

Monitoreo participativo de la calidad del agua subterránea para la Península de Yucatán

**INFORME FINAL
OCTUBRE 2022**



En el marco del proyecto PNUD 00121407
Reducción del Impacto económico del COVID-19 y fomento a la
recuperación temprana resiliente en comunidades de México

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN
2. INTRODUCCIÓN
 - 2.1. El acuífero kárstico de la Península de Yucatán
 - 2.2. Producción porcícola en el estado de Yucatán
 - 2.3. Contaminación producida por las granjas de producción industrial de carne de cerdo
 - 2.4. Parámetros de calidad del agua y sus implicaciones para la salud y el medio ambiente
 - 2.4.1. Turbidez
 - 2.4.2. Nitratos/nitritos, nitrógeno total
 - 2.4.3. Fosfatos, fósforo total
 - 2.4.4. pH y temperatura
 - 2.4.5. Coliformes totales y coliformes fecales (E.coli)
 - 2.5. Riesgos para la salud humana
3. MATERIALES Y TÉCNICAS
 - 3.1. Introducción al monitoreo participativo; ciencia ciudadana
 - 3.2. Sitios de muestreo
 - 3.3. Calidad del agua: adaptación del kit Lamotte
 - 3.4. Coliformes totales/ E.coli: kit Aquagenx
 - 3.5. Capacitaciones
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
 - 4.1. Comparación de resultados secas/ lluvias
 - 4.2. Comparación con valores de referencia para el agua de consumo humano
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 - 5.1. Monitoreo comunitario participativo: alcances y limitaciones de los resultados obtenidos
 - 5.2. Reportes de Infecciones Intestinales Agudas en el estado de Yucatán
 - 5.3. Recomendaciones de salud
6. BIBLIOGRAFÍA
7. ANEXOS
 - ANEXO A. Materiales de capacitación
 - ANEXO B. Retroalimentación de comunidades participantes sobre el ejercicio de monitoreo y el póster/infografía que ilustra el ejercicio.

1. JUSTIFICACIÓN

Este documento constituye el reporte del “Monitoreo de contaminación y calidad del agua subterránea para la Península de Yucatán” en el marco del proyecto PNUD 00121407 “Reducción del Impacto económico del COVID-19 y fomento a la recuperación temprana resiliente en comunidades de México”. En él se presenta el marco teórico e información existente sobre la calidad y niveles de contaminación del agua en la zona donde se encuentran las comunidades que co-gestionan este “Muestreo y análisis participativo de calidad del agua” en un esquema de monitoreo participativo y de ciencia ciudadana.

Los habitantes de comunidades del estado de Yucatán participaron en la selección de los sitios de monitoreo y realizaron la toma de muestra y el análisis del agua usando kits portátiles sencillos de calidad del agua con el objetivo de fortalecer la gobernanza y gestión local del agua así como el desarrollo de capacidades locales técnicas. Se incluye en este reporte la información sobre los materiales y técnicas utilizados, los resultados obtenidos en las dos etapas del proyecto: secas y lluvias; el análisis y discusión de los resultados, así como conclusiones y recomendaciones.

El acceso de las comunidades a fuentes adecuadas de agua para limpieza y desinfección sigue siendo una necesidad de higiene básica para la reducción de la transmisión de la enfermedad COVID-19 al final de este segundo año de pandemia y en la recuperación post-pandemia. Adicional al contexto de la pandemia de COVID, la disponibilidad de agua para consumo humano, higiene y agricultura está amenazada y alrededor del 80 % de la población mundial está ya experimentando algún nivel de escasez o de afectación a la calidad por la contaminación de las fuentes de agua disponibles (OMS, 2021).

2. INTRODUCCIÓN

2.1 El acuífero kárstico de la Península de Yucatán

La Península de Yucatán por sus características geomorfológicas tiene un acuífero kárstico, es decir un acuífero poco profundo, con múltiples fisuras, fracturas, cuevas y cenotes que es altamente permeable y por tanto muy vulnerable a la contaminación. Los desechos sólidos urbanos e industriales de la región se depositan frecuentemente en zonas no adecuadas o clandestinas, sin el aislamiento adecuado y desde donde los contaminantes pueden alcanzar el agua subterránea acarreados por las precipitaciones pluviales. Así mismo, las actividades industriales y agropecuarias que pueden ser altamente contaminantes impactan de manera negativa al acuífero mientras que tanto la industria como los asentamientos humanos dependen de ese mismo acuífero para consumo y actividades (COTASMEY, 2012). Se proyecta que para el año 2030, el crecimiento poblacional en la Península alcance los 6 millones de habitantes lo que implica un desafío enorme para la potabilización del agua así como el saneamiento y disposición adecuada de aguas residuales.

En un sistema kárstico los procesos de atenuación de los contaminantes (retención, mineralización, adsorción, etc.), son nulos o poco eficientes y la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero por los desechos generados por las actividades humanas o que se disponen inadecuadamente en la superficie afectan directamente la calidad del agua subterránea. La vulnerabilidad se define como el riesgo de que las aguas subterráneas se contaminen con alguna sustancia en concentraciones por encima de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los acuíferos poco profundos o no confinados pueden estar expuestos a contaminación por las descargas o filtraciones asociadas a las prácticas agropecuarias (por ejemplo, de agentes patógenos, nitratos y plaguicidas), las redes de saneamiento y alcantarillado locales (agentes patógenos y nitratos) y los residuos industriales (OMS, 2006).

En el siguiente mapa (Fig. 1) se presenta la vulnerabilidad intrínseca del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. Como se puede observar, el 71% del acuífero en el estado de Yucatán presenta una vulnerabilidad alta, muy alta y extrema a la contaminación debido a las características especiales del

subsuelo, la escasa elevación sobre el nivel medio del mar y la cantidad y duración de los periodos de lluvias en la región (Aguilar-Duarte et al., 2016).

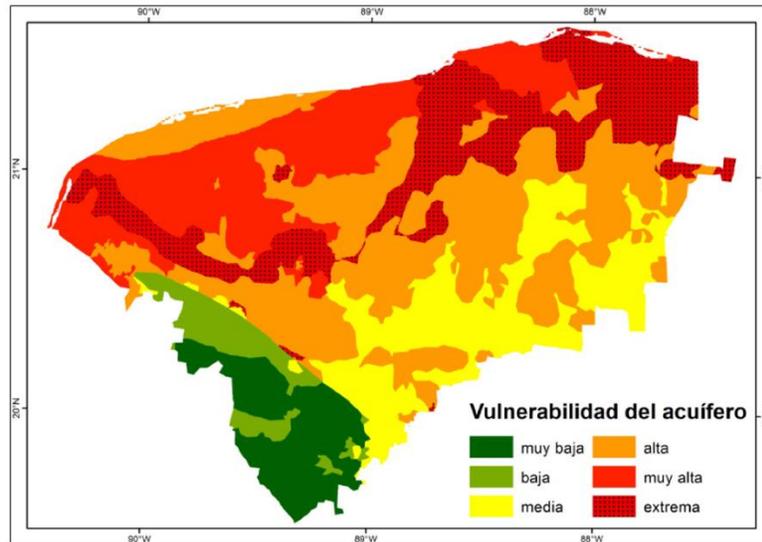


Fig 1. Vulnerabilidad intrínseca del acuífero kárstico yucateco
Fuente: Duarte y col. Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol 15, No.3 (2016)

2.2 Producción porcícola en el estado de Yucatán

En el año 2017, el estado de Yucatán fue el cuarto productor a nivel nacional de carne de cerdo así como el principal exportador de este producto (SEFOE, 2018). A lo largo de los años se ha ido incrementando la preocupación por el impacto ambiental que causa este tipo de producción intensiva debido a la contaminación de aguas subterráneas, la contaminación de suelos aledaños, los malos olores emanados de las granjas así como la invasión de especies nocivas (por ejemplo de moscas) para las poblaciones vecinas. Reportes y estudios elaborados tanto por la academia (Drucker et al., 2003; Méndez-Novelo et al., 2009; Pérez y Pacheco, 2004) como por la sociedad civil (Reporte de Greenpeace) apuntan hacia una situación altamente preocupante de contaminación generalizada donde no se han elaborado las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIAs) para las granjas ya instaladas y no se tiene suficiente información actualizada sobre el tratamiento adecuado de las aguas residuales que producen. En muchos casos tampoco existe información sobre la cantidad de agua utilizada por granja ni si las granjas cumplen con las leyes y normas de descarga de aguas residuales.

En el año 2009, se estimó que en el estado de Yucatán existían 470 granjas porcinas (Méndez Novelo, et al. 2009) con más de 670,000 cerdos que producían casi 3.5 toneladas de excretas diarias con muy alto potencial contaminante. De estas granjas, solo 166 (35%) estaban debidamente registradas ante la autoridad agropecuaria lo que indica claramente una falta de supervisión adecuada de este sector por parte de las autoridades.

2.3 Contaminación producida por las granjas de producción industrial de carne de cerdo

La contaminación más importante causada por las granjas de producción intensiva de carne de cerdo es la contaminación microbiana y la contaminación química por nitratos. La intensificación de la producción porcícola ha convertido un posible recurso (el estiércol) en un pasivo ambiental de muy difícil manejo. Cualquier forma de nitrógeno puede tener un impacto negativo en un cuerpo de agua porque es un nutriente para plantas muy importante (USEPA, 2004; USEPA, 2013) que puede causar la eutrofización de ese cuerpo de agua.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los contaminantes clave producidos por las operaciones agropecuarias intensivas como son las granjas de cerdos en el estado de Yucatán. Se especifica también la vía de entrada al medio ambiente y los posibles impactos de esos contaminantes en la salud humana, salud animal y al ambiente.

Contaminante	Descripción del contaminante	Ruta hacia el medio ambiente	Impactos potenciales
Nitrógeno	Formas orgánicas (urea) y formas inorgánicas (amoníaco y nitrato) presentes en el estiércol pueden ser asimiladas por plantas y algas.	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas a suelo • Lixiviados hacia agua subterránea • Deposición atmosférica como amoníaco 	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofización y proliferación nociva de algas • Toxicidad del amoníaco para la vida acuática • Nitrato ligado a metahemoglobinemia
Fósforo	Cuando el estiércol se descompone, el fósforo se mineraliza a compuestos inorgánicos de fosfato que las plantas pueden asimilar.	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas a suelo • Lixiviados hacia agua subterránea (formas solubles en agua) 	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofización y proliferación nociva de algas
Carga orgánica	Compuestos orgánicos descompuestos por micro-organismos. Crean demanda bioquímica de oxígeno porque la descomposición consume el oxígeno disuelto en el agua.	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas a suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofización y proliferación nociva de algas • Agotamiento del oxígeno disuelto y potencial anoxia • Disminución de la biodiversidad acuática
Sólidos	Incluye estiércol, alimento, lechos y animales muertos	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas a suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidez • Sedimento y fango
Elementos traza	Incluye aditivos en alimentos (arsénico, cobre, selenio, zinc, cadmio) metales traza (molibdeno, níquel, plomo, hierro, manganeso, aluminio) e ingredientes utilizados como plaguicidas (boro)	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas al suelo • Lixiviados a agua subterránea 	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad acuática a concentraciones elevadas
Compuestos volátiles incluyendo gases de efecto invernadero	Incluye dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, sulfito de hidrógeno y gases amoniacales generados durante la descomposición del estiércol	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalación • Deposición atmosférica de amoníaco 	<ul style="list-style-type: none"> • Eutrofización • Efectos en la salud humana • Cambio climático
Patógenos	Incluye un intervalo de organismos causantes de enfermedades como bacterias, virus, protozoarios, hongos, priones y helmintos	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas al suelo • Potencial crecimiento en aguas receptoras 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos en la salud humana y animal
Contaminante	Descripción del contaminante	Ruta hacia el medio ambiente	Impactos potenciales
Antimicrobianos	Incluye antibióticos y vacunas utilizados para el tratamiento y la promoción del crecimiento de los animales	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas al suelo • Lixiviados a agua subterránea • Deposición atmosférica 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita el crecimiento de organismos resistentes a los antibióticos • Efectos desconocidos en la salud humana y animal

Hormonas	Incluye hormonas naturales y sintéticas utilizadas para la promoción del crecimiento animal y el control de los ciclos reproductivos	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas al suelo • Lixiviados a agua subterránea 	<ul style="list-style-type: none"> • Perturbación hormonal en los peces • Efectos desconocidos en la salud humana y animal
Otros contaminantes	Incluye plaguicidas, jabones y desinfectantes	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas al suelo • Lixiviados a agua subterránea 	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos desconocidos a la salud humana y efectos ecológicos • Potencial perturbación hormonal en organismos acuáticos

Tabla 1. Lista de contaminantes clave producidos por la industria agropecuaria intensiva, ruta de entrada al medio ambiente y daños potenciales en la salud y en los ecosistemas.

Fuente: adaptado de USEPA, 2013

En el estado de Yucatán únicamente el 2.7% de las aguas residuales recibe tratamiento y por lo tanto el potencial de contaminación es sumamente elevado para un acuífero particularmente vulnerable. Resulta entonces muy preocupante la falta de visión sustentable y responsable hacia el manejo adecuado del recurso hídrico en la Península tanto por las autoridades locales y federales y actores políticos como por la industria local y los usuarios con actividades agropecuarias. En la Tabla 2 se resumen las principales fuentes de contaminación para el acuífero en el mayor asentamiento humano del estado, la zona metropolitana de la capital, Mérida.

La mejor práctica debe ser proteger el acuífero de la contaminación ya que la recuperación y limpieza de un acuífero contaminado es un proceso muy largo, muy costoso y que resulta, en la práctica, una tarea imposible o simplemente irrealizable (Batllori, 2017).

PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DE MÉRIDA, YUCATÁN	
Fuente de contaminación	Descripción del impacto
Desarrollo urbano	El acelerado crecimiento urbano de las grandes ciudades, que amenaza con invadir los campos de pozos de abasto de agua potable y su posible contaminación por la falta de saneamiento de las aguas residuales municipales. En el mejor de los casos, las viviendas solo cuentan con fosas sépticas. Así también se tienen las aguas del drenaje pluvial que se infiltran al acuífero.
Actividades económicas	Dentro de las principales actividades contaminantes, se tienen las descargas de aguas residuales de la actividad porcícola o pecuaria, así como por las aguas residuales de la nixtamalización para la producción de masa y tortilla, donde se utilizan pipas para trasladar los residuos líquidos sin tratamiento a sitios donde se disponen sin tratamiento adecuado, con alta contaminación orgánica y alta alcalinidad.
Nutrientes o pesticidas agrícolas	Residuos de fertilizantes y pesticidas aplicados en el medio rural amenazan la salud humana.
Fugas de hidrocarburos y mal manejo de residuos de aceites	La falta de medidas apropiadas de seguridad y control en gasolineras y empresas, propicia la ocurrencia de fugas o derrames deliberados con afectaciones al acuífero con efectos irreversibles.
Residuos sólidos	Falta de un manejo adecuado residuos sólidos, donde la disposición se realiza en tiraderos a cielo abierto y en algunos casos, muy próximos a fuentes de suministro de agua potable, utilizando para ello sacaberas abandonadas y las márgenes de los principales caminos de acceso a las poblaciones
Extracción de materiales	Extracción de materiales pétreos para el suministro de la industria de la construcción, es una actividad que propicia la contaminación del acuífero, ya que para ello deben realizarse grandes oquedades que se aproximan bastante o penetran en el manto freático, cuyo abandono posterior hace propicia la entrada de contaminantes,
Falta de protección de fuentes de abasto de Agua	Riesgo de brotes de cólera, debido a que se recurre a los pozos a cielo abierto para el abastecimiento de agua, que casi siempre se ubican en el centro del pueblo y carecen de protección.

Tabla 2. Principales fuentes de contaminación en la Zona Metropolitana de Mérida, Yucatán. Fuente: COTASMEY, 2012

2.4 Parámetros de calidad del agua y sus implicaciones para la salud y el medio ambiente

2.4.1 Turbidez

Hay que realizar la inspección visual de turbidez de manera regular especialmente después de lluvias intensas para detectar si han ocurrido cambios observables en la calidad del agua (por ejemplo cambios en el color, olor, sabor y si el agua está turbia). Entre más elevada sea la turbidez, mayor será la concentración de amibas y parásitos en el agua y altos niveles de turbidez del agua pueden proteger a ciertos microorganismos de la desinfección y estimular el crecimiento de bacterias.

La turbidez se expresa generalmente en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) que describen el grado en que el agua se encuentra turbia y que es causada por partículas en suspensión (barro, lodo y arcilla), precipitados químicos y partículas orgánicas (restos de plantas) y organismos. Puede ser causada por aguas residuales no tratadas que ingresan al acuífero a través de fisuras y grietas. Por debajo de 4 UNT, la turbidez solo se puede detectar con instrumentos, pero por encima de 4 UNT se observa una suspensión de partículas a simple vista. La mayoría de los consumidores asociamos un agua turbia con agua no segura, aunque hay que tomar en cuenta que un agua altamente contaminada puede no estar turbia (OMS, 2006). Un agua muy turbia también puede impactar los ecosistemas acuáticos al afectar la penetración de la luz y por lo tanto la fotosíntesis, respiración y reproducción de los organismos acuáticos.

2.4.2 Nitratos/nitritos, nitrógeno total

El nitrato es un nutriente requerido por todas las plantas y animales para producir proteínas. La descomposición de la materia orgánica en el agua y el acarreo de excremento de animales y asentamientos humanos pueden introducir nitratos al sistema. El exceso de nutrientes en un ecosistema, entre ellos el nitrato, fomenta el crecimiento y descomposición bacterial y disminuye la cantidad de oxígeno disponible en los cuerpos de agua.

El nitrato (NO_3^-) se encuentra de manera natural en el ambiente y es parte del ciclo del nitrógeno. El nitrito (NO_2^-) no se encuentra usualmente presente en concentraciones significativas en el ambiente, porque el nitrato es una forma más estable. El nitrato puede entrar tanto al agua superficial como al acuífero como consecuencia de la actividad agrícola por aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados y de estiércol y por aguas negras provenientes de instalaciones pecuarias o de asentamientos humanos, incluyendo las fosas sépticas. Por lo tanto las aguas negras son la principal fuente de exceso de nitrato en el acuífero, así como la escorrentía de fertilizantes y agroquímicos en aguas provenientes de la actividad agrícola.

La exposición humana a nitratos y nitritos ocurre en general por consumo de vegetales y de carnes y embutidos donde el nitrito se utiliza como conservador. Sin embargo, en el caso de los lactantes alimentados con biberón, el agua puede ser una ruta importante de exposición a nitratos/nitritos (OMS, 2006; ATSDR, 2015). Niveles elevados de metahemoglobina (por encima de 10%) pueden causar cianosis lo que también se conoce como el síndrome del bebé-azul. Aunque esta condición también puede ocurrir en adultos y niños, es más común en lactantes alimentados con biberón por el agua que se utiliza para disolver la fórmula con la que se les alimenta. En estudios clínicos epidemiológicos, el 97% de los casos de metahemoglobinemia asociados con la presencia de nitratos en el agua potable ocurrieron a concentraciones de nitratos en agua superiores a 44.3 mg/l (ATSDR, 2015) y los individuos afectados eran casi exclusivamente bebés menores a 3 meses. El riesgo de desarrollar metahemoglobinemia aumenta por la presencia simultánea de infecciones gastrointestinales.

Aunque hay numerosos estudios epidemiológicos que han investigado la relación entre la exposición a nitratos y/o nitritos en el agua potable y el cáncer, no hay indicios de que exista una asociación causal por esta ruta de exposición. Los nitritos pueden causar la formación de nitroso-compuestos y nitrosaminas en el cuerpo que en algunos casos pueden ser cancerígenas para el ser humano. Sin embargo, no hay evidencia concluyente que indique que la presencia de nitratos/nitritos en el agua de consumo pueda ser causante directa de cáncer en el ser humano (ATSDR, 2015).

El valor de referencia para el nitrato de 50mg/l se basa en la ausencia de efectos en la salud (metahemoglobinemia) en infantes (menores a 6 meses de edad) alimentados con biberón y es protector por lo tanto para otros individuos de la población. La metahemoglobinemia se complica por la presencia de contaminación microbiana y por lo tanto es importante que ese grupo de edad no tenga adicionalmente síntomas de una infección intestinal, como diarrea. Cuando sea posible resulta mejor que los biberones para los infantes se preparen con agua embotellada y se atienda de manera inmediata cualquier síntoma de infección intestinal.

La mejor manera de controlar los niveles de nitratos en el agua subterránea, es prevenir la contaminación, controlando el uso de fertilizantes, teniendo un manejo adecuado del estiércol y adecuadas prácticas sanitarias. Es importante que los pozos no se encuentren cercanos a letrinas o fosas sépticas y que los lixiviados del estiércol producido por instalaciones agropecuarias no alcance el manto freático.

2.4.3 Fosfatos, fósforo total

El fosfato también es un nutriente requerido por plantas y animales para su crecimiento y metabolismo. Sin embargo los niveles altos de este nutriente pueden causar que las plantas crezcan en exceso, que aumente la actividad bacteriana y que disminuya el oxígeno disuelto presente en el agua. Los fosfatos en el agua subterránea provienen de desechos humanos y animales, de la contaminación industrial y de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura así como del uso de detergentes.

2.4.4 pH y temperatura

Los organismos acuáticos están adaptados a un pH específico del agua y si éste varía pueden dejar de reproducirse, desplazarse a otros ambientes o morir. Un pH en un intervalo de entre 6.5 y 8.5 es favorable para garantizar la vida de la mayoría de los organismos acuáticos. El pH puede variar ligeramente en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o de la profundidad y de la actividad vital de los organismos acuáticos.

La temperatura del agua es un indicador importante porque afecta al oxígeno disuelto, la fotosíntesis y la cantidad de alimento disponible. Las aguas que son muy calientes o muy frías pueden afectar severamente a los ecosistemas. Los organismos acuáticos son en general muy sensibles a los cambios de temperatura del agua. Si la temperatura del agua está por largos periodos de tiempo fuera de su límite termal, se puede inducir el llamado 'estrés térmico' y causar la muerte de organismos sensibles. La temperatura también afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua: el agua fría conserva mayor cantidad de oxígeno que el agua caliente, así como otras variables como el proceso de la fotosíntesis y la sensibilidad de los organismos a la contaminación, parásitos y enfermedades.

2.4.5 Coliformes totales y coliformes fecales (E.coli)

La cuantificación de bacterias coliformes se realiza para medir la contaminación del agua por microorganismos provenientes de heces fecales. Las bacterias coliformes fecales se encuentran presentes en el sistema digestivo y no deben estar presentes en el agua potable. Su presencia en el agua es un indicador de que existe contaminación fecal directa o por presencia de aguas negras. El agua potable no debe contener más de 20 colonias de coliformes totales por cada 100 ml de agua (20 NMP/100ml). Las pruebas rápidas detectan normalmente bacterias coliformes totales. Algunas de estas bacterias pueden ser inofensivas pero otras, como la *Escherichia coli*, son peligrosas para la salud humana ya que causan enfermedades intestinales que pueden ser graves, sobretodo en niños.

Las bacterias coliformes están presentes en las aguas negras que contienen heces de animales y humanos. Los coliformes totales se miden generalmente en muestras de 100 ml de agua utilizando métodos sencillos de campo para determinar el Número Más Probable (NMP). La presencia de *E. coli* se considera el indicador más adecuado de contaminación fecal en agua potable.

2.5 Riesgos para la salud humana

Las granjas porcinas de escala industrial pueden representar importantes problemas de salud tanto para las personas que trabajan en estas granjas como para las poblaciones aledañas (Mirabelli, 2006; Shultz, 2019; Hooiveld 2016). Entre las implicaciones de salud pública más comunes están:

- Problemas respiratorios como asma
- Problemas gastrointestinales
- Problemas psicológicos y de baja calidad de vida, divisiones sociales en las comunidades aledañas
- Importante producción de gases de efecto invernadero que tienen implicaciones en el medio ambiente y en la salud humana
- Contaminación por plaguicidas, hormonas y antibióticos utilizados en grandes cantidades en las granjas
- Molestias por ruidos y olores, moscas y otras plagas

Los trabajadores de estas granjas están particularmente expuestos y pueden presentar problemas de salud como: asma, bronquitis crónica, irritación de mucosas, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), alergias, hipersensibilidad pulmonar, eczema y problemas en la piel así como infecciones resistentes a antibióticos. Existe además el peligro de presencia de bacterias y microorganismos resistentes a antibióticos y otros medicamentos en el aire alrededor de las granjas

3. MATERIALES Y TÉCNICAS

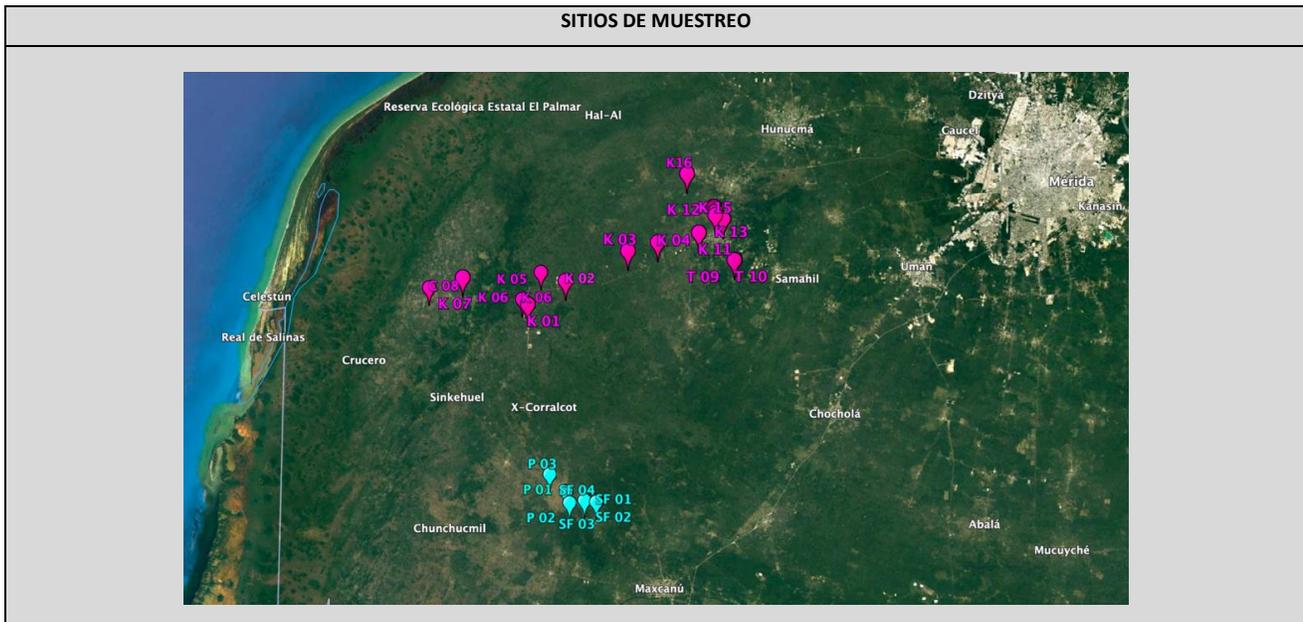
3.1. Introducción al monitoreo participativo; ciencia ciudadana

El monitoreo comunitario participativo del agua es un proceso de ciencia ciudadana en el que se acercan a un grupo de ciudadanos las técnicas adecuadas para entender y proteger un cuerpo de agua, una fuente de abastecimiento de agua o un acuífero así como el medio ambiente que les rodea (Flores-Díaz, 2013). La capacitación sobre las técnicas de análisis de calidad del agua permite la reflexión y aprendizaje sobre el significado ambiental e implicaciones a la salud de los datos que se recolectan durante el monitoreo. Adicionalmente el monitoreo se diseña directamente con base en las preocupaciones de los participantes; en el caso del presente proyecto, la mayor preocupación de los habitantes de las zonas de Kinchil y San

Fernando en Yucatán emana de la presencia y aumento en los últimos años de (mega)granjas porcícolas en la región. El objetivo último de este tipo de ejercicio es el generar conocimiento local para la acción y protección de la salud y el medio ambiente de la comunidad.

3.2 Sitios de muestreo

Mostraron interés en participar en el monitoreo de calidad del agua 11 personas en Kinchil y 6 personas en San Fernando/Paraíso cubriendo entre ellas un total de 23 sitios de muestreo. Los sitios son en su mayoría pozos artesanales utilizados para riego, apicultura o consumo humano y cenotes y fueron propuestos por los participantes. Algunos de ellos se encargaron de muestrear y analizar más de un sitio (2 o 3 sitios) cada uno (ver **Tabla 3**, a continuación).



Num	CÓDIGO	Lugar	Elemento a Monitorear	Actividad	Coordenadas
1	K 01	Che en Huaya ¹	Ojo de agua	Apicultura	20°49'58.80"N 90° 8'13.20"O
2	K 02	Km.17	Pozo artesanal	Apicultura	20°51'18.21"N 90° 5'57.35"O
3	K 03	Chim Boox Km 10	Pozo-cueva	Apicultura	20°55'27.35"N 89°57'4.23"O
4	K 04	Che en Jorge, Km 7	Pozo artesanal	Apicultura	20°53'28.48"N 90° 0'26.21"O
5	K 05	Km.20	Pozo artesanal		20°51'52.92"N 90° 7'26.04"O
6	K 06	Cantukun	Cenote		20°50'22.56"N 90° 8'33.36"O
7	K 07	Makito, Km 23	Cenote	Apicultura	20°51'28.80"N 90°12'7.20"O
8	C 08	Cárcamo de Celestún Km 40	Cenote a 1km.		20°51'1.00"N 90°14'8.00"O
9	T 09	Tamchen, domicilio particular	Pozo artesanal		20°52'28.30"N 89°55'50.90"O
10	T 10	Tamchen, domicilio particular	Pozo artesanal		20°52'29.20"N 89°55'49.30"O

11	K 11	Milpa Cuxu Kinchil a 1 km	Pozo artesanal	Apicultura	20°54'0.38"N 89°57'58.45"O
12	K 12	Domicilio particular	Pozo artesanal	Apicultura	20°55'11.21"N 89°56'58.91"O
13	K 13	Domicilio particular	Pozo artesanal	Apicultura	20°54'59.38"N 89°56'59.65"O
14	K 14	Domicilio particular	Pozo artesanal	Apicultora	20°55'27.35"N 89°57'4.23"O
15	K 15	Domicilio particular	Pozo artesanal	Apicultura	20°54'46.80"N 89°56'31.20"O
16	K 16	Kankabchén	Pozo artesanal	Apicultura	20°57'18.79"N 89°58'41.02"O
17	SF 01	San Fernando, Maxcanú	Pozo		20°39'4.32"N 90° 4'5.49"O
18	SF 02	San Fernando, Maxcanú	Pozo *		20°39'1.14"N 90° 4'6.44"O
19	SF 03	San Fernando, Maxcanú	Pozo *		20°39'6.76"N 90° 4'49.43"O
20	SF 04	San Fernando, Maxcanú	Pozo		20°39'06.5"N 90°04'48.9"W
21	P 01	Paraíso, Maxcanú	Pozo-Apiario		20°39'36.44"N 90° 5'54.79"O
22	P 02	Paraíso, Maxcanú	Pozo		20°38'58.63"N 90° 5'42.44"O
23	P 03	Paraíso, Maxcanú	Pozo-Vivienda		20°40'34.31"N 90° 6'53.83"O

Notas: ¹ Sitio también muestreado por Greenpeace que está ubicado cerca de granja n.6 de Keken. Significado códigos "K"= Kinchil; "T"= Tamchen; "C"= Celestún. * Los pozos que aparecen marcados con asterisco son pozos ubicados en parcelas que están a menos de 150 metros de la mega granja. 3 pozos ubicados dentro de las dos comunidades y los otros tres son puntos cercanos a la mega granja. Significado códigos: "SF"= San Fernando; "P" = Paraíso

Tabla 3. Ubicación, códigos y coordenadas de los sitios de muestreo incluidos en el monitoreo participativo de calidad del agua en las zonas de Kinchil y San Fernando, Yucatán.

3.3 Calidad del agua: adaptación del kit Lamotte

Se adquirieron dos Kits de análisis de calidad del agua de la marca Lamotte (Código 5848) con reactivos para analizar 200 muestras en total (100 muestras cada uno). Sin embargo estos Kits no contenían material (frascos para la toma de muestra, tubos de ensayo, frascos de reacciones, tubos para medir turbidez y termómetros) suficiente para realizar análisis de muestras de manera independiente. Por lo tanto se tuvo que hacer una adaptación del contenido para que cada participante pudiera realizar la toma de muestra y el análisis de forma autónoma (ver Fig. 2).

Se prepararon 12 paquetes con material suficiente cada uno para el muestreo y análisis de un sitio; 3 paquetes para muestreo y análisis de 3 sitios; y 2 paquetes para muestreo y análisis de 2 sitios que se repartieron a los 17 participantes del proyecto durante las capacitaciones.

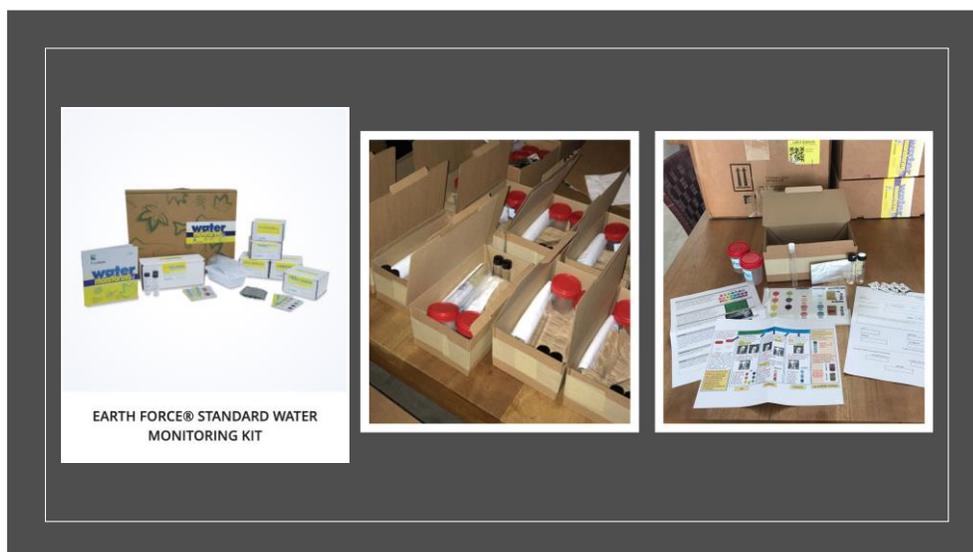


Figura 2. Preparación de “kits” individuales para realizar la toma de muestra y el análisis de calidad del agua a partir del “Earth Force ® Standard Water Monitoring Kit” marca Lamotte.

Estos paquetes individuales fueron preparados antes de cada una de las dos etapas del proyecto y contenían cada uno lo necesario para:

- Toma de muestra (2 frascos de 100 ml)
- Reactivos suficientes para 4 análisis de pH, 4 análisis de nitratos, 4 análisis de fosfatos y 2 análisis de coliformes totales (Lamotte) además del material necesario para el análisis de 2 muestras de Coliformes Totales y E.coli (Aquagenx).
- Material informativo, diagramas de flujo del análisis y hojas de reporte de resultados (ver Anexo A).

Los métodos de análisis en estos kits Lamotte son métodos colorimétricos semicuantitativos que se leen por comparación del color desarrollado en el tubo de reacción con una tarjeta de resultados como se muestra en las fotografías siguientes.



Los participantes se organizaron para realizar el análisis juntos y de esta manera apoyarse los unos a los otros y compartir el material para medir turbidez y temperatura.

Las fechas de toma de muestra y análisis fueron las siguientes (se consultaron las bases del Sistema Meteorológico Nacional de la CONAGUA (<https://smn.conagua.gob.mx/>) para establecer las épocas de secas y lluvias en la zona)

ÉPOCA DE SECAS	ÉPOCA DE LLUVIAS
4 de febrero 2022	1ero de julio 2022
4 de marzo 2022	5 de agosto 2022
1ero de abril 2022	2 de septiembre 2022
6 de mayo 2022	7 de octubre 2022

En algunos casos la toma de muestra y el análisis se hicieron en un día diferente, pero lo más cercano posible a la fecha predeterminada, por la dificultad de acceso a algunos de los sitios de muestreo que se encontraban alejados de las comunidades y, en la época de lluvias, por dificultad de acceso de algunos de los sitios debido a zonas inundadas.



3.4 Coliformes totales/ E.coli: kit Aquagenx

El Kit Aquagenx CBT EC + TC MPN detecta y cuantifica simultáneamente E. coli (EC) y Coliformes totales (TC) en una muestra de 100 ml. Utiliza un medio de crecimiento de polvo patentado con un sustrato de glucosa llamado XGluc. Cuando E. coli metaboliza este sustrato en el medio de crecimiento de Aquagenx, el color del agua se vuelve azul, lo que indica la presencia de E. coli. El medio de crecimiento también contiene un sustrato de galactósido fluorogénico llamado MUGal. Si hay coliformes totales, metabolizan este sustrato fluorogénico y la muestra se vuelve azul fluorescente bajo una luz UV (365 nm). Los resultados de la prueba de Número Más Probable (MPN) se obtienen mediante una coincidencia de color fácil utilizando la Tabla MPN codificada por color de Aquagenx. El grupo total de bacterias coliformes incluye E. coli, que es un coliforme fecal y un coliforme termotolerante. No todos los coliformes son E. coli.

3.5 Capacitaciones

Se realizaron dos capacitaciones (20 y 22 de enero 2022) previas al arranque de la primera etapa del monitoreo. Durante estas capacitaciones se entregaron los paquetes de material y reactivos a cada participante tomando en cuenta que algunos de ellos fueron responsables de muestrear y analizar dos o tres sitios. Cada paquete estaba debidamente identificado y todo el material rotulado. Se dieron instrucciones de cómo tomar las muestras de agua de los pozos o cenotes y se siguió el diagrama de flujo paso a paso para demostrar cómo se hace el análisis de las muestras. Se indicó también cómo determinar la temperatura y la turbidez de las muestras. Se entregó así mismo material informativo sobre los diferentes parámetros a analizar.



Los coliformes totales se analizaron con la prueba de presencia/ausencia contenida en el Kit Lamotte para las dos primeras fechas de cada etapa del monitoreo: 4 de febrero y 4 de marzo para la etapa de secas; 4 de julio y 5 de agosto para la etapa de lluvias, respectivamente. Para las muestras

colectadas en las dos últimas fechas de cada etapa (1ero de abril y 6 de mayo de la etapa de secas y 2 de septiembre y 7 octubre de la etapa de lluvias), se utilizó el método semicuantitativo Aquagenx para el cual se realizaron dos capacitaciones adicionales: el 1ero de abril 2022 en Kinchil y el 6 de abril 2022 en San Fernando. En estas capacitaciones se entregó el material de análisis necesario y se explicó como realizar y leer el resultado de esta prueba.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comparación de resultados secas/lluvias

En las siguientes figuras se presentan de forma gráfica los resultados obtenidos en las dos etapas del proyecto: secas (febrero a mayo 2022) y lluvias (julio a octubre 2022).



Figura 3a

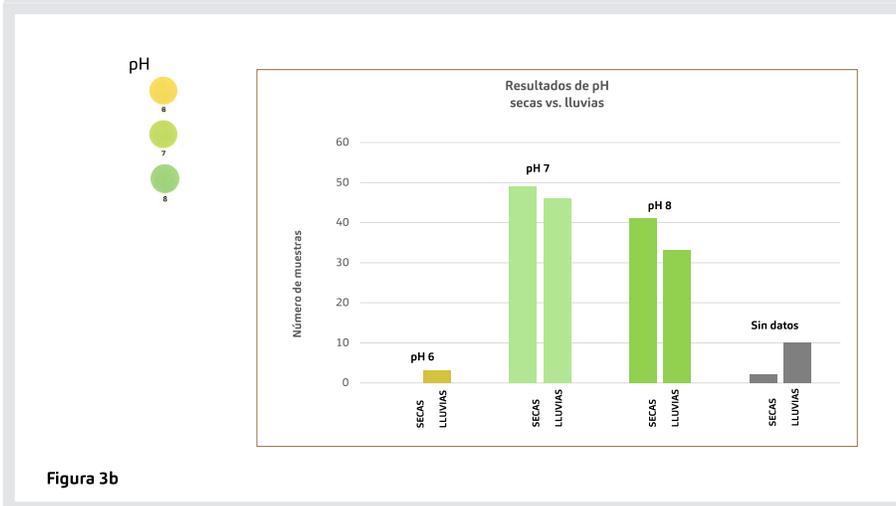


Figura 3b

Figura 3a. Valores de pH obtenidos para los 23 sitios en las dos etapas del monitoreo.

Figura 3b. Comparación de los valores de pH en las épocas de secas y lluvias.

Se encontraron valores esperados de pH de 7 y 8 para todas las muestras de agua excepto en dos sitios (K05 y K16) donde se obtuvo un pH de 6 en dos ocasiones en la época de lluvias (Fig. 3a). Al comparar los resultados obtenidos en secas y en lluvias (Fig. 3b) no se detecta una diferencia importante en los valores de pH: los resultados son esencialmente similares en las dos épocas. Es de notarse que los sitios “Sin datos” son más numerosos en la segunda etapa del monitoreo, la

época de lluvias, debido principalmente a la dificultad de acceso a algunos de los sitios por inundaciones. En estos sitios no se pudo obtener muestra y por lo tanto no se obtuvieron resultados.

Las concentraciones de nitratos encontradas fueron en su mayoría iguales o menores a 20 ppm (**Fig. 4a**) excepto en 3 sitios (T10, K15 y SF01) en secas y 4 sitios (T10, K15, SF03 y SF04) en lluvias donde se obtuvo un valor de 40 ppm. Todos los resultados obtenidos fueron menores al límite recomendado por ATSDR de 50 ppm para agua potable. En el sitio T10 los 3 análisis de nitratos que se realizaron en la época de lluvias dieron todos un resultado de 40 ppm.

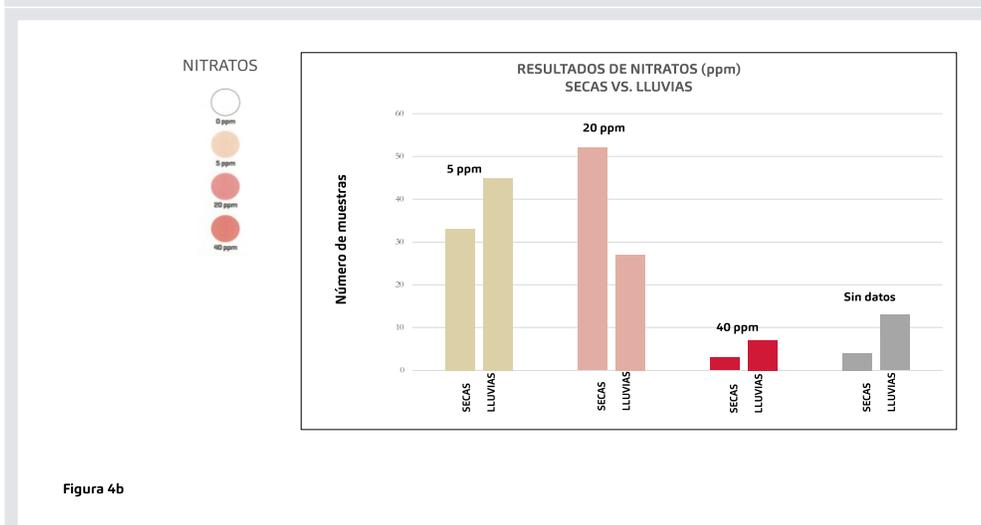
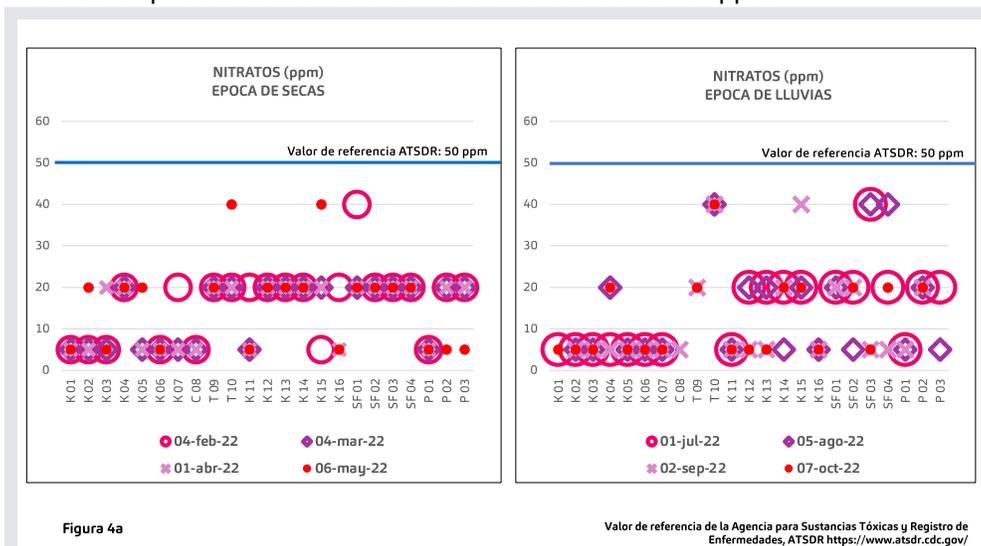


Figura 4a. Nitratos en partes por millón (ppm) para los 23 sitios de muestreo en las dos etapas del monitoreo.

Figura 4b. Comparación de los resultados de nitratos obtenidos en secas y lluvias.

En la **figura 4b** se comparan los resultados de nitratos obtenidos en las 2 etapas del monitoreo. No se observa una tendencia clara de aumento o disminución de las concentraciones de nitratos con respecto a la presencia o ausencia de lluvias. Sin embargo en lluvias se obtuvieron 7 resultados de 40 ppm. Se observa nuevamente el aumento en el número de muestras “Sin datos” para la etapa de lluvias debido a la dificultad de acceso a algunos de los sitios para la toma de muestras.

En la **figura 5a** se muestran los valores obtenidos de fosfatos. Parece haber una tendencia a valores más elevados de fosfatos en la zona de San Fernando/Paraíso con la mayoría de resultados de 2 a 4

ppm para ambas etapas, secas y lluvias. Mientras que para la zona de Kinchil la mayoría de los resultados estuvieron entre 0 y 2 ppm en ambas épocas. Tampoco se observa una diferencia clara entre los resultados de secas y lluvias para las concentraciones de fosfatos (Fig. 5b).

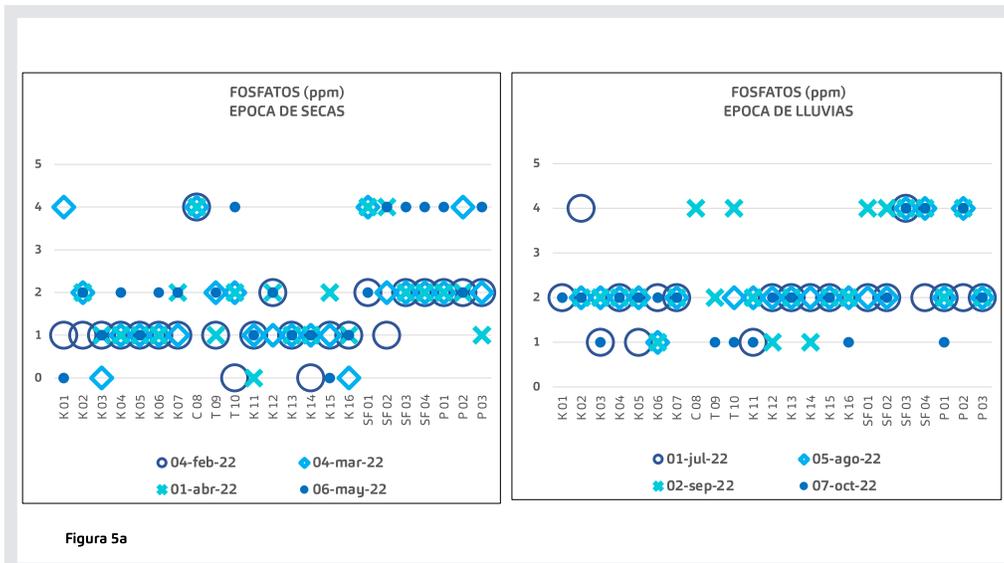


Figura 5a

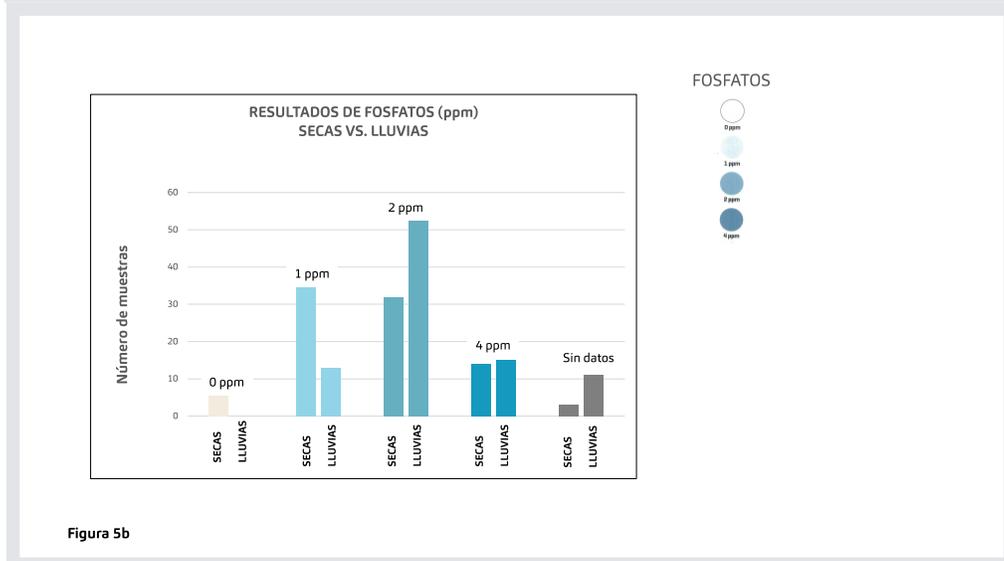


Figura 5b

Figura 5a. Fosfatos en partes por millón (ppm) en los 23 sitios de muestreo en las dos etapas del monitoreo.
 Figura 5b. Comparación de los resultados de fosfatos obtenidos en secas y lluvias.

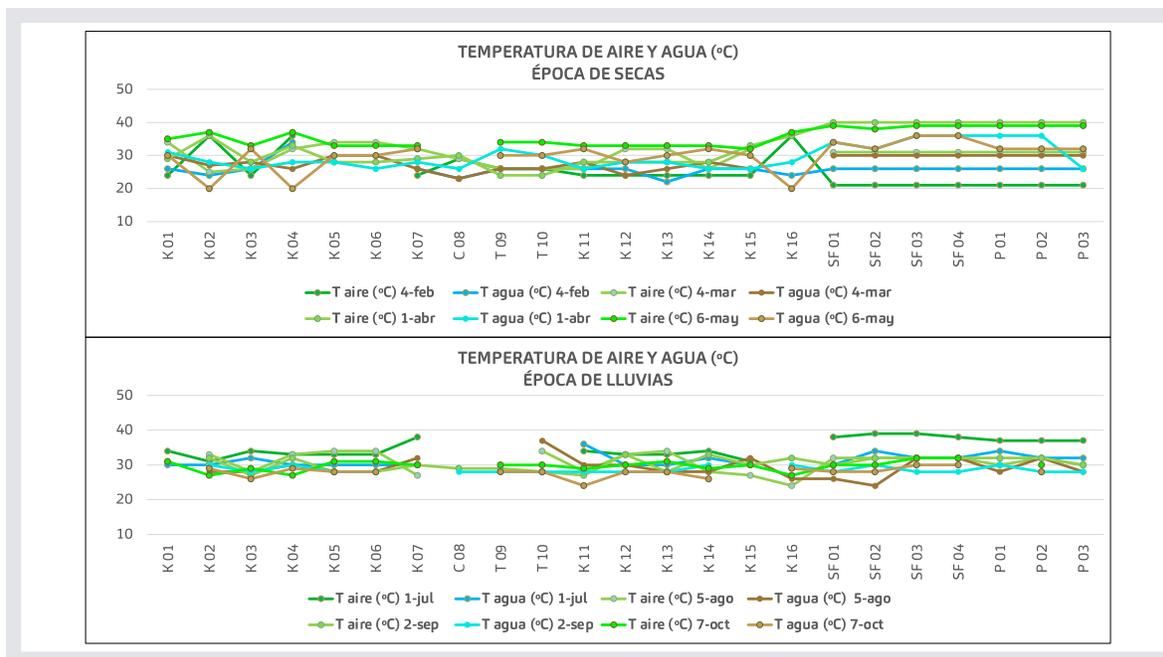


Figura 6. Temperaturas de agua y aire registradas por los participantes durante el monitoreo en los 23 sitios del muestreo.

La temperatura del agua y del aire al momento de la toma de muestra y análisis fue registrada con la tira termosensible incluida en el kit Lamotte o con el celular de los participantes y se muestran en la **Figura 6**. Aunque ninguno de los dos métodos es preciso, se puede apreciar que, en general, las temperaturas reportadas para el aire son superiores a las reportadas para el agua y que la variación entre temperaturas mínima y máxima es mayor en la época de secas que abarca un mes “fresco” como febrero y un mes muy caluroso como el mes de mayo para el estado de Yucatán.

En la **Figura 7a** se observa que la mayoría de las muestras obtenidas de los sitios de muestreo presentan una turbidez igual o inferior a 20 UTJ, algunas muestras un valor de 40 UTJ y sólo un sitio de muestreo, el sitio T10, arrojó un valor de turbidez de 100 UTJ en dos fechas en la época de secas y en una fecha en la época de lluvias. Este sitio, T10, también presentó niveles elevados de nitratos, como se mencionó anteriormente. Los resultados de turbidez son semejantes entre la época de secas y la época de lluvias como se aprecia en la **figura 7b**. En esta figura se observa también un aumento en la cantidad de muestras sin datos en lluvias debido a la dificultad de acceso a algunos sitios de muestreo como mencionado anteriormente.

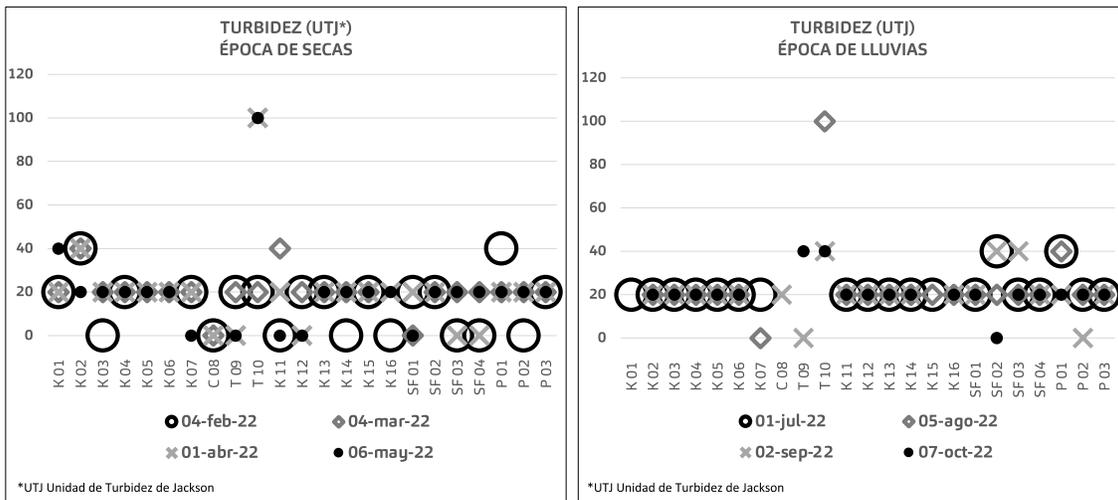


Figura 7a

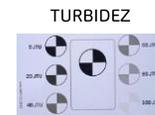
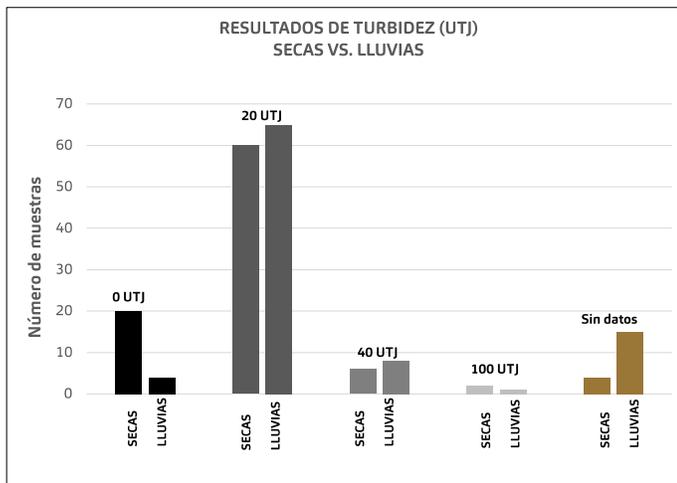


Figura 7b

Figura 7a. Resultados reportados de turbidez (UTJ, Unidades de Turbidez Jackson) para los 23 sitios de muestreo en las dos etapas del monitoreo.

Figura 7b. Comparación de los resultados de turbidez obtenidos en secas y lluvias.

En las **figuras 8a y 8b** se muestran los resultados obtenidos para coliformes en los 23 sitios de muestreo con la prueba cualitativa presencia/ausencia del kit Lamotte (**Fig. 8**) y la prueba semi-cuantitativa para obtener NMP/100 ml de coliformes así como el nivel de riesgo con el kit Aquagen (**Fig. 8b**). Con ambos materiales es de notarse que la mayoría de las muestras analizadas contienen coliformes y que de acuerdo a estos resultados muchas muestras presentan valores de NMP / 100 ml elevados (> 20 NMP/100 ml) con un riesgo alto/inseguro y riesgo intermedio/probablemente inseguro para la salud (resultados en color rojo y naranja oscuro (**Fig. 8b**)) indicando que el agua en

estos puntos no es apta para consumo humano. No se observan diferencias importantes o un patrón específico en los porcentajes de niveles de riesgo entre secas y lluvias (recuadro abajo a la derecha Fig 8b): por ejemplo la proporción de sitios con agua “Insegura” es prácticamente la misma en las dos épocas estudiadas.



Figura 8a. Resultados de presencia/ausencia de coliformes para los 23 sitios de muestreo en las 4 fechas en que se utilizó el material del Kit Lamotte.



Figura 8b. Resultados de coliformes Número Más Probable en 100 ml de agua (NMP/100 ml) en los 23 sitios de muestreo para las 4 fechas en las que se utilizó el Kit Aquagenx. Categorías de riesgo para la salud de la Organización Mundial de la Salud basados en los valores de NMP/100ml y los niveles de confianza (ver Tarjeta de resultados Aquagenx ANEXO A)

Por último, en la **Figura 9** se indican los 23 sitios de muestreo del monitoreo de agua y la ubicación de las granjas porcícolas de la zona que se pueden identificar con la herramienta “Google Earth Pro”. Esta imagen da una idea (no exhaustiva) de la distribución y de la cantidad de naves de producción industrial de carne en la región poniente del estado de Yucatán.

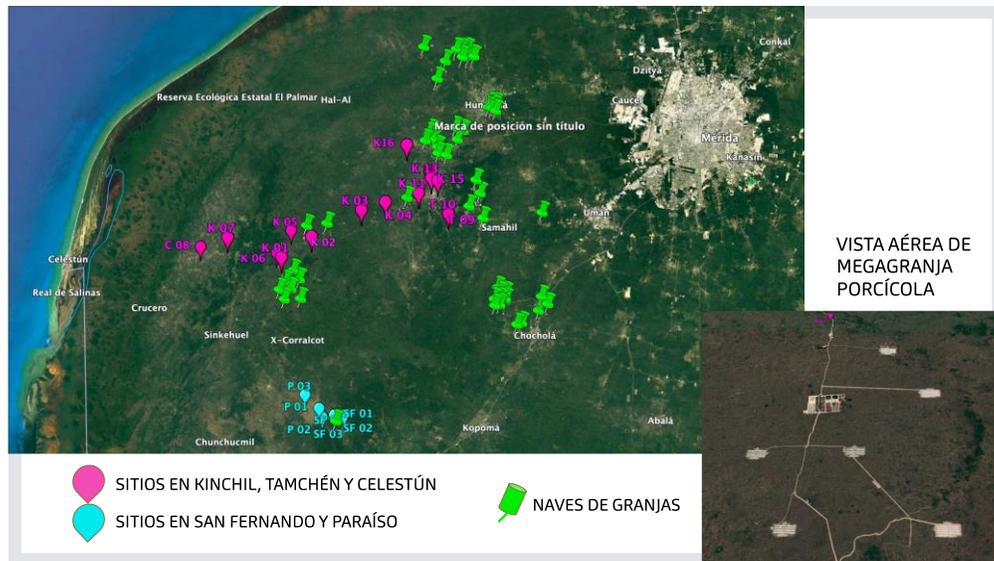
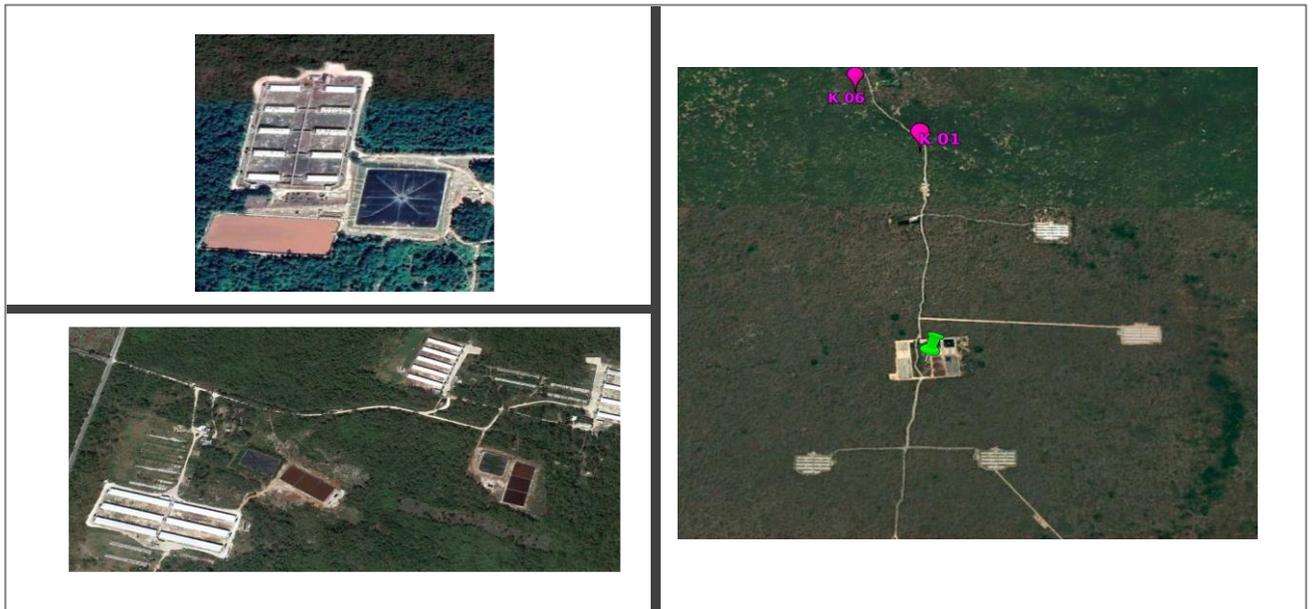


Figura 9. Ubicación de los sitios de muestreo y de granjas detectadas por imágenes de Google Earth Pro en la zona poniente del estado de Yucatán.



4.2 Comparación con valores de referencia para el agua de consumo humano

Un valor de referencia es la concentración de un contaminante o compuesto que se considera que no ocasiona un riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos, como el nitrato, se establecen de manera a que protejan a subgrupos de población vulnerables. Por ejemplo, en el caso del nitrato el valor de referencia se establece para un subgrupo de población específico y vulnerable (lactantes alimentados con biberón) de modo que el valor de referencia debe ser suficiente para proteger a los niños de mayor edad y a los adultos (OMS, 2006). En la **Tabla 4.** se presentan los valores de referencia de las variables analizadas en este monitoreo participativo.

	Guías para la calidad del agua potable OMS		NOM-127-SSA1-1994	NOM-001-SEMARNAT-1996	Guías canadienses para agua potable (Concentración Máxima Aceptable)
Temperatura				40 °C***	< 15°C (objetivo estético)
pH	No de preocupación para la salud a niveles encontrados en agua potable		6.5-8.5		7-10.5
Nitrato (NO₃)*	50 mg/l	50 ppm	10 mg/l		45 mg/l
Nitrito (NO₂)	3 mg/l	3 ppm	0.05 mg/l		3 mg/l
Nitrógeno total				25 mg/l protección de vida acuática y uso público urbano	
Fósforo total				10 mg/l protección de vida acuática y uso público urbano	
Turbidez	Turbidez debe mantenerse debajo de 1 UNT** para una desinfección efectiva		5 UNT		=< 1 UNT
Coliformes totales			2 NMP/100ml 2 UFC/100 ml		0 NMP/100 ml 0 UFC/100 ml
E.coli (coliformes termotolerantes)	No deben detectarse en ninguna muestra de 100 ml		No detectable NMP/100 ml 0 UFC/100 ml		0 NMP/100 ml 0 UFC/100 ml
<p>FUENTES Health Canada (2013). Guidelines for Canadian Drinking Water Quality. ATSDR Tox Profile for Nitrate. WHO (2016). Nitrate and nitrite in drinking-water. Turbidity: information for regulators and operators of water supplies Published in 2017 by the World Health Organization. NOM-127-SSA1-1994 y NOM-001-SEMARNAT-1996</p> <p>NOTAS *basado en efectos a corto plazo pero protector para efectos a largo plazo ; ** Unidad Nefelométrica de Turbidez. 40 UNT es equivalente a 40 UTJ (Unidad de Turbidez de Jackson). ***usos público urbano, protección de vida acuática, riego agrícola, recreación, explotación pesquera, estuarios</p> <p>NMP: número más probable UFC: unidades formadoras de colonias</p>					

Tabla 4. Valores de referencia para variables de calidad del agua.

Se observa por comparación con la **Tabla 4** que:

- Los valores de pH obtenidos en el monitoreo corresponden a valores normales de pH para el agua.
- Las concentraciones de nitratos obtenidas con el método semicuantitativo por comparación de color se encuentran todas por debajo del límite recomendado de 50 ppm

para agua potable (ATSDR). En el sitio T10 se encontró una concentración de 40 ppm en cuatro muestras con un desarrollo de color muy rápido. Este es un pozo de uso doméstico que se encuentra muy cercano a un baño en el patio de una vivienda y que posiblemente está contaminando con heces fecales el agua del pozo. Este pozo también presentó en 3 muestras alta turbidez (100 UTJ).

- Las concentraciones de fosfatos obtenidos no rebasan tampoco el límite de 10 ppm de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para agua de uso público.
- La turbidez en la mayoría de las muestras analizadas parece ser más elevada (>20 UTJ) de lo deseable para el agua apta para consumo humano de acuerdo a los valores deseables (OMS, NOM-127-SSA1-1994 y guía canadiense de agua potable). Pero la lectura de la turbidez en el kit Lamotte puede ser difícil y subjetiva.
- Finalmente la presencia y NMP/100 ml de coliformes en la mayoría de las muestras obtenidas indican contaminación fecal en los pozos y cenotes de la zona de estudio. Esta contaminación con heces fecales se encontró además de manera consistente a lo largo de los 8 meses que duró el ejercicio de monitoreo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Monitoreo participativo: alcances y limitaciones de los resultados obtenidos

Cuando se realiza un monitoreo comunitario participativo de calidad del agua se promueven la capacitación y la reflexión, la educación ambiental, la protección y la gestión del recurso. La participación implica un compromiso a largo plazo con el ejercicio y una curva de aprendizaje que permite alcanzar el objetivo de ir construyendo capacidades para el conocimiento y la autogestión comunitaria (Flores-Díaz, 2014). El monitoreo comunitario puede constituir una herramienta de alerta temprana para problemas de contaminación ambiental. En el caso del presente ejercicio de monitoreo se encienden las alertas en cuanto a una probable contaminación fecal generalizada del acuífero en la zona. Además, al haber realizado un monitoreo a lo largo de 8 meses del año, los resultados obtenidos son mucho más representativos que si se hubiera analizado una sola muestra aislada en cada uno de los sitios de muestreo.

5.2. Reportes de Infecciones Intestinales Agudas en el Estado de Yucatán

Una de las consecuencias probables más inmediatas de la detección de coliformes fecales en el agua de los 23 sitios incluidos en este monitoreo participativo podría ser el aumento de Enfermedades Infecciosas Intestinales (EIs) ya que muchas comunidades siguen utilizando el agua de pozo para cocinar y beber. Si se revisan los Boletines Epidemiológicos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE, Secretaría de Salud) para el estado de Yucatán se puede constatar un aumento en los casos por 100,000 habitantes en el estado entre los años 2010 y 2019 (**Figura 10**). Interesante también notar el efecto que probablemente tuvo la pandemia de COVID-19 en el acceso a los centros de salud y en el reporte de EIs.

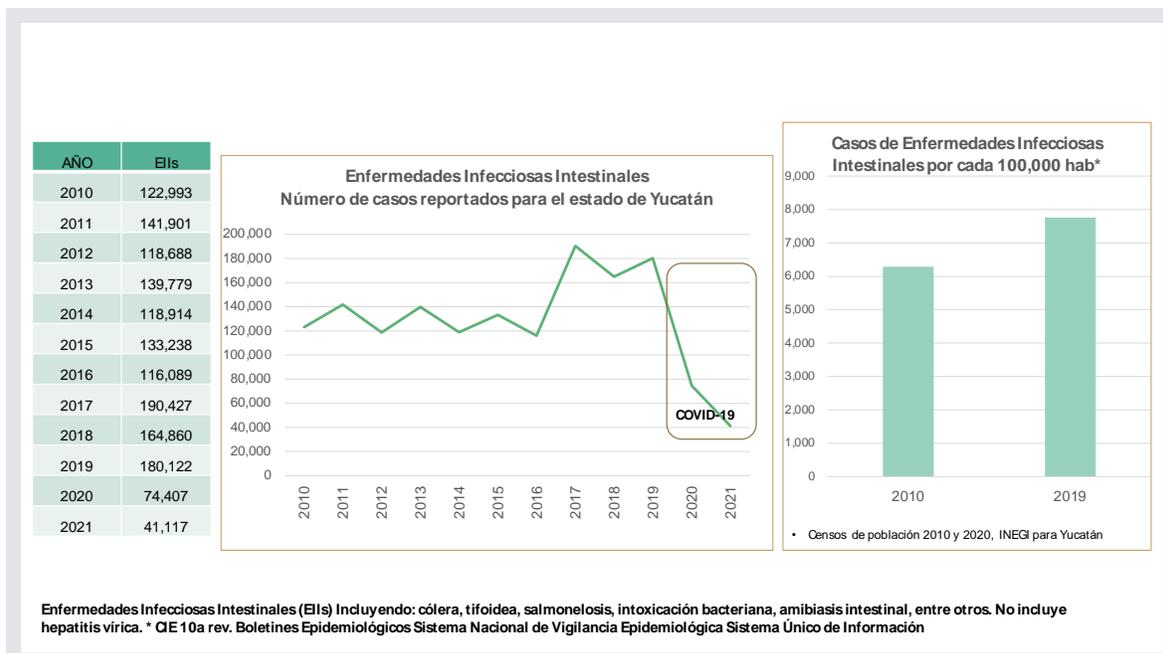


Figura 10. Número de casos de EIs en el estado de Yucatán por año y número de casos por cada 100,000 habitantes.

5.3. Recomendaciones de salud

La principal recomendación de salud emanada de este ejercicio de monitoreo es: NO CONSUMIR el agua de pozos de la región sin antes desinfectarla. La presencia de coliformes en el agua indica contaminación por materia fecal muy probablemente de origen animal por la presencia de las granjas porcinas cercanas a estas comunidades.

Se distribuyó material de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para desinfección de agua con cloro comercial a los participantes de manera a que ellos también pudieran compartir esta información con el resto de la comunidad.

Ver video en PAHO TV:

<https://www.youtube.com/watch?v=xndnO2UO6lc&list=PL6hS8Moik7ktgFrWNWE8dwHWWDDQD1MPXH&index=7>

**POR EL MOMENTO, LA INDICACIÓN MÁS IMPORTANTE EN CUESTIÓN DE SALUD ES:
NO TOMAR AGUA DIRECTAMENTE DE LOS POZOS**

SI SE TIENE QUE USAR EL AGUA DE LOS POZOS HAY QUE

DESINFECTARLA

PARA QUE SEA POTABLE

NOTA:
50 galones equivalen a 190 litros
Por tanto, aproximadamente:
en **100 litros** de agua se agrega
1 taparroscas de cloro comercial

Para desinfectar el agua siga las siguientes indicaciones:
Lave bien el recipiente
1 gota de cloro por cada litro de agua
20 litros de agua, agregue 20 de gotas de cloro o dos pastillas de cloro

50 galones de agua, agregue
2 taparroscas de cloro

Espere 30 minutos para consumir el agua clorada

OPS

Organización Panamericana de Salud



AGRADECIMIENTOS
A todos los participantes por su tenacidad y buen humor
A los promotores por su seguimiento y apoyo

6. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Duarte, Y. Bautista F., Mendoza M.E., Frausto O., Ihl T., Delgado C. IVAKY: Índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol. 15, No.3 (2016) 913-933.

ATSDR, 2015. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxFAQs/ToxFAQsLanding.aspx> Nitrate/nitrite ToxFAQs. CAS#14797-55-8 (nitrate), CAS# 14797-65-0 (nitrite) and Public Health Statement for nitrate/nitrite.

Batlloiri, 2016. Capítulo 7. Condiciones actuales del agua subterránea en la Península de Yucatán. Libro: El manejo del agua a través del tiempo en la Península de Yucatán.

COTASMEY, 2012. Comité técnico de aguas subterráneas para la zona metropolitana de Mérida. Consejo de cuenca península de Yucatán. Grupo de trabajo especializado en saneamiento de Yucatán.

Drucker A.G., Escalante R., Gómez V., Magaña S. La industria porcina en Yucatán: un análisis de la generación de aguas residuales. Problemas del desarrollo. Revista latinoamericana de economía. Vol 34, núm 135, X-XII/2003

Flores-díaz Adriana C., Ramos-escobedo Miriam G., Ruiz-córdova Sergio S., Manson Robert, Aranda Eduardo, Deutsch William G.. Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de Global Water Watch - México. <https://www.researchgate.net/publication/268803861>

Greenpeace. La carne que está consumiendo al planeta. Reporte. ¿Qué hay detrás de la industria porcícola en la península de Yucatán? https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/05/188dc911-reporte_granjas_webok3.pdf

Hooiveld M., Smit L. A. M., van der Sman-de Beer F., Wouters I.M. , van Dijk C. E., Spreeuwenberg P., Heederik D. J. J. and Yzermans C. J. Doctor-diagnosed health problems in a region with a high density of concentrated animal feeding operations: a cross-sectional study. Environmental Health (2016) 15:24 DOI 10.1186/s12940-016-0123-2

Méndez Novelo R., Castillo Borges E., Vázquez Borges E., Briceño Pérez O., Coronado Peraza V., Pat Canul R. Y Gariido Vivas P. Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. Ingeniería 13-2 (2009) 13-21.

Mirabelli M.C., Wing S., Marshall S.W. and Wilcosky T. Race, Poverty, and Potential Exposure of Middle-School Students to Air Emissions from Confined Swine Feeding Operations. Environmental Health Perspectives VOLUME 114 | NUMBER 4 | April 2006

Organización Mundial de la Salud, 2006. Guías para la calidad del agua potable (recurso electrónico). Primer apéndice a la tercera edición. Volumen 1. Recomendaciones. ISBN 92 4 154696 4

Organización Mundial de la Salud. Consultado noviembre 2021 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Pérez Ceballos R. y Pacheco Ávila J. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. Ingeniería 8-1 (2004) 33-42

SEFOE, 2018. Secretaría de Fomento Económico. Análisis de sustentabilidad de futuras inversiones agropecuarias en el estado de Yucatán.

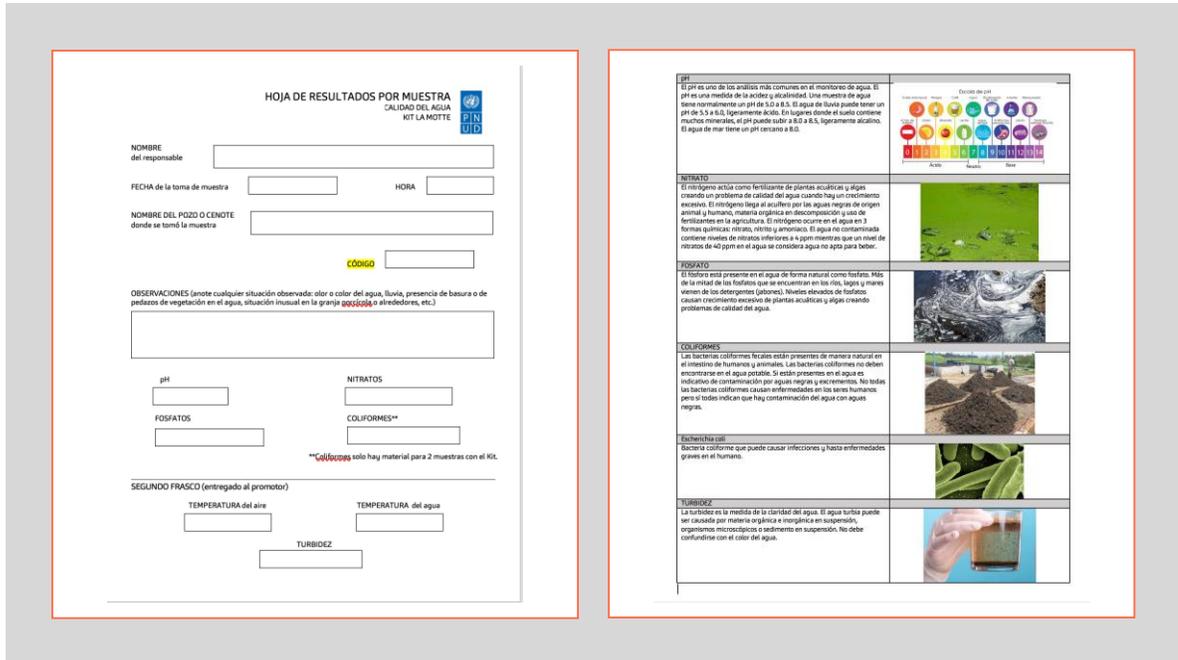
Schultz Amy A., Peppard Paul, Gangnon Ron E., Malecki Kristen M.C.. Residential proximity to concentrated animal feeding operations and allergic and respiratory disease Environment International 130 (2019) 104911 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104911>

United States Environmental Protection Agency. Literature review of contaminants in livestock and poultry manure and implications for water quality. July 2013.

United States Environmental Protection Agency. Risk management evaluation for concentrated animal feeding operations. National risk management research laboratory. May 2004.

ANEXO A

Materiales de capacitación



Ejemplo de hoja de reporte de resultados e información sobre los parámetros a analizar.

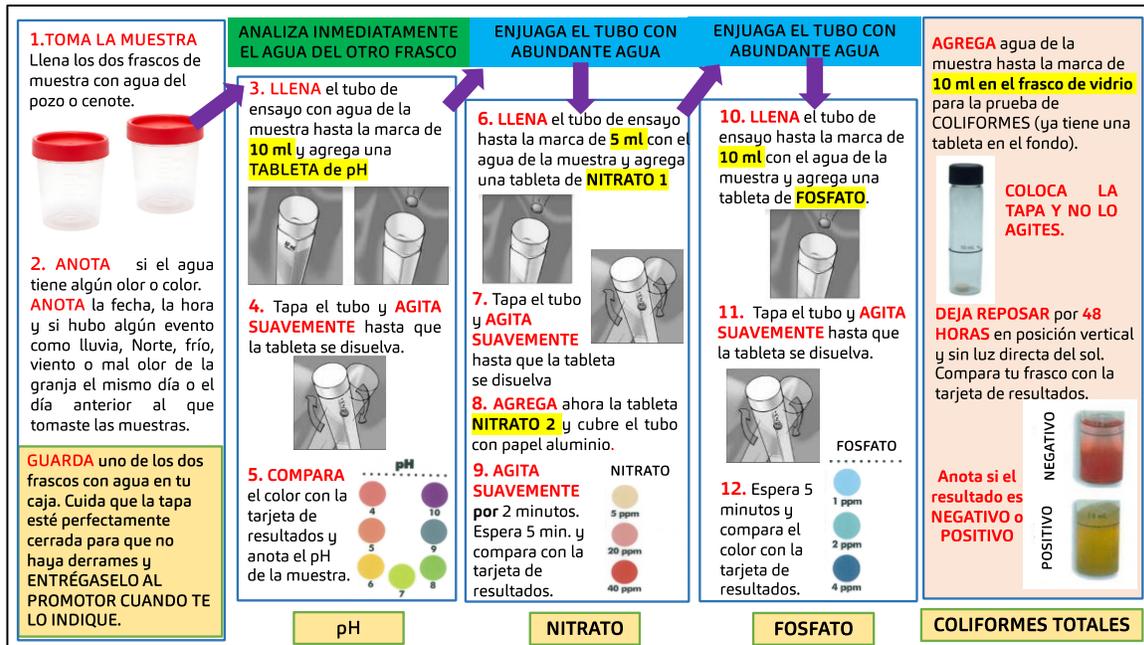


Diagrama de flujo análisis con el kit Lamotte.

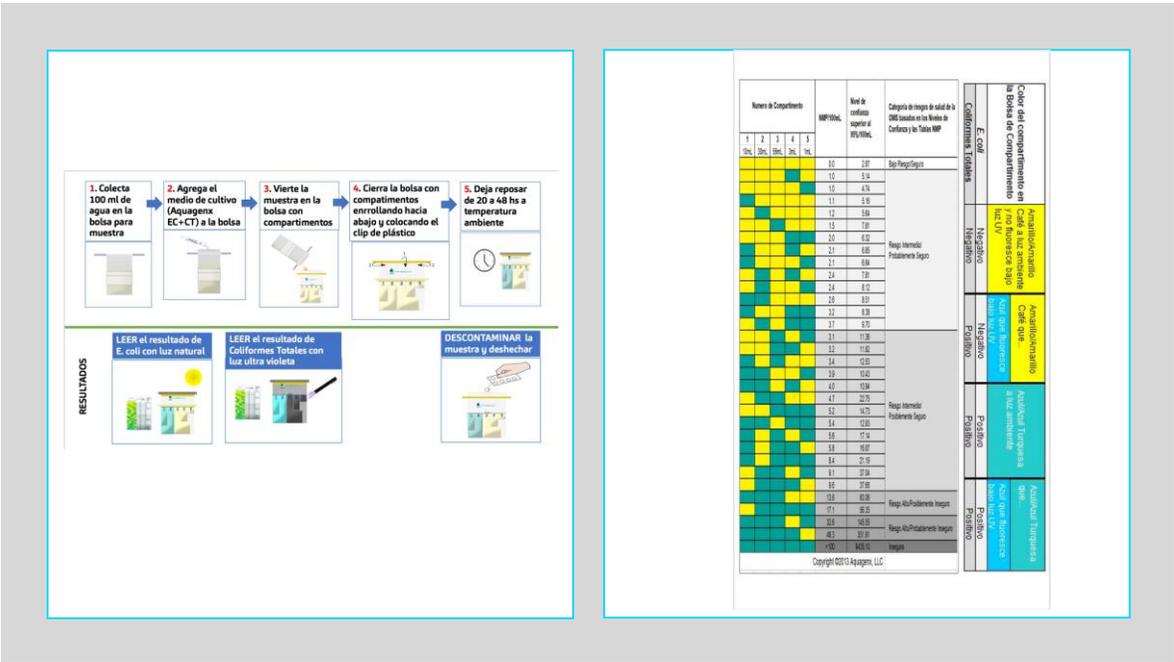


Diagrama de flujo y tarjeta para interpretación de resultados kit Aquagenx

HOJA DE RESULTADOS POR MUESTRA
CALIDAD DEL AGUA
KIT LA MOTTE y AQUAGENX

NOMBRE del responsable

FECHA de la toma de muestra HORA CÓDIGO

OBSERVACIONES (anote cualquier situación observada: olor o color del agua, lluvia, presencia de basura o de pedazos de vegetación en el agua, situación inusual en la granja porcícola o alrededores, etc.)

pH FOSFATOS NITRATOS

TEMPERATURA del aire TEMPERATURA del agua TURBIDEZ

SEGUNDO FRASCO DE MUESTRA (CUIDAR QUE SEAN 100 ML DE AGUA COMPLETOS).
Marcar con una cruz los que correspondan:

A las 24 horas	1 10 ml	2 30 ml	3 56 ml	4 3 ml	5 1 ml
SIN luz ultravioleta	AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO
	AZUL-VERDE	AZUL-VERDE	AZUL-VERDE	AZUL-VERDE	AZUL-VERDE
Fluoresce AZUL CON luz ultravioleta?	SI	SI	SI	SI	SI
	NO	NO	NO	NO	NO

COMPARAR CON LA TARJETA DE RESULTADO

NÚMERO MÁS PROBABLE NMP/100 ml

CATEGORÍA DE RIESGO SALUD OMS

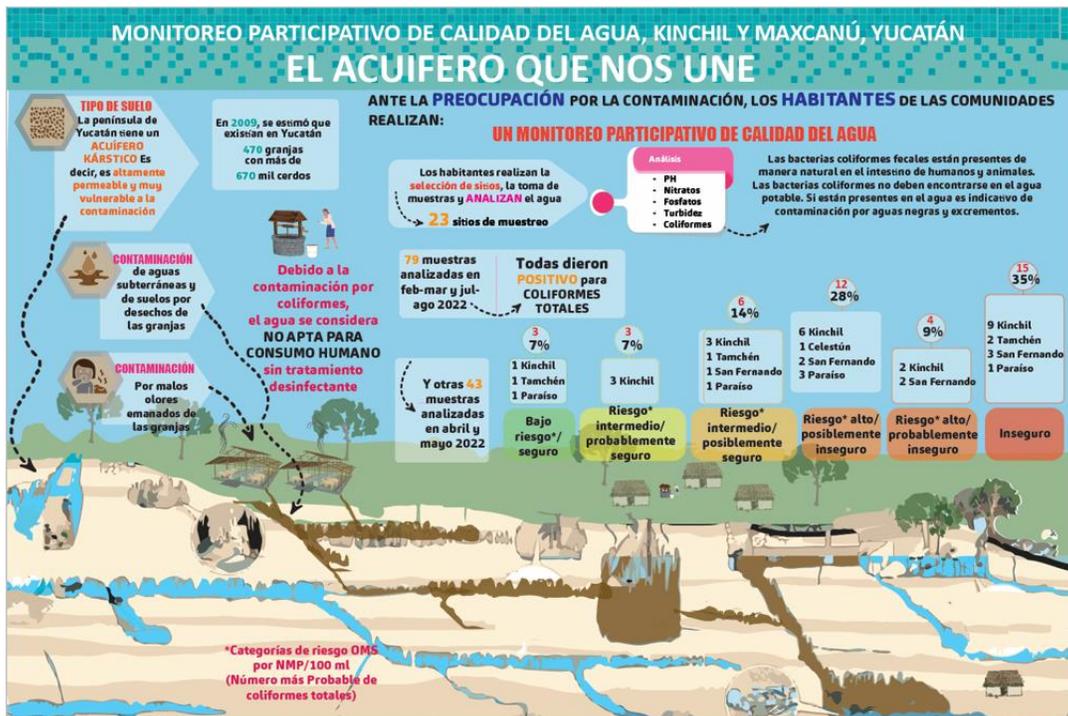
Ejemplo de hoja de reporte de resultados

ANEXO B

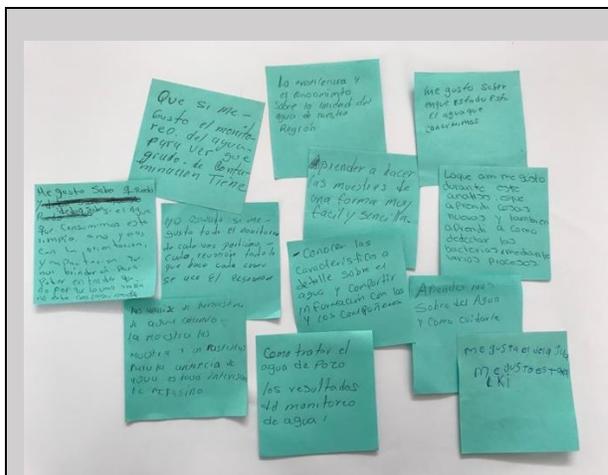
Retroalimentación proporcionada por las comunidades participantes sobre el ejercicio de monitoreo y el póster/infografía que ilustra el ejercicio.

Se pidió retroalimentación a los participantes sobre el monitoreo de calidad del agua y el póster “Monitoreo participativo de calidad del agua: EL ACÚIFERO QUE NOS UNE” en las comunidades de Kinchil y San Fernando, 7 de octubre 2022. Se presentan aquí los comentarios recolectados.

COMENTARIOS A PÓSTER

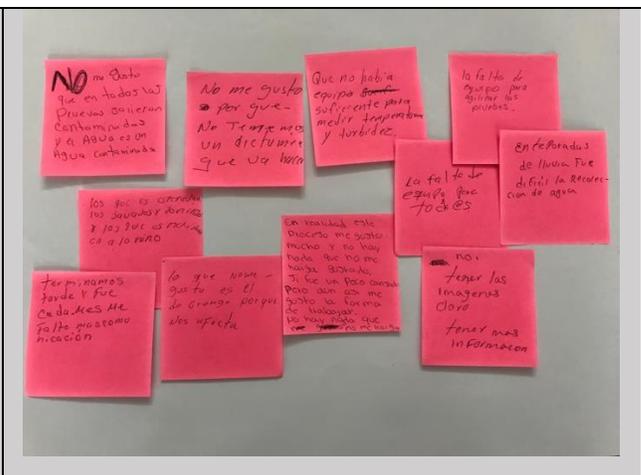


- “ Me parece una información muy completa acerca de las comunidades participantes con respecto a las dos etapas que monitorearon ”
- “Construir un tríptico con la información para distribuir entre la población ”
- “Sí explica todo. Es para la salud y está muy bonito. Sí sale mucho el olor”
- “Es bastante útil. Se explica muy bien y nos saca de dudas. Sería bueno que llegue esta información a otras comunidades”. “Solo no entendí lo de la turbidez”. “Muy buen cartel”.
- “Esta imagen se expresa bien y a mí me gustó”.
- “El monitoreo del agua me dio gusto de saberlo. El grado de contaminación del agua. Espero que sigan el monitoreo del agua”



LO QUE **SI** ME GUSTÓ DEL MONITOREO

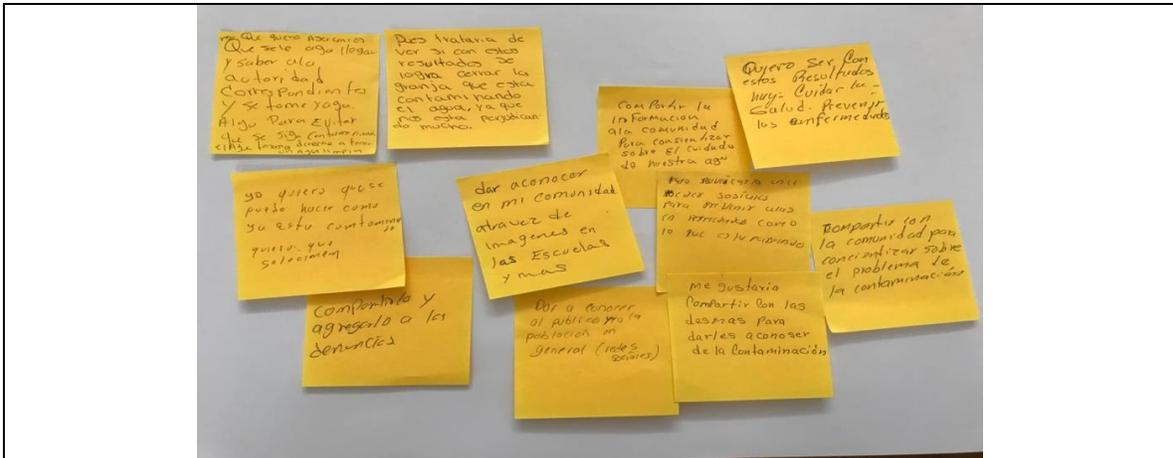
“Que sí me gustó el monitoreo del agua para ver qué grado de contaminación tiene.”
“La experiencia y el conocimiento sobre la calidad del agua de nuestra región.”
“Me gustó saber en qué estado está el agua que consumimos.”
“Lo que a mí me gustó durante este análisis es que aprendí cosas nuevas y también aprendí a como detectar las bacterias mediante varios procesos.”
“Aprender más sobre del agua y como cuidarle.”
“Aprender a hacer las muestras de una forma muy fácil y sencilla.”
“Conocer las características a detalle sobre el agua y compartir información con las y los compañeros.”
“Como tratar el agua de pozo, los resultados del monitoreo de agua.”
“Los análisis de la muestra de agua haciendo la muestra, las muestras y en pastillas. Para la [...] de agua. Estuvo interesante. Me fascinó.”
“Me gustó saber que puedo saber si el agua que consumimos está limpia o no y más con la orientación y capacitación que nos brindaron para poder entender que no porque la veas limpia no está contaminada.”
“Sí me gustó todo el monitoreo de cada vez participo; cada reunión todo lo que hace cada uno y como se hace el examen.”
“Me gusta el del agua. Me gustó estar aquí.”



LO QUE **NO** ME GUSTÓ DEL MONITOREO

“No me gustó que en todas las pruebas salieron contaminadas y el agua es un agua contaminada.”
“No me gustó porque no tenemos un dictamen que va hacer.”
“Que no había equipo suficiente para medir temperatura y turbidez.”
“La falta de equipo para agilizar las pruebas.”
“En temporada de lluvias fue difícil la recolección de agua.”
“La falta de equipo para todos.”
“No tener las imágenes claro. [No] tener más información.”
“En realidad este proceso me gustó mucho y no hay nada que no me haya gustado. Sí fue un poco cansado pero aun así me gustó la forma de trabajar. No hay nada que no me haya gustado.”
“Lo que no me gustó es el de la granja porque nos afecta.”
“Terminamos tarde y fue cada mes. Me faltó comunicación.”
“Los que se esperaban los sábados y domingo y los [tubos] que se metían en aluminio.”

¿QUÉ QUIERO HACER CON ESTOS RESULTADOS?



“Que se le haga llegar y saber a la autoridad correspondiente y se tome y se haga algo para evitar que se siga contaminando el agua. Tenemos derecho a tener una agua limpia.”

“Pues trataría de ver si con estos resultados se logra cerrar la granja que está contaminando el agua, ya que nos está perjudicando mucho.”

“Compartir la información a la comunidad para concientizar sobre el cuidado de nuestra agua.”

“Cuidar la salud. Prevenir las enfermedades”

“Compartir con la comunidad para concientizar sobre el problemas de la contaminación.”

“Para comunicarlo en redes sociales para prevenir a las enfermedades como lo que está pasando.”

“Me gustaría compartir con los demás para darles a conocer de la contaminación.”

“Dar a conocer al público y a la población en general (redes sociales).”

“Dar a conocer en mi comunidad a través de imágenes en las escuelas y más.”

“Compartirlo y agregarlo a las denuncias.”

“Yo quiero que se pueda hacer [algo] como ya está contaminado. Quiero que solucionen.”