



PROGRAMA

Centro Queretano de Recursos Naturales



SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN



Centro Queretano de Recursos Naturales

Santiago de Querétaro, Qro.

DIRECTORIO

PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Lic. José Eduardo Calzada Rovirosa
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DEL PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Dr. Fernando De la Isla Herrera
SECRETARIO DE EDUCACIÓN

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Ing. Ángel Ramírez Vázquez
DIRECTOR GENERAL

Lic. Mauricio Palomino Hernández
SECRETARIO

Dr. Roberto De la Llata Gómez
DIRECTOR DEL CENTRO QUERETANO DE RECURSOS NATURALES

COMPILADOR DEL DOCUMENTO
M. E. Héctor Julián Vázquez Ramírez

DISEÑO
D. G. Alicia Arriaga Ramírez
Jefe del Área de Difusión del CONCYTEQ

CORRECCIÓN DE ESTILO
Ramón Martínez de Velasco

Contenido

Introducción-----	7
1. Origen y evolución-----	8
2. Marco legal -----	22
3. Metodología -----	24
4. Estrategias y acciones para el Programa -----	25
5. Prospectiva del Programa -----	25

Mensaje del Secretario de Educación del Estado de Querétaro

El estado de Querétaro ha experimentado en el último quinquenio un importante impulso a las actividades científicas y tecnológicas, así como a la investigación e innovación, teniendo como palanca detonadora las inversiones en infraestructura, equipamiento, capacitación y superación profesional del personal dedicado a tales tareas.

Un conteo reciente sobre los recursos con que dispone la entidad para esos quehaceres indica que suman 46 centros de investigación, entre los pertenecientes a la iniciativa privada y los del sector público, incluyendo los planteles de educación superior; esto ubica a Querétaro entre los tres estados que en el país cuentan con más establecimientos dedicados a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación; al respecto, el Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C. al elaborar el Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013 ubicó a Querétaro en un destacado tercer lugar.

El Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN), adscrito al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCyTEQ), forma parte de ese gran acervo dedicado al quehacer científico, tiene por objetivo generar, promover e impulsar actividades de investigación e innovación en materia de biodiversidad, recursos naturales y transporte.

Por este medio hago patente mi reconocimiento al personal académico e investigadores que laboran en el Centro Queretano de Recursos Naturales por la pertinencia de sus proyectos, estudios y productos en materia de información geográfica, emisiones y dispersión de contaminantes, transporte, software, residuos sólidos, por solo mencionar algunas de sus múltiples y valiosas aportaciones, de las que da cuenta este documento.

Doctor Fernando de la Isla Herrera

Mensaje del Director General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ)

Los sistemas de Información Geográfica y de Percepción Remota se han convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo de estudios e investigaciones sobre el uso racional y adecuado de los recursos naturales, coadyuvando al mejor aprovechamiento de los mismos.

La sustentabilidad de los recursos naturales, así como el correcto funcionamiento de los sistemas de transporte y la infraestructura urbana y carretera son prioritarios para una adecuada convivencia y cuidado entre medio ambiente y población.

Dentro de las actividades desarrolladas por el Centro Queretano de Recursos Naturales, resaltan por su importancia: el primer *Mapa Estatal de Uso del Suelo y Vegetación* a Nivel Nacional, por medio de técnicas digitales, así como diversos análisis de uso y conservación del suelo o la caracterización de los recursos naturales, recursos hídricos, pero también de los sistemas carreteros y de transporte público de pasajeros, estudios ambientales integrales, a nivel nacional como estatal particularmente

Cabe destacar la creación del Laboratorio de Movilidad Sustentable y Calidad del Aire (LAMSCA), el cual permitirá potenciar las capacidades ya existentes para la generación de información estratégica en materia de transporte y su impacto en la calidad atmosférica del estado de Querétaro y la región..

La interacción con instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación y Desarrollo, así como con el sector gubernamental potencializan el trabajo que este Centro viene desarrollando en torno al manejo y protección de los recursos renovables y no renovables de la entidad.

Nuestro reconocimiento a los investigadores y personal que coadyuvan en esta importante y loable labor.

Ingeniero Ángel Ramírez Vázquez

Introducción

Reflexiones como las siguientes impulsaron al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) para crear el Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN).

El estudio de nuestros recursos naturales es clave cuando intentamos cambiar de una simple meta de crecimiento económico hacia una meta de desarrollo sustentable.

A medida que nuestras sociedades avanzan en el camino del desarrollo, los recursos naturales adquieren una importancia crítica; esto es, su uso acelerado hace que sean cada vez más escasos y que su calidad disminuya en forma sostenida.

¿Será posible crecer económicamente mientras reducimos nuestra gran desigualdad social, y todo esto sin deteriorar significativamente al medio ambiente?

Pareciera que estos tres grandes objetivos están en conflicto y, por tanto, el desarrollo sustentable es casi imposible de alcanzar.

Aun cuando no se pueda tener certeza sobre la posibilidad de alcanzar esta meta, sí se tiene para afirmar que nuestro modelo actual de desarrollo no es sostenible y que la adopción del paradigma del desarrollo sustentable es inevitable.

Los recursos naturales son necesarios para realizar casi cualquier actividad económica y su uso sólo puede ser sostenido cuando se tiene especial cuidado en no degradarlos.

Además, juegan un papel decisivo cuando se trata de disminuir la desigualdad social, y por ello su utilización es más significativa en las áreas rurales, donde precisamente se tienen las mayores desigualdades sociales.

En ese marco, al crearse el Centro Queretano de Recursos Naturales se pensó en utilizar herramientas tecnológicas de avanzada, como la Percepción Remota, a fin de conocer mejor nuestros recursos naturales. Fue así que se desarrolló el primer *Mapa Estatal de Uso de Suelo y Vegetación* realizado mediante técnicas digitales, en México.

Hoy, el impacto de la actividad económica sobre el territorio, el clima, el agua, se da a niveles que no se vislumbraban cuando el Centro Queretano de Recursos Naturales fue creado.

De ahí la importancia de continuar con los estudios para conocer detalladamente nuestros recursos, y a partir de esta base proponer políticas, estrategias y usos que nos acerquen a la sustentabilidad.

Origen y evolución

En congruencia con su *Diagnóstico estatal en áreas prioritarias* y con el *Plan Querétaro 1986-1991*, la Junta Directiva del CONCYTEQ propuso, en el año 1988, la creación del Centro Queretano para el Estudio de los Recursos Naturales, A. C., con una aportación inicial del gobierno estatal.

Para su conformación se solicitó el apoyo de dependencias gubernamentales, de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Querétaro.

El 12 de abril de 1990 se publicó en el Periódico Oficial de Gobierno del Estado de Querétaro, *La Sombra de Arteaga*, el Decreto por el cual se creó el Centro Queretano de Recursos Naturales como órgano adscrito al CONCYTEQ, considerando:

“Que de acuerdo al *Plan Querétaro 1986-1991* se visualizan las estrategias a seguir durante este periodo, destacándose la prioridad que tiene el apoyar e impulsar el aparato productivo estatal mediante la formación de recursos humanos especializados y la creación de nuevos centros de investigación científica y tecnológica en la entidad.

“Que uno de los puntos a seguir es la realización de proyectos e investigaciones que conduzcan al conocimiento y uso racional de los recursos naturales, ya sean éstos renovables y no renovables, actualizando conocimientos en las áreas básicas correspondientes”.

En el propio Decreto se indican los objetivos del Centro Queretano de Recursos Naturales:

- Realizar investigaciones que conduzcan al conocimiento y uso racional de los recursos renovables y no renovables de la entidad.
- Captar y resguardar información referente a los recursos naturales del estado.
- Atender prioritariamente la solución de problemas de carácter estatal.
- Contribuir, en la medida de sus posibilidades, a la solución de problemas regionales y nacionales.

En su Artículo 3 se indica que el gobierno del organismo estará a cargo de una Junta Directiva que “se integrará por 17 miembros, 14 de los cuales son permanentes y tres son temporales”.

El 22 de mayo de 1990, en el Salón de Recepciones del Palacio de Gobierno, se instaló la Junta Directiva y se presentó la propuesta de *Programa de Trabajo 1990-1991*.

Desde 1999 el Centro Queretano de Recursos Naturales está adscrito al Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A partir del mes de junio del año 2013, con la publicación de la reforma al Decreto de creación del CONCYTEQ, el Centro Queretano de Recursos Naturales queda como una unidad administrativa del propio Consejo, teniendo como principales funciones “impulsar actividades científicas y de desarrollo tecnológico en materia de biodiversidad, recursos naturales y transporte”.

En el reglamento interior del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro --modificado a raíz de la reforma a su Decreto de creación-- se indican, entre sus principales funciones, las siguientes:

- Utilizar los recursos del Centro Queretano de Recursos Naturales para realizar proyectos, servicios y sistemas de información que permitan conocer los recursos naturales y el medio ambiente en el estado de Querétaro, y promover su aprovechamiento sustentable.

- Impulsar y promover convenios de colaboración con instituciones afines al Centro, o con organismos que lo provean de asistencia técnica o financiera.
- Analizar las solicitudes de proyectos o servicios realizadas por instituciones públicas o privadas, para valorar su inclusión en los programas de trabajo del Centro.
- Informar a las autoridades estatales sobre la situación en que se encuentran los recursos naturales y el medio ambiente en Querétaro, así como formular recomendaciones y brindar asesoría cuando el caso lo amerite.

Con base en la reforma del Decreto de creación del CONCYTEQ, la Misión y Visión del Centro Queretano de Recursos Naturales quedan de este modo:

Misión

Realizar investigaciones que conduzcan al conocimiento y uso racional de los recursos renovables y no renovables de la entidad.

Visión

Constituirse como una institución que mantenga una mirada actualizada de largo plazo sobre los recursos naturales y productivos de nuestro estado, integrando información y estableciendo redes de colaboración con instituciones educativas y gubernamentales en el manejo y protección de estos recursos.

Las instalaciones del Centro Queretano de Recursos Naturales se ubican en el Parque Tecnológico Querétaro, en la localidad de Sanfandila, municipio de Pedro Escobedo. Y aun cuando cuenta con infraestructura capaz de soportar la operación actual, se contemplan futuras expansiones con la creación del nuevo Laboratorio de Emisiones y Movilidad Sustentable.

Desde sus orígenes en el Centro se emplean de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de Percepción Remota. A partir del año 1991 contó con la primera estación de trabajo y software especializado en estas tecnologías y con la primera cobertura de imágenes de satélite SPOT, que dio como resultado el primer mapa estatal realizado en México mediante esta

tecnología, a la escala de 1:250,000: el *Mapa Digital de Uso del Suelo y Vegetación*.

Casi cinco lustros de experiencia otorgan a los especialistas del Centro Queretano de Recursos Naturales validez para ampliar sus líneas de investigación y desarrollar proyectos en conjunto con Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación, a nivel estatal y nacional, así como con los tres niveles de gobierno, que han fungido como socios o usuarios en la obtención y uso de los resultados obtenidos.

Los proyectos han sido financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Fondo de investigación SIHGO, Fondos Mixtos y Fondos Sectoriales), por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

La vinculación que ha logrado el Centro Queretano de Recursos Naturales a nivel estatal, municipal y federal, es con las siguientes instituciones:

- Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Instituto Politécnico Nacional (IPN).
- Universidad Autónoma Metropolitana.
- Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica (CIDETEQ).
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT).
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV).
- Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA).
- Comisión Estatal de Aguas (CEA).
- Secretarías de Desarrollo Sustentable, de Desarrollo Agropecuario, de Desarrollo Urbano y Obras Públicas.
- Dirección de Transporte de la Secretaría de Gobierno.

- Coordinación de Vialidad y Transporte de la antigua Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas de Gobierno del Estado de Querétaro (SDUOP).
- Municipios de Querétaro, San Juan del Río, Amealco, Huimilpan, Corregidora, Colón, Pedro Escobedo y El Marqués.
- Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

Además de contar con especialistas en Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota, el Centro Queretano de Recursos Naturales cuenta con ingenieros en sistemas computacionales y manejo de paquetes SIG de proceso de imágenes digitales, y lenguajes de programación como 'Visual Basic' y 'MapObjects'.

Lo anterior ha posibilitado desarrollar aplicaciones para capturar, editar, analizar estadística y espacialmente, georreferenciar, estructurar y adaptar los datos digitales en formatos 'vectorial' y 'raster', así como interfaz gráfica de usuario (GUI) para poner a disposición de los interesados un software independiente, ayudas y enlaces con otros tipos de aplicaciones que les faciliten la interacción con los resultados de los estudios.

Asimismo cuenta con expertos en varios aspectos de los recursos naturales, como agua, suelo y vegetación; cartografía digital e impresa; análisis espacial, fotointerpretación y proceso de imágenes digitales.

Otro grupo de investigadores se especializa en el desarrollo de modelos de movilidad y en el manejo de software para estimar emisiones de fuentes móviles. De hecho, se han realizado estudios de campo relacionados con proyectos de movilidad y está en proceso de creación el nuevo Laboratorio de Emisiones y Movilidad Sustentable en las instalaciones del Centro Queretano de Recursos Naturales.

Otros proyectos se refieren al análisis del medio ambiente urbano y su prospectiva, diseño de indicadores ambientales y ordenamiento ecológico.

En los últimos años se han desarrollado varios productos de cartografía y otras aplicaciones para su diseminación, despliegue y análisis en el visor *Google Earth* y en páginas con *Google Earth plugin*.

Paralelamente a sus actividades, el Centro desarrolla proyectos de investigación relacionados con el transporte urbano y rural, a través de encuestas, mediciones de aforos y trabajo de análisis estadístico y espacial.

En síntesis, los proyectos y actividades que realiza para dar cumplimiento a sus objetivos, pueden agruparse en cinco grandes áreas:

- Agua.
- Recursos naturales.
- Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota.
- Movilidad sustentable.
- Medio ambiente.

La primera línea de investigación (agua) tiene por objeto estudiar, de manera integral, el sistema agua en el estado, su disponibilidad y las opciones para llevar a cabo un uso sustentable del recurso. Asimismo desarrollar modelos de optimización y simulación que permitan comprender mejor el funcionamiento de un sistema tan complejo. Dada su importancia y debido a las condiciones de gran escasez sobre todo en la ciudad de Querétaro, se han realizado varios estudios tendientes a desarrollar una visión sistémica del recurso, iniciando con la estructuración y el análisis de la información existente.

En el año 2003 se publicó el reporte *El sistema de agua en la región Querétaro de la Cuenca Lerma-Chapala*, donde se recopiló gran cantidad de información y se hizo una valoración de su situación, hasta ese momento. También se propusieron, en conjunto con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la

Universidad Autónoma de Querétaro, políticas ambientales para optimizar el uso del agua en la parte correspondiente a nuestro estado.

En el mismo año se trabajó de manera conjunta con otras instituciones –como la Universidad de Chalmers-- en la realización del proyecto *Sistemas acuáticos sustentables. Estudio para la ciudad de Querétaro y sus alrededores*, en el marco de la ‘Cooperación Científica México-Suecia’.

También se han aplicado técnicas de optimización y simulación, como el desarrollo de modelos de ‘Dinámica de sistemas’ en la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) y en San Juan del Río, los cuales permitieron relacionar un gran número de variables del medio natural con variables socioeconómicas a fin de desarrollar pronósticos de evolución del sistema bajo diferentes escenarios.

En colaboración con el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México se llevaron a cabo estudios para estimar el comportamiento del sistema hidrológico en la parte de la Presa ‘Zimapán’ que abarca la zona centro sur de la presa y sus alrededores, en territorio de los estados de Querétaro e Hidalgo.

Con el Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica se evaluaron los beneficios y costos de tres pozos de absorción instalados como prueba-piloto en el acuífero del Valle de Querétaro. Los beneficios se tradujeron en cuantificar el agua infiltrada al subsuelo y en la prevención de inundaciones. La evaluación se llevó a cabo con el apoyo de modelos de optimización desarrollados específicamente para esta cuestión.

Finalmente, dentro de esta línea de investigación se ha comenzado un proyecto tendiente a actualizar la información generada sobre el sistema agua en la ZMQ, para posteriormente proponer y evaluar opciones para la administración sustentable de este recurso.

En la segunda línea de investigación (recursos naturales) se agrupan los trabajos y proyectos dirigidos al conocimiento, diagnóstico y propuestas relativas a los recursos naturales distintos del agua. Su objetivo es el de proporcionar a los usuarios de los sectores gubernamental, académico, privado y social, la información más completa y actualizada posible sobre los recursos existentes y los procesos que se están dando en el territorio estatal.

En el año 2001 se publicó el estudio *Uso actual del suelo en municipios de la Región Sur del estado de Querétaro*, donde se actualizó y mejoró el detalle de la cartografía digital existente de los tipos de vegetación y uso del suelo en los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan, Pedro Escobedo, Amealco y San Juan del Río. Se emplearon imágenes de satélite 'Landsat 7' de 1999 y mediante un procedimiento híbrido de clasificación --que integró la interpretación visual con la clasificación digital automática y los recorridos de campo-- se generaron mapas digitales y estadísticas para 12 clases diferentes, en la región de estudio.

Aprovechando los resultados del estudio anterior, y con la colaboración del Centro de Ciencias de la Tierra de la UNAM campus Juriquilla, se llevó a cabo el estudio *Uso actual y potencial del suelo en los municipios conurbados de la ciudad Querétaro*, publicado en el año 2002.

El estudio tuvo el respaldo de los municipios involucrados: Querétaro, Corregidora y El Marqués, con dos objetivos: Actualizar, a partir de imágenes de satélite, los tipos de vegetación y el uso del suelo, y; Conocer la composición y calidad del suelo para proponer actividades que contribuyan al desarrollo sustentable de la región.

Para que la información generada fuese accesible a las áreas municipales usuarias, se desarrolló una aplicación de GUI: el 'CQRN Visor', que permite el despliegue cartográfico de diversos temas y la búsqueda de datos específicos en el mapa o tablas relacionadas, y que no requiere software adicional.

En el estudio *Caracterización de los ecosistemas, cambios en el uso del suelo y unidades paisajísticas en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Querétaro*, publicado en el año 2006, se realizó un *Mapa de Uso del Suelo y Vegetación* a un nivel de detalle mucho mayor a los existentes previamente y con información de unidades de paisaje. El mapa se obtuvo a través del análisis visual y digital de imágenes de satélite y fotografías aéreas, así como de la cartografía previa y del trabajo de campo. Con este mapa y las primeras imágenes de satélite de la zona – que datan de los años 70 del pasado siglo-- se hizo una evaluación de los cambios en la vegetación entre los años 1974 y 2004. De este modo pudo inferirse que las áreas desmontadas en la sierra se encontraban sobrevaluadas por el poco detalle de la cartografía y que los cambios en la vegetación y el uso del suelo ocurridos en 30 años son también menores a lo que se especulaba. En algunas áreas de la Reserva de la Biosfera, inclusive, ha dominado ligeramente un proceso de recuperación de los ecosistemas.

A solicitud del Ayuntamiento se llevó a cabo el estudio *Propuestas para la conservación de suelos y la reforestación en el municipio de Huimilpan*, donde se caracteriza la deforestación y la erosión del, se diagnostican sus causas y evalúan diferentes posibilidades de restauración. Mediante el empleo de imágenes de satélite y análisis espacial en un Sistema de Información Geográfica, se desarrollaron mapas de erosión con clasificación por tipo y grado de la distribución original de los tipos de vegetación y su posterior pérdida.

Finalmente, dentro de esta línea de investigación se trabaja en la caracterización del estado de los recursos naturales en la Sierra de Amealco, a fin de proponer medidas de conservación y restauración. Esta sierra tiene una gran importancia debido a las extensas deforestación y erosión que ha sufrido históricamente, y por ser la zona de recarga para los acuíferos de Querétaro, San Juan del Río y Amealco.

La tercera línea de investigación (Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota) busca, por un lado, el conocimiento actualizado de estas disciplinas y su aplicación para los objetivos del Centro Queretano de Recursos

Naturales, así como el desarrollo de herramientas de software para el análisis y organización de la información compilada o desarrollada, en una estructura de SIG que permita su utilización, actualización y mantenimiento, en forma integral.

El Centro Queretano de Recursos Naturales cuenta con gran experiencia en el manejo y desarrollo de software para paquetes y aplicaciones SIG de uso común, como *ArcView*, *ArcGis* y *Google Earth*. En años recientes se han desarrollado abundantes productos de cartografía y otras aplicaciones para su disseminación, despliegue y análisis mediante el visor *Google Earth* y en páginas con *Google Earth api*.

El Centro fue, en el año 2008, la primera institución oficial en México con una página Web con *Google Earth* integrado. Inclusive, sus especialistas han impartido cursos personalizados sobre este software y aplicaciones de SIG en instituciones y empresas.

Como una actividad permanente se ha recopilado una gran cantidad de información, en formato digital, referente a los recursos naturales de Querétaro, topografía, infraestructura, aspectos demográficos, socioeconómicos e históricos. Algunos de los más significativos son el uso de suelo y la distribución de la vegetación (en varias épocas y escalas), y la digitalización y estructuración de la totalidad de la cartografía de uso del suelo 1:50,000 realizada para Querétaro (alrededor del 75 % de la superficie estatal) entre los años 1972 y 1974 por la DETENAL, hoy Dirección General de Geografía del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

A partir del año 2001 se trabaja en la elaboración de un *Mapa Digital de Vegetación y Uso del Suelo* en el estado de Querétaro, con detalle equivalente al de una escala 1:50,000. Esta carta se encuentra en proceso de actualización continuo. En su última versión se añadieron parámetros tomados del *Inventario forestal y de suelos del estado de Querétaro*. Cabe señalar que para realizar este

inventario, se empleó la carta desarrollada por el Centro Queretano de Recursos Naturales para definir su muestreo.

Asimismo se ha digitalizado la totalidad de la carta edafológica 1:50,000, similar en escala y detalle a la anterior. Además, se ha adquirido, generado, capturado, adaptado o estructurado gran parte de la cartografía urbana, geológica, hidrológica, fisiográfica y climatológica, a escalas que van desde 1:20,000 a 1:1,000,000. Tal información, junto con la estadística, se está integrando a fin de desarrollar un SIG de recursos naturales; esto es, un sistema con información georreferenciada, organizada, de fácil acceso y utilización para los usuarios.

Finalmente, dentro de esta línea de investigación se trabaja, en colaboración con el Centro de Geociencias de la UNAM, en la actualización del *Atlas geológico-ambiental del Estado de México* y en el desarrollo de un *Mapa escolar de Querétaro*, que servirá para apoyar las labores docentes en escuelas de nivel primaria y secundaria. Se trabaja también en el desarrollo de software para crear retículas que faciliten las tareas de muestreo y cartografía de nuestros recursos naturales.

La línea de investigación referente a la Movilidad sustentable tiene por objeto conocer el funcionamiento del sistema de transporte urbano en las ciudades más grandes del estado de Querétaro, con la idea de proponer formas más sustentables de operación e incentivar el uso del transporte público con la finalidad de revertir los efectos negativos que provoca el crecimiento de la motorización en nuestras ciudades. Se busca, también, estudiar los impactos de este sistema, principalmente los relacionados con la emisión de contaminantes hacia la atmosfera.

Entre los años 2000 y 2002 se propusieron mejoras a la red carretera existente fuera del corredor Querétaro-San Juan del Río y en los libramientos de la Zona Metropolitana de Querétaro. En el estudio *Mejoramiento de la red carretera del Centro y Norte del estado de Querétaro* se buscó modernizarla, como un medio

para apoyar el desarrollo en las regiones mencionadas. La modernización propuesta sirvió para llevar a cabo la mayor parte de las acciones realizadas, hasta la fecha, en esa zona de nuestra entidad.

En el estudio *Planeación de los libramientos carreteros de la ciudad de Querétaro* se estimaron los volúmenes de tránsito con origen o destino a la ZMQ, así como los volúmenes que no cumplen con estas condiciones para, de ese modo, proponer de manera más precisa opciones de modernización en sus libramientos.

Entre los años 2001 y 2003 se analizó al transporte público en la ciudad capital. Después de recopilar en forma extensa datos sobre su operación, se publicó un *Diagnóstico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro* y el primer reporte (estudio de campo) *Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro*.

También se aplicó una encuesta origen-destino domiciliaria en la Zona Conurbada de la ciudad de Querétaro (ZCQ) y se desarrollaron modelos de demanda, siguiendo un procedimiento de cuatro pasos: generación, distribución, reparto modal y asignación. Igualmente se aplicaron encuestas origen-destino domiciliarias en una muestra de las localidades rurales de la ZMQ, se modeló la demanda y se estudió su relación con el sistema en la Zona Conurbada. Como fruto de estos trabajos se publicó, en el año 2009, un *Diagnóstico y propuestas de solución del Sistema de Transporte en la zona rural de la región Centro del estado de Querétaro*.

También se hicieron estudios del Sistema de Transporte en la ciudad de San Juan del Río, aplicándose la primera encuesta origen-destino domiciliaria en aquella ciudad. Los resultados se publicaron en el año 2006, con el título *Estimación de la demanda de transporte en la ciudad de San Juan del Río*, donde se cuantificó y describió la actividad de transporte en cuatro dimensiones: modo, motivo, distribución espacial y distribución temporal.

En el año 2013 se concluyó el estudio *Inventario de emisiones de fuentes móviles carreteras, Querétaro 2009-2011*, donde se estimaron las emisiones de este tipo generadas en cada municipio del estado, aunque de manera más puntual se trabajó en la caracterización de estos contaminantes en la ciudad de San Juan del Río. En ambos proyectos las estimaciones se realizaron empleando los programas de simulación de emisiones 'MOBILE6 México' y 'Motor Vehicle Emission Simulator' (MOVES), desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA). El usuario de este estudio es la Secretaría de Desarrollo Sustentable del estado (Sedesu).

Finalmente, dentro de esta línea de investigación se trabaja en la actualización del modelo de demanda de transporte de la ZMQ y en la reestructuración de las rutas del Sistema de Transporte Público en San Juan del Río. (Cabe destacar que con la creación del nuevo Laboratorio de Emisiones y Movilidad Sustentable, ubicado en las instalaciones del Centro Queretano de Recursos Naturales, se adquirirá equipo que mejorará la precisión y confiabilidad de la estimación de emisiones.)

La línea de investigación referente a Medio ambiente ofrece, a diversos usuarios y frecuentemente institucionales, estudios integrales y multidisciplinarios sobre aspectos e interrelaciones que conforman a nuestro medio ambiente.

A través de un proceso participativo, donde intervinieron especialistas en la metodología 'GEO Ciudades' desarrollada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se realizó el estudio *Perspectivas del medio ambiente urbano: GEO Zona Metropolitana de Querétaro*, publicado en el año 2008, donde se analizan los principales problemas ambientales de la ZMQ, organizados lógicamente a través de una matriz Presión-Estado-Impacto-Respuesta. Allí se proponen indicadores de seguimiento a procesos, escenarios futuros para la ciudad y su entorno, así como políticas públicas urbano-ambientales.

Con la misma metodología, en el año 2011 se concluyó el *Diagnóstico ambiental integral de la ciudad de San Juan del Río, Querétaro*, donde se proporcionó al gobierno municipal, y a la sociedad en general, un primer informe con el diagnóstico ambiental integral (DAI), incluyendo un sistema de indicadores, escenarios y propuestas de políticas públicas. El estudio se complementó con un sistema de información útil para apoyar programas y acciones gubernamentales relacionadas con el medio ambiente.

El Centro Queretano de Recursos Naturales colaboró con la Universidad Autónoma de Querétaro en un capítulo del *Inventario estatal de gases de efecto invernadero (IEGEI)*, referente a cambios de uso del suelo y al contenido de carbono en suelos. Para realizar estas tareas se aprovecharon la *Carta Digital de Vegetación y Uso del Suelo* mencionada líneas arriba, e imágenes de satélite para muestrear árboles y parcelas agrícolas abandonadas.

Ambas instituciones participaron en varios de los procesos de ordenamiento ecológico municipal, proporcionando la información cartográfica básica, colaborando en el análisis espacial que requiere el diagnóstico, así como en la construcción de las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) que forman parte de las propuestas. Se colaboró igualmente tanto en la definición de políticas, lineamientos y estrategias ecológicas, como en los fundamentos legales.

En este rubro, el Centro Queretano de Recursos Naturales coordinó el ordenamiento de Huimilpan y ha participado en diversas etapas de los efectuados en Querétaro, El Marqués, Corregidora, Colón y Amealco.

Finalmente, dentro de esta línea de investigación se proyecta dar seguimiento al conjunto de indicadores urbano-ambientales definidos en el estudio *GEO Zona Metropolitana de Querétaro*, y se trabaja en el diseño de estrategias para la gestión de residuos sólidos en la propia zona.

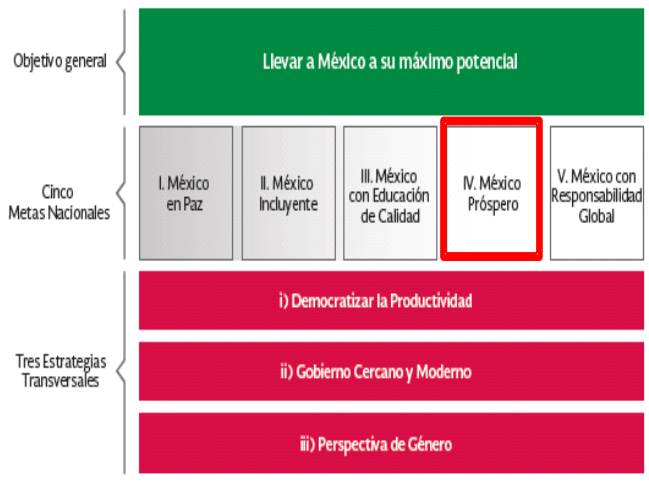
Marco normativo

El Centro Queretano de Recursos Naturales lleva a cabo sus actividades con base en las directrices plasmadas en el *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018* (**Figura 1**).

Figura 1. Alineación de las actividades del Centro Queretano de Recursos Naturales con el *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*.



FIGURA 1.1. ESQUEMA DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2013-2018.



5 Metas nacionales

Meta 4: México Próspero

Objetivo 4.4: Impulsar y orientar un crecimiento verde, incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural, al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo.

Objetivo 4.9: Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica.

Estrategias en que se participa en cada objetivo:

En el 4.4

1. Implementar una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad.
2. Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.
3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.

En el 4.9

1. Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia.

En el marco de la Meta 4 y en referencia a los objetivos 4.4 y 4.9, se establecen diversas estrategias que conllevan diversas líneas de acción, de las cuales al Centro Queretano de Recursos Naturales corresponden las siguientes:

- Colaborar con organizaciones de la sociedad civil en materia de ordenamiento ecológico, desarrollo económico y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso.
- Realizar investigación científica y tecnológica, generar información y desarrollar sistemas de información para diseñar políticas ambientales y de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Mejoramiento de la red carretera, planeación de libramientos y mejoramiento de la movilidad en las ciudades mediante sistemas de transporte urbano masivo, congruentes con el desarrollo urbano sustentable, aprovechando las tecnologías para optimizar el desplazamiento de las personas.

Tales acciones son congruentes con las políticas establecidas en el *Programa Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación 2010-2015*, que a su vez se desarrolló con apego al *Plan Querétaro 2010-2015* y al *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018* (**Figura 2**).

Figura 2. Alineación de las actividades del Centro Queretano de Recursos Naturales



Dentro del *Plan Querétaro 2010-2015* se trabaja en el marco del Eje 4 'Ordenamiento territorial e infraestructura para el desarrollo', específicamente en los puntos 'Desarrollo territorial integral', 'Movilidad Integral', 'Comunicaciones e infraestructura', 'Carretera y agua', e 'Infraestructura hidráulica'.

Por lo que se refiere al *Programa Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación 2010-2015*, se contribuye al cumplimiento del Objetivo estratégico 6 'Promover el aprovechamiento de la biodiversidad del estado, convirtiéndola en un capital natural que impulse el desarrollo social y económico sustentable en los municipios', incidiendo fundamentalmente en la "actualización y mejoramiento del Sistema de Información Geográfica sobre los recursos naturales del estado de Querétaro".

Metodología para la formulación y desarrollo de proyectos

- Establecer comunicación con los clientes del proyecto, para conocer sus necesidades y requisitos.
- Se describe el proyecto, sus objetivos, metodología, cronograma, impacto, resultados esperados y productos.
- Una vez integrado el proyecto, se somete a la consideración de la Dirección General del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.
- La Dirección General analiza la factibilidad y conveniencia de llevar a cabo el proyecto, y de ser autorizado se procede a su ejecución.
- Se revisan estudios y trabajos relacionados con el proyecto.
- Se recopila y analiza la información documental y de campo necesaria para llevar a cabo el proyecto.
- Se ejecuta el proyecto de acuerdo con lo planeado en la etapa de formulación.
- Se revisa el proyecto y se elabora el reporte final.
- Se presenta el trabajo al cliente, se reciben y atienden sus recomendaciones.
- Se difunde el trabajo a través de los medios adecuados, de acuerdo con las características del proyecto.

Estrategias y acciones para el Programa

- Concentrar las actividades en líneas de investigación con impacto en las instituciones estatales y municipales, así como mantener y desarrollar capacidades propias en sus recursos humanos e infraestructura física y tecnológica.
- Evolucionar el uso de los Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota, a fin de actualizar permanentemente el estado de nuestros recursos naturales.
- Estudiar de manera integral el recurso agua, su disponibilidad y las opciones para su uso sustentable.
- Analizar el funcionamiento de los sistemas de transporte urbano en las ciudades más grandes de Querétaro y proponer maneras más sustentables de operación, a fin de estimular el uso del transporte público.

Prospectiva del Programa

Los planes de crecimiento del Centro Queretano de Recursos Naturales contemplan la creación y consolidación del Laboratorio de Emisiones y Movilidad Sustentable; Consolidar sus líneas de investigación mediante alianzas estratégicas con Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación a nivel estatal y nacional, y; Profundizar la relación con los usuarios directos y potenciales de los trabajos desarrollados, entre los sectores público y privado.

