

Biodiversidad e industria en la región de Tula, Hidalgo: un ensamblaje sistémico

Benjamín Ortíz Espejel, Profesor Investigador, El Colegio de Puebla.
Email: benjamin.ortiz@colpue.edu.mx , ORCID_ID: 0000-0001-6201-6452



Enrique Rosano Reyes, Profesor Investigador, El Colegio de Puebla, BUAP.
Email: enrique.rosano@correo.buap.mx, ORCID_ID: 0000-0001-5028-3094



Jesús Hernández Castán, Profesor Investigador, El Colegio de Puebla.
Email: jesus.castan@colpue.edu.mx , ORCID_ID: 0000-0001-8063-6647

Eduardo Cuesta Mejía, Profesor, El Colegio de Puebla.
Email: eduardo.cuesta@colpue.edu.mx

Hatso Hnini Revista de Investigación de Paisajes y Espacio Construido ISSN: 2683-3034, Vol. 1 Núm. 2 Año 2022

Fechas del Artículo:

Recibido: 30 / 05 /2022

Dictamen: 17/ 06 /2022

Aceptado: 05 / 07 /2022

Publicado: 25 /07/2022

Forma de citar este artículo: Ortíz B., Rosano E., Hernández J. y Cuesta E. (2022). Biodiversidad e industria en la región de Tula, Hidalgo: un ensamblaje sistémico, *Hatso Hnini Revista de Investigación de Paisajes y Espacio Construido*, Vol.1 No.2 pp.1-21 .

DOI <https://doi.org/10.47386/2022V1N2ABIO>

Resumen

El objetivo del estudio fue el de describir las características, bajo un enfoque sistémico de dos de los más importantes componentes del territorio: la biodiversidad y la industria en la región de la cuenca Tula, Hidalgo a partir de una amplia documentación de fuentes oficiales y de registros científicos para comprender el funcionamiento del modelo gráfico: "Sistema Interacción Biodiversidad Industria", el cual se construyó con base a dicha caracterización. El sector industrial en la región de estudio presenta una concentración espacial de tipo dispersa sin establecerse de forma particular en algún municipio. Pachuca y Tepeji del Río son los municipios que muestran ligeramente mayor presencia industrial. La mayor industria en la Región es la de productos derivados de minerales no metálicos seguida por la química y de plásticos. Con excepción de Chilcuautla y Progreso de Obregón la Región tiene alto índice de impacto antropogénico, lo cual contribuye a que la Región cuente con una baja y muy baja integridad ecológica. La Región presenta baja vulnerabilidad al cambio climático, pero es vulnerable a las aguas residuales procedentes de la Ciudad de México y el acuífero Tepeji del Río presenta déficit en la disponibilidad de agua. Por tanto, la Región refleja procesos de insos-

tenibilidad y la necesidad de restaurarla (34% del área como prioritaria para su restauración) que en parte puede deberse a procesos productivos industriales de alto impacto al medio natural y a las descargas provenientes de la Ciudad de México.

Palabras clave: *industria, biodiversidad, sustentabilidad, caracterización, región.*

Abstract

The objective of the study was to describe the characteristics, under a systemic approach, of two of the most important components of the territory: biodiversity and industry in the region of the Tula basin, Hidalgo, based on extensive documentation from official sources and scientific records to understand the operation of the graphic model: "Industry Biodiversity Interaction System", which was built based on said characterization. The industrial sector in the study region presents a spatial concentration of a dispersed type without being established in a particular way in any municipality. Pachuca and Tepeji del Río are the municipalities that show a slightly higher industrial presence. The largest industry in the Region is that of products derived from non-metallic minerals, followed by chemicals and plastics. With the exception of Chilcuautla and Progreso de Obregón,

the Region has a high rate of anthropogenic impact, which contributes to the fact that the Region has a low and very low ecological integrity. The Region has low vulnerability to climate change, but it is vulnerable to wastewater from Mexico City and the Tepeji del Río aquifer has a deficit in water availability. Therefore, the Region reflects processes of unsustainability and the need to restore it (34% of the area as a priority for restoration), which may be due in part to industrial production processes with a high impact on the natural environment and discharges from Mexico City.

Keywords: industry, biodiversity, sustainability, characterization, region.

Introducción

La región de Tula, se localiza el suroeste del estado de Hidalgo y en las últimas cuatro décadas se ha presentado en ella un intenso y desordenado crecimiento a raíz de la industrialización y el crecimiento urbano de la ciudad de México. La región de Tula presenta una problemática ambiental emblemática a nivel nacional al ser el resultado de un proceso de políticas nacionales que han desencadenado procesos constantes de degradación ecológica y social. Un elemento central de este proceso de contaminación ha sido el río Tula, que funciona como colector de aguas negras e industriales provenientes de la Ciudad de México y del Estado de México (Ortiz-Espejel, 2020). Ante los graves riesgos y enormes desafíos que significa implementar procesos de gestión ambiental inmersos en el siglo XXI de intensos y vertiginosos cambios globales y locales, tales como la pandemia del COVID19, resulta indispensable construir alternativas novedosas y efectivas que enfrenten esta situación (Equihua, et al. 2015; Ortiz-Espejel y Azuara, 2019; Terrazas, 2020;). Para contribuir con ello, el objetivo central del presente artículo es visibilizar sobre la base de una amplia documentación de fuentes oficiales y de registros científicos, la caracterización de diversos ensamblajes territoriales de dos de los más importantes componentes del territorio: la biodiversidad y la presencia industrial en la región de Tula, Hidalgo. Consideramos que este tipo de ejercicios abona en el sentido de poner en

diálogo elementos regionales para favorecer articulaciones interdisciplinarias (García, R. 2011; Ortiz Espejel, 2019).

Metodología

Estudios recientes confirman (Pérez Avilés y colaboradores, 2021; Cabrera-Cano y Colaboradores, 2021) la importante vinculación entre la pandemia y los impactos ambientales derivados de los residuos industriales. Los resultados sugieren una asociación entre la mortalidad por Covid-19 y la exposición a NO₂. Esta primera aproximación del riesgo asociado con la contaminación del aire requiere de análisis más precisos, pero es consistente con estudios de otras regiones.

La interrelación entre biodiversidad e industria representa un fenómeno de alta complejidad amplificada bajo la experiencia social e individual de la pandemia del COVID-19. Por ello proponemos en este artículo recurrir a un marco metodológico de tipo sistémico (García, 2010, Ortiz Espejel, 2019, Pérez Avilés y Ortiz-Espejel 2021) a fin de evitar explicaciones reduccionistas, disciplinarias o sectorizadas que solo aporten elementos parciales. Se requiere, por el contrario, de construir interpretaciones inteligibles que alcancen a la raíz de las condiciones que propician la vulnerabilidad socioambiental entre este tipo de fenómenos. De esta manera las problemáticas socioambientales como las que se abordan en el presente trabajo no pueden ser estudiadas por una simple adición de investigaciones disciplinarias. Se trata de entender que nos enfrentamos a problemáticas de alta complejidad donde junto al problema de la biodiversidad y la salud se encuentran presentes elementos del medio biofísico, productivos, tecnológicos, de organización social, entre otros. En tales circunstancias, la problemática se caracteriza por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones constituyen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, a la cual se le puede denominar sistema complejo. Los esfuerzos realizados en el pasado por comprender y revertir las causas que han dado origen al estado de alto deterioro ambiental que guarda la región de Tula han resultado infructuosos.

La región de Tula continúa degradándose pese a las acciones realizadas por los tres órdenes de gobierno en cuanto a inversión en plantas de tratamiento de agua, drenaje y alcantarillado. Por ello es preciso modificar la visión de planeación territorial para el diseño de políticas públicas y en esa medida poder definir estrategias para obtener resultados distintos.

En este trabajo se procederá a generar una primera aproximación teórica – empírica con los datos accesibles de fuentes oficiales para establecer el funcionamiento integral del sistema que llamaremos “Sistema Interacción Biodiversidad Industria” (SIBI). Esto se logrará mediante la definición de los “elementos y flujos de interacción” de cada uno de los subsistemas en cuestión: la biodiversidad y la industrial. De cada uno de estos subsistemas se establecerán procesos de salida y de entrada que denominaremos de primer nivel de organización. Así mismo expondremos de manera exploratoria los “factores externos” desde lo que se podría denominar un segundo nivel de organización. Este segundo nivel de organización corresponde a establecer las llamadas “condiciones de contorno del sistema general”, que serán postuladas de manera teórica en este momento y validadas posteriormente en la segunda etapa.

El estudio considera la región de Tula-Atitalaquia en el estado de Hidalgo que está conformada por los municipios: Tepeji del Río, Atotonilco de Tula, Atitalaquia, Tula de Allende, Tlaxcoapan, Tetepango, Tlahuelilpan, Tepetitlán, Tezontepec de Aldama, Mixquiahuala de Juárez, Chilcuautla y Progres de Obregón.

Este polígono se delimitó con base en la cuenca hidrológica Tula-Atitalaquia, ya que esta tiene una estrecha relación con la cuenca más poblada del país con más de 22 millones de habitantes y donde se genera 22% del producto interno bruto nacional: la cuenca del Valle de México (Peña-Díaz, 2019). En ese sentido y en un contexto neoliberal de un país dependiente y bajo un escenario de cambio climático acelerado: ¿qué características de biodiversidad e industrial se encuentran en la región hidalguense?, ¿qué relaciones se generan entre los subsistemas

ecológico e industrial? Las preguntas anteriores son de tipo descriptivo-aproximativas por lo que el presente artículo implica aproximaciones y sugerencias que orienten a futuras investigaciones que confirmen o ajusten el modelo propuesto.

Resultados

1. Descripción de los elementos del subsistema biodiversidad

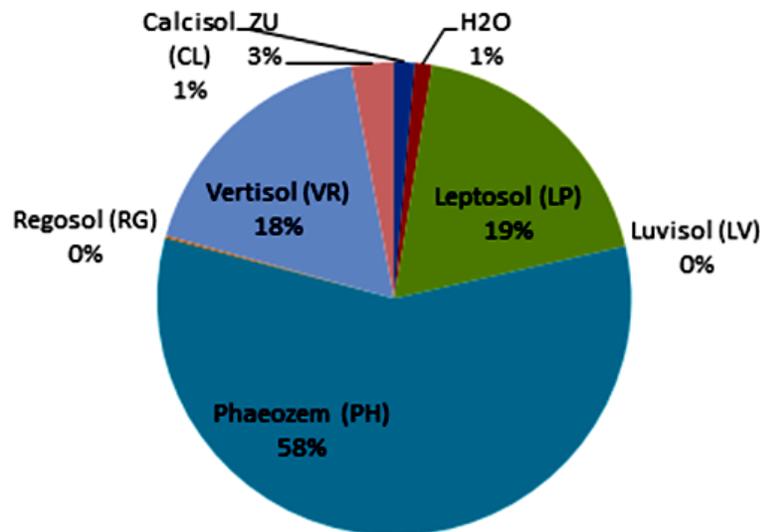
1.1 Elemento: Relieve y suelo

En la superficie analizada está ubicada dentro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico se distinguen 2 principales unidades geomorfológicas, que son:

- Valle. Corresponde al Valle del Mezquital el cual es una región plana con una ligera pendiente hacia el norte que se eleva a una altitud promedio de 1840 msnm. Se extiende por una superficie de alrededor de 2000 km² y se encuentra disectado en su porción sur por los ríos El Salto y Salado y en su margen occidental por el Río Tula. En este valle se localiza el Distrito de Riego 003 Tula que utiliza las aguas residuales procedentes de la Ciudad de México, que para su distribución utiliza una extensa red de canales.
- Sierras volcánicas. Destaca por su magnitud, la sierra ubicada entre Tepeji del Río y Jilotepec, la cual está constituida por un gran número de conos volcánicos y flujos de lava, cuya altitud alcanza hasta 3000 msnm. El sistema de drenaje es irregular y variado. Al poniente de Tula, de la Presa Endhó a Mixquiahuala, existen otras sierras volcánicas que presentan formas redondeadas y se elevan hasta 200 metros sobre la altura del valle.

En la zona existe una alta diversidad de grupos de suelo: phaeozem (PH), leptosol (LP), vertisol (VR), calcisol (CL) luvisol (LV) y regosol (RG). Los mejores representados son phaeozem (57.7%) con siete subgrupos; seguido de leptosol (19%) con un subgrupo y vertisol (18%) dos subgrupos. En región se identificaron un total de 76 claves edafológicas diferentes.

Figura 1. Porcentajes de tipos de suelos presentes en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

La mayor parte del subsuelo se encuentra constituida por sedimentos y materiales granulares de origen continental, interdigitados con productos volcánicos. El basamento de los depósitos granulares y de las rocas volcánicas, está constituido por rocas marinas calcáreo-arcillosas del Cretácico, de las que se desconoce su potencial geohidrológico. En prácticamente toda la zona, se encuentra una capa de basaltos a profundidad somera que varía de 10 a 60 m aproximadamente, cuya presencia es muy importante desde el punto de vista geohidrológico por su alta permeabilidad.

1.2 Elemento: Hidrología

El área de estudio se encuentra ubicada en la Región Hidrológica (RH) 26 Pánuco, Subregión Hidrológica Río Tula, en la cuenca el Río Moctezuma. La mayor parte del flujo hidrográfico drena desde la posición suroeste, la corriente principal es el Río Tula; otros ríos importantes son Salado, El Salto, Rosas, San Jerónimo.

Particularmente en la zona se ubican los acuíferos Valle del Mezquital (1310) y Tepeji del Río (1316) mismos que no están bajo ningún decreto de veda, sin embargo, se encuentran sujetos a las disposiciones del “ACUERDO General por el que se suspende

provisionalmente el libre alumbramiento en las porciones no vedadas, no reglamentadas o no sujetas a reserva de 21 acuíferos”, publicado en el DOF el 5 de abril de 2013.

El Acuífero Tepeji del Río presenta déficit en la disponibilidad de agua de -2.925718 millones de metros cúbicos, conforme al Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de enero de 2018.

De acuerdo con los resultados de las mediciones piezométricas realizadas en el 2012, las unidades acuíferas son de naturaleza somera con profundidad al nivel estático que varía de 10 a 100 metros, los cuales se incrementan, por efecto topográfico desde el valle y las zonas de cuerpos de aguas superficiales hacia las estribaciones de las sierras que lo delimitan.

Los valores más someros se presentan de la Presa Endhó, localizada hacia el sur, a lo largo de los ríos El Salto y Salado y arroyos; y en la superficie del valle, asociados a los canales de riego y a la recarga inducida ocasionada por el riego con aguas residuales.

Como parte de la infraestructura hidráulica existen canales de agua superficial en los distritos de riego, acueductos e importantes presas como la Presa Endhó y la Presa Requena.

El colector más importante es el Río Tula, que en su origen se conoce como Río Tepeji, entre las presas Taxhimay y Requena, tramo en que recibe los aportes de los ríos Oro, Sabinos y San Jerónimo. Aguas abajo, el Río Tepeji es interceptado por la presa Requena para contener y controlar sus descargas; a la salida de esta presa se inicia el Río Tula que descarga más adelante a la presa Endhó, aguas abajo de la presa Requena se suman las aguas negras del Río El Salto y del emisor central que conduce las aguas residuales procedentes de la Ciudad de México.

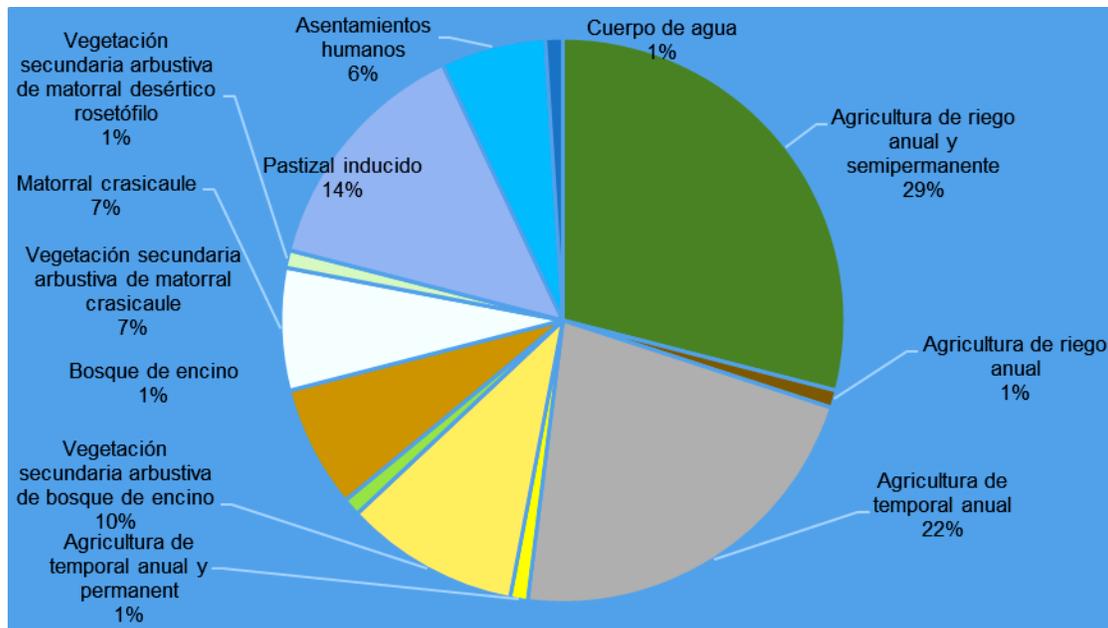
Por otra parte, el Río El Salto es la continuación del

tajo de Nochistongo, obra que es utilizada para dar salida a las aguas negras del sector poniente de la Ciudad de México; el Río Salado recibe aportaciones de los túneles de Tequixquiac que conectan el Gran Canal de Desagüe y el Río de las Avenidas de Pachuca.

1.3 Elemento: Vegetación y uso de suelo

La región de estudio denominada “Atitalaquia-Tula” está conformada por 12 municipios, encontrándose altamente trasformada por las actividades antropogénicas. El 74% del área muestra modificaciones en la cobertura vegetal primaria. Tres categorías representan el 65% del área de interés: agricultura de riego anual y semipermanente (29%), agricultura de temporal anual (22%) y pastizal inducido (14%); destacando también que el 6% utilizada para áreas urbanas (INEGI, 2016).

Figura 2. Porcentaje de uso de uso de suelo y tipos de vegetación



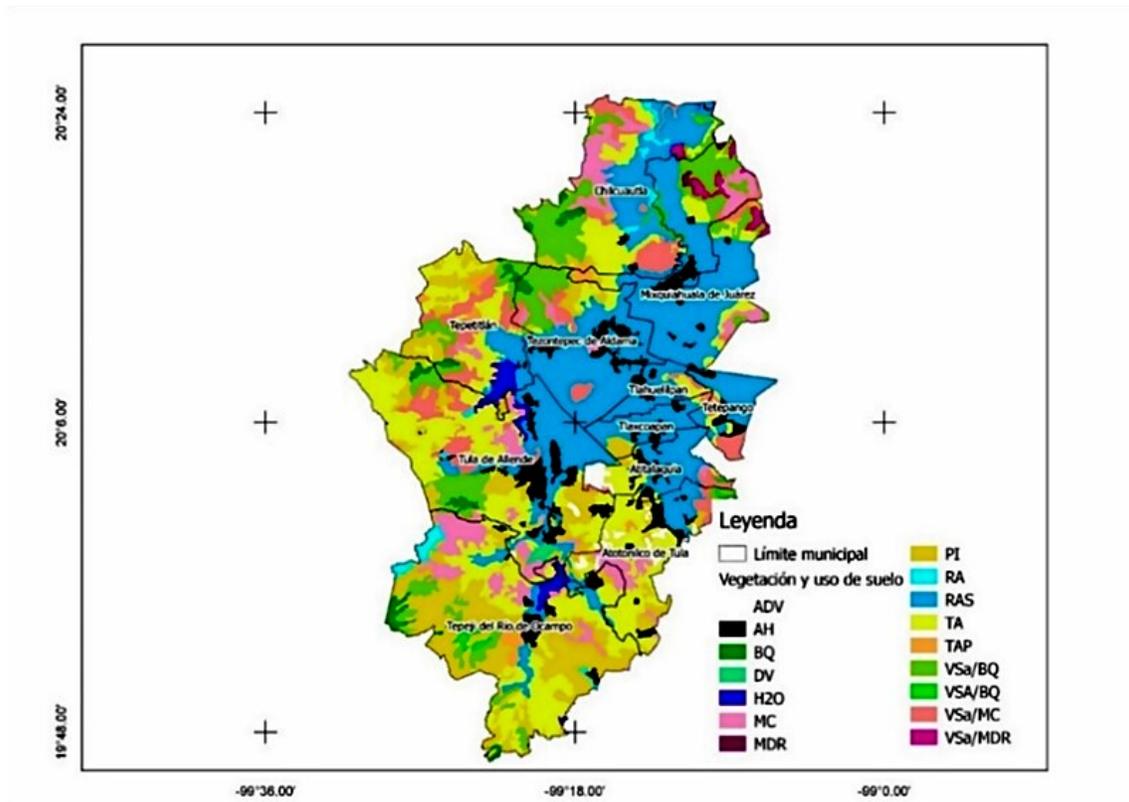
Fuente: elaboración propia

Del área de estudio solo el 8% está catalogado como vegetación primaria (Bosque de encino 1%, matorral crasicaule 7%).

Las zonas urbanas y áreas de riego están distribui-

das de manera continua, cubriendo la mayor proporción de municipios como: Tula de Allende, Tezontepc de Aldama, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Mixquiahuala (Figura 3).

Figura 3. Distribución de tipos de vegetación y uso de suelo

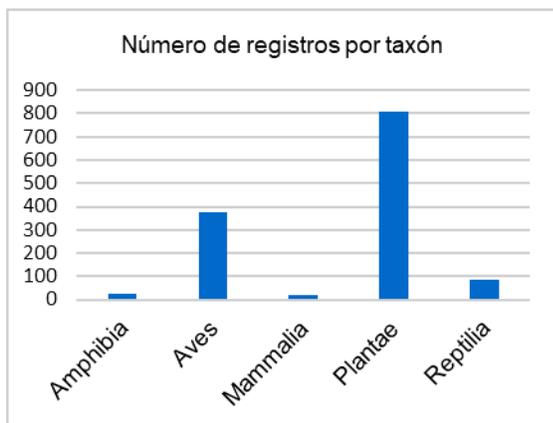


Fuente: Elaboración propia

2. Valoración de la diversidad biológica del sub-sistema (y especies en norma) En función a la base de datos Naturalista de CONA-BIO, para el área de análisis se pudieron detectar 13,110 registros al mes de abril del 2020,

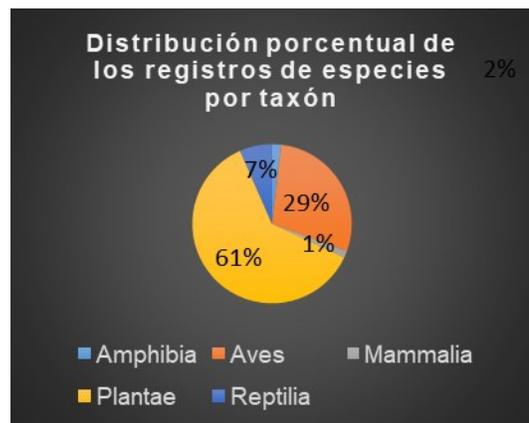
correspondientes a 352 especies de 5 taxones clave. El grupo más representado son las plantas con el 61% de las especies identificadas, le siguen las aves con el 29% de las especies con registro para la zona (Ver figura 4).

Figura 4. Número de especies por taxón analizado para las microcuencas del sitio de estudio



Fuente: Elaboración propia

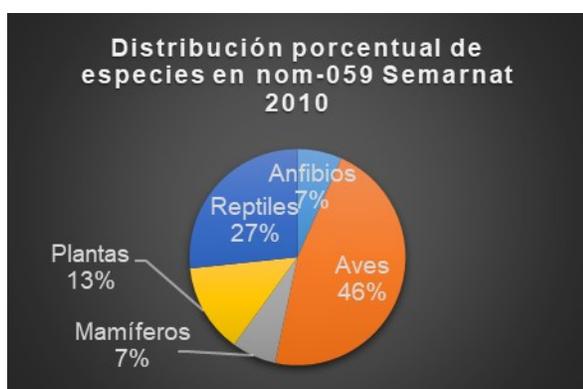
Figura 5. Distribución porcentual de especies por grupo analizado en las microcuencas de estudio



Fuente: Elaboración propia

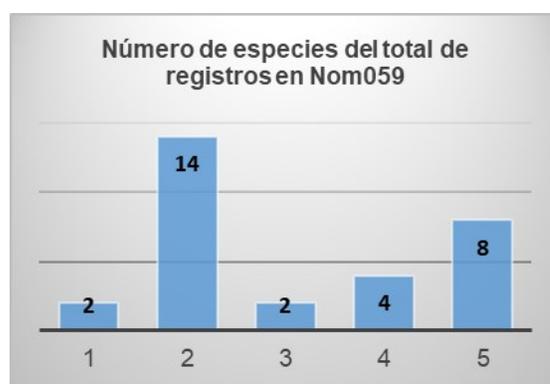
Sólo a forma de muestra, entre estas especies se encuentran organismos como el Sapo de puntos rojos (*Anaxyrus punctatus*), aves como el Chinito (*Bombycilla cedrorum*), el correcaminos grande (*Geococcyx californianus*), el puma (*Puma concolor*), el lagarto cornudo de montaña (*Phrynosoma orbiculare*) o tres de serpiente de cascabel (*Crotalus* sp) así como diversas plantas endémicas de importante valor comercial del género *Mammillaria* entre otros. De los registros existentes se desprende también que 30 especies, aproximadamente el 10%, están catalogadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT 2010 (Ver anexo 4), la mayoría, el 46%, corresponde al grupo de las aves y el 27% a reptiles con 14 y 8 organismos respectivamente (Ver figuras 6 y 7).

Figura 6. Distribución porcentual de especies por taxón analizado



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Número de especies en la NOM-059 por taxón analizado



Fuente: Elaboración propia

La categoría con mayor abundancia de especies en El número de registros de cada taxón en las diferentes categorías de riesgo se distribuye como a continuación se indica: “protección especial”, seguida por “amenazadas”, 56% y 33% del total de organismos en la NOM-059 respectivamente.

Tabla 1. Especies por taxón en las categorías de riesgo de la NOM-059 SEMARNAT 2010

Categoría de riesgo	Anfibios	Aves	Mamíferos	Plantas	Reptiles	Total
A	2	1	2	2	3	10
E	0	2	0	0	0	2
P	0	1	0	0	0	1
Pr	0	10	0	2	5	17
Total	2	14	2	4	8	30

Fuente: Elaboración propia

En la zona no se presenta, ningún Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) y tampoco ninguna Área de Endemismo de Aves (EBA por sus siglas en inglés).

3. Caracterización del Subsistema Industrial

3.1. Variables para la caracterización industrial

La identificación de las industrias de la región de

Tula, Hidalgo se estableció por su tamaño: la clasificación de INEGI: Micro y Pequeñas empresas (de 0 a 50 trabajadores), Medianas (de 51 a 100 trabajadores) y Grandes (más de 101 trabajadores); según su giro: fabricación de equipos de transporte, química y plásticos, cómputo, textil, productos a base de minerales no metálicos, minería, agropecuaria y energía.

Y según sea la proximidad de la industria al principal río (de 0 a 5 km de distancia y de más de 5 km). En esta caracterización también se identificaron las industrias usuarias de aguas subterráneas sin permiso de descarga. Para ello se tomó la información de

Tabla 2. Variables para la caracterización de la industria

• Georreferencia: municipio y cuenca
• Giro industrial
• Número total por giro
• Tamaño de la industria por giro: micro y pequeña, mediana y grande
• Usuarías de aguas subterráneas sin permiso de descarga
• Disponibilidad de agua de la cuenca
• Proximidad de la industria al principal río por giro y por estado: de 0 a 5 km y más de 5 km..

Fuente: Elaboración propia

3.2 Caracterización general de la industria en Hidalgo

Algunos de los principales giros industriales localizados en el polígono correspondiente al estado de Hidalgo se describen a continuación, a partir de las bases de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de la cual se

en derivó la cartografía que caracteriza gráficamente al sector industrial.

El polígono de incidencia en la zona del estado de Hidalgo agrupa un total de 964 industrias de los giros: química y plásticos, textil, fabricación de equipo de transporte, cómputo, agropecuaria, minería, energía y productos a base de minerales no metálicos.

Tabla 3. Número de industrias por giro

Giro industrial	Número de industrias
Química y plásticos	194
Textil	40
Fabricación de equipo de transporte	38
Cómputo	3
Generación y transmisión de energía	145
Agropecuaria	97
Minería	87
Producción a base de minerales no metálicos	360
Total	964

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de las industrias de productos a base de minerales no metálicos, seguidas por industrias de químicos y plásticos.

La menos numerosa es la industria de cómputo. El total de industrias en el polígono de cuencas IMTA - CONAGUA en promedio agrupa aproximadamente 90% de MyPes, 5% medianas y 5% grandes.

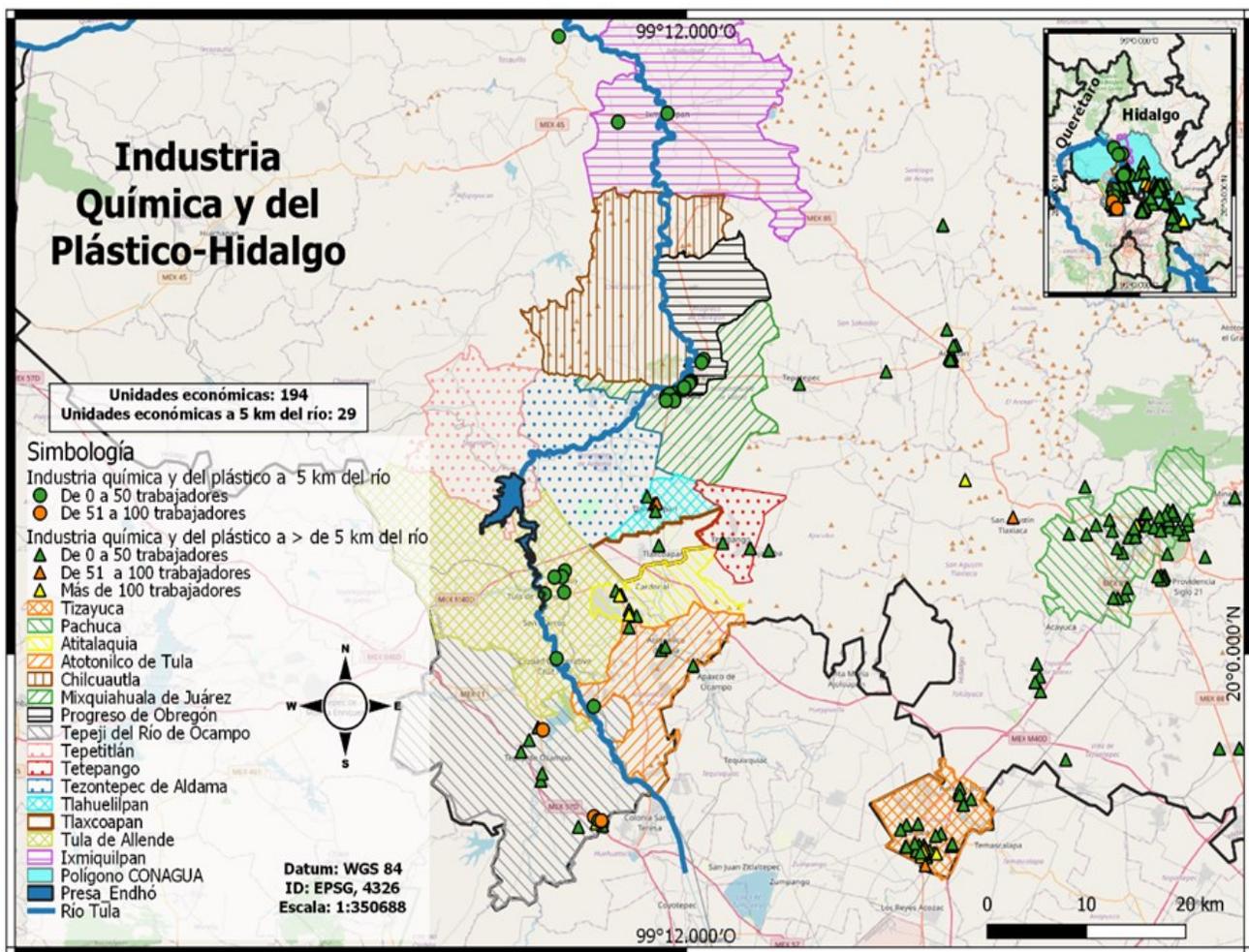
La fecha de alta del registro de las industrias en la base de datos de DENUe van de un rango entre julio 2010 a noviembre 2019.

A continuación, se describe cada una de estas industrias según su giro, tamaño y localización.

3.2.1 Industria química y plásticos

Esta industria tiene un total de 194 industrias que producen pesticidas, fertilizantes, pinturas, solventes, productos farmacéuticos, adhesivos, resinas sintéticas, jabones, explosivos y hules. Estas industrias se localizan sobre todo en el municipio de Tizayuca, seguido por Pachuca de Soto. Del total de industrias químicas, 29 se localizan entre 0 a 5 km del río Tula. La mayoría de las industrias son MyPes (círculos verdes), 13 son medianas (círculos naranjas) y 14 grandes (círculos amarillos). La cuenca del Río de las Avenidas de Pachuca es la que concentra la mayor parte de las industrias químicas tal como se ve en la figura 8:

Figura 8. Industrias químicas y del plástico



Fuente: Elaboración propia

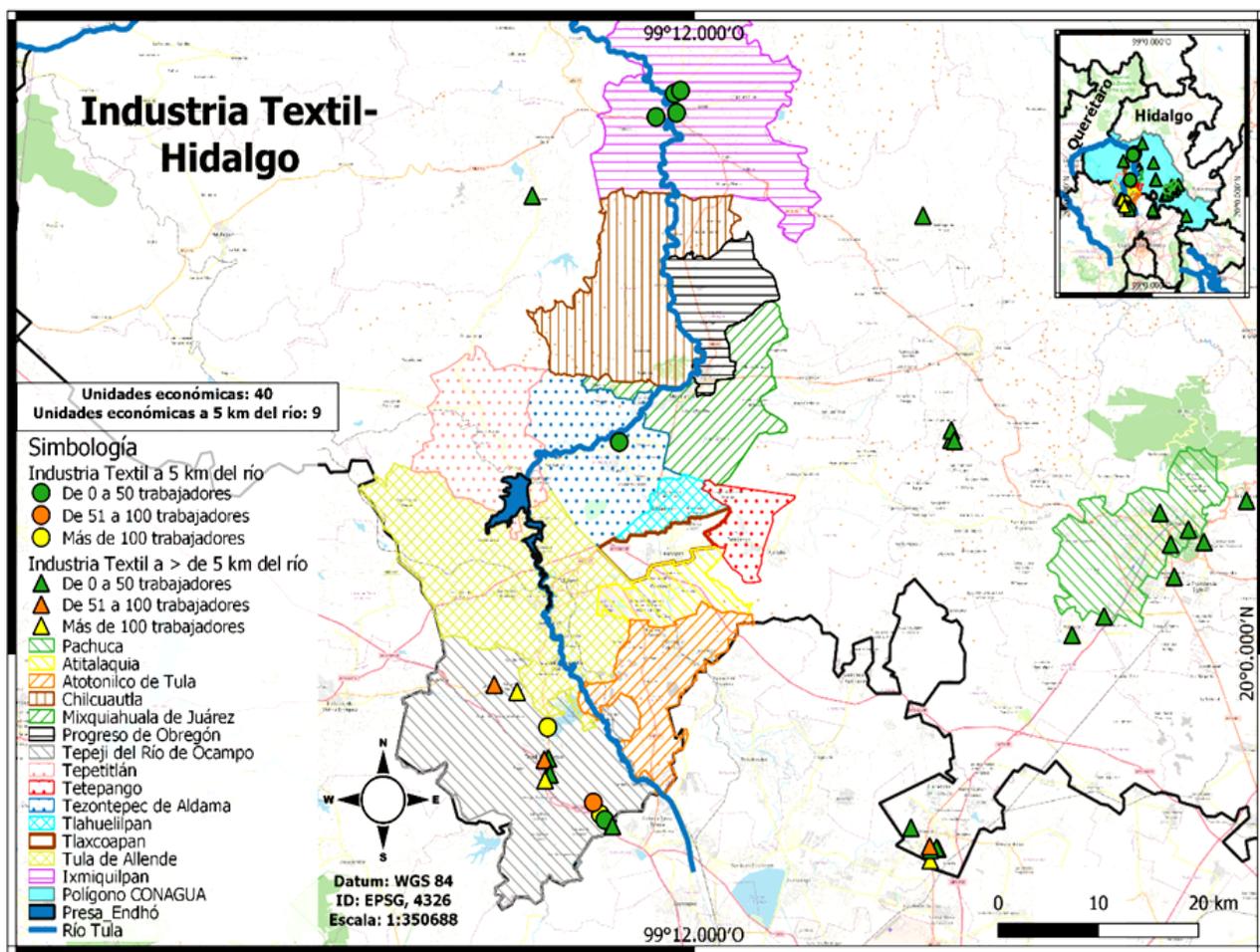
3.2.2 Industria Textil

Esta industria produce hilos y telas naturales y sintéticas, sica de aluminio y maquinaria y equipo para la industria extractiva. En total se tienen 40 industrias textiles en el estado de Hidalgo, de las cuales 9 se localizan entre 0 y 5 km de río Tula. Esta proporción, sobre todo se ubica en el municipio de Tepeji del Río de Ocampo, seguido por Tizayuca. En la figura 9 se

observan que 29 industrias textiles son MyPes (círculos verdes), 5 son medianas (círculos naranjas) y 6 son grandes (círculos amarillos).

La cuenca del Río de las Avenidas de Pachuca junto con la del Río Requena son las que concentran la mayor parte de las industrias textiles. Todas las industrias de este tipo se localizan en ríos con disponibilidad.

Figura 9. Industria textil en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

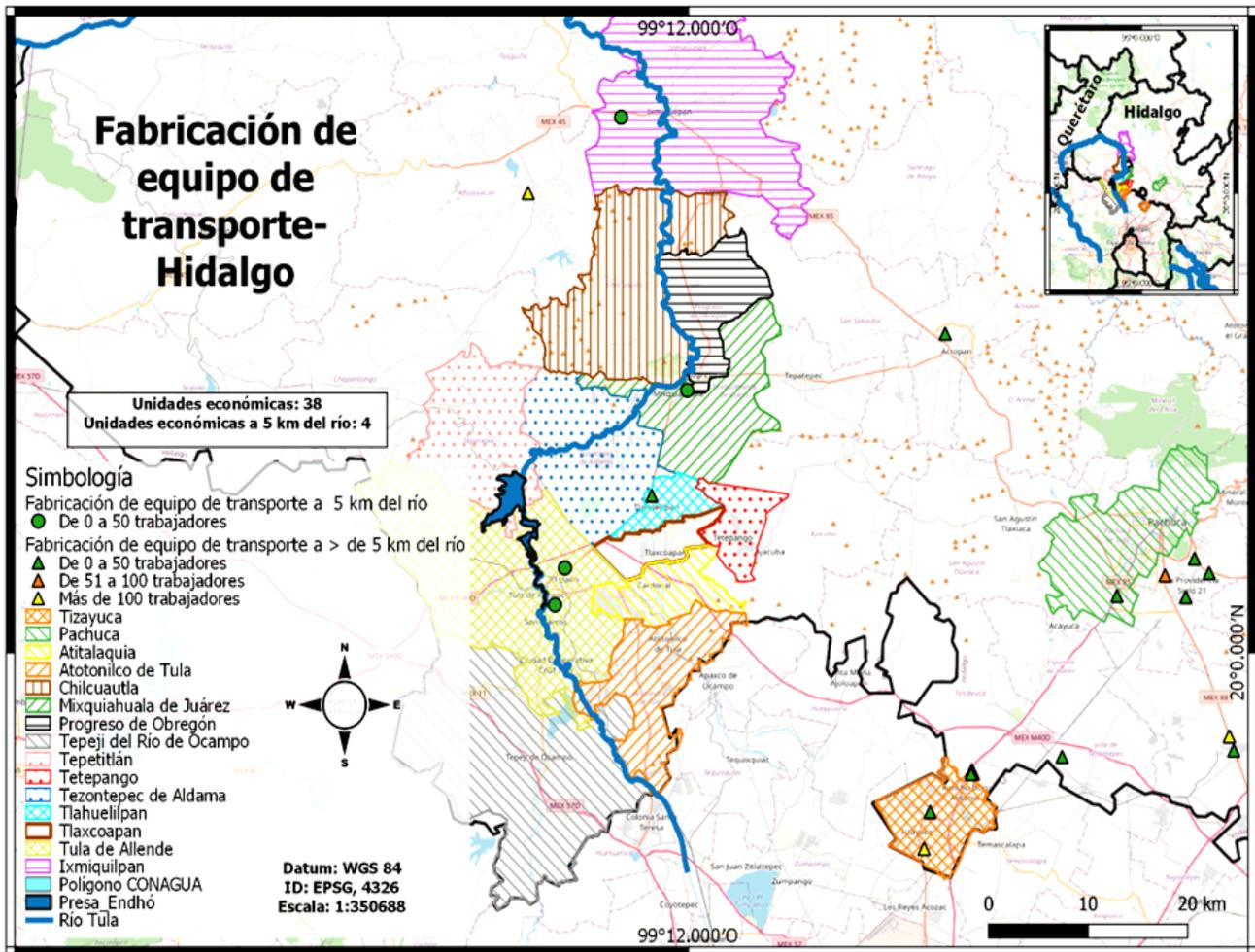
3.2.3 Industria de equipo de transporte

Esta industria agrupa aquellos fabricantes de autopartes, piezas metálicas, motores, carrocerías y variados equipos para motocicletas, bicicletas y producción de todo tipo de vehículos. Esta industria está conformada mayoritariamente por MyPes, 3 medianas y 7 grandes.

En el mapa que se muestra a continuación se observan también las industrias que se localizan de 0 a 5 km de distancia del principal afluente de agua (círculos) y las industrias que rebasan los 5 km (triángulos). Se observa que 4 industrias de un total de 38 se localizan entre 0 a 5 km de proximidad al río Tula.

Tepeapulco es el municipio que agrupa 13 industrias de Hidalgo. Véase la figura 10. de este giro, el resto se distribuyen en 14 municipios

Figura 10. Industria de fabricación de equipo de transporte en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

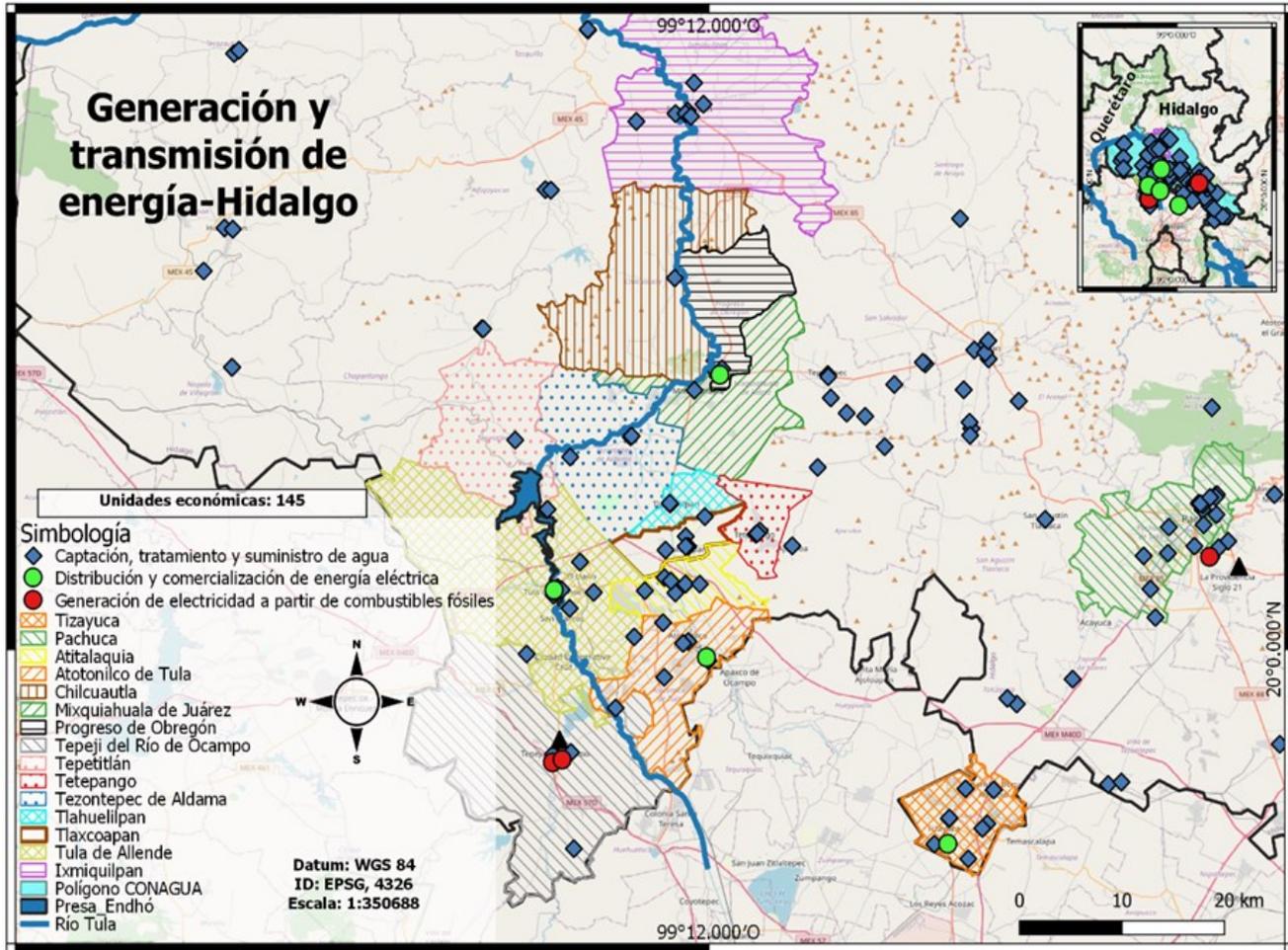
3.2.4 Industria de cómputo

Esta industria incluye a fabricantes de equipos electrónicos, equipos de aire acondicionado, audio y video, refrigeración, telefónico, magnéticos y ópticos, relojes, de comunicación e instrumentos de medición. Se localizan 3 industrias de este giro. Todas son MyPes. Una se halla en el municipio de Tlanalapa, otra en Mineral de la Reforma y la última en Zapotlán de Juárez.

3.2.5 Industria de generación y transmisión de energía

Esta industria en su mayoría está conformada por aquellas que captan, tratan y suministran agua realizados por el sector público, aunque también están las industrias de comercialización y distribución de energía eléctrica, de generación de electricidad a partir de combustibles fósiles y de suministro de gas natural por ductos al consumidor final. En total se localizan 145 de estas industrias de las cuales 6 son grandes, 7 medianas y el resto MyPes. Tepeji del Río de Ocampo concentra 2 de 3 de las generadoras de electricidad a partir de combustibles fósiles tal como se observa en la figura 11.

Figura 11. Industria de generación y transmisión de energía en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

3.2.6 Industria agropecuaria

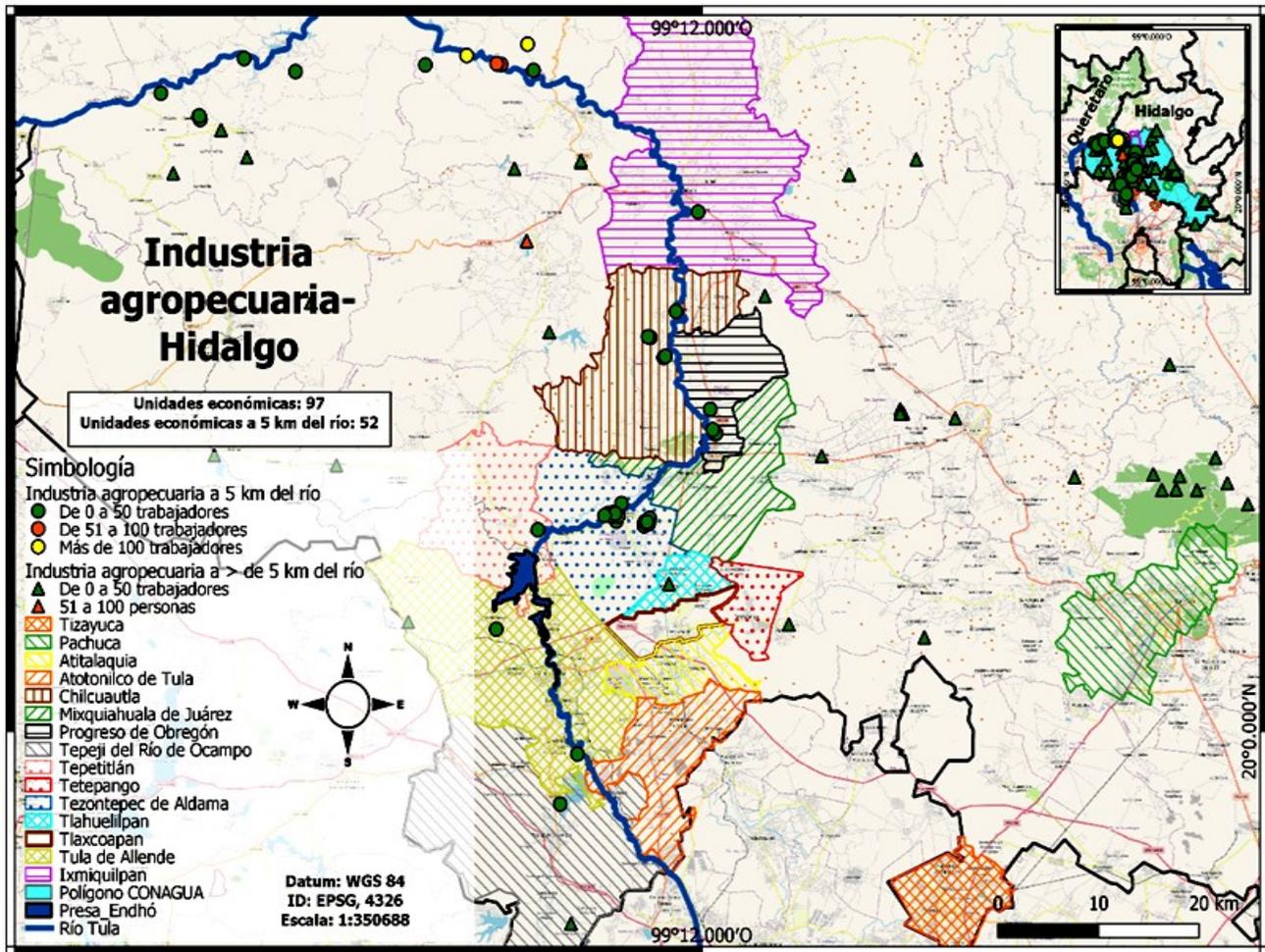
La figura 12 muestra que 97 industrias son agropecuarias, es decir, que en sus actividades sustanciales se encuentran las de beneficio de productos agrícolas, pesca, piscicultura, cría y explotación de animales. Tezontepec de Aldama es el municipio que agrupa más industrias agropecuarias, aunque estas industrias, en realidad están distribuidas a lo largo del polígono de incidencia. 52 del total se localizan a 5 km de distancia del río Tula siendo las empresas grandes las que se ubican al norte del estado. La mayoría son industrias MyPes.

3.2.7 Industria de minería

Esta industria agrupa 87 minas de distinto tipo: de caolín, mármol, piedras dimensionadas, minerales refractarios, arcillas, arena y grava para construcción y piedra caliza. 2 minas son grandes, 3 medianas y el resto MyPes. Huichapan y Zempoala son los municipios que concentran mayor número de minas. 9 minas se localizan a no más de 5 km del río Tula.

En total se encuentran 89 concesiones según <https://datos.gob.mx/busca/dataset/listado-de-titulos-de-concesiones-mineras>, base de datos del 2015 y consultada en agosto del 2020.

Figura 12. Industria agropecuaria en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

Por su parte la fuente de la base de datos de minas es la DENUe que se consultó en agosto 2020. Ambas fuentes presentan inconsistencia entre el número de concesiones y el de minas en funciones. En otras palabras, en 2020 se registraron al DENUe 87 minas y en 2015 se concesionaron 89.

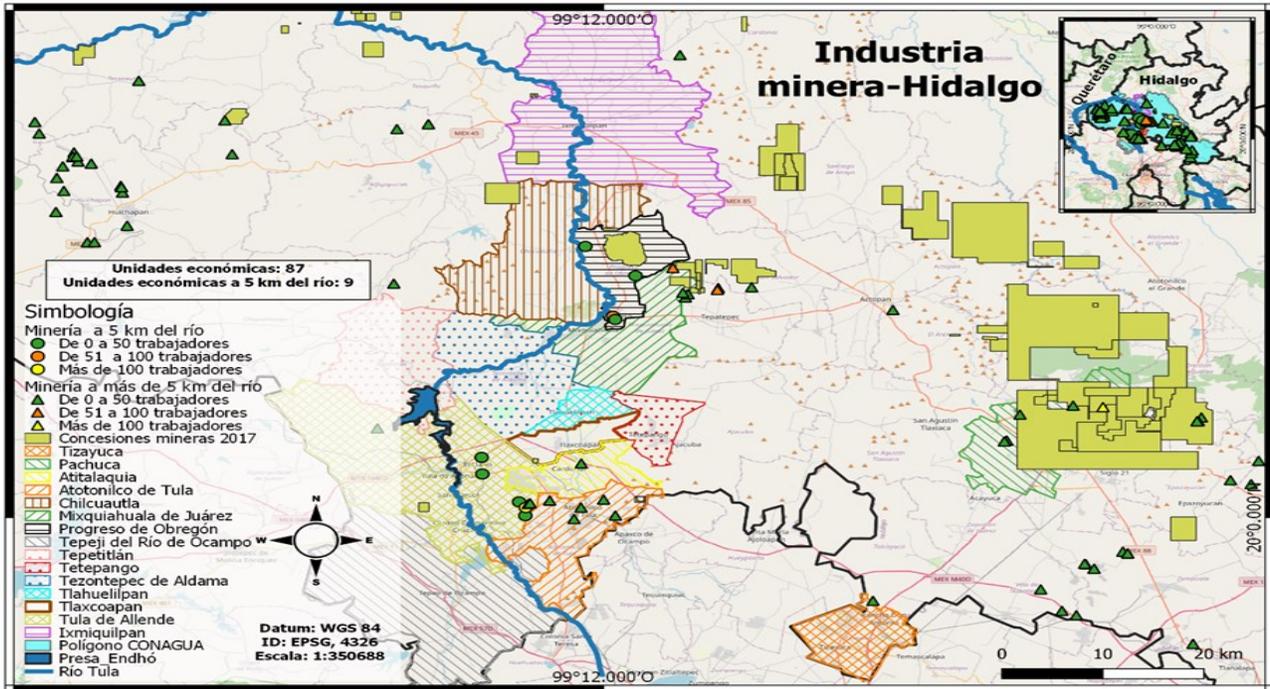
La superficie de las concesiones está en el rango entre 10253.38661Has. y 0.0405524 Has. Y el promedio está en las 661 has concesionadas. La mayor superficie concesionada se localiza al este del polígono de Hidalgo en Pachuca y sus cercanías. Véase la figura 13.

3.2.8. Industria de productos a base de minerales no metálicos

Esta industria incluye a los productores de artículos de alfarería, porcelana y loza, fabricantes artículos de vidrio, caleras, cementeras, yeseras, fabricantes de concreto, fabricación de fibras de vidrio, de ladrillos no refractarios, fabricación de productos a base de piedras de cantera, fabricación de tubos y bloques de concreto y cemento.

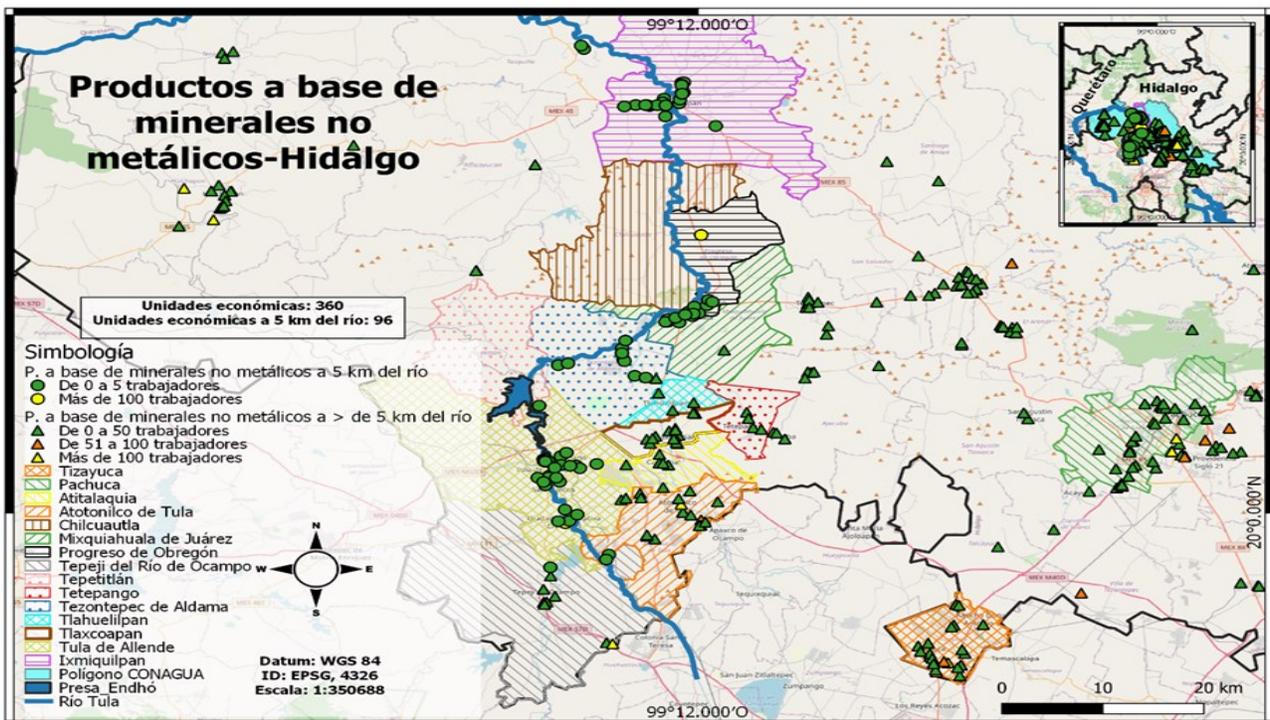
En total este giro industrial suma 360 empresas, de las cuales 90 se localizan a máximo 5 km de proximidad al río Tula. Pachuca y Tula de Allende son los municipios con mayor concentración de estas industrias. Aprox. el 95 % son MyPes y el resto entre medianas y grandes tal como se muestra en la figura 14.

Figura 13. Industria minera en la zona de análisis



Fuente: elaboración propia

Figura 14. Industria de productos a base de minerales no metálicos en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

3.3 Usuarios de aguas sin permiso de descarga En Hidalgo se localizan 72 empresas usuarias de aguas subterráneas sin permiso de descarga. Algunas de éstas se localizan en la cuenca de la presa Endhó, otras en la presa Requena, en la cuenca de Tochac-Tecocomulco y en la del Río de Las Avenidas de Pachuca. Es decir, casi 10% del total de industrias en la región de estudio presentan descargas ilegales.

3.4 Síntesis de la caracterización industrial En la tabla 4 se muestra una síntesis que resume cuáles son los giros industriales con mayor presencia en la región de estudio y el tamaño más predominante de la industria:

Tabla 4. Síntesis de las características industrial

Giro industrial	Número de industrias	Localización predominante	Tamaño más predominante de la industria
Química y plásticos	194	Tizayuca y Pachuca	MyPes
Textil	40	Tepeji del Rio y Pachuca	MyPes
Equipo de transporte	38	Tepeapulco	MyPes
Cómputo	3	No hay dominancia	MyPes
Generación y transmisión de energía	145	Tepeji del Rio (generación eléctrica) Pachuca (Captación, tratamiento y suministro de agua)	MyPes
Agropecuaria	97	Tezontepec de Aldama	MyPes
Minería	87 minas 89 concesiones	Pachuca y sus cercanías	MyPes
Minerales no metálicos	360	Pachuca y Tula de Allende	MyPes

Fuente: Elaboración propia

Análisis

La zona de estudio, desde la interacción biodiversidad-industria presenta mayormente un alto impacto antropogénico, siendo este mayor en la región centro este, particularmente en los municipios de Tlahuelipan, Tlaxcoapan y Tetepango.

Es dicha región se halla una importante presencia de concesiones mineras e industrias de productos a base de minerales no metálicos. Esto evidencia la alta conversión del uso de suelo hacia áreas antropizadas. Destacan los municipios Chilcuautla y Progreso de Obregón, donde esta condición es opuesta al resto y hay poca presencia industrial. Véase la figura 15.

La integridad ecológica es de baja a muy baja en la zona analizada, alcanzando valores cercanos a cero en la región centro del área de estudio, así como valores de 0.35 (equivalente a 35%) en los municipios de menor impacto antropogénico.

Lo anterior hace patente una reducida condición del ecosistema para mantener cadenas tróficas capaces de soportar grades mamíferos (mora, 2017), lo que aunado al resto de elementos ya descritos refleja procesos de insostenibilidad en la región. Véase la figura 16. De acuerdo con el IPCC, la vulnerabilidad al cambio climático es el resultado del grado al que se encuentra expuesto un sistema a variaciones climáticas (Exposición),

más la magnitud afección resultante (Sensibilidad), menos las capacidades y recursos que permiten detonar procesos de adaptación ante ello (Capacidad adaptativa).

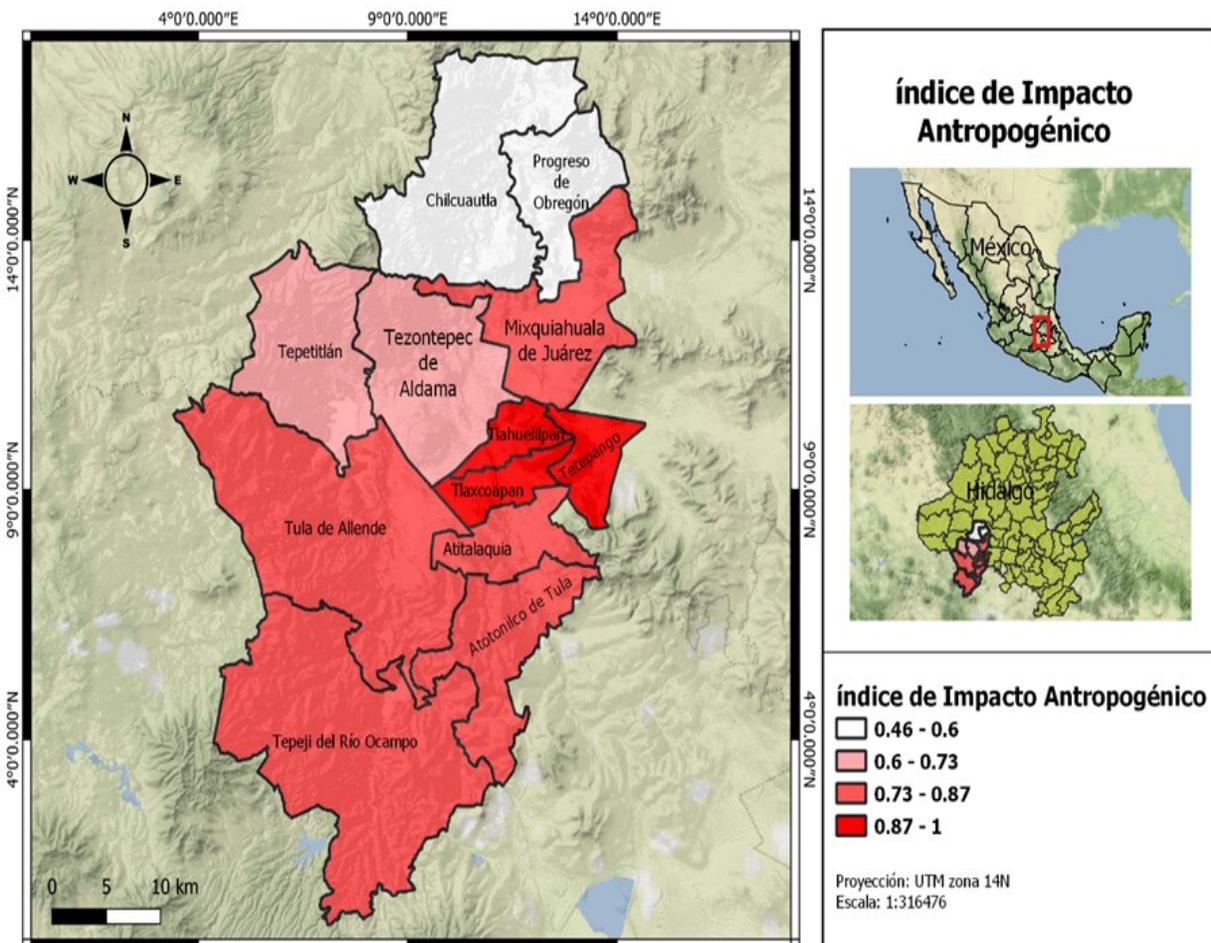
El INECC ha desarrollado una estimación de la vulnerabilidad al cambio climático basada en un escenario prospectivo a 2030 desarrollado por la UNAM (MPI ECHAM 5) el mismo considera la agregación

de 38 variables sociales, ambientales y económicas.

La totalidad de los municipios implicados en la zona de estudio presentan una baja vulnerabilidad al cambio climático.

En la zona de estudio, como se observa en la figura 17, es posible identificar aproximadamente 59,236.66 hectáreas como de atención prioritaria para la restauración (34% del total del área).

Figura 15. Índice de impacto antropogénico de la región de Tula, Hidalgo

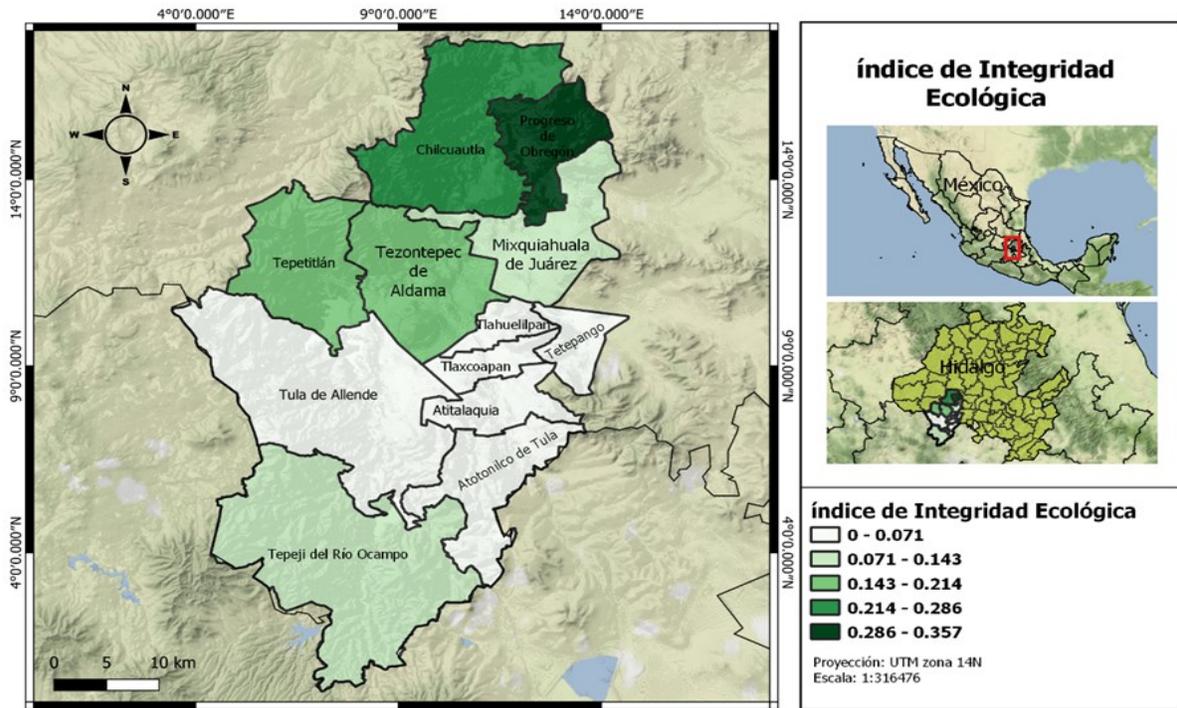


Fuente: Elaboración propia

Biodiversidad e industria en la región de Tula, Hidalgo: un ensamblaje sistémico

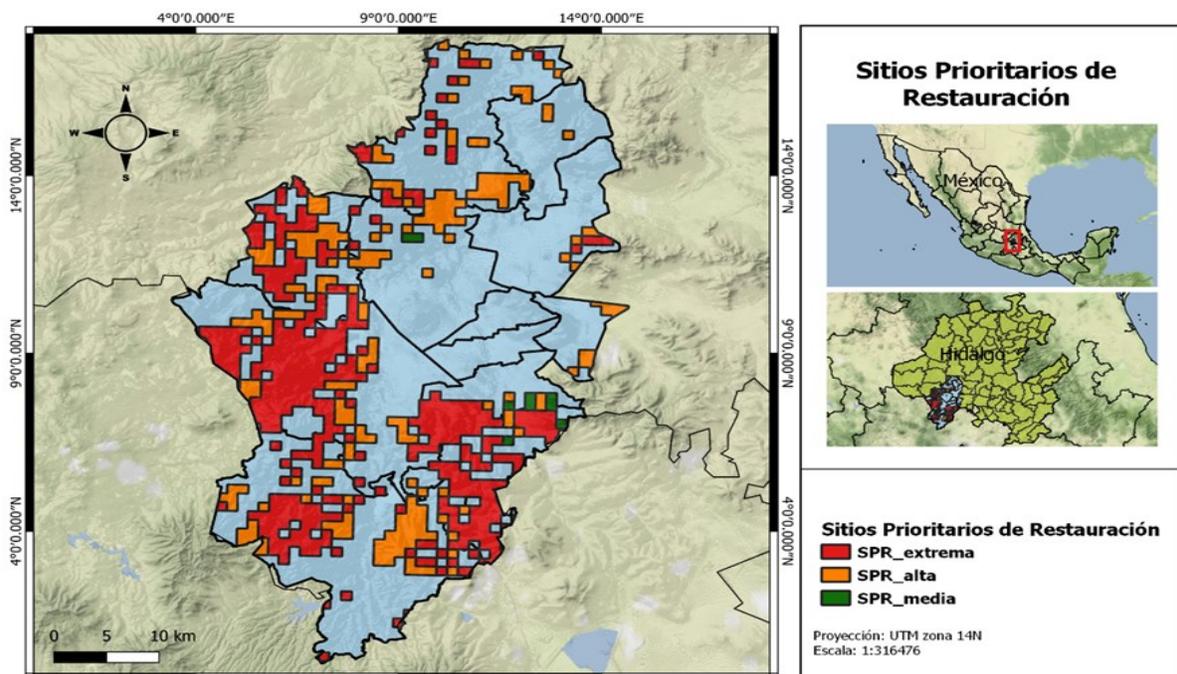
Benjamín Ortíz Espejel, Enrique Rosano Reyes, Jesús Hernández Castán, Eduardo Cuesta Mejía

Figura 16. Índice de integridad ecológica



Fuente: Elaboración propia

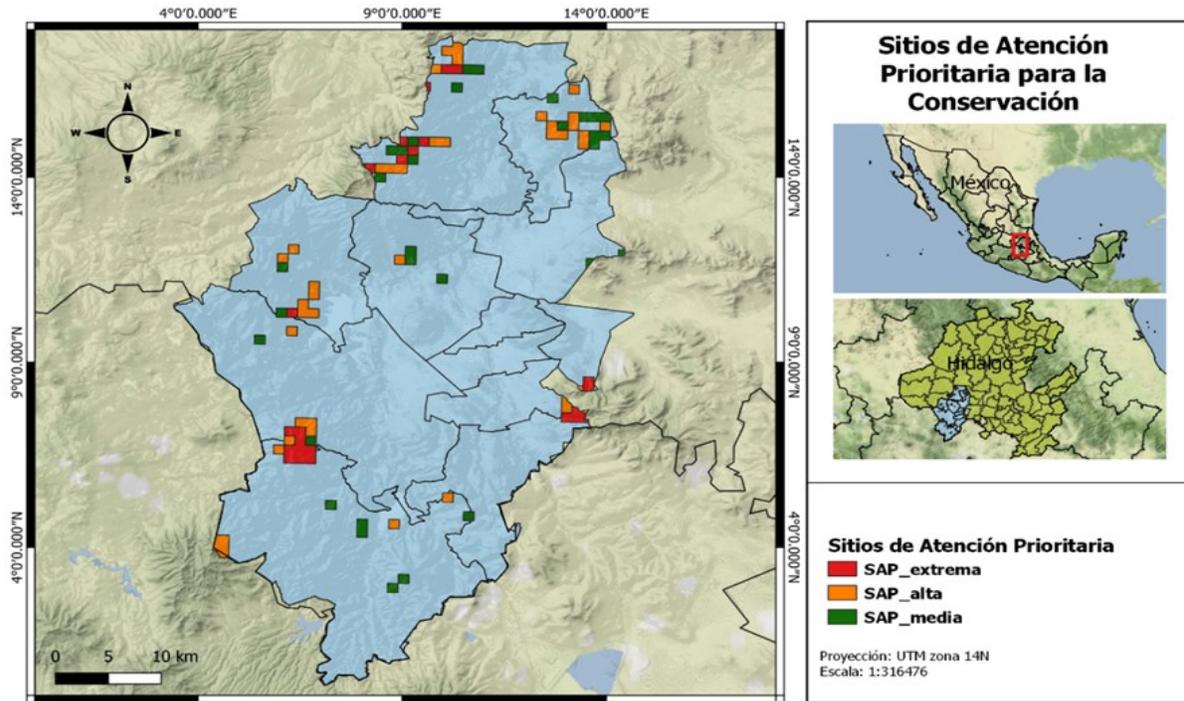
Figura 17. Áreas prioritarias de restauración en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

Hay 9,205.71 ha. prioritarias para la conservación figura 18. (5.2% del área de estudio) como se muestra en la

Figura 18. Áreas prioritarias de conservación en la zona de análisis



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Este estudio describió las características de la biodiversidad y la industria de la Región, dejando ver que ambos subsistemas forman parte importante del estado de Hidalgo y que su principal cuenca debe gestionarse de manera sustentable y responsable pues esta Región cuenta con un Área Natural Protegida de carácter federal, el Parque Nacional "Tula", que cubre 106.54 ha (0.06% del área de estudio), así como parcialmente una mínima parte del ANP Estatal "Santuario del Agua y Forestal Presa Taxhimay". En la zona de estudio no existe ningún sitio RAMSAR y tampoco existen UMAS. Para la zona de estudio, solo el municipio de Tepeji cuenta con Ordenamiento Ecológico Territorial a nivel Local.

El reducido alcance de los instrumentos territoriales de política ambiental que se registran en la zona de estudio genera un contexto de acción débil para la gestión sostenible de los recursos naturales. Ello sin duda incide en el agravamiento de los conflictos so-

cioambientales de la región y en su degradación, tal como afirma de la Mora (2012) en su análisis sobre la instalación de refinerías en la región de Tula donde concluye que:

Las transformaciones del entorno natural parece que están más supeditadas a los intereses económicos y a la expansión competitiva de la economía, que al mantenimiento y mejora de las condiciones de vida de su población y del territorio, ya que las consecuencias de la instalación de la Refinería Miguel Hidalgo se han traducido en contaminación, afectación de los ecosistemas y la salud (p.206).

Queda evidente esta necesidad instrumental de política pública para tener un mejor control, como por ejemplo para la expedición de concesiones mineras ya que como se vio, hay una inconsistencia entre las 89 concesiones y las 87 minas registradas en el DENUE.

El sector industrial en la región de estudio no muestra alguna clara concentración espacial en algún municipio particular, más bien está distribuido entre los municipios del polígono según el giro empresarial. Pachuca y Tepeji del Río son los municipios que muestran ligeramente mayor presencia industrial por sobre el resto de los municipios. La mayor industria en la Región es la de productos derivados de minerales no metálicos seguida por la química y de plásticos. Resalta que estas industrias por sus giros productivos deben contar con exigentes normas y regulaciones para evitar impactos negativos hacia el medio natural y la salud humana. Se sugiere realizar estudios sobre los procesos productivos de este tipo de empresas y sus impactos al territorio.

Con excepción de 2 municipios del norte de la Región todos tienen entre medio, alto y muy alto índice de impacto antropogénico, lo cual contribuye a que la Región cuente con una baja y muy baja integridad ecológica.

En términos de la degradación ecológica y sus afectaciones sobresale el caso de la conservación de espacios de aves, que no registra ninguna biofauna que precise conservarse, lo cual revela una posible grave afectación al ecosistema que lleve a investigar en una futura investigación las causas precisas y en qué momento desaparecieron las aves.

Por otro lado, es imprescindible el manejo sustentable de la cuenca, que, aunque por ahora presenta baja vulnerabilidad al cambio climático, es fundamental saber que el río Tula forma parte del Distrito de Riego 003 Tula que utiliza las aguas residuales procedentes de la Ciudad de México. Además, el acuífero Tepeji del Río presenta déficit en la disponibilidad de agua según el "Acuerdo General publicado en el DOF el 4 de enero de 2018.

Es decir, la Región refleja procesos de alta degradación ecológica e insostenibilidad y ello implica la necesidad de restaurarla (34% del área como prioritaria para su restauración) que las evidencias presentadas en este trabajo sugieren que en parte pueda deberse a posibles procesos productivos industriales de alto impacto al medio natural y a las descargas

provenientes de la Ciudad de México. Respecto a la primera posible causal se sugiere monitorear, gestionar y regular los procesos industriales sobre todo de las MyPes para mitigar sus impactos; y respecto a la segunda posible causal se recomienda realizar futuras investigaciones sobre los impactos emanados de la cuenca del Valle de México a la cuenca Tula-Atitalaquia y explorar políticas públicas interestatales que coadyuven a una sustentabilidad territorial co-responsable.

Se observa una alta coincidencia espacial entre las zonas de mayor impacto antropogénico y las de menor integridad ecológica, lo que sugiere que la transformación derivada de la actividad industrial ya descrita no favorece la sostenibilidad del territorio.

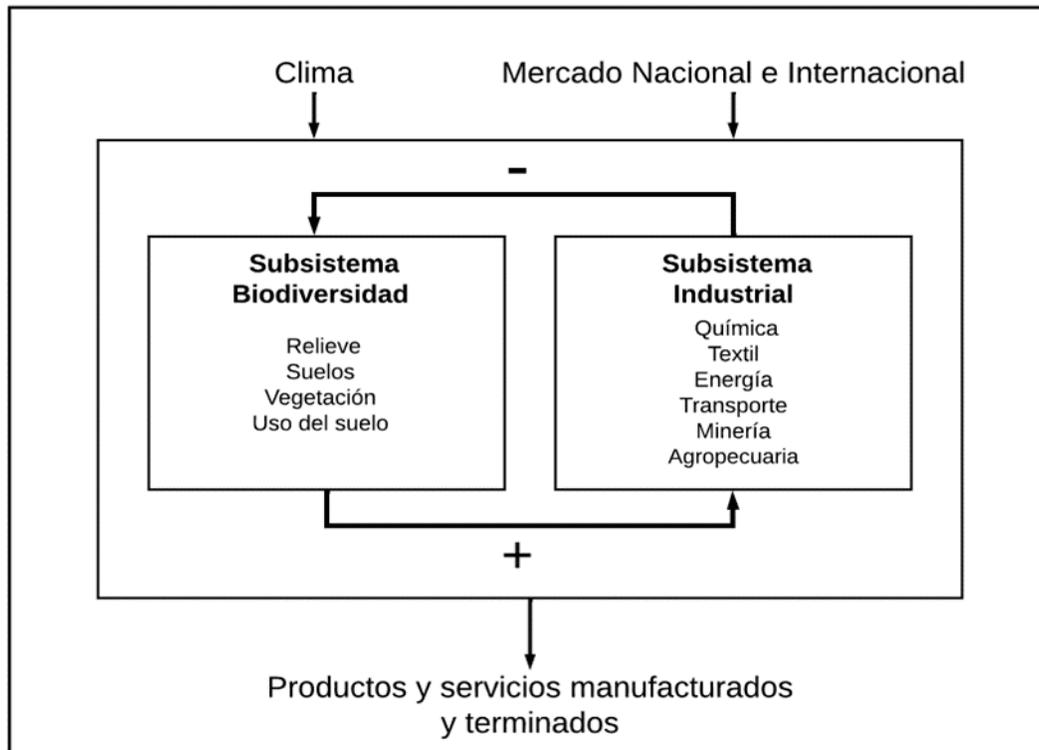
Lo anterior queda reforzado por la amplia superficie bajo prioridad e restauración que se ubica en el área e estudio así como la reducida cantidad de hectáreas que presentan condiciones que indiquen posibilidades de conservación.

Finalmente se muestra la figura 19 que representa una aproximación a un modelo gráfico de correlación de los fenómenos estudiados, es decir a la interrelación entre los subsistemas biodiversidad e industria ya caracterizados en este estudio y que ambos son afectados por factores externos como el clima o los mercados o descargas provenientes de otras regiones. Y a su vez, ambos subsistemas brindan a la sociedad productos y servicios.

Esta figura permite comprender la dependencia del subsistema industrial de parte del subsistema biodiversidad al brindar éste los bienes naturales (+) que proveen al sistema productivo industrial para su transformación. En sentido opuesto (-), la industria suele devolver al sistema biodiversidad los desechos, contaminantes o descargas que emanan de sus procesos productivos, pero que deben disminuirse y regularse a fin de mantener un balance sostenible y mitigar la degradación ecosistémica.

Queda para futuras investigaciones focalizar las evaluaciones de impactos ecológicos y bioquímicos bajo la propuesta del presente sistema de interacciones.

Figura 19. Sistema Interacción Biodiversidad Industria (SIBI)



Fuente: Elaboración propia

Referencias

- De la Mora, G. (2012). Instalación de refinerías en la región de Tula en Hidalgo: análisis desde la modernidad. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 20(40), 179-210. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41723301007>
- Equihua Zamora, M., Hernández Huerta, A., Pérez Maqueo, O., Benítez Badillo, G., Ibáñez, Bernal, S. (2016). Cambio Global: el Antropoceno. *Rev. Ciencia Ergo Sum*. Vol. 23 No. 1 Universidad Autónoma del Estado de México. México. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10444319008/html/index.html>
- García, R. (2010). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Rev. Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*. Vol. 1 No. 1. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de: <https://www.relmecs.fahce.unlp.edu.ar/article/v>
- Ortiz-Espejel, B. (2019). Sistemas complejos, territorio y gobernanza. *Rev. Elementos* No. 113. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Obtenido de: <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000003984.pdf>
- Ortiz-Espejel, B; Azuara, G. y García, G. (2019). Retos y desafíos del cambio climático en el siglo XXI: una perspectiva biocultural y de gobernanza. Capítulo 14 En: C. Rueda, Ed. ¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y visiones sobre el reporte especial del IPCC. Programa de Investigación en Cambio Climático, UNAM. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/339956515_Retos_y_desafios_del_Cambio_Climatico_en_el_siglo_XXI_UNA_PERSPECTIVA_BIOCULTURAL_Y_DE_GOBERNANZA

Ortiz-Espejel, B. (2020). La región Atitalaquia Tula: hacia un modelo de restauración ecológica. Rev. Diálogos ambientales No. 1 SEMARNAT, México. Obtenido de: https://mia.semarnat.gob.mx:8443/dialogosAmbientales/documentos/DialogosAmbientales_Anio1_no1.pdf

Peña-Díaz, Salvador. (2019). Condiciones hídricas en la cuenca del Valle de México. Tecnología y ciencias del agua, 10(2), 98-127. Epub 21 de abril de 2021. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-02-04>

Pérez-Avilés, R., B, Ortiz-Espejel, Azuara, G, Mora R.M., Barreiro Z. S. M., Alcántara, F, J.L., Rosas Burgess C.A., Fernández Pérez J.A. y Duval, G. (2021). Hacia un diagnóstico sistémico del impacto socio económico ambiental de la pandemia COVID-19 en el estado de Puebla (pp-79- 112). En: J.A. Fernández y G. Barajas (Coords.) La pandemia COVID 19 su impacto en lo educativo, ambiental y profesional. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Altres Costa Amir Editores, México. https://books.google.com.mx/books/about/La_pandemia_COVID_19_Su_impacto_en_lo_ed.html?id=SGhZEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Terrazas, J. (2020). Los factores ecológicos de las epidemias. Rev. Investigación y Ciencia No.530 noviembre. Barcelona, España. Obtenido de: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/grandes-hitos-y-prximos-retos-de-la-ciencia-811>