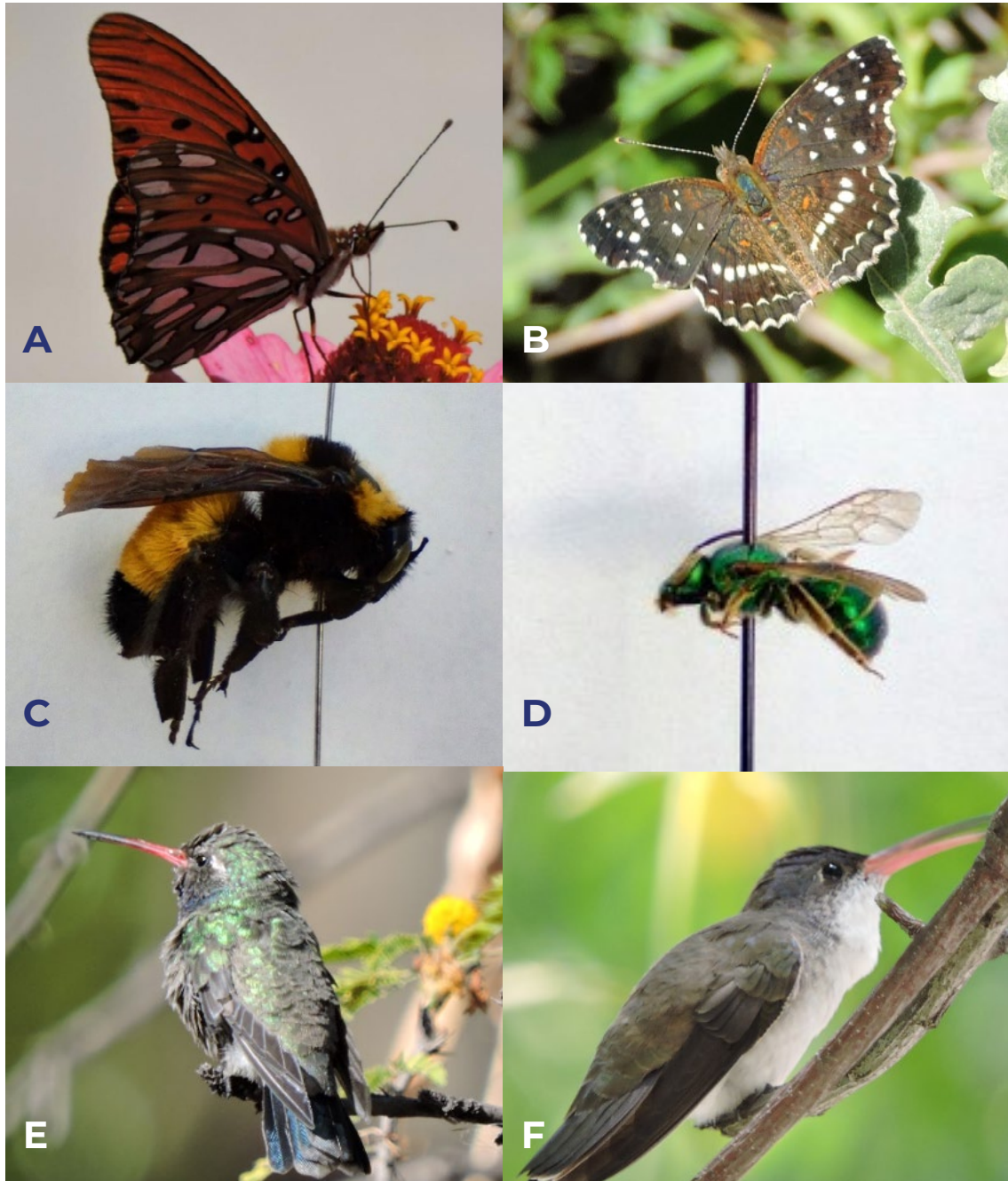
AVU de estudio											
Familia	Especie	RI	JH	ALF	PNCC	CU	PC	JSF	FCN	Q2000	PT
Hesperiidae	<i>Pyrgus philetas</i>			1						1	
Lycaenidae	<i>Leptotes marina</i>										
Nymphalidae	<i>Agraulis vanillae</i>		1	1		1	1		1		1
Nymphalidae	<i>Anthanassa texana</i>										
Nymphalidae	<i>Chlosyne rosita</i>										
Nymphalidae	<i>Danaus plexippus</i>	1	1	1		1	1		1	1	
Nymphalidae	<i>Dione juno</i>								1		
Nymphalidae	<i>Lybitheana carineta</i>		1						1		
Papilionidae	<i>Heraclides rogeri</i>					1			1		
Papilionidae	<i>Neographium epidaus</i>				1						
Papilionidae	<i>Ptetourus garamas</i>				1	1			1		
Papilionidae	<i>Pterourus multicaudata</i>		1		1	1	1	1	1		
Pieridae	<i>Abaeis nicippe</i>								1	1	
Pieridae	<i>Anteos clorinde</i>	1		1		1			1		
Pieridae	<i>Anteos maerula</i>		1	1		1	1		1		
Pieridae	<i>Euptoieta claudia</i>								1		
Pieridae	<i>Eurema mexicana</i>										
Pieridae	<i>Nathalis iole</i>	1	1						1	1	1
Pieridae	<i>Phoebis philea</i>			1		1	1		1		
Pieridae	<i>Pieris rapae</i>			1			1	1		1	
Pieridae	<i>Zerene cesonia</i>			1					1		
Riodinidae	<i>Melanis cephrise</i>		1	1		1			1	1	
	TOTAL	3	7	9	3	9	5	2	17	6	2

Tabla 3. Riqueza de mariposas observados en las AVU de estudio.

AVU = Áreas verdes urbanas, RI = Parque Residencial Italia, JH = Jardines de la Hacienda, ALF = Parque Alfalfares, PNCC = Parque Nacional Cerro de las Campanas, CU = Centro Universitario UAQ, PC = Parque Carretas, JSF = Juriquilla Santa Fe, FCN = Áreas silvestres Campus FCN UAQ, Q2000 = Parque Querétaro 2000, PT = Parque Tlacuache

Figura 2. Algunos de los polinizadores del municipio de Querétaro.

A. *Agraulis vanillae*. B. *Anthanassa texana*. C. *Bombus pensylvanicus*. D. *Augochlora* sp. E. *Cynanthus latirostris*. F. *Leucolia violiceps*.



Acciones para la conservación de los polinizadores en el municipio de Querétaro

Estas son algunas de las acciones propuestas para la conservación de los polinizadores del municipio, derivadas de este estudio.

- ▶ **Incluir** en las paletas vegetales plantas nativas que favorecen a los polinizadores nativos e incrementar así la diversidad y abundancia de los recursos florales, con el fin de mejorar la disponibilidad de alimento para los distintos grupos de polinizadores. La mayoría son atraídos hacia donde los recursos florales son más variados y abundantes.
- ▶ **Mejorar** la estructura de la vegetación en los parques, considerando especies de todos los estratos: árboles, arbustos, herbáceas, etc. Las plantas no sólo son importantes para los polinizadores por sus flores, muchas de ellas son hospederas o brindan recursos para anidación; por ejemplo, las abejas carpinteras hacen sus nidos en troncos de árboles. Así entonces, una estructura vegetal diversa ofrece distintos microclimas y otros recursos para su sobrevivencia.
- ▶ **Elaborar** ensambles de plantas con diferentes fenologías florales que aseguren la disponibilidad de flores a lo largo del año para promover la presencia de recursos florales en las distintas estaciones, beneficiando a los polinizadores que tienen ciclos de vida variados o con migraciones.
- ▶ **Asegurar** que los recursos florales estén distribuidos en las distintas AVU y favorecer la creación de corredores y parches con recursos florales que actúen como «piedras de salto» (del término en inglés *stepping stones*), para propiciar la conectividad con áreas conservadas periféricas del municipio.
- ▶ **Evitar** incorporar plantas para polinizadores en camellones o sitios de alta carga vehicular, ya que son atraídos por estos recursos. Sin embargo,

es contraproducente, dado que los vehículos matan una gran cantidad de insectos y estos sitios se convierten en «sumideros», es decir, una zona con recursos, pero altamente riesgosa.

- ▶ **Evitar utilizar plantas** que son **invasoras** o con potencial de serlo. Las especies invasoras son uno de los principales problemas que enfrenta la biodiversidad debido a que alteran las interacciones y los ecosistemas. Por ello, es importante que las AVU permanezcan libres de estas especies, ya que hay un gran riesgo de que se propaguen a sitios con vegetación conservada.
- ▶ **Continuar** el trabajo interdisciplinario para fomentar la investigación sobre polinizadores. Este trabajo de investigación es un aporte importante; sin embargo, es necesario darle continuidad y considerar que el alcance de este trabajo es limitado por el tiempo de muestreo.
- ▶ **Impulsar** en la legislación local medidas que aporten a la conservación de los polinizadores.
- ▶ **Regular la actividad apícola** para que la abeja mielera no sea introducida a sitios de vegetación conservada o semiconservada cercana a la ciudad. Es importante mantener los ecosistemas sanos, es decir, libres de especies introducidas, para que continúen brindando los servicios ambientales que benefician a las personas en la ciudad.
- ▶ **Integrar** en los planes de manejo de las AVU las acciones que benefician a los polinizadores.
- ▶ La **educación ambiental** es sumamente importante para que las medidas que se toman en las AVU funcionen. Las personas deben conocer la biodiversidad que les rodea para que puedan cuidarla, así como para que sepan cómo hacerlo. En este caso, es deseable que haya una campaña constante de concientización a través de materiales de divulgación como charlas y talleres, materiales de difusión y carteles en los parques, entre otras cosas.

Conclusiones

El municipio de Querétaro presenta una alta diversidad de polinizadores y sus AVU juegan un papel importante para su conservación. **Hasta el momento se detectaron 79 especies de polinizadores, 30 especies de abejas, 36 de mariposas y 13 de colibríes.** Las AVU pueden mejorarse en cuanto a sus paletas vegetales para favorecer a los polinizadores nativos. Las ciudades son ecosistemas que representan una oportunidad para incrementar la conectividad con ecosistemas conservados y ello sólo se logrará a través de privilegiar paletas vegetales nativas. **Las acciones de conservación deben de ir de la mano de la educación ambiental, dado que en los ecosistemas urbanos la integración de las personas que los habitan es necesaria para que estas acciones funcionen.**



Literatura citada

- Abrol, D. P. (2011). Pollination – Basic Concepts en Abrol, D. P. (Ed.) *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production* (1-18). Springer.
- Arita, H. T. y Santos-del-Prado, K. (1999, 16 de febrero). Conservation biology of nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Mammalogy*, 80(1), 31-41. DOI: <https://academic.oup.com/jmammal/article/80/1/31/844771>
- Arizmendi, M.C. y Berlanga, H. (2014). *Colibríes de México y Norteamérica*. México: CONABIO.
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., y Oyama, K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142(5), 1050-1057. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>
- Ayala, R., Griswold, T. L., y Yanega, D. (1996). 27 Apoidea (Hymenoptera). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, 423, 421-464.
- Baldock, K. C., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., Potts, S. G., Robertson, K. M., Scott, A. V., Stone, G. N., Vaughan, I. P. y Memmott, J., (2015a). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proc R Soc B*, 282(1803), 20142849. DOI: 10.1098/rspb.2014.2849
- Baldock, K., Goddard, M. A., Kunin, W. E., Potts, S. G., Stone, G. N., y Memmott, J. (2015b, Oct 1). Managing urban areas for insect pollinators: As town and cities continue to grow how can land managers help insect pollinators in urban areas? *Living With Environmental Change, Insect Pollinators Initiative* (20). DOI: 10.13140/RG.2.1.3665.5444
- Dixon, K. W. (2009). Pollination and restoration. *Science*, 325(5940), 571-573. DOI: 10.1126/science.1176295
- Ellis, A. M., Myers, S. S., y Ricketts, T. H. (2015). Do pollinators contribute to nutritional health? *PLoS One*, 10(1), e114805. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114805>

- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Kremen, C., Carvalheiro, L. G., Harder, L. D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff N. P., Dudenhöffer, J. H., Freitas, B. M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., ... y Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honeybee abundance. *Science*, *339*(6127), 1608–1611.
- Hall, D. M., Camilo, G. R., Tonietto, R. K., Ollerton, J., Ahrné, K., Arduser, M., Ascher, J. S., Baldock, K. C. R., Flower, R., Frankie, G., Goulson, D., Gunnarsson, B., Hanley, M. E., Jackson, J. I., Langellotto, G., Lowenstein, D., Minor, E. S., Philpott, S. M., Potts, S. G., Sirohi, M. H., ... y Threlfall, C. G. (2017). The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, *31*(1), 24–29. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12840>
- Harrison, T., y Winfree, R. (2015). Urban drivers of plant-pollinator interactions. *Functional Ecology*, *29*(7), 879–888. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12486>
- Heppler, J. B. (2002). Mexican Lepidoptera biodiversity. *Insecta Mundi*, *16*(4), 550.
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C. y Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc B*, *274*(1608), 303–13. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Llorente-Bousquets, J., Vargas-Fernández, I., Luis-Martínez, A., Trujano-Ortega, M., Hernández-Mejía, B. C., y Warren, A. D. (2014). Biodiversity of Lepidoptera in Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, *85*, S353–S371.
- McKinney, M. (2008). Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, *11*(2), 161–176. DOI: [10.1007/s11252-007-0045-4](https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4)
- Ollerton, J., Winfree, R., y Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, *120*(3), 321–326. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., y Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology and evolution*, *25*(6), 345–353. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, J., Settele, J. y Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, *540*(7632), 220–229. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Ramírez-Segura, O., y R. Jones. (2016). Insectos polinizadores en ambientes urbanos: perspectivas de su estudio en México. *Entomología Mexicana*, *3*: 183–190. Robles-Soriano, R. 2005. Agricultura Urbana en la Ciudad de México y su Área conurbada: situación y perspectivas. *Revista Agraria - Nueva Época*, *1*, 6–13.
- Rivera, G. L. (1998). *Diversidad, distribución y fenología de los Rhopalocera (Lepidoptera) en algunos municipios del estado de Querétaro*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.
- Sánchez-Gómez, N. y Rocha-Gil, Z. E. (2014). La evaluación de servicios ambientales de soporte. *13+*, *1*(2), 102–127. DOI: [10.24267/23462329.67](https://doi.org/10.24267/23462329.67)
- Torres-Lima, P., Rodríguez-Sánchez, L. M., Salazar-Molina, M., Rodríguez-Rodríguez, F., Reyna-Ramírez, C. A. y Pérez-Hernández, M. (2014). Ciudad de México. Pp. 20–29. In: Thomas G. (Ed.). *Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe*. Un informe de la FAO sobre agricultura urbana y periurbana en la región. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma.
- Van der Sluijs, J. P. y Vaage, N. S. (2016). Pollinators and global food security: the need for holistic global stewardship. *Food ethics*, *1*(1), 75–91. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41055-016-0003-z>
- Winfree, R., Bartomeus, I., y Cariveau, D. P. (2011). Native pollinators in anthropogenic habitats. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, *42*, 1–22. DOI: [10.1146/annurev-ecolsys-102710-145042](https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145042)

**CUADERNO
DE INVESTIGACIÓN
DEL INSTITUTO
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO**

Número 3 / Junio de 2023



QUERÉTARO
— MUNICIPIO —

© 2023 Instituto de Ecología
y Cambio Climático del
Municipio de Querétaro

Ejemplar gratuito.
Prohibida su venta.

**“Este programa es público, ajeno a cualquier
partido político. Queda prohibido su uso para fines
distintos a los establecidos en el programa”.**