

LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO KÁRSTICO DE YUCATÁN

ENTREVISTA A YAMELI AGUILAR DUARTE

En el campo de las humanidades y las ciencias sociales, así como en el de la sociedad civil y el ámbito público, son cada vez más comunes los llamados a reconocer el carácter kárstico del acuífero de Yucatán. Así lo han demandado las organizaciones que presentaron la “Iniciativa ciudadana de Ley General de Aguas” que, a diferencia de la Ley de Aguas Nacionales vigente, reconoce en un apartado “las zonas kársticas y cenotes” como particularmente vulnerables a la contaminación. La actualización de la Norma Oficial Mexicana que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación (NOM-001-SEMARNAT-2021) (“Norma Oficial Mexicana” 2022), publicada en el Diario Oficial de la Federación en marzo de 2022, ya reconoce los “ecosistemas cársticos” y “suelos cársticos”, y establece límites permisibles más estrictos para ellos a comparación de los suelos de riego de áreas verdes.

¿Qué es el karst? La palabra es una derivación del yugoslavo *kras*, que quiere decir “roca” o, particularmente, “roca desnuda”. Con este término se dio nombre a la región de la costa adriática yugoslava-italiana. En el ámbito académico, el concepto fue introducido por el geógrafo Jovan Cvijic a finales del siglo XIX, para el análisis del proceso de disolución de rocas (proceso de *karstificación*) (Finch 1965).

¿Por qué es importante incluir el karst en las discusiones de las humanidades y ciencias sociales? Una razón es que, como se señaló arriba, diversas organizaciones y especialistas exigen el reconocimiento del carácter kárstico del territorio yucateco, por lo que resulta útil comprender mejor sus características geográficas y geohidrológicas. Pero también cabe destacar que, en el contexto de los debates sobre el Antropoceno y el Capitaloceno, algunos especialistas han llamado a estudiar los fenómenos geológicos en sus relaciones con los aspectos sociales y culturales. Por ejemplo, el historiador indio Dipesh Chakrabarty ha cuestionado la separación entre la “historia humana” y la “historia natural”, y ha señalado que los seres humanos ejercemos ahora “una fuerza geológica [...] Llamar a los seres humanos agentes geológicos es ampliar nuestra imaginación de lo humano” (2009, 57).

Por su parte, Nigel Clark y Kathryn Yusoff (2017) han propuesto el concepto de “formaciones geosociales”, bajo el argumento de que la agencia social y política (humana) es posible y al mismo tiempo está condicionada por las fuerzas de la Tierra. En su propuesta, Clark y Yusoff nos invitan también a imaginar futuros “geosociales” alternativos.

¿En qué medida las estructuras, instituciones, prácticas y discursos de Yucatán (o de la Península de Yucatán) están imbricadas con la geología del territorio, en su carácter kárstico?, ¿cuáles son las implicaciones de reconocer el territorio kárstico yucateco como particularmente vulnerable a la contaminación para la política pública, los programas y las acciones de gobierno (y de otros agentes sociales)?, ¿podemos pensar no sólo en la vulnerabilidad “intrínseca” del territorio kárstico por su geografía y geohidrología, sino también por las leyes, normas, prácticas, discursos, aspiraciones, esperanzas y temores que lo habitan?

Las preguntas anteriores requieren un diálogo inter y transdisciplinario, no sólo entre las humanidades y ciencias sociales, sino también con las convencionalmente llamadas “ciencias naturales” o “de la vida”. Hay diversas formas de entablar este diálogo. Una de ellas es mediante esta entrevista a la doctora Yameli Aguilar Duarte, una de las grandes especialistas del karst yucateco.

Yameli Aguilar Duarte nació en la ciudad de Mérida, Yucatán y, como se podrá leer en la entrevista, estudió la licenciatura en Biología y la maestría en Ingeniería Ambiental en la Universidad Autónoma de Yucatán. Su doctorado en Geografía Ambiental lo cursó en la Universidad Nacional Autónoma de México. De su investigación de posgrado deriva la propuesta del Índice de Vulnerabilidad del Acuífero Kárstico Yucateco (IVAKY), que obtuvo el primer lugar en la categoría de posgrado en el Premio Nacional Agua Sustentable, Perspectivas Universitarias, 2014 (véase Aguilar Duarte *et al.* 2016). Actualmente es investigadora del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, es socia fundadora y actual presidenta de la Asociación Mexicana de Estudios sobre el Karst y también es activista comprometida con la justicia socio ambiental; como se puede apreciar en sus colaboraciones con el Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán y la Contraloría Ciudadana Autónoma del Agua de Yucatán, y en su labor como perita en diversos procesos de defensa del medio ambiente y de las comunidades mayas.

La entrevista fue realizada por Rodrigo Llanes Salazar, y se presenta una versión editada de la conversación.

Pregunta: ¿Cómo surgió tu interés en estudiar la vulnerabilidad del acuífero kárstico de Yucatán?

Respuesta: A raíz de estudios previos enfocados más en los suelos. Mi formación es de bióloga [en la Universidad Autónoma de Yucatán], y la biología es muy amplia; básicamente, es el estudio de la vida en sus diferentes formas. Siempre como biólogos nos enfocamos en la especie, en el ecosistema. Lamentablemente,

en el tronco común era poca la importancia que se daba al medio biofísico geográfico. Eso lo estudié a partir de las optativas.

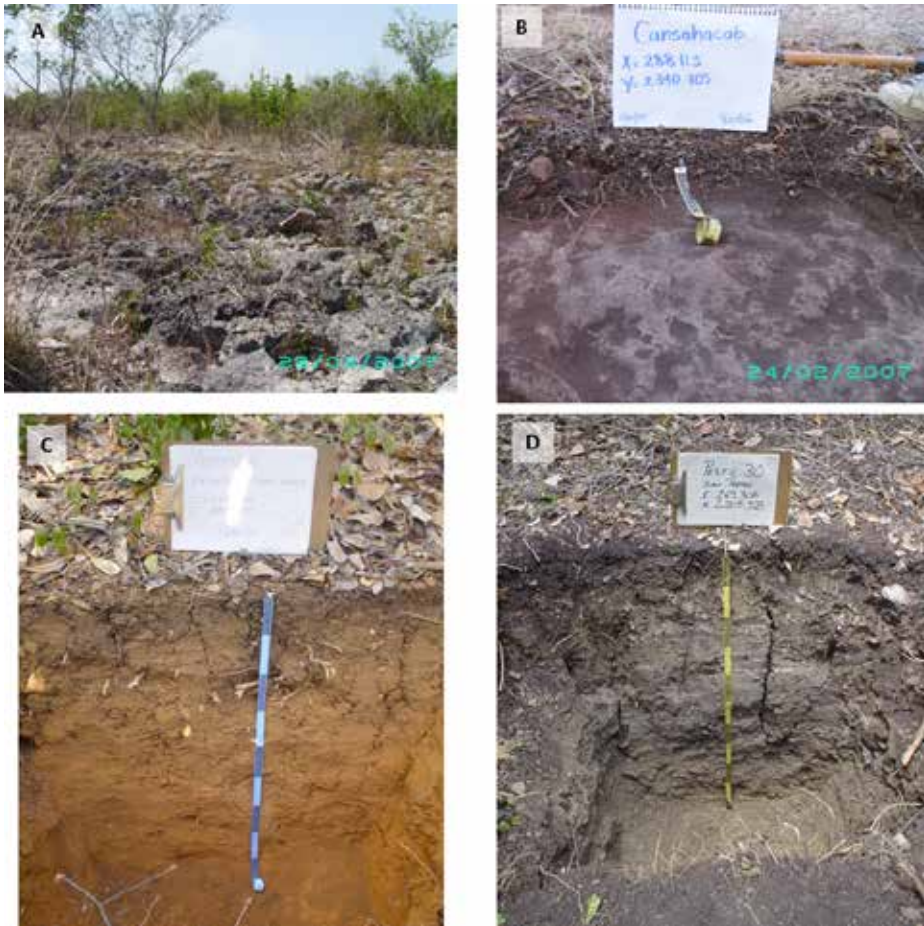
El país no siempre invierte en toda la ciencia, hay ciertas prioridades, y me daba cuenta que existe una problemática para la conservación de especies y que había un problema de contaminación muy grave a nivel mundial. A nivel estado no había mucho ruido al respecto. Me interesaba empezar a abordar esos temas que tienen que ver con educación ambiental, con legislación ambiental, ordenamiento ecológico y economía ambiental. Tomé esas materias optativas para meterme en esos temas más ambientales. Fue en los últimos dos semestres que elegí esas optativas. El tema ambiental es crítico y creo que los biólogos deberían empezar a involucrarse en esos temas.

En un segundo verano científico, contacté a un profesor que tenía proyectos, el doctor Francisco Bautista. Cuando me entrevisté con él, me dijo: “tengo estos dos proyectos: el de base de datos para definir zonas agroecológicas de Yucatán, y el de oportunidades y riesgos de uso de aguas residuales porcinas en suelos de Yucatán”. Me pareció interesante, porque las materias que estaba tomando encajaban bien con esas temáticas. Me fui con el de oportunidades y riesgos de uso de aguas residuales porcinas. Después, el doctor me dijo: “inicias el verano y de preferencia continúas con una tesis; pues hay beca, apoyo para campo y vas a estar acompañada de un equipo”.

Entonces, desde la licenciatura empecé con un trabajo de tesis enfocado en los suelos, fue así que me adentré a estudiar de manera más detallada los de Yucatán: hice trabajo de campo, recorridos y descripción de perfiles para sacar muestras y llevarlas al laboratorio. Fue un proyecto bonito, sí me tardé dos años, pero fue una tesis hecha a profundidad, pues tuvo trabajo de campo, de laboratorio, de invernadero, experimentos y muestreos de aguas residuales de la granja porcícola de la Facultad [de Veterinaria]. Me metí de lleno en todo el proceso para entender cómo respondían los diferentes suelos ante el vertido de aguas residuales porcinas, después de haber pasado por un primer tratamiento primario (separación de sólidos con líquidos), y de ahí, ir evaluando los procesos de retención de materia orgánica, de descomposición, de mineralización, para entender cómo los suelos filtran y cómo la materia orgánica que se queda en los suelos puede transitar hacia carbono y nitrógeno, como parte de los nutrientes que puedan estar disponibles para las plantas.

Mi proyecto de tesis de licenciatura fue uno con el que me comprometí en cuerpo y alma, las veinticuatro horas del día, pues al estar conociendo los suelos me tocaba que, en ciertos experimentos, sobre todo con la fase de filtración, había algunos que no filtraban tan rápido, como los vertisoles, que son muy arcillosos. Yo tenía que estar atenta de cómo iban filtrando, no podía ir a mi casa, me tenía que quedar en el invernadero toda la noche vigilando los experimentos para ver ese comportamiento. Fue una tesis que me dio mucho conocimiento y también empezó mi interés para trazar mi línea de investigación sobre el medio físico geográfico.

Imagen 1. Ejemplos de las características edáficas en Yucatán



Quando estaba terminando conocí a otros colegas: Julia Pacheco, Eduardo Battlori y Roger Orellana. Mi asesor me decía que estudiara una maestría en ingeniería ambiental y que Julia la podía asesorar. No lo pensé dos veces. Concurse, metí un protocolo de tesis, y cuando hablé con Julia, le dije que me gustaría estudiar la vulnerabilidad a la contaminación, utilizando datos propios; pues ya tenía información sobre suelos. Sabía que los trabajos de Pacheco estaban relacionados con la vulnerabilidad, pero utilizando modelos de otras zonas. Mi interés era diseñar algún modelo para Yucatán, con datos más recientes. Ella lo vio con muy buenos ojos y fue mi asesora en la Facultad de Ingeniería [de la UADY]. Ya estando en la Facultad empecé a leer aún más sobre la vulnerabilidad. Este tema no era muy discutido entre los biólogos.

El estudio de la vulnerabilidad a la contaminación de aguas subterráneas surgió en Estados Unidos y la primera propuesta de método fue el DRASTIC,¹ que se hizo para una zona de ese país que no tenía las características kársticas. Pero era lo que se usaba, y los primeros estudios sobre la vulnerabilidad a la contaminación en Yucatán fueron justamente elaborados por la doctora Pacheco; quien trató de aplicar la metodología DRASTIC en el estado. Entonces, surgen polígonos que no reflejan la realidad de lo que tenemos aquí. El DRASTIC tiene un enfoque hidrogeológico y toma variables del suelo y subsuelo. En aquel entonces, la doctora Julia nos platicó que había mucha preocupación porque con el crecimiento de la ciudad, cambiaron las formas de hacer agricultura y de criar animales, pues se pasó de una crianza tradicional en los solares, a la agroindustria. Empezaron a surgir esos cambios y comenzaron a preocuparse por el problema de contaminación de las aguas subterráneas.

En ese entonces (2002-2003), no se hacía mucho ruido sobre las granjas porcinas. No había redes sociales, o no se usaban en Yucatán. Era totalmente diferente. Había estudios científicos, como los de Julia Pacheco, René Drucker y Rosario Pérez Espejo. No existían movimientos de defensa y alerta sobre la contaminación. Había una que otra nota de prensa. Una de 2004 en el *Diario de Yucatán* (en la sección local, publicada el 7 de febrero). “Grave contaminación”. Quien alerta sobre el uso del diclorodifeniltricloroetano (DDT) es Gerardo Gold, investigador del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV).

Cuando empecé a hacer la maestría, comencé a poner en la mesa de discusión cómo han evolucionado los índices de vulnerabilidad. Estos nacieron con un enfoque hidrogeológico. Otras regiones, como Europa, comenzaron a desarrollar sus propios índices, como el EPIK,² que es el primer método que atiende las particularidades del karst, como las cavernas, la geología de alta porosidad, las formaciones superficiales como dolinas y los suelos pocos profundos. Cuando cursaba la maestría ya hablábamos de eso; de la vulnerabilidad entendida como la característica intrínseca de una zona y de cómo esa particularidad expone de manera natural las aguas subterráneas.

La maestría, lamentablemente, sólo son dos años, en los que casi un año y medio es escolarizado, eso no da mucho pie a desarrollar una tesis profunda, pero se empezó a gestar un modelo conceptual. Durante ese posgrado comencé a estudiar cómo los sistemas kársticos son más vulnerables, pero no pude incluirlo en la tesis. Sí hice una estancia, en Quintana Roo, con geógrafos que estaban trabajando la caracterización detallada del relieve kárstico. El maestro (ahora doctor) en Ciencias, Oscar Frausto, me capacitó para que, en papel, con las cartas topográficas INEGI 1 / 50 000 pudiera identificar y clasificar las depresiones kársticas en tres grandes tipos: dolinas, úvalas y poljés. Me explicó la diferencia

¹ Las siglas remiten a: profundidad del agua (D), recarga (R), litología del acuífero (A), naturaleza del suelo (S), pendiente del terreno (T), zona no saturada (I) y permeabilidad del acuífero (C).

² Las siglas remiten a: *epikarst, protection cover, infiltration conditions y karst network*.

de cada geoforma (o forma del relieve) y la teoría básica de la geomorfología. Me dio las 57 cartas de Yucatán para diferenciar las depresiones en cada una de ellas. El trabajo posterior (durante el doctorado) fue llevar toda esa información digital a un sistema de información geográfica, porque el INEGI no tenía entonces disponibles los archivos *shapefile*.

En ese último semestre de mi maestría salió una convocatoria de Fondos Mixtos (FOMIX) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), en donde específicamente la demanda era evaluar la vulnerabilidad de acuíferos. Tanto mis asesores externos como la doctora Pacheco me dijeron: “salió la convocatoria FOMIX y es justo lo que estás haciendo, deberías aplicar”. Como estudiante yo no podía participar, pero colaboré con un profesor para hacer el proyecto. Era 2007. El doctor Bautista me dijo: “esta convocatoria y la demanda sobre estudiar la vulnerabilidad del acuífero es justo lo que estás trabajando. Si te comprometes a continuar con el doctorado, escribimos el proyecto, y el proyecto va a financiar el trabajo del doctorado”. Emocionada dije que sí, pues era algo que ya estaba estudiando y que no me iba a dar tiempo de plasmarlo en la tesis de maestría. Entendí la necesidad de que el karst estuviera en un método propio para Yucatán.

Elaboramos la propuesta para CONACYT y armamos el equipo de trabajo; porque el IVAKY surgió de la tesis de doctorado, pero había un grupo de investigación. Hubo geógrafos, geomorfólogos, gente que se dedica al clima y el doctor Bautista que estudia los suelos. El proyecto se aprobó y contamos con financiamiento para estudiar mayores detalles, incluso de los suelos. Vimos que la planicie baja requería análisis más específicos sobre la profundidad de los diferentes leptosoles. Tenemos suelos delgados, pero hay diferencias entre ellos: algunos de cinco, diez y hasta cincuenta centímetros, pero muy pedregosos. Hay toda una diferenciación que los mayas conocían muy bien, pero en el ámbito de la edafología, como criterio en variables de suelos, no contemplaba, no diferenciaba los leptosoles.

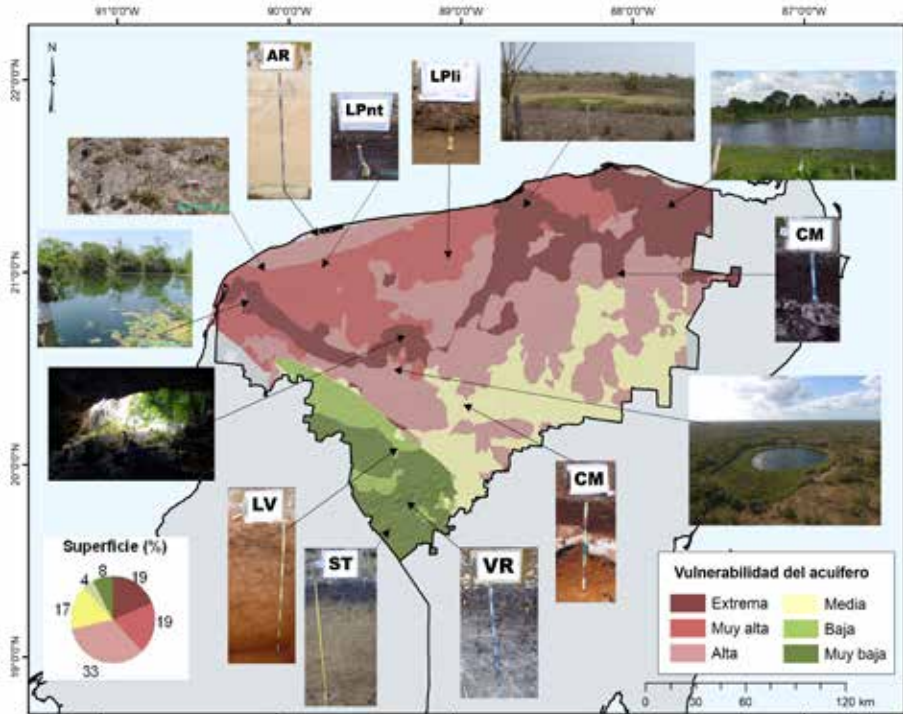
Ese fue un trabajo muy bonito y la información que se generó sirvió para destacar el enfoque de la edafodiversidad en Yucatán; fue una labor que el doctor Bautista afinó, para llevar a la Base Referencial Mundial (WRB, por sus siglas en inglés) al grupo de clasificación mundial de suelos; diciendo que se requiere clasificar el grupo de leptosoles en diferentes tipos, porque en Yucatán tiene estas características. Así se demostró la diversidad de leptosoles. El IVAKY también tiene eso.

Pregunta: ¿En qué consiste el IVAKY?

Respuesta: El IVAKY es un índice, una forma de evaluar los diferentes niveles en los que el agua subterránea es más susceptible a contaminarse debido a sus condiciones físicas, geográficas, de roca, relieves, suelo y de la duración de la lluvia en

meses. Esos son los factores que integran el IVAKY. Surge también de datos recopilados en la misma entidad, evaluados en áreas donde había poca información. Otra vez se hicieron recorridos de campo, perfiles y medición de profundidad de los suelos, para describir con más detalle la geodiversidad que existe en Yucatán.

Imagen 2. IVAKY



Aunado a lo anterior, el diseño del modelo conceptual tiene como argumentos los índices que se han hecho para otros países que también tienen zonas kársticas. En realidad, no es que hayamos descubierto el hilo negro; las metodologías han seguido pasos similares al darle prioridad a espacios que tienen oquedades en el suelo con una recarga directa y que son extremadamente vulnerables; no hay otra forma de clasificarlos. Esta teoría es la que tomamos como base. La diferencia es que tomamos datos de nuestra misma entidad, integrados bajo un enfoque geográfico, más que geohidrológico. Ésa es una diferencia con respecto a otros métodos que se han aplicado en Yucatán: el EPIK está diseñado para zonas más pequeñas, el reto es recopilar información para lo que este indicador pide; como

medir infiltración en campo. Pero Yucatán es una entidad muy grande si se compara con países europeos, entonces es difícil reunir los datos que se requieren para aplicar un modelo como el EPIK.

Al diseñar el IVAKY se pensó que haya una congruencia entre las escalas. ¿A qué escala tengo la geología, el relieve y la información de suelos? Para que no existiera tanta discordancia entre lo que cubre geográficamente a cada variable, se empleó el método de jerarquías analíticas; de esta manera, se tomaron decisiones sobre qué variables son más importantes, y si esas decisiones tienen una congruencia estadística.

El IVAKY tiene un aporte metodológico, por su enfoque geográfico, y un aporte científico, por diferenciar con más apego a la realidad los diferentes niveles de vulnerabilidad de nuestro estado. Cuando comparas los mapas del DRASTIC, con los del EPIK y el IVAKY se ven las diferencias. El DRASTIC sólo diferenciaba tres grandes niveles de vulnerabilidad; el EPIK no consideró el sur, únicamente las planicies; y el IVAKY cubre toda la entidad yucateca, con la diferenciación entre las altitudes, los tipos de depresiones, los tipos de suelo, los tipos de leptosoles y la duración de lluvias. Además, refleja la realidad compleja del territorio yucateco. Aún así, está a una escala que, para términos de planeación a nivel estado, es buena comparada con estudios previos. Pero cuando se requieren hacer proyectos más a detalle, es recomendable que se realice otro nivel de análisis; eso debería ser en todo.

El IVAKY le da prioridad a lo que sucede en la superficie y a lo que podemos controlar en ella. En el IVAKY, la vulnerabilidad extrema está en el semicírculo de cenotes y en algunas áreas del oriente, que denominamos campo de dolinas, porque hay muchas depresiones.

Pregunta: ¿Se ha usado el IVAKY para la planeación de obras y proyectos en Yucatán?

Respuesta: Lamentablemente no. Hemos entregado los estudios a las autoridades, municipales y estatales, y vemos que no ha servido. En su lugar, las autoridades han usado otro tipo de estudios. Neftaly Gijón, quien fue mi compañero en la maestría, también trabajó el tema de vulnerabilidad, pero haciendo una adaptación del DRASTIC y lo llamó DSTI.³ Ese modelo sirvió, en su momento, para el ordenamiento ecológico territorial (POETY) —aún vigente— y se ha utilizado durante mucho tiempo para argumentar la viabilidad de ciertos proyectos. Recuerdo bien el caso de Homún. Hay una foto, en la prensa, del secretario de Medio Ambiente mostrando ese mapa y diciendo que la reserva [geohidrológica Anillo de cenotes] es compatible con la fábrica de cerdos. Pero los pobladores decían: “¿Cómo me vas a decir que aquí puede haber la mega granja porcina si aquí vivimos de los cenotes!”.

³ Las siglas remiten a: profundidad del agua (*depth to water*), tipo de suelo (*soil media*), topografía del área (*topography*) e impacto en la zona vadosa (*impact of vadose zone media*).

Cuando empecé a ver la problemática de Homún, yo decía: “Cómo van a poner una mega industria, yo recorrí el lugar, vi cómo hay muchos cenotes, cómo están los suelos”. No puede ser. Entonces me pregunto: “para qué sirvió el IVAKY, no sirvió para nada”. Al doctor Bautista no le gusta que diga esto, parece que estoy echando mi trabajo a la basura. Pero uno como estudiante, como tesista, cree que lo que uno realiza se hace con el fin de aportar al conocimiento de tu entidad, para que se hagan mejor las cosas, para que se contamine menos, para proteger los ecosistemas y las especies. En mi caso, como bióloga no lo hacía sólo por el agua, sino porque, en teoría, un estudio de vulnerabilidad garantizaría la protección no sólo del agua, sino de los ecosistemas, que albergan especies, de fauna y de flora. Para mí eso era lo principal.

Pero sales de esa burbuja académica y te topas con lo que hay en las instituciones, ahí no importan las investigaciones sino el dinero. Es un choque. Viví en una burbuja académica de la licenciatura al doctorado, pensando que la ciencia resuelve problemas. Cuando te topas con situaciones como Homún, te das cuenta que no. Es frustrante. Por eso me puse en contacto con los abogados de Equipo Indignación, para poner a su disposición información que tenía sobre el karst y sobre los suelos, por si les interesaba. Yo no trabajaba con la gente. Recorría los montes, pero la gente que me acompañaba eran un intérprete y alguien que ayudaba a excavar para abrir las calicatas, los pozos o los huecos en los suelos. No tenía interacción con las personas. Para mí, lo que hacía era entender la geografía física, suelo, relieves y climas; era para lo que me había formado, era lo que yo quería seguir haciendo. Me di cuenta de que no era suficiente y debía hacer algo más.

Cuando compartí mi inquietud con los abogados de Indignación, me contactan y me explican cómo es el proceso de defensa, los amparos y el peritaje. Me decían: “No tenemos recursos”. Para mí, si ya tengo esa información, no me cuesta nada compartirla. Era increíble que eso estuviese sucediendo [la autorización e instalación de la mega granja] cuando hay todas las evidencias. En el caso de Homún iba a iniciar, pero la gente vivía del turismo. Yo misma fui como turista y para recoger evidencia fotográfica. Se me hacía muy grave.

Me di cuenta de que los estudios científicos no se aplican. Ha pasado con el IVAKY y con el ordenamiento del municipio de Mérida de 2006; se hicieron los estudios, escenarios muy realistas y propuestas de modelo de uso muy adecuadas; luego me entero que ese ordenamiento municipal de Mérida no se aprobó. Me enteré por una ingeniera civil interesada en el problema de inundaciones. Muchas veces sí se hacen los estudios para política pública, pero ahí se quedan; no se institucionalizan, no se autorizan, no son vinculantes. Lo mismo para Yucatán: el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Costero del estado ha pasado por modificaciones y alteraciones. Donde no se podía construir ahora se está construyendo; se mueven los polígonos de las áreas naturales protegidas.

Imagen 3. Cueva de Homún



Pregunta: ¿Cuáles son las actualizaciones que han hecho al IVAKY?

Respuesta: Se está tratando de destacar la importancia del detalle. El trabajo de doctorado de Neftaly [Gijón] permitió sobrevolar en dos regiones; una parte de la Reserva Geohidrológica y en el oriente. Son dos lugares con extrema vulnerabilidad y lo que tratábamos de encontrar es la variedad de dolinas [las formas circulares y sub circulares]. Si agregamos tridimensionalidad, profundidad y pendientes, la complejidad aumenta, pues hay diferentes tipos de dolinas o cenotes. Ahí vemos la importancia de hacer levantamiento con drones, o con la tecnología de LIDAR, pues ésta permite obtener archivos o imágenes de más alta resolución, que permiten no sólo la caracterización en tercera dimensión, sino también detectar otras depresiones que no están contabilizadas. Porque lo que se usó en el IVAKY fueron las cartas topográficas a escala 1/50 000; eso te permite mapear ciertas depresiones, pero no quiere decir que no haya otras menores. Con esta tecnología se pueden cartografiar otras más pequeñas, que eso evidencia aún más la extrema vulnerabilidad. Sí nos damos cuenta que hay muchas más depresiones que en el IVAKY no están contempladas, porque son más pequeñas, pero son importantes a considerar para proyectos que tienen una escala más local; son depresiones que están como ocultas que pueden ser captadas con LIDAR o con drones.

Los ecosistemas kársticos requieren este tipo de detalle para caracterizar estas formaciones, que en las fuentes oficiales no están. Hicimos el ejercicio para una parte de la Reserva Geohidrológica y otra para el oriente. Captamos más

de las veinte dolinas que habíamos considerado. Después hicimos otra visita en el poniente, realizamos sobrevuelos y captamos microdolinas; mientras que en el oriente captamos dolinas gigantes, porque llueve más; en el poniente, que es semiárido, llueve menos y hay dolinas más pequeñas.

Así, el IVAKY a escala 1 /50 000 responde a planeación a nivel entidad, pero a escala más local lo ideal sería hacer levantamientos más detallados. En el sur, las aperturas del *xúuch* [oquedades más pequeñas; sumideros naturales], generalmente enterradas que se reactivan después de inundaciones, no son captadas con la escala 1/50 000, pero por su conexión con el subsuelo, toma una fuerza tipo vórtice y absorbe toda el agua alrededor que se va al acuífero. Así, el sur es vulnerable ante estos fenómenos meteorológicos, que cada vez se van a formar con más frecuencia.

REFERENCIAS

- AGUILAR DUARTE, Yameli *et al.* 2016. "Ivaky: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación". *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 15 (3): 913-933.
- CHAKRABARTY, Dipesh. 2009. "Clima e historia: cuatro tesis". *Pasajes. Revista de Pensamiento Contemporáneo*, 31: 51-59.
- CLARK, Nigel y Kathryn Yusoff. 2017. "Geosocial Formations and the Anthropocene". *Theory, Culture & Society* 34 (2-3): 3-23.
- FINCH, William, 1965. *The Karst Landscape of Yucatan*. Washington: National Research Council.
- "Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021". 2022. *Diario Oficial de la Federación*, 11 de marzo. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0.