El Impacto Ambiental de las Actividades Agropecuarias en el Agua del Anillo de Cenotes en el Estado de Yucatán

José Zúñiga Medina

Resumen

La relevancia del impacto ambiental en las actividades realizadas dentro de la región del anillo de cenotes en la Península de Yucatán se debe primordialmente, a las comunidades que han sido afectadas directa e indirectamente, por el uso de agua contaminada extraída de pozos o fuentes cuyo origen provenga de los cenotes. Nuestro sistema económico agudiza esta problemática. De las actividades económicas realizadas en el Estado destaca la Porcícola que es la principal responsable de los contaminantes y residuos que se acumulan en el manto acuífero de la región. En el presente trabajo se analizará la relación que existe entre la contaminación de las granjas porcícolas, la gravedad de las consecuencias y como afecta a las comunidades cercanas. Dicha actividad omite el principio de sustentabilidad en su aplicación, si consideramos que el bien común y los impactos ambientales, no son contemplados de ninguna manera en la planificación del sector industrial, ya que la infraestructura no incluye mitigar las consecuencias de sus procesos. Por consiguiente, las comunidades localizadas cerca de cenotes pertenecientes al AC en el Estado de Yucatán, y que, dependen del agua extraída de los cenotes, se han visto afectadas gravemente por diversas enfermedades derivadas del consumo de recurso hídrico que ha sido contaminado.

Conceptos clave: anillo de cenotes, toxicidad, desarrollo sustentable, contaminación, granjas porcícolas.

Introducción

El proverbio africano que dice "*El agua sucia no puede lavarse*", es pertinente para comprender un importante hito, en nuestro tiempo nos enfrentamos a una serie de manifestaciones de crisis hídrica, desde contaminación en sus diversas formas, sequía o inundación, falta de acceso, y privatización de este recurso. Esta premisa nos obliga a plantearnos, ¿es reversible esta situación?, ¿hay una alternativa?, ¿existe un futuro que podamos vivir y no sobrevivir?

El agua es un recurso natural, finito e indispensable para la vida, sin esta sustancia cualquier forma de vida es inconcebible. Con base en datos de la CONAGUA en 2019, se han definido 757 cuencas hidrológicas al 7 de julio del 2016 junto con sus disponibilidades, conforme a la norma NOM-011-Conagua-2000, de las cuales 649 se encontraban en situación de disponibilidad.

En la práctica el sistema económico existente ha demostrado ser insostenible, dando como resultado un desequilibrio ecológico, que podemos apreciar en la estrecha conexión de los sistemas biológicos, fácilmente visualizables como desconexiones, es decir, anomalías que, por medio de los ciclos biogeoquímicos, es posible notar, dado que dichas modificaciones han propiciado el estrés en los ambientes.

La actividad económica que tiene mayor relevancia es la actividad agropecuaria, ya que es la base para el comercio y principal fuente de alimentos que son producidos para consumir o exportar fuera del país. De ésta, destaca la actividad porcícola, que, de acuerdo con Segura, (2020), se ubica como la tercera industria que más carne produce.

"Actualmente estamos entrando en una era de economía en un mundo lleno, en la que el capital natural o "capital ecológico" será cada vez más el factor limitativo" (Daly, 1997). El agua no es la excepción, sino por el contrario, la máxima representación del daño acumulado por esto. Aproximadamente 82 % del agua que ingresa en las granjas porcícolas sale como agua residual, acompañada de heces, orina, alimento desperdiciado y otros materiales, que se arrastran a través de los drenajes (Pérez *et al*, 2015). Se sabe que la materia fecal de los cerdos contiene nutrientes que son biodegradables, pero también incluye componentes no biodegradables ricos en fósforo o nitrógeno, que son contaminantes potenciales. Con este punto debemos considerar la importancia del presente tema, dado que no todas las granjas porcícolas gestionan sus residuos adecuadamente.

Considerando el panorama del agua en México, debemos particularizar el agua que se usa en la Península de Yucatán, la cuál proviene de cenotes y posee una dureza considerable, así como un pH equivalente a 5 u 8, dependiendo de la zona. Así como el flujo de agua, mismo que se ve afectado por varios Megaproyectos de manera simultánea.

Debemos partir de la región de Anillos de Cenotes, la calidad del agua de los afluentes de la Península de Yucatán, su importancia biológica y sociocultural, así mismo explorar las problemáticas que se presentan debido a la contaminación, su escasez y otros factores que afectan su distribución, acceso y consumo o empleo por parte de las comunidades del interior de los Estados que conforman la Región. Posteriormente plantearemos las principales contribuciones que podrían realizarse para subsanar las problemáticas mencionadas.

1. Consideraciones Teóricas

1.1. Orígenes y Conceptualizaciones

Por su reactividad el agua, permitió la proliferación de las primeras biomoléculas, desde lípidos, carbohidratos e incluso cadenas de ADN, hasta las primeras formas de vida unicelular, dando comienzo en períodos vastos de tiempo a organismos pluricelulares complejos, que, tras eones darían origen al ser humano. Desde el surgimiento de Mesopotamia, la historia del hombre empezó con una visión de la civilización, basada en la modificación del paisaje, cultivando y seleccionando plantas, adiestrando o domesticando animales para su uso. El comercio entre las ciudades estado, pasó de los trueques a la utilización de los siclos, una de las primeras formas de moneda, con esto, se asignó un valor a las materias primas, metales, piedras preciosas, cereales y otros alimentos en general.

La mercantilización ha sido la base del sistema económico sobre el cual vivimos los seres humanos, un sistema artificial que ignora los sistemas naturales, al otorgar precios y no el "valor" intrínseco que poseen. Tal es la situación que el agua ha sido objeto de esto.

De acuerdo con el número 6 "agua limpia y saneamiento" de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible de la ONU, "*De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua*" (ODS, 2016), la garantía del acceso al agua, como parte de los derechos fundamentales que manifiestan el "derecho a la vida" debería cumplirse empezando con la certeza de que existe un recurso tan vital.

Por consiguiente, el derecho a la vida debería brindar certeza para que cada persona tuviera la misma oportunidad de permitirse vivir con dignidad, con recursos disponibles, con la libertad y

responsabilidad de cuidar por ellos el acceso para esta. Para el mercado, esto es ignorado, ya que, al privatizarse o contaminarse un recurso tan vital, sólo son pérdidas monetarias y no humanas.

1.2. El Desarrollo Regional y el Impacto Ambiental

Los países en vías de desarrollo se encuentran con un panorama diferentes al compararlos con los países desarrollados, desde la gestión que se realiza y el estilo de vida, esto producto de recién iniciar una etapa de industrialización, contrasta las técnicas antiguas con las modernas, recursos disponibles que son riqueza en biodiversidad para muchas regiones, esto justamente, hace que sus problemáticas sean complejos. Como parte de este ritmo de vida propio, cada región alberga en su interior diferentes grupos sociales y étnicos, comunidades y poblados, con una riqueza cultural igual de amplia.

La relación que guarda el Desarrollo Sustentable respecto a cifras económicas radica en que no se puede dar uno sin el otro. La Sustentabilidad es un tema de desarrollo, y, por tanto, de proceso de desenvolvimiento de capital, de variables como crecimiento económico, de PIB per cápita, de movilidad social y de mejoramiento de la población en términos de empleo, ingresos reales y bienestar social (INEGI, 2009). El desarrollo sostenible es soportable en lo ecológico, viable en lo económico y equitativo en lo social; lo sustentable, para argumentar o defender (SEMARNAT, 2018).

La noción del desarrollo sustentable se visualizó originalmente en 3 dimensiones e interrelaciones básicas: económica, social y ambiental, con la idea de que entre ellas debe la idea de que entre ellas debe haber equilibrio, preservación y protección (PND, 2010).

Para muchos países, y México en particular, la noción del desarrollo sustentable nos lleva a una visión de la prevalencia del derecho para que las interrelaciones entre las dimensiones anteriores tengan una aplicación justa (PND, 2010).

Hablar de región en México es hablar de un conjunto de ideas políticas, sociales y culturales muy particulares y diferenciadas, enmarcadas en un sentimiento de nacionalismo y de identidad muy peculiar. Esto quizá se deba a la gran diversidad de culturas prehispánicas que coexistían en el país antes de la conquista y que al interactuar con la cultura occidental dio lugar a regiones altamente diferenciadas y con un carácter regional muy específico (Asuad, 2001).

México está catalogado entre los doce países con mayor diversidad biológica, ya que reúne una elevada proporción de la flora, fauna y otros recursos silvestres del mundo en sólo 1.3 % de la tierra emergida del mar (SEMARNAP, 2000).

Se estima que aporta entre 10 y 15 % del total de la diversidad biológica mundial; inmensa riqueza, sin duda, pero en una precaria situación. Es importante mencionar que, como en todas las regiones del orbe, en dichas áreas se registran también elevados procesos de degradación que afectan directamente a los ecosistemas y las especies (SEMARNAP, 2000).

Es sabido que los problemas ambientales nos afectan a todos, pero es cierto también que dichos problemas afectan más severamente a los sectores más desprotegidos de la sociedad (PND, 2010).

De tal modo, con el Desarrollo Sostenible no se ha buscado limitar el crecimiento económico y la explotación de la naturaleza, lo que se ha buscado es garantizar la sostenibilidad del desarrollo en términos económicos, llevando la explotación de los recursos naturales a niveles

"prudentes" que aseguren la continuidad del modelo económico dominante, esto es, del desarrollo económico. Así las cosas, tener en cuenta al ambiente no significa necesariamente una preocupación verdadera por su salvaguarda. De hecho, acompañar el concepto desarrollo del adjetivo sostenible, "agregándole" así preocupaciones ecológicas, se ha realizado en la medida en que no atenta contra los intereses de los agentes económicos, y en tanto que la disponibilidad de recursos naturales en el largo plazo provee las condiciones necesarias para que se siga produciendo la acumulación económica y el desarrollo de las regiones más poderosas (Latouche, 2007).

"El desarrollo de países o regiones está ligado, sin lugar a duda, a la capacidad de agua con la que cuentan, ya que se utiliza en todas las actividades económicas desde la agricultura hasta la metalúrgica y existen países que usan sus aguas y re usan de manera integral, es decir, que cuentan con una gestión integral de los recursos hídricos" (Jiménez, 2011: 56).

1.3. De la Hidrología de México al Anillo de Cenotes en la Península de Yucatán

Como un país megadiverso, con accidentes geográficos, climas variables, diversidad de flora y fauna, aunado a las comunidades, grupos étnicos que lo conforman, hacen de esto un desafío para identificar los problemas particulares de cada zona, a pesar de ello se puede generalizar uno de vital importancia: la disponibilidad del agua. Con ello debemos recordar la distribución que presenta nuestro país, misma que posee ciertos sectores hídricos abastecidos, así como aquellos que no, acuñando también su propia geoquímica que determina su uso y posible tratamiento para dar utilidad a dicho recurso.

En México se ubican 37 regiones hidrológicas definidas a partir de grandes parteaguas del país. En cada una de estas regiones hidrológicas está contenida, al menos, una cuenca hidrográfica y a su vez, no existe cuenca hidrográfica alguna que esté en más de una región hidrológica (Carabias, y Landa, 2005: 48). De acuerdo con el INEGI, la disponibilidad del agua en México no está relacionada directamente con su uso, es decir, hay una desproporción entre la población, la actividad realizada, la cantidad de agua disponible y la cantidad de agua empleada.

La riqueza hidrológica de nuestro país, compuesta por ríos, lagos, lagunas, manglares, y cenotes, se encuentra, por lo tanto, comprometida en cuanto a su disponibilidad, pureza, dependiendo del tipo de actividad, es decir, agrícola, piscícola, apícola, porcícola o bovina. Son los cenotes, emblemáticos de la Región Sureste de México, patrimonio de las culturas que antaño habitaron y de sus descendientes que siguen habitando dicha región, por lo que es menester reconocer su importancia.

La península de Yucatán presenta características hidrogeológicas muy particulares como suelo calcáreo, rocoso y carencia de sistemas hidrológicos superficiales, producto de su naturaleza cárstica (Strinfield & Leurand, 1974).

En la península de Yucatán, como en todas las zonas de karst, el acuífero es la principal fuente de agua para todas las actividades humanas. Para preservar el agua del acuífero es necesario reconocer, estudiar y evaluar las amenazas (niveles y tipos de contaminantes), la vulnerabilidad (la protección natural del medio físico-biótico hacia el acuífero) y el riesgo de contaminación del acuífero (integración de las amenazas y la vulnerabilidad) (Bautista, 2011).

El Anillo de Cenotes (AC) es una estructura hidrogeológica identificada alrededor del cráter de Chicxulub (Perry et *al.*, 1995), en el norte de la Península de Yucatán. Además de los cenotes se identifican otros cuerpos de agua cubiertos con vegetación hidrófila conocidos como aguadas

(Finch, 1965). Parte del perímetro del Anillo de Cenotes se encuentra en tierra continental, abarcando 27 municipios (de este a oeste) del Estado de Yucatán: Celestún, Umán, Abalá, Chocholá, Maxcanú, Kopomá, Opichén, Muna, Chapab, Sacalum, Tecoh, Tekit, Cuzamá, Homún, Huhí, Kantunil, Izamal, Dzoncahuich, Tekal de Venegas, Quintana Roo, Sotuta, Sudzal, Tunkás, Cenotillo, Buctzotz, Dzilam González y Dzilam de Bravo (SEDUMA, 2010).

Con una formación semicircular, el Anillo de Cenotes, cuenta con una diversa fauna y una serie de características fisicoquímicas, tales como pH entre 6.9 y 7.3, así como compuesto en su mayoría de Carbonatos, siendo denominada agua dura, que ofrecen un ecosistema único. En cuanto a especies nativas que habitan en la región de la Península de Yucatán, la fauna íctica de estos sistemas está dominada por diversas especies de la familia Cichlidae (mojarras) (Olvera, 1998).

La naturaleza de las redes subterráneas permite que los cenotes se comuniquen entre sí, de modo que la presencia de un componente en uno, eventualmente se encontrará en otro, tal es el alcance de sus conexiones que permiten el desplazamiento de agua hacia el mar, lo cual incluye todos sus componentes. De acuerdo, con diversos autores, entre los que destaca Valle-Levinson (2011), la cercanía a la costa, la permeabilidad y la alta porosidad de la plataforma, hacen que el AC esté estrechamente conectado con el mar. Los flujos de agua en la Península viajan del sur y llegan al AC donde son redistribuidos hacia los laterales y el mar (Perry *et al.*, 2009).

1.4. Impacto de los Megaproyectos en la Región

La presencia de otros megaproyectos en el Estado agrava la situación y problemáticas no resueltas sobre otras fuentes de contaminación, potenciando los riesgos existentes y catalizando el advenimiento de nuevas enfermedades, así como un deterioro ambiental acelerado. Desde el Campo Eólico hasta el Tren Maya, puede notarse su impacto negativo directamente sobre el suelo kárstico de Yucatán, así como el Anillo de Cenotes del cuál esta "mezcla" de agentes químicos, físicos y en varios casos biológicos, terminan vulnerando a todas las poblaciones siendo más notorio en aquellas sin los servicios de abastecimiento básico o de extracción directa de pozos, sin tratamientos adecuados para el agua.

"*Articulación*, grupo de académicos que supervisan el impacto del parque eólico, advirtió también, desde antes de su edificación, que el peso en toneladas de los aerogeneradores del Parque son una amenaza para el suelo kárstico de Yucatán, el cual consiste en roca caliza que se fragmenta con el paso del tiempo formando huecos, y en el que se filtra el agua de la lluvia con rapidez. Este tipo de suelo es más frágil en la zona costera, en donde se levantó dicho megaproyecto, y se corre el riesgo de que modifique las redes hidrológicas del subsuelo" (Escalante, 2021).

Los investigadores y académicos coinciden en la afectación a las redes hídricas, éstas al verse alteradas, pueden facilitar diversos contaminantes de dos o más fuentes, que combinadas serían letales, no sólo para las regiones del interior del Estado, sino también para la Zona Costera y puertos donde se desarrolla la pesca. Por su parte, expertos manifiestan su preocupación por el desarrollo y construcción del Tren Maya.

Dentro del área de influencia del Tren Maya, se encuentra la correspondiente a la península de Yucatán, que incluye a los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo; es una región de suelos kársticos, precipitación pluvial de 800-1800 mm anuales y poco drenaje superficial. Previsiblemente, el megaproyecto del Tren Maya afectará a los servicios ambientales que brindan estos ecosistemas. Destacan los posibles efectos negativos en el manto freático de la península de

Yucatán constituido por: i) el anillo de cenotes que en 2013 se designó como Reserva Geohidrogeológica, y ii) las selvas de Calakmul, donde las aguas cosechadas son transportadas y acumuladas para en algún momento fluir hacia los principales sistemas costeros de la península de Yucatán y alimentar a seis de sus nueve subcuencas hidrográficas (IMCO, 2019; Diagnóstico Tren Maya, 2020).

Por su construcción y localización, este Megaproyecto, resulta no sólo riesgoso, sino alarmante, ya que, al estar penetrando en territorios selváticos vírgenes, altera el equilibrio en el ecosistema, dado que, introduce materiales y sustancias, de manera directa, en sitios cercanos a cuerpos de agua, transportando consigo nuevos contaminantes que terminarán en el subsuelo kárstico para posteriormente quedarse en el agua del Anillo de Cenotes, y por su distribución, ésta fluirá por todo el Estado, incrementando su toxicidad.

2. Método

Se realizó un análisis al Diagnóstico Ambiental de la Actividad Porcícola en Yucatán, publicado en 2023 e investigaciones realizadas por el Laboratorio de Nano y Biomateriales en la Unidad Mérida del CINVESTAV y el Centro de Investigaciones Regional “Dr. Hideyo Noguchi” de la Universidad Autónoma de Yucatán para determinar la relación entre las zonas afectadas, los contaminantes presentes y su origen en la industria porcícola regional, así como otras fuentes emisoras de contaminantes, por lo que se hace un razonamiento deductivo que posteriormente dará lugar a una hipótesis inductiva a partir de la revisión, recopilación e inspección de diversas fuentes de información, de carácter científico, legal y periodístico.

3. Análisis y Discusiones

Entre las actividades productivas de la región encontramos la agricultura, principalmente de cítricos, piscícola, principalmente en la zona costera, la apícola y la porcícola. Ésta última es la que más destaca por el desarrollo cuestionable en sus prácticas, de acuerdo con su impacto ambiental, es la que mayor consecuencia negativa aporta al medio ambiente y a los seres vivos que lo habitan, incluyendo a seres humanos.

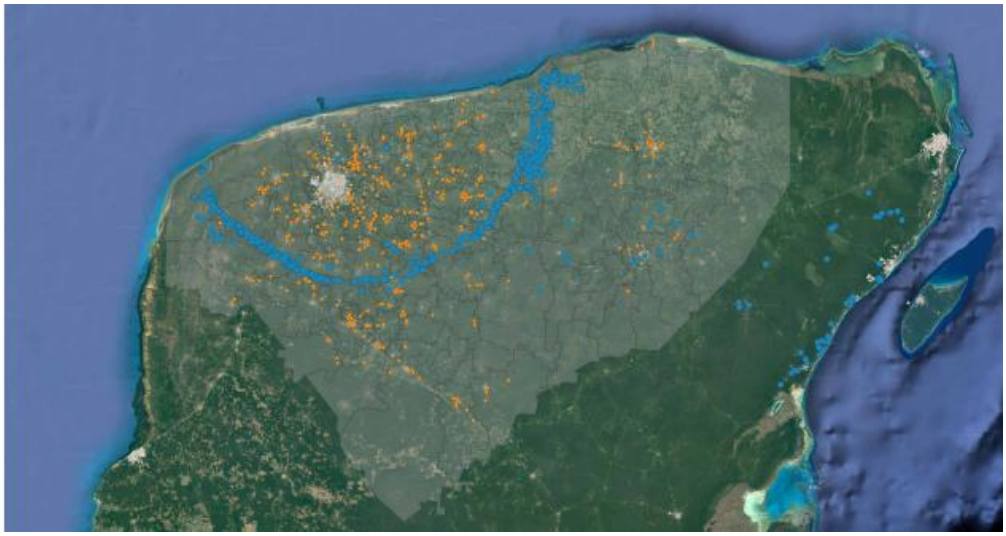
Entre las vulnerabilidades naturales, el suelo de Yucatán es altamente cárstico, es decir, altamente pedregoso, por lo que filtran fácilmente los contaminantes desde la superficie al acuífero subterráneo debido a las actividades productivas como la agricultura y ganadería al fumigar los cultivos y aplicar baños garrapaticidas con este tipo de plaguicidas organoclorados (FCEA, 2016).

4.1 La Industria Porcícola

Se puede apreciar la distribución geográfica de las 507 coordenadas y su cercanía al Anillo de Cenotes, importante por sus características geológicas y ecosistémicas para la región de la península (SEMARNAT, 2023).

De acuerdo con su distribución, los municipios de Mérida, Izamal, Tizimín y Acancéh, Tetiz, Ticul, Telchac, Tixkokob y Motul, los que registran la mayor concentración de coordenadas de posibles granjas. Las comunidades donde hay una mayor densidad de granjas son: Conkal,

Telchac, Homún, Tizimín, Umán, Chicxulub, Tixkokob, Tetiz, Izamal, Ticul. (SEMARNAT, 2023).



Fuente: Extraída del Dictamen Diagnóstico Ambiental de la Actividad Porcícola en Yucatán, 2023

Sabemos que el flujo del agua subterránea en la península de Yucatán se desplaza desde el centro de la península y hacia las costas, a través de conductos que se encuentran comunicados entre sí, de tal manera que los contaminantes vertidos en un lugar afectan a otros varios más en su camino (Langer, 2001).

La gran diferencia, por lo general, entre los residuos porcícolas y los residuos humanos, es que estos últimos son tratados en sistemas municipales de drenaje y aguas residuales, que están sujetos al cumplimiento de normas ambientales (ej. NOM-001-SEMARNAT-2021). En contraste, no existe un requerimiento ambiental para el manejo de los residuos animales almacenados en fosas y aplicados sin tratamiento como fertilizante dentro de los campos de las mismas granjas. En este sentido, cabe destacar que, ya que los excrementos de los cerdos contienen nitrógeno y fósforo, representan importantes fertilizantes para cultivo, no obstante, al mismo tiempo resultan tóxicos en exceso. Además contienen bacterias como E.coli, residuos de antibióticos, metales pesados, sangre animal y otros químicos (Hribar, 2010).

Los sistemas de tratamiento de las granjas fueron diseñados para cumplir con la condición de descargas para uso en riego agrícola (aplicación en suelo) de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Para ese tipo de descargas el énfasis del tratamiento se daba en el control de grasas y aceites, de microorganismos (Coliformes fecales) y parásitos (huevos de helmintos) (SEMARNAT, 2023).

Las emisiones de ácido sulfhídrico (H_2S) y Amoniaco (NH_3), además de contribuir en la eutrofización del agua y la acidificación del suelo y agua tiene impactos directos en la salud de la población. El amoniaco es un gas incoloro de olor fuerte, soluble en agua y más ligero que el aire, en áreas remotas, las concentraciones de NH_3 pueden ser bastante bajas (0.04 a 5.60 $\mu g/m^3$), mientras que cerca de fuentes como áreas agrícolas y granjas, pueden ser tres órdenes de magnitud mayores (Alkezweeny et al., 1986).

En términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO), los límites permisibles se rebasan entre 7 y 144 veces, en tanto que para el nitrógeno total se rebasan entre 24 y 1000 veces. Por su

parte Fósforo total, Sólidos Suspendidos Totales y Toxicidad también rebasan los límites permisibles, las magnitudes en que se rebasan son variables, pero sin duda los efluentes de las diez granjas porcícolas analizadas no satisfacen los requisitos de NOM-001-SEMARNAT-2021 (SEMARNAT, 2023).

"Así, dado que las concentraciones de nitrógeno en el agua tratada son muy altas, estas contribuyen en forma importante para que la DQO sea elevada. Por ello, como parte de las adecuaciones que se requieren en estos sistemas de tratamiento, es la implementación de procesos para la remoción de nitrógeno del agua. Es necesario que los procesos que se incluyan tengan la capacidad de transformar el nitrógeno amoniacal en nitratos, para que estos a su vez puedan ser transformados en nitrógeno elemental (N_2), esto se reflejará en una disminución sustancial de la DQO ya que el nitrógeno amoniacal consume oxígeno para ser transformado en nitritos y nitratos" (SEMARNAT, 2023).

La eutrofización y la lixiviación generados por estos contaminantes pueden promover una problemática de alteración a las cadenas tróficas subacuáticas, y en cierta medida, a las cadenas tróficas terrestres, pues al reducirse la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, así como el aumento en la concentración de metales pesados, estos terminarán erradicando a los seres vivos que habitaban en los mantos acuíferos.

4.2. Contaminantes provenientes de otras fuentes

4.2.1. Provenientes de Fuentes Agrícolas

El Centro de Investigaciones Regionales de la Universidad Autónoma de Yucatán, realizó estudios de contaminación por plaguicidas organoclorados (OCP) en el agua, y su bioacumulación en la sangre de mujeres con cáncer cervicouterino y en la leche materna de las mujeres Mayas (FCEA, 2016).

Altos niveles de plaguicidas como heptacloro, lindano, endosulfán, aldrin, DDT y sus metabolitos fueron encontrados en el agua, la sangre y la leche materna en dichos estudios. Estos plaguicidas se clasifican como "contaminantes orgánicos persistentes (COP)" y están catalogados a nivel internacional como la "docena sucia" en el marco del Convenio de Estocolmo, con altos impactos para la salud humana (FCEA, 2016).

Se ha demostrado en un estudio sobre percepciones de riesgo que las comunidades Mayas tienen sobre el uso y manejo de agroquímicos, una muy baja percepción del riesgo de agricultores y amas de casa de las zonas rurales, respecto a los impactos sobre su propia salud y sobre el medio ambiente, es decir, las comunidades Mayas tienen un punto de vista casi inocuo sobre los agroquímicos altamente tóxicos y cancerígenos. Lo anterior se entiende, debido a los niveles de pobreza en la zona rural, sus niveles educativos y falta de programas oficiales (FCEA, 2016).

Si revisamos las estadísticas de salud para Yucatán, podemos ver altas tasas de enfermedades como diversos cánceres, malformaciones congénitas, muerte fetal, problemas cognitivos de desarrollo en niños, las cuales son enfermedades asociadas a la bioacumulación de plaguicidas en el ser humano por exposición crónica, ya que actúan como potentes neurotóxicos y como disruptores endocrinos (FCEA, 2016).

4.2.2. Provenientes de Fuentes Diversas

Se examinaron los sedimentos de cuatro lagunas costeras Ría Lagartos, Bocas de Dzilam, Laguna de Chelem y Ría Celestún para formulaciones de Polibromodifenil éteres comerciales ampliamente utilizados (penta-, octa- y deca-PBDE). Los compuestos más comúnmente encontrados en las cuatro lagunas fueron los PBDE 47, 99 y 100 (todos en la formulación de penta-PBDE) y PBDE 209 (deca-PBDE). Está en discusión la ruta de dispersión de estos compuestos, pero se considera como propuesta al anillo de cenotes, adyacentes a las lagunas (Valenzuela *et. al*., 2018).

La existencia de estos contaminantes y la naturaleza de los subsuelos suponen un riesgo mayor al que es posible valorar en la actualidad, debido a que, al acumularse nitratos, amonio y ácido sulfúrico, se puede alterar el pH del agua, con la agregación de metales pesados, así como los PBDE es viable considerar su posible reactividad, originando compuestos organometálicos con mayor toxicidad, que podrían compararse al Metilmercurio.

4.3. Comunidades Afectadas

El agua que corre por el subsuelo de las partes altas del centro de la península hacia el norte de Yucatán recoge durante su recorrido partículas de pesticidas y agroquímicos, también recogen materia fecal derivados de las comunidades que carecen de sistemas para la adecuada disposición de la materia orgánica, así como a los desechos mal manejados de granjas porcícolas, avícolas y zonas ganaderas (Rincón, 2023).

Estas corrientes de agua llegan al anillo de cenotes canalizando una parte de la descarga hacia la costa noroeste (Celestún) y otra hacia la costa noreste (Ria Lagartos) (Rincón, 2023).

Cabe destacar que el acceso al agua en comunidades remotas únicamente puede ser mediante las extracciones provenientes de los cenotes. La gran mayoría de las comunidades del interior del Estado, muchas descendientes de la antigua cultura maya se encuentran vulnerables al carecer de los principales servicios, como lo es el médico, de saneamiento, y por supuesto, el agua potable.

Las comunidades de Kinchil y Maxcanú realizaron un monitoreo de aguas con apoyo de Naciones Unidas y el resultado confirmó el daño ambiental que generan las mega granjas Kekén, del grupo KUO, la gran responsable del desastre (Eleisegui, 2023).

De acuerdo con el Consejo Maya Chik'in-já, "La presencia y el volumen de los coliformes en la mayoría de las muestras obtenidas indican contaminación fecal en los cenotes, ojos de agua y pozos de la zona de estudio. Estos resultados son consistentes con los boletines epidemiológicos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica para el estado de Yucatán, en los que se muestra un aumento en los casos de enfermedades infecciosas intestinales" (Eleisegui, 2023).

"Además de la preocupación por el agua que estamos consumiendo, también está la afectación que sufre la agricultura, nuestros animales. Todo esto por lo que viene ocurriendo con el agua. A los pueblos no nos vinieron a preguntar si queríamos que se instalen estas granjas. Nos impusieron reglas mientras nos quitan nuestra forma de vida" también expresó el Consejo Maya Chik'in-já (Eleisegui, 2023).

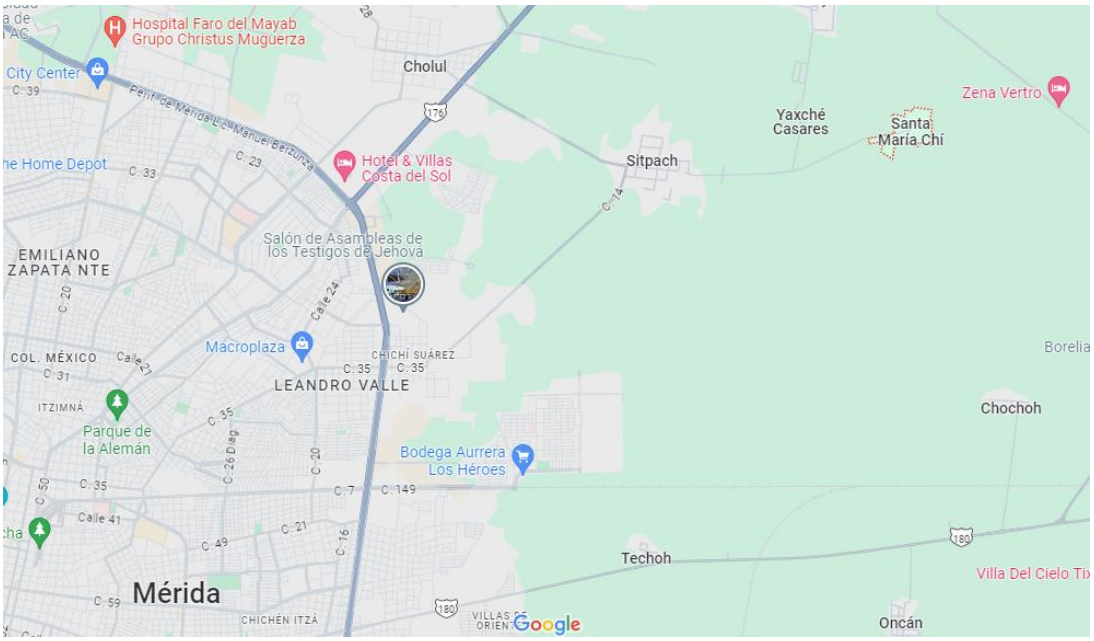
Conforme más alejado se encuentre el pueblo de la cabecera municipal el panorama se complica más; sólo cuentan con un pozo, donde bombean el agua hacia un tanque elevado, y se redistribuye a las viviendas (Bote, 2021).

Otras comunidades del interior del Estado presentan precarios métodos de extracción para obtener agua.

“Sin embargo, por las condiciones de pobreza de estas localidades, para no incrementar el costo de la electricidad que usan al bombear el agua a los hogares, las autoridades locales determinan que se prenda la bomba una o dos horas al día. Es muy lamentable que sigamos teniendo esta situación en el México del siglo XXI. Por lo menos en las comunidades de los municipios de Tizimín, Chemax, Temozón, Valladolid viven con este tipo de sistemas, aunque la situación es general en todo el estado” de acuerdo con Cortés (Bote, 2021).

4.4. La Contaminación de Santa María Chi

La comunidad de Santa María Chi en Yucatán, se encuentra a 30 minutos de la Ciudad de Mérida, es una comisaría perteneciente al municipio de Mérida.



Fuente: Extraída de Google Maps

Esta comunidad encuentra un grave problema de contaminación, debido a una granja porcícola de Kekén, dicha industria, posee un área designada para la producción y crianza de porcinos, pero no un tratamiento estricto sobre los residuos generados. En relación a esto, los habitantes de la comunidad han señalado que el agua proveniente de pozos no es salubre y posee contaminantes que ponen en riesgo la salud de quienes la ingieren.

El 13 de mayo de 2023, harta de los abusos de los empresarios sin escrúpulos, la comunidad se organizó porque el fuerte olor por las quemas de desperdicios de los cerdos era ya insoportable. De hecho, ese día el fuego pareció salirse de control en las instalaciones, con elevadas humaredas (Pérez, 2024).

Manifestándose en contra de esta granja, la comunidad ha acudido a varias autoridades, mismas que han dimitido de sus funciones hasta ahora.

La comunidad de Santa María Chí ha denunciado consistentemente que la granja porcícola contamina el entorno, afectando principalmente a la población indígena local. La Jueza Cuarta de Distrito en el Estado de Yucatán consideró que la operación de la granja podría causar "daños irreversibles" al medio ambiente, incluyendo la contaminación del agua, deforestación, muerte de vegetación y desplazamiento de especies (Bote, 2024).

De acuerdo con ello, y tras un año de denunciar la contaminación, fue la iniciativa de los niños de la comunidad la que consiguió resultados por la vía legal. Concluyendo en el cierre y suspensión de operaciones de la granja al poner en riesgo la salud de los infantes.

La relevancia de este caso radica en las afectaciones causadas por las malas prácticas y la ausencia de tratamientos, y principalmente, en el consentimiento de la población para la instalación de un complejo que desarrolle actividades con un Impacto Ambiental tan significativo.

Es probable que dicha situación se repite en otras comunidades, y no sólo eso, sino que se vea potencialmente agravada, debido a otras fuentes de contaminación.

4.5. Alternativas, el Buen Vivir y la Legislación

La calidad del agua extraída es paupérrima, el gobierno aún no ha consolidado una solución, y las personas siguen siendo afectadas por los desechos de las industrias. La idea de implementar procesos de tratamientos de aguas para verter los residuos de manera segura no es suficiente. Se requiere el consentimiento de las comunidades para proceder.

La tendencia a descargar sobre la ciencia y la tecnología la responsabilidad de la situación actual de deterioro creciente, no deja de ser una nueva simplificación maniquea en la que resulta fácil caer. Las críticas y las llamadas a la responsabilidad han de extenderse a todos nosotros, incluidos los "simples" consumidores de los productos nocivos (Vilches y Gil, 2003). No basta simplemente con soluciones científico-tecnológicas, es una necesidad de compromiso social y ambiental para preservar la vida, ya que cada, comunidad posee un equilibrio con su entorno que debe ser protegido.

Tampoco se trata únicamente de remediar los daños vulnerados sino de no producirlos en la medida de lo posible. La ciencia y los desarrollos tecnológicos deben estar enfocados en el bienestar común y no subyugados a un sistema que prioriza la mercantilización. Tal como señala Toledo (2016), "La superación de la crisis de la modernidad supone explorar propuestas alternativas al conocimiento científico y a la aplicación de la tecnología bajo una lógica del mercado, de lo contrario el conocimiento seguirá encadenado al capital".

La idea de desarrollo está entendida como la visión de producir hasta el infinito y consumir todos los recursos, sin reparar o reponer "los materiales utilizados". Este desarrollo destaca a la naturaleza sólo como un bien y afecta a sus habitantes. Con esto en mente podemos entender la situación de las comunidades de la región que son vulneradas.

Es urgente una alternativa a esta idea, que considere el equilibrio natural y permita a las personas vivir en paz como lo hacían desde tiempos remotos.

Un Buen Vivir, en definitiva, plantea una cosmovisión diferente a la occidental al surgir de raíces comunitarias no capitalistas. Rompe por igual con las lógicas antropocéntricas del capitalismo en tanto civilización dominante y también de los diversos socialismos realmente existentes hasta ahora, que deberán repensarse desde posturas sociobiocéntricas (Acosta, 2015).

Rifkin (2010) formula si la Tercera Revolución Industrial llegará a tiempo para mitigar el impacto entrópico […] y hacer posible unas sociedades sostenibles.

En nuestra época aún se está investigando para aplicar los conocimientos científicos que darán origen a las revoluciones tecnológicas e industriales. Sin embargo, no podemos esperar que sucedan, tampoco podemos depender de ello, por lo que, las comunidades deben ser informadas en primera instancia sobre los riesgos a los que se les expone con los proyectos empresariales que se desarrollan en los alrededores o cerca de estas, por consiguiente, promover por todos los medios posibles actividades propias de las comunidades que les permitan sustentar su propio estilo de vida.

El objetivo final es construir un sistema económico solidario, sustentado sobre bases comunitarias y orientadas por la reciprocidad, y subordinado a los límites que impone la Naturaleza. Es decir, debe asegurar desde el inicio y en todo momento procesos económicos respetuosos de los ciclos ecológicos, que puedan mantenerse en el tiempo, sin ayuda externa y sin que se produzca una escasez crítica de los recursos existentes (Acosta, 2015).

Las comunidades pueden hacer uso del conocimiento sobre el entorno, y por sus costumbres, establecer procesos por los cuales, puedan deslindarse de las grandes industrias, con apoyo social y fundamento legal es posible proteger un nuevo modo de vida lejos de las ideas del desarrollo que impiden la proliferación de otras estrategias de vida.

Una nueva economía implica superar el fetiche del mercado, frente al que muchas personas bajan la cabeza: el mercado habla, el mercado reacciona, el mercado protesta, el mercado siente. Lo grave de subordinar el Estado al mercado, conduce a subordinar la sociedad a las relaciones mercantiles y al individualismo ególatra (Acosta, 2015).

Por todo lo anterior, centralizarnos en la mercantilización y que el Estado no posea una estrategia que garantice la protección a las comunidades, promueve el deterioro ambiental y cultural de estas.

Para pasar a la acción debemos primero reconocer la existencia de un proceso global de deterioro, un deslizamiento hacia el caos o colapso, y conocer sus causas profundas. Sólo esto permitirá construir una estrategia general para la supervivencia, es decir, soluciones a la altura de las circunstancias, no paliativos o medidas parciales o cosméticas (Toledo, 2016)

Todo esto debe venir acompañado de un proceso político de participación plena, de tal manera que (sobre todo en los países en donde el gobierno central no está sintonizado con esta visión) se construyan “contrapoderes” (económico y político) que puedan impulsar paulatinamente las transformaciones a nivel del país (Acosta, 2015).

En general, las leyes ambientales que rigen nuestro país con su origen en los artículos de la Constitución cuentan con la fundamentación para su aplicación, así como el rigor científico que recae en las Normas Oficiales Mexicanas para garantizar la correcta medición y límites permisibles. En materia ambiental, se poseen los suficientes elementos para promover procesos que permitan la protección y restauración del medio ambiente, por quiénes han perpetrado el daño.

En el Artículo 78 del Capítulo II de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) nos menciona lo siguiente:

“En aquellas áreas que presenten procesos de degradación o desertificación, o graves desequilibrios ecológicos, la Secretaría deberá formular y ejecutar programas de restauración ecológica, con el propósito de que se lleven a cabo las acciones necesarias para la recuperación y

restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales que en ella se desarrollaban" (LGEEPA, 1988).

"En la formulación, ejecución y seguimiento de dichos programas, la Secretaría deberá promover la participación de los propietarios, poseedores, organizaciones sociales, públicas o privadas, pueblos indígenas, gobiernos locales, y demás personas interesadas" (LGEEPA, 1988).

La LGEEPA fue creada para regular lo establecido en el quinto punto del artículo 4 y en el artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, convirtiéndose en una Ley Especializada en Materia Ambiental. Por su disposición, está enfocada en el desarrollo sustentable con compromisos que involucran a varios órdenes del poder gubernamental para hacer cumplir esta legislación.

En el 2001, México firmó el Convenio de Estocolmo, cuyo objetivo es la protección de la salud humana y el medio ambiente contra los contaminantes orgánicos persistentes (COP), así como promover las mejores prácticas y tecnologías disponibles para reemplazar a los COP que se utilizan actualmente, y prevenir el desarrollo de nuevos COP (SEMARNAT, 2015).

La responsabilidad que se plantea con leyes y convenios sigue en espera de acciones concretas que determinen el bienestar de las personas, asimismo que garanticen la restauración y protección de los bienes de la nación, que, en principio, son los recursos naturales que permiten la habitabilidad, y no menos importante, la homeostasis de la biosfera que conforman.

Las comunidades afectadas, y la sociedad en general, no sólo están en la facultad de realizar un llamamiento a las autoridades, estas se encuentran en una obligación de respuesta, por lo que, la participación social, el compromiso para procurar el bienestar de la ciudadanía y el medio ambiente está justificada. Existen los acuerdos legales, la infraestructura, los interesados y los mecanismos en general que permiten salvaguardar la vida, la cuestión aún versa sobre él porque sigue sin existir una solución para esta problemática.

Considerando este tipo de fuentes, su composición y tiempo de exposición, la probabilidad de desarrollar enfermedades es elevada. Desde una simple disentería hasta cáncer, las comunidades, cuyos centros de salud se ven limitados o simplemente son precarios, no son capaces de hacer frente a este tipo de situaciones. Son esta clase de consecuencias que se debe considerar respecto a las actividades que se realizan en la región, su impacto ambiental y la legalidad en la que se desarrolla.

Conclusiones

El filósofo Arthur Schopenhauer decía "*El mundo no es una fábrica y los animales no son productos para nuestro uso*." Manteniendo este pensamiento en mente, es menester reivindicar el concepto de lo que es, el mundo que nos rodea, desde los individuos, hasta el hábitat son irremplazables; hasta donde nuestro conocimiento nos ha hecho saber, ninguna sustancia es capaz de imitar el agua, e incluso su química es inusual, ya que, al enlazarse átomos de hidrógeno con oxígeno, no producen un hidrácido como otros no metales de su propia familia en la tabla periódica, siendo un compuesto tan extraño como vital.

El contenido químico que presenta el agua contaminada es tan variado como letal, si podemos ponderarlo no sólo no aporta nutrientes sino potenciales venenos que se acumulan, mientras transcurre el tiempo, y se alojan en las personas.

La relevancia que posee el Anillo de Cenotes (AC) es crucial por la dependencia que tienen todas las personas, comunidades y ciudades, puesto que todas las actividades económicas usan agua en alguno de sus procesos. Como parte de la identidad cultural e histórica de la región representan parte esencial de la vida de todos los habitantes de la región peninsular. Por lo tanto, la contaminación de este representa un peligro latente bajo nuestros pies.

Esta problemática del agua, destacando en su mayoría, a las granjas porcícolas, así como otros megaproyectos, fueron construidos sin la debida consulta a las comunidades que habitaban el área, y no conforme con ello, sin las regulaciones ambientales adecuadas. Además de contemplar las plantas tratadoras, el daño a las personas que habitan en Zonas cercanas al AC es urgente de atender, las carencias del servicio médico también es un problema por solucionar.

Las leyes comprometen a todos los órdenes de gobierno, en materia ambiental, por lo que los colectivos de personas, comunidades afectadas e interesadas, están en su derecho de exigir que se plantee un plan de trabajo e infraestructura que contemple sus necesidades. Por lo tanto, se debe instar a las empresas y los responsables de este tipo de megaproyecto a remediar el impacto negativo en el ambiente, tal como manifiesta la LEEGPA, garantizando consecuentemente el cumplimiento de las garantías individuales.

Considerando el planteamiento sobre los "buenos vivires" es indispensable tratar y remediar el agua que circula en el subsuelo cárstico para restablecer el equilibrio ambiental, en consecuencia, las actividades realizadas en las zonas aledañas al AC y que dependan de este, pueden gestionarse por las comunidades, grupos de activismo social y ambiental respaldados por la normatividad, con el objetivo de impulsar "zonas libres de industrialización" para evitar la construcción de complejos que contaminen los recursos hídricos.

Con el trabajo multidisciplinario de diversos grupos, entre académicos, activistas e interesados de la sociedad civil, se puede aprender los saberes que poseen estas comunidades, promoviendo un rescate cultural. Establecido el trabajo multidisciplinario y comunitario, es posible impulsar la formación de cooperativas que puedan apoyarse de nuevas tecnologías enfocadas en la agroecología y aunado a sus saberes, plantear una alternativa a los Megaproyectos.

Con la existencia de la apicultura u otras actividades sostenibles que pueden ser desarrolladas e impulsadas en las comunidades, se debe considerar seriamente que la responsabilidad, así como la capacidad de decisión estuviera dentro de cada colectivo proveniente de las zonas aledañas al AC, siempre respaldadas por el gobierno local.

Es necesario coaccionar las acciones de las empresas y Megaproyectos que hayan infringido las Leyes en materia ambiental, y por supuesto, vulnerado a las comunidades, ya que el impacto se nota inmediatamente sobre las zonas aledañas al daño ocasionado, pero reiterando en la conexión que poseen las aguas subterráneas de los cenotes y su flujo hacia el mar, será cuestión de tiempo para que todas las comunidades, y ciudades nos veamos afectados por este tipo de contaminación, siendo la consecuencia más grave la contaminación cruzada de múltiples fuentes, dificultando su tratamiento o remediación.

La idea de bien común nos dicta que requerimos convocar ante las autoridades, hacer un llamamiento a la sociedad, a los afectados, y a nosotros, que eventualmente seremos afectados por las mismas causas que se siguen ignorando. La idea de humanidad está ligada intrínsecamente a empatizar, entender y reaccionar "proactivamente", por nuestros semejantes. En un mundo interrelacionado, es fundamental esta idea, de "valorizar" y no "mercantilizar" personas como mano de obra o la naturaleza como bienes.

Referencias literarias

Acosta, A. (2015). El Buen Vivir como alternativa al desarrollo. Algunas reflexiones económicas y no tan económicas. Política y sociedad

Alkezweeny, A.J., Laws, G.L., Jones, W., (1986), "Aircraft and ground measurements of ammonia in Kentucky". Atmospheric Environment 20, 357–360.

Andrade Gómez, L., (2019), "Análisis hidrogeológico y evaluación del cambio climático en el anillo de cenotes a partir de modelos numéricos multi-escalas y técnicas de downscaling climático", tesis de doctorado, Yucatán, Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Asuad Sanen, N. E., (2001). Economía regional y urbana. Introducción a las teorías, técnicas y metodologías básicas, México: Colegio de Puebla A.C.

Bonilla Hernández, N. M., y González Muñoz, O., (2012) "El enfoque de la sustentabilidad en México y los Steakholders como instrumentos de creación de organizaciónes eficientes", Universidad Veracruzana, IIESCA, Ciencias Administrativas. Disponible en: https://www.uv.mx/iiesca/files/2012/11/011sustentabilidad2011-1.pdf

Bote Tun, A., (2021), "Yucatán, entre dos realidades desiguales: abunda el agua, pero no llega a comunidades", *La Jornada*, 22 de Marzo. Disponible en: https://www.lajornadamaya.mx/yucatan/84395/yucatan-entre-dos-realidades-desiguales-abunda-el-agua-pero-no-llega-a-comunidades [Fecha de Consulta: 22/07/23].

Bote Tun, A., (2024), "Jueza confirma otra suspensión concedida a la niñez de Santa María Chí contra granja porcícola en Yucatán", *24 horas El diario sin Límites: Yucatán*, 27 de Mayo. Disponible en: https://24horasyucatan.mx/2024/05/27/jueza-confirma-otra-suspension-concedida-a-la-ninez-de-santa-maria-chi-contra-granja-porcicola-en-yucatan/ [Fecha de Consulta: 01/07/24]

Carambias, J., y Landa, R., (2005), "Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México", México: Colmex.

Caro Caro, C.I. y Sosa Cordero, E., (1997), "La acuicultura en el sureste mexicano", México: Ecosur.

Eleisegui, P., (2023), "Granja porcícola contaminó acuíferos en Yucatán: ONU", *Pie de Página*, 14 de Marzo. Disponible en: https://piedepagina.mx/granja-porcicola-contamino-acuiferos-en-yucatan/ [Fecha de Consulta: 30/07/23]

Escalante, H., (2021), "El impacto de los parques eólicos del Yucatán, un ejemplo a no seguir", *Proceso*, 6 de Octubre. Disponible en: https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2021/10/6/el-impacto-de-los-parques-eolicos-del-yucatan-un-ejemplo-no-seguir-273397.html [Fecha de Consulta: 01/07/24].

Espinoza-Nájera, C., González-Alafita, O., & Vargas-Carballo, R. (2012). La evaluación del impacto ambiental y el desarrollo sustentable. Estudio de caso San Pedro Mixtepec, Juquila, Oaxaca. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 18(1), 87-99. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.11.130

Estadísticas del Agua en México (CONAGUA) (2019). Disponible en: https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM_2019.pdf

Finch, W.A., (1965). The karst landscape of Yucatán. PhD Dissertation. University of Illinois, Urbana, IL.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (FCEA), Agua, (2004). Disponible en: https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-en-yucatan-de-alto-impacto-2/ [Fecha de Consulta: 27/07/23].

Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) (2019). Diagnóstico IMCO: Proyecto del Tren maya. México.

Jaramillo Villanueva, J., (2015), "Determinantes de la demanda del agua en el desarrollo regional: una experiencia nacional y local", tesis de maestría, Tamaulipas, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Jiménez, F., (2011). "Crecimiento económico: enfoques y modelos". Universidad Católica, Perú: Fondo Editorial.

Latouche, S., (2007). "Sobrevivir al desarrollo". Barcelona. Icaria editorial.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 28 de enero de 1988.

ONU, (2023), Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/ [Fecha de Consulta: 12/07/23].

Pérez, D. A., (2024), "Vecinos de Santa Maria Chi en Mérida llevan un año de lucha contra la granja porcícola de 'San Gerardo'", *Por esto,* 14 de Mayo, Disponible en: https://www.poresto.net/yucatan/merida/2024/5/14/vecinos-de-santa-maria-chi-en-merida-llevan-un-ano-de-lucha-contra-la-granja-porcicola-de-san-gerardo.html

Pérez, Gutiérrez A., Dzul, Mukul C.R., Borges, Gómez L. del C., Latournerie-Moreno L., Ruiz-Sánchez E. y Ayora-Ricalde G., (2015). Uso potencial de aguas residuales de criaderos de cerdo en la producción de Capsicum chinense. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 38 (4) 383 -387.

Perry, E. Marin, L., McClain, J., y Velazquez, G., (1995). Ring of cenotes (sinkholes), northwest Yucatan, Mexico: its hydrogeologic characteristics and posible association with the Chicxulub impact cráter. Geology, 23(1), 17-20.

Perry, E., Paytan, A., Pedersen B., y Velazquez-Oliman, G., (2009). Groundwater geochemistry of the Yucatan Peninsula, Mexico: constraints on stratigraphy and hydrogeology. Journal of Hydrology, 367 (1-2): 27-40.

Rifkin, Jeremy., (2011), "La Tercera Revolución Industrial". Santos Mosquera, Albino. España: Paidós, 397p.

Rincón, E., (2023), "Cenotes en Yucatán: insisten en mala calidad del agua; hay riesgo por químicos", *Diario de Yucatán*, 1 de Junio. Disponible en: https://www.yucatan.com.mx/merida/2023/6/1/cenotes-en-yucatan-insisten-en-mala-calidad-del-agua-hay-riesgo-por-quimicos-409144.html [Fecha de Consulta: 30/07/23]

Romo y García, J., (2010), "La sustentabilidad ambiental en México y sus desafíos en materia de información", PRIMER SEMINARIO NACIONAL DE SUSTENTABILIDAD DEL MEDIO AMBIENTE Y EL MARCO JURÍDICO, Acapulco, Guerrero, México.

Salguero Cubides, J., (2006). "Enfoques sobre algunas teorías referentes al desarrollo regional", Conferencia Estatutaria para posesionarse como Miembro de Número de la Sociedad Geográfica de Colombia, Bogotá.

Segura Peñafiel, María José., (2020). Impacto ambiental de la producción porcina y estrategias para su mitigación. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Artículo extraído de: Impacto ambiental de la producción porcina y estrategias para su mitigación (porcicultura.com).

Sánchez Gálvez, D., y Zamora Saenz, I., (2020), "Panorama y perspectivas del agua en México, 2019-2024", Jornada de Aguas, Mares y Océanos, México: Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República.

SEDUMA, (2010), "Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)". Disponible en: https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX2043RIS.pdf [Fecha de Consulta: 14/07/23].

SEMARNAT, (2010), Atlas del Agua. Disponible en: http://gisviewer.semarnat.gob.mx/geointegrador/enlace/atlas2010/atlas_agua.pdf [Fecha de Consulta: 15/07/23].

SEMARNAT, (2018), Diferencias entre Sustentable y Sostenible. Disponible en: https://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sustentable-y-sostenible

SEMARNAT, (2023), "Dictamen diagnóstico ambiental de la actividad porcícola en Yucatán". Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/814999/Dictamen_Diagn_stico_Ambiental_de_la_Actividad_Porc_cola_en_Yucat_n.pdf [Fecha de Consulta: 20/07/23].

Stringfield, V.T. & LeGrand, H.E., (1974), "Karts hydrology of Northern Yucatán Península, México. P. 26-44. In: Field seminar on carbonate rocks of the Yucatán Península, México. New Orleans Geological Society New Orleans, L.A. USA.

Toledo, Víctor M., (2016), *"Ecocidio en México. La batalla final es por la vida",* México, Grijalbo

Valenzuela-Sánchez, I. S., G. Gold-Bouchot, Emanuel Hernández-Núñez, R. C. Barrientos-Medina, E. Garza-Gisholt, and O. Zapata-Pérez. "Brominated Flame Retardants in Sediments of Four Coastal Lagoons of Yucatan, Mexico." Bulletin of environmental contamination and toxicology, 2018, 101(2), 1-6. https://doi.org/10.1007/s00128-018-2347-z.

Vilches, A., Gil Pérez, D., Toscano, J.C. y Macías, O. (2010). <<Tecnociencia para la sostenibilidad>> [artículo en línea]. OEI. ISBN 978-84-7666-213-7. [Fecha de Consulta: 03/07/23].