CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIDAD MÉRIDA

Departamento de ecología humana

Evaluación de modalidades educativas electrónicas para la enseñanza de la sostenibilidad hídrica, con énfasis en hidrogeología

TESIS

Que presenta:

M. EN C. ANA SOFÍA LÁZARO SALAZAR

Para obtener el Grado de

DOCTORA EN CIENCIAS

EN ECOLOGÍA HUMANA

Directora de Tesis:

Dra. Almira Lydia Hoogesteyn Reul

Mérida, Yucatán Septiembre, 2025

AGRADECIMIENTOS

Este proceso culminó gracias a una enorme red de apoyo, combinar la maternidad con la ciencia es complicado, pero me sostuvieron la sororidad femenina y la solidaridad masculina.

A Raúl, mi esposo, gracias por compartir este camino y ayudarme a disfrutarlo; por respetar mi proceso de aprendizaje y hacer que las cosas sucedan, aunque no esté presente para hacerlas, tu amor me impulsa a crecer.

A mis hijos Ana Sofía, Ahmed, Marco Antonio, Ana Laura y mi ahijado Miguel, son mi inspiración para superarme, espero que puedan aprender a valorar la vida y se sientan invitados a cuidarla, cada uno es mi tesoro.

A mi madre Lourdes, eres un modelo de fortaleza y superación, gracias por ser ejemplo de solidaridad.

A mi padre José Luis, gracias por mostrarme el mundo de la lectura y contagiarme las ganas de “saber más”.

A Pamela, José Luis y Fernando, mis hermanos, su amistad y comprensión fueron sostén de este proceso.

A Blanca y Alicia, gracias por su apoyo incondicional y por tanto amor.

A Patricia, Katia, Karla P., Marisa, Karla C., Elisa, Gabriela, Alina, Angelica, Lizzete, Fabiola y Marilú, por ser amigas que apoyan sin juzgar, por ayudarme con las vueltas maternas y porque sus porras siempre me motivan.

A los integrantes del Consejo Ciudadano por el Agua de Yucatán; de Agua para Todos, Agua para la vida y de la Contraloría Social Autónoma del Agua de Yucatán, sus acciones a favor de una vida digna y saludable, con el agua como eje, son inspiradoras. Agradezco su acompañamiento, ejemplo y apoyo en todo este camino.

A la doctora Almira, gracias por su ejemplo de vida y por sus enseñanzas; por mantenerme enfocada y contagiarme su pasión por el conocimiento, pero, sobre todo por enseñarme que el saber no es nada sin la ética, que uno adquiere un compromiso al aprender y el cómo se asume esa responsabilidad, define la clase de personas que somos y el impacto que vamos a tener en la sociedad. La admiro mucho y sé que puse a prueba su paciencia varias veces, pero valió la pena.

A José Luis Febles, gracias por tu amistad y disposición para enseñar, los momentos y aprendizajes compartidos en el laboratorio me ayudaron a formarme no sólo como investigadora, sino como una mejor persona, eres un docente nato y un gran ser humano.

Al doctor Lane, gracias por tu amistad y compartir tus conocimientos con tanta generosidad; por enseñarme a cuestionar, a ejercer el pensamiento crítico desde las clases y en la vida, y por supuesto, por insistirme en reforzar la parte estadística, aunque sea lo que menos disfrute.

A la doctora Tere Guerra, gracias por su empatía y acompañamiento tan cercano, por compartir su experiencia y conocimiento en los temas de formación docente para la educación para la sostenibilidad, es un gran ejemplo.

A la doctora Tere Castillo, por su cercanía, calidez y generosidad para compartir su tiempo y saberes, siempre me fui de su oficina con mucha paz en el corazón y más enfocada, gracias por sus sugerencias tan certeras.

A Celeste Vorrath, gracias por el invaluable apoyo en la coordinación, su amistad y cercanía me sostuvieron en varias ocasiones, eres una gran mujer.

A los profesores del departamento de Ecología Humana por su acompañamiento en este proceso, Dr. Anaximandro Gómez, Dr. Miguel Munguía, Dr. Carlos Ibarra, Dr.

Rodrigo Patiño, Dra. Dolores Cervera, Dra. Ana García, Dr. Sudip Datta Banick, Dr. Salvador Montiel y Dr. Eduardo Batllori.

A Leonor Chablé, Fabiola Echeverría, Ernesto Ochoa, Graciela Valentín, Susana Pérez, Armando Rojas, Ligia Uc, Rosa Méndez, Rocío Saide y Rodolfo Olguín, por su apoyo, son parte esencial del departamento de Ecología Humana.

A mis compañeros Luz, Ingrith, Mariela, Eliana, Amalia, Manuel, Carolina y Alvin, gracias por su amistad y apoyo.

A los directores, maestros y estudiantes de las escuelas normales participantes, gracias por permitirme trabajar con ustedes y compartir la preocupación por mejorar y profesionalizar la formación de los estudiantes, son un orgullo para el magisterio.

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación de Yucatán por las facilidades brindadas para el presente estudio.

Al pueblo de México, quien a través del Conahcyt/Secihti brindó el apoyo 787523 para que pueda lograr esta meta.

CONTENIDO

Agradecimientos ii
Contenido v
Índice de figuras vi
Índice de cuadros vii
Índice de anexos viii
Resumen ix
Abstract x
Capítulo 1. Introducción general 1
1.1. Antecedentes y problemáticas hídricas nacionales y regionales 1
1.2. Preguntas de investigación 4
1.3. Objetivos generales y específicos de investigación 4
1.4. Organización de la Tesis 6
Capítulo 2. Marco teórico referencial 8
2.1. Sostenibilidad hídrica, clave para la resiliencia ecológica 8
2.2. Agua y derechos, impacto de la gestión hídrica pública en el bienestar socio ecológico 11
2.3 Educar para la sostenibilidad hídrica, papel de los docentes en la transformación de la cultura del agua 16
2.4 Las modalidades educativas electrónicas (e-learning) como estrategia para educar en la sostenibilidad hídrica 19
Capítulo 3. Diseño metodológico 23
3.1. Área de estudio 23
3.2. Población y muestra 24
3.3. Técnicas de investigación 24
3.3.1. Talleres sobre sostenibilidad hídrica de aplicación electrónica 26
3.3.1.1. Taller sincrónico 27
3.3.1.2. Taller asincrónico 29
3.3.1.3. Diseño de recursos digitales 30
3.3.1.4. Evaluación de los talleres 30
3.3.1.5. Análisis de resultados 31
3.3.2. Prueba piloto 33
3.3.3. Implementación de talleres electrónicos en modalidades sincrónica y asincrónica 34
3.3.3.1. Fase Diagnóstica 34
3.3.3.2. Fase Desarrollo 35
3.3.3.3. Fase Cierre 35
Capítulo 4. El *e-learning* como herramienta para incrementar la sostenibilidad hídrica ante la pregunta ¿cómo mejorar la cultura del agua? 36
4.1. Introducción 36
4.2. Resultados 36
4.2.1. Resultados Cuestionario 38
4.2.2. Resultados Autoevaluación 48
4.2.3. Resultados Debate en equipos 56
4.2.4. Resultados Ejercicio argumentativo individual 67
4.2.5. Percepción de los estudiantes sobre los aprendizajes significativos adquiridos en los talleres 77

4.3. Discusión …… 78
4.5. Conclusiones y recomendaciones…… 84
Capítulo 5. "El mundo está seco, pero yo estoy bien" Autopercepción del Derecho Humano al agua y saneamiento de estudiantes normalistas 86
5.1. Introducción …….. 86
5.2. Resultados ……. 86
5.2.1. Resultados cuestionario sobre percepción cumplimiento comunitario del DHAS …….. 88
5.2.2. Resultados del cuestionario de autoevaluación sobre percepción del cumplimiento del DHAS dentro del hogar ……. 91
5.3. Discusión …… 98
5.4. Conclusiones y recomendaciones …….. 105
Capítulo 6. Discusión general..... 107
6.1. Limitaciones del estudio …… 111
Capítulo 7. Conclusiones y futuras líneas de investigación …… 112
Referencias 115
Anexos 126

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 3. Diseño metodológico general

Figura 1. Ubicación de las escuelas normales estatales de educación básica participantes en el estudio …….. 23
Figura 2. Estructura temática del taller "El oro azul del planeta, educar para la sostenibilidad hídrica" ……. 27

Capítulo 4. ¿Cómo mejorar la cultura del agua? *E-learning* como herramienta para incrementar la sostenibilidad hídrica

Figura 3. Comparación sobre la adecuación a la realidad de la percepción del cumplimiento de los parámetros de accesibilidad, disponibilidad, potabilidad y asequibilidad agua entubada (AENT) y agua embotellada (AEMB) entre evaluación diagnóstica y los talleres…… 52
Figura 4. Comparación sobre la adecuación a la realidad de la percepción de cumplimientos de los parámetros de aceptabilidad, saneamiento doméstico (DOM), municipal (MUN) y de residuos sólidos urbanos (RSU) entre el diagnóstico y los talleres …….. 54
Figura 5. Comparación de frecuencias de la percepción general de cumplimientos de los parámetros del DHAS entre el diagnóstico y los talleres ……... 55
Figura 6. Aprendizajes significativos reportados por los estudiantes obtenidos después de los talleres ……. 77

Capítulo 5. "El mundo está seco, pero yo estoy bien", autopercepción sobre el derecho humano al agua potable y saneamiento de estudiantes normalistas

Figura 7. Percepción de los participantes de grado de cumplimiento de parámetros del DHAS en el hogar ……. 92
Figura 8. Percepción general de estudiantes sobre el cumplimiento del DHAS en su hogar …….. 95

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo 3. Diseño metodológico general

Cuadro 1. Competencias profesionales en educación para la sostenibilidad a la enseñanza de los recursos hídricos …… 26

Capítulo 4. ¿Cómo mejorar la cultura del agua? E-learning como herramienta para incrementar la sostenibilidad hídrica

Cuadro 2. Análisis de χ^2: comparación entre diagnóstico y talleres de la competencia conocimiento en hidrología ……... 38

Cuadro 3. Análisis de χ^2: comparación entre diagnóstico y talleres de la competencia conocimiento y contextualización de hidrogeología Yucatán …… 40

Cuadro 4. Análisis de χ^2: Comparación entre diagnóstico y talleres de las competencias contextualización y pensamiento crítico …… 42

Cuadro 5. Análisis de χ^2: comparación entre la evaluación diagnóstica y los talleres de las competencias clarificación de valores, emociones y toma de acción …….. 45

Cuadro 6. Cumplimiento actual de los parámetros del DHAS en Yucatán ……..... 49

Cuadro 7. Análisis de χ^2: comparación de la adecuación a la realidad en la percepción de cumplimientos de los parámetros evaluados entre el test diagnóstico y los resultados de los talleres…… 51

Cuadro 8. Grado de adquisición de competencias Contextualización y Visión de futuro en ejercicio de debate de taller sincrónico …… 57

Cuadro 9. Grado de adquisición de competencia Pensamiento crítico en ejercicio de debate de taller sincrónico …… 60

Cuadro 10. Comparación de adquisición de competencia Toma de acción y Clarificación de valores en ejercicio de debate de taller sincrónico ….. 63

Cuadro 11. Resultados ejercicio argumentativo de competencias contextualización y visión de futuro en taller asincrónico (n=100) …… 67

Cuadro 12. Resultados ejercicio argumentativo de competencia Pensamiento crítico taller asincrónico (n=100) …… 70

Cuadro 13. Argumentos identificados en el ejercicio relacionados a las competencias toma de acción y clarificación de valores en taller asincrónico (n=185) ……..... 73

Capítulo 5. "El mundo está seco, pero yo estoy bien", autopercepción del derecho humano al agua potable y saneamiento de estudiantes normalistas

Cuadro 14. Análisis estadístico: Prueba de Levene para medir la igualdad de varianza de los ítems de la escala Likert entre las tres escuelas participantes …… 87

Cuadro 15. Resultados cuestionario sobre percepción cumplimiento comunitario del DHAS. Respuestas expresadas en frecuencias y porcentajes…… 89

Cuadro 16. Resultados cuestionario de autoevaluación sobre percepción de gobernanza comunitaria del DHAS ……... 93

Cuadro 17. Comparación entre cumplimiento actual de los parámetros del DHAS en Yucatán y la percepción de los estudiantes (respuesta más frecuente) …… 96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	**Cuestionario competencias de sostenibilidad hídrica ……**	**126**
Anexo 2.	**Cuestionario tipo Autoevaluación Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento (DHAS) ……**	**129**
Anexo 3.	**Cuestionario ¿Qué pasa con el DHAS en mi comunidad? ……**	**132**
Anexo 4.	**Ejercicio argumentativo para debate. Taller sincrónico Conservadores ……..**	**133**
Anexo 5.	**Ejercicio argumentativo para debate. Taller sincrónico Desarrolladores .....**	**135**
Anexo 6.	**Ejercicio argumentativo taller asincrónico ……**	**137**
Anexo 7.	**Rúbrica Ejercicio argumentativo ……**	**139**
Anexo 8.	**Carta de consentimiento informado ……**	**143**
Anexo 9.	**Artículo derivado de la investigación ……...**	**145**

RESUMEN

El agua es esencial para la resiliencia de los sistemas socioecológicos, pero su gestión enfrenta retos significativos en el marco de la crisis ambiental global. En este contexto, la investigación subraya la necesidad de transformar la cultura en torno a la gestión de recursos hídricos, destacando el papel de la educación formal y de los docentes como agentes para capacitar a las sociedades en el manejo sostenible del agua.

Este estudio evaluó la aplicación de un taller sobre sostenibilidad hídrica con énfasis en hidrogeología, en formato *e-learning*, dirigido a estudiantes normalistas de educación primaria en Yucatán. El taller fue estructurado bajo la metodología basada en competencias, tuvo como objetivo sensibilizar a los estudiantes acerca del agua como un sistema clave para la viabilidad de los ecosistemas y el bienestar de las sociedades humanas. El contenido se impartió en dos modalidades: i) sincrónica y ii) asincrónica. Para evaluar el impacto del taller se utilizó un diseño preprueba- postprueba que incluyó la administración de dos instrumentos, un cuestionario y una autoevaluación.

Los resultados del análisis estadístico mostraron mejoras significativas en la adquisición de competencias en comparación con la evaluación diagnóstica, con valores de $p < 0.05$ y valores V de Cramer que oscilaron entre 0.39 y superiores a 0.60. Estos resultados indican un tamaño del efecto entre moderado y fuerte en la mayoría de los indicadores evaluados. Los formatos sincrónico y asincrónico demostraron ser herramientas efectivas para el fortalecimiento del conocimiento en la sostenibilidad hídrica. Las diferencias que se encontraron entre ambos formatos fueron que en el sincrónico surgieron discusiones enriquecedoras sobre el valor

socio-ecológico del agua, la falta de gobernanza en la gestión hídrica pública y la limitada participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones relacionados con la gestión del recurso.

A pesar de reconocer la importancia crítica de estos temas y de su papel, los futuros docentes no se sienten preparados para abordar estos contenidos en el aula. Este hallazgo expone la necesidad de una mayor capacitación docente en temas técnicos, científicos y ecológicos en torno al agua, para que puedan ejercer su función y preparar mejor a las futuras generaciones en la gestión del agua de forma más sostenible y equitativa.

Palabras Clave: Educación docente, sostenibilidad hídrica, e-learning

ABSTRACT

Water is vital for the resilience of socio-ecological systems; however, its management faces considerable challenges amid the global environmental crisis. This research highlights the importance of transforming the culture surrounding water resource management, underscoring the crucial role of formal education and teachers in equipping communities with the knowledge necessary for sustainable water management. This study evaluates a workshop on water sustainability, focusing on hydrogeology, delivered in an e-learning format to trainee teachers in Yucatan. The workshop utilized a competency-based approach to enhance participants' understanding of water's vital role in sustaining ecosystems and supporting human well-being. The content was presented in two formats: i) synchronous online and ii) asynchronous virtual. To evaluate the workshop's impact, we used a pretest- posttest design, involving two instruments, a questionnaire and

a self-assessment. Statistical analysis revealed notable improvements in competency acquisition, with $p < 0.05$ and Cramer's V values ranging from 0.39 to above 0.60. These findings indicate a moderate to strong effect size for most assessed indicators. Both synchronous and asynchronous formats effectively enhanced water sustainability skills.

Nonetheless, notable differences emerged; the synchronous format encouraged productive discussions about the socio-ecological value of water, gaps in governance in public water management, and the restricted citizen involvement in decision-making regarding water resource management.

Although future teachers recognize the vital significance of these subjects, they often feel unprepared to tackle them effectively in their classrooms. This highlights the necessity for improved teacher training in the technical, scientific, and ecological aspects concerning water, equipping educators to perform their duties efficiently and better prepare them to manage water resources sustainably and fairly.

Keywords: Teacher education, water sustainability, e-learning

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1. Antecedentes y problemáticas hídricas nacionales y regionales

Esta tesis aborda el agua como un sistema socioecológico, desde una perspectiva de Ecología Humana, centrándose en las interacciones entre los seres humanos y sus recursos hídricos. En particular, se estudia el impacto de las modalidades educativas *e-learning* dentro de la alfabetización ambiental docente y su efectividad para mejorar la gestión y conservación de los recursos hídricos.

El agua desempeña un papel fundamental como sistema global de soporte vital (Jones, 2011), influyendo en la capacidad de los sistemas socioecológicos para enfrentar crisis, adaptarse a condiciones cambiantes y transformarse en respuesta a eventos adversos. En este sentido, el acceso y la gestión de agua son factores determinantes para la resiliencia y el desarrollo sostenible (Boltz et al., 2019).

Sin embargo, el agua también puede convertirse en fuente de conflictos y agravar tensiones socioambientales, al transformarse tanto en un recurso estratégico como en un factor de vulnerabilidad en el contexto del Antropoceno (Falkenmark, 2020). Esta era geológica, caracterizada por el impacto dominante de las actividades humanas sobre los sistemas terrestres, ha intensificado la presión sobre los recursos hídricos a través de la sobreexplotación, la contaminación de cuerpos de agua, el cambio climático y la creciente demanda en sectores como la agricultura, la industria y las ciudades. En el Antropoceno, el agua deja de ser un bien naturalmente renovable para volverse un elemento críticamente escaso y distribuido desigualmente, cuya gestión deficiente puede desencadenar crisis de gobernanza, desplazamientos humanos y conflictos socioeconómicos (Bardsley & Wiseman, 2016; Adelman, 2018). Así, la crisis hídrica no puede entenderse

únicamente como un problema técnico o ambiental, sino como un síntoma de una crisis civilizatoria más profunda, en la que los modelos de desarrollo, producción y consumo han sobrepasado los límites planetarios y ponen en riesgo la sostenibilidad de los sistemas socioecológicos (Boltz et al., 2019).

Entre 1970 y 2019, los peligros meteorológicos, climáticos e hidrológicos, tales como sequías, ciclones tropicales e inundaciones, representaron el 50% de todos los desastres, el 45% de muertes humanas asociadas a estos peligros y el 74% de las pérdidas económicas globales. Significativamente, el 91% de las muertes asociadas a estos fenómenos ocurrieron en países de ingresos medio bajo y bajos (OMM, 2021). En este contexto, la crisis hídrica ha sido identificada como el tercer riesgo global de mayor impacto y probabilidad de ocurrencia, vinculada estrechamente con eventos climáticos extremos y fallas en la mitigación del cambio climático (UN-Water, 2020).

La capacidad de respuesta y adaptación de cada país frente a la crisis hídrica depende en gran medida de los recursos económicos y humanos disponibles para gestionar y mitigar sus efectos. No obstante, un primer paso fundamental, accesible a cualquier gobierno sin necesidad de mayores inversiones significativas, es la transformación de la percepción y la gestión cultural del agua. En este proceso la educación desempeña un papel clave, ya que permite generar conciencia, promover una administración eficiente del recurso y fortalecer la resiliencia comunitaria (Gil, 2012; Morote et al., 2021).

Desde esta perspectiva, es crucial desarrollar prácticas educativas que fomenten la comprensión sobre la gestión sostenible del agua. En ello la educación formal debe estar alineada con las problemáticas ambientales de cada región para

garantizar su pertinencia y efectividad (Jardioui et al., 2015). Sin embargo, estudios previos han señalado que la falta de preparación docente puede limitar la enseñanza efectiva de estos temas (Blömeke, 2012), reduciendo la capacidad de los estudiantes/futuros ciudadanos para identificar riesgos, proponer y aplicar soluciones (Michelsen & Rieckmann, 2015; Kwee & Dos Santos, 2023). Adicionalmente, que los docentes tengan una percepción y conocimiento inadecuado sobre la crisis hídrica podría llevar a la normalización de los impactos asociados al acceso, disponibilidad y saneamiento del agua (Bourotzoglou et al., 2016), limitando la capacidad de los estudiantes para reconocer la necesidad de mejoras en la infraestructura y gestión (Cankaya & Iscen, 2015; Panatsa & Malandrakis, 2018).

En América Latina el vacío de investigaciones sobre cómo la percepción impacta la formación docente y la conciencia ambiental, subraya la urgencia de realizar estudios que aborden este aspecto en la región (Corrochano et al., 2021).

El entorno post-pandémico impulsó el desarrollo de modalidades de educación electrónica, las cuales pueden ser herramientas eficaces para fortalecer la enseñanza para la sostenibilidad hídrica. La literatura internacional presenta algunos estudios que indican cómo estas tecnologías permiten la innovación de los métodos pedagógicos y facilitan el acceso a recursos educativos (Moorhouse, 2020). No obstante, es necesario evaluar su eficacia en la formación de competencias docentes en estudiantes mexicanos.

1.2. Preguntas generales de la investigación

Bajo esta perspectiva, se plantearon las siguientes preguntas: i) ¿qué nivel de conocimientos tienen los estudiantes normalistas en relación a la sostenibilidad hídrica?, ii) ¿Comprenden el funcionamiento del sistema acuífero de naturaleza kárstica de la península de Yucatán?, iii) ¿Reconocen las condiciones nacionales y regionales actuales de disponibilidad de agua y saneamiento, y los parámetros del Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento que se deben cumplir?, y iv) ¿qué modalidad educativa electrónica, sincrónica o asincrónica, resulta más eficiente para abordar la sostenibilidad hídrica en la formación de futuros docentes de primaria?

1.3. Objetivos de la investigación

Con base en lo expuesto, este estudio tiene como objetivo analizar la efectividad del *e-learning* para fortalecer las competencias docentes en sostenibilidad hídrica en estudiantes normalistas de escuelas estatales de licenciatura de educación primaria. Se establecieron los siguientes objetivos específicos:

-Describir el nivel de conocimiento hidrológico, con un enfoque específico en la hidrogeología de Yucatán, entre los estudiantes de las escuelas normales públicas de educación básica primaria del estado.

-Diseñar e implementar dos talleres educativos en modalidad electrónica sobre sostenibilidad hídrica, basados en el enfoque de competencias. Uno se desarrolló en formato sincrónico y el otro en formato asincrónico.

- Estudiar los servicios públicos de agua y saneamiento bajo los parámetros del Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento, expuestos en el Decreto

64/292 del 2010 emitido por la Asamblea General de las Naciones Unidas y compararlos con la percepción general de los estudiantes normalistas sobre el cumplimiento de esos parámetros.

-Evaluar los cambios en la percepción, apropiación y resignificación del conocimiento adquirido por los estudiantes en ambas modalidades de los talleres educativos electrónicos, y analizar cómo estas variables pueden influir en su capacidad de agencia para abordar el tema en el aula.

Se desea comprobar si existen diferencias significativas en los procesos cognitivos y la percepción sobre la sostenibilidad hídrica entre la modalidad educativa sincrónica y la modalidad asincrónica en los estudiantes normalistas de educación básica que cursaron el taller.

1.4. Organización de la tesis

Este documento inicia con los antecedentes, en donde se abordan los principales problemas globales y regionales del agua, el impacto de dichos problemas en el ecosistema y el bienestar social, así como la urgencia de cambiar el enfoque actual hacia el de sostenibilidad hídrica y el abordaje educativo formal de estos temas, como una alternativa para mejorar nuestra relación con el agua.

En el segundo capítulo, se presenta el fundamento teórico que apoya la perspectiva con la que se abordó este estudio, desde el tema general de sostenibilidad hídrica y su relevancia para lograr la resiliencia ecológica; la importancia de una buena gestión pública del líquido, garantizando los parámetros del Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento (de ahora en adelante escrito como DHAS); el papel del sistema educativo formal y de los docentes para cambiar las perspectivas y la cultura de la sostenibilidad ambiental, particularmente del agua y la implementación del *e-learning* como una intervención educativa que puede ser útil para transformar prácticas culturales relacionadas con la gestión hídrica.

En el tercer capítulo, se describe de forma general el diseño metodológico que guio la investigación. Se explica el diseño de los talleres, los recursos digitales y de los instrumentos de evaluación, así como el proceso y las condiciones en las que se implementaron. En el capítulo 4, se evalúa la eficacia del *e-learning* para incrementar la sostenibilidad hídrica, comparando dos modalidades (sincrónica y asincrónica) y se presentan los resultados en cuanto a la adquisición de competencias previos y posteriores a la implementación de los talleres, para comparar qué modalidad fue más eficaz. En el capítulo 5, se exploran las percepciones de los futuros maestros sobre el cumplimiento de los parámetros del

DHAS en su comunidad y en su hogar, usando dos instrumentos distintos, un cuestionario enfocado en identificar la provisión de servicios públicos de agua a nivel nacional y regional y un cuestionario tipo autoevaluación sobre la aplicación de dichos parámetros en sus vidas y sus hogares, para contrastar la información proveniente de ambos. Se expone la metodología utilizada para diseñar la investigación y obtener datos. Se describen los resultados sobre la percepción de cumplimiento del DHAS y si esta los predispone a transformar su práctica educativa y mejorar la capacidad de agencia para abordar la complejidad de la gestión hídrica. En el capítulo 6 se aborda la discusión general y las limitaciones de estudio detectadas y finalmente, en el capítulo 7 se exponen las conclusiones generales y las líneas futuras de investigación derivadas de este estudio.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Sostenibilidad hídrica, clave para la resiliencia ecológica

Los sistemas socioecológicos son complejos y adaptativos, donde los componentes sociales (economía, cultura, política) y ecológicos (biósfera) están vinculados e interactúan dinámicamente (Araral, 2013; Sandoval-Díaz, 2020). Sin embargo, históricamente, la visión sociocultural, política y económica predominante ha separado el desarrollo humano del entorno biótico, lo que ha derivado en modelos de gestión de los recursos naturales fragmentados e ineficientes (Poe et al., 2014; Bardsley & Wiseman, 2016). Reconocer esta vinculación y sus implicaciones resulta fundamental para la implementación de estrategias que promuevan la resiliencia y la gestión sostenible de los recursos (Folke et al., 2010).

En el ámbito de la gestión del agua, un sistema hídrico sostenible se define como aquel que además de satisfacer las necesidades sociales actuales y futuras, se diseña para garantizar la conservación de su integridad ecológica e hidrológica. (Araral, 2013; Hargrove et al., 2013; Brown et al., 2015; Vannevel & Goethals, 2020).

En este contexto, la resiliencia hídrica es la capacidad de un sistema para manejar las fluctuaciones en el abastecimiento de agua y afrontar las condiciones extremas como sequías e inundaciones, sin llegar al punto de no retorno o de inflexión, el cual es un cambio drástico en un sistema, que puede crear condiciones irreversibles o permanentes; por ejemplo, la desertificación de humedales por afectaciones a la capacidad de recarga hídrica debido a alteraciones en los ciclos de precipitación pluvial o la sobreexplotación de agua subterránea. La resiliencia hídrica constituye un elemento esencial para contribuir a la estabilidad climática y

ecosistémica, así como a la continuidad del suministro de agua para las sociedades y el sistema terrestre. (Falkenmark, 2020). La reducción de la resiliencia hídrica a escala local puede desencadenar efectos acumulativos que comprometen la resiliencia del sistema terrestre en su conjunto (Xu et al., 2021). Estos procesos de retroalimentación ecológica, biofísica y social, que no han sido suficientemente estudiados, pueden generar impactos en cascada que amplifican la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades humanas (Boltz et al., 2019).

El cambio climático, acelerado por los modelos de producción y los sistemas económicos predominantes (Gifford et al., 2011; Mehta et al., 2019), ha intensificado la alteración de los ciclos hidrológicos, manifestándose en fenómenos como inundaciones, sequías y aumento del nivel del mar (UN-Water, 2020). En las últimas cinco décadas, el 50% de los desastres registrados a nivel mundial, el 45% de las muertes humanas asociadas a peligros naturales y el 74% de las pérdidas económicas han estado vinculadas a eventos meteorológicos, climáticos o hidrológicos extremos (OMM, 2021). Ante este panorama, es urgente replantear la relación de las sociedades con el agua, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible, revalorizando su importancia y comprendiendo los cambios que experimenta el ciclo hidrológico a nivel local. Estas acciones son esenciales para fortalecer la resiliencia tanto del sistema terrestre como de la humanidad frente a los desafíos hídricos del futuro (Dewulf et al., 2019).

En este contexto, el agua subterránea constituye un recurso estratégico, al representar aproximadamente el 30% de las reservas de agua dulce del planeta (Oki & Kanae, 2006). Actualmente, este recurso abastece al 50% de la población humana (aproximadamente 3.5 mil millones de personas) y es materia prima para

la producción de alimentos y procesos industriales, además de desempeñar un papel fundamental en el equilibrio de los ecosistemas naturales. Su adecuada gestión resulta, por lo tanto, un factor determinante en la mitigación de la crisis hídrica global (Jones, 2011; UN-Water, 2022).

Un ejemplo de este recurso estratégico es el acuífero de Yucatán, un sistema kárstico transfronterizo que se extiende por México, Guatemala y Belice. Constituye la fuente principal de agua dulce en la región y se caracteriza por la presencia de un manto de agua dulce sobre una franja de agua salada (Bauer-Gottwein et al., 2011). La estructura kárstica lo hace altamente vulnerable a la contaminación, dado que los contaminantes pueden infiltrarse con facilidad y transportarse por grandes distancias a través de las anfractuosidades y macroporos del suelo (Aguilar-Duarte et al., 2016; Bonneau et al., 2017). La recarga del acuífero ocurre principalmente durante la temporada de lluvias, período en el cuál las concentraciones de contaminantes tienden a incrementarse, mientras que en la estación seca la disponibilidad de agua dulce disminuye y los contaminantes se concentran (Cervantes-Martínez, 2007). Cualquier alteración en calidad o cantidad de este recurso impacta directamente los servicios ecosistémicos de la región (Gondwe, 2010; Long et al., 2018).

Las principales fuentes de contaminación incluyen: i) la intrusión salina, que ocurre cuando el volumen de extracción supera la capacidad de recarga, lo que provoca la salinización de los pozos de abastecimiento por la entrada de agua marina (Graniel et al., 2004); ii) el uso de bancos de materiales pétreos como depósitos de residuos líquidos y sólidos; iii) el fecalismo al aire libre; iv) la disposición inadecuada de las aguas residuales domésticas debido al uso de fosas

sépticas ineficientes; v) el tratamiento inexistente o deficiente de las aguas residuales industriales; vi) la gestión ineficiente de los residuos sólidos urbanos a nivel municipal (Febles-Patrón & Hoogesteijn, 2010), y vii) la falta de monitoreo municipal en el tratamiento de aguas residuales y del cumplimiento de la normativa vigente (Febles-Patrón & Hoogesteijn, 2008).

Las deficiencias en la gestión del acuífero han propiciado el aumento de patógenos y la acumulación de sustancias tóxicas en el agua, lo que ha derivado en importantes consecuencias epidemiológicas (Polanco-Rodríguez et al., 2015; Giácoman et al., 2017; Piguave-Reyes et al., 2019; Moreno-Pérez et al., 2021). Esta problemática se ha intensificado en las últimas décadas debido al crecimiento demográfico, la expansión urbana desordenada y la falta de planificación en el desarrollo industrial (Koul et al., 2022). La administración sostenible del acuífero es clave para la salud pública, lo que exige una transformación urgente en las prácticas de gestión y un enfoque integral que evite el colapso de este ecosistema vital; que dadas las condiciones hídricas de México debería ser el sistema más protegido.

2.2. Agua y derechos, impacto de la gestión hídrica pública en el bienestar socioecológico

El valor ecosistémico del agua en las sociedades urbanas suele percibirse de manera abstracta, ya que su reconocimiento se centra en los servicios que se proveen para el consumo e higiene (Yates et al. 2017; Adelman, 2018; Lázaro-Salazar, 2020). Esta perspectiva antropocéntrica limita la concepción del agua como un sistema socioecológico, al no considerar sus funciones de regulación ambiental para mantener la viabilidad de los ecosistemas, aspecto fundamental para el bienestar social (Michelsen & Rieckmann, 2015). La crisis hídrica actual es

alarmante, ya que, debido a la mala gestión, la sobreexplotación y la contaminación, el 29% de la población mundial carece de acceso a agua potable (Mehta, 2007; Mehta et al., 2019), el 60% de la población mundial sufre escasez física de agua y el 61% de los hogares carece de saneamiento suficiente (Panhwar et al., 2022; WHO, 2023).

En el ámbito de los servicios públicos de agua, la mayoría de los países miembros de la Organización de la Naciones Unidas (ONU) adoptaron como marco normativo el Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento (DHAS), decretado en la Resolución 64/292 de la asamblea general (UNGA, 2010). Este derecho reconoce que todas las poblaciones deben contar con acceso físico y disponibilidad continua de agua potable, la cual debe ser apta para consumo humano y libre de contaminantes. Asimismo, estipula que el costo del agua no debe ser una carga financiera excesiva, fijando un umbral inferior al 3% del ingreso mensual del hogar. Además, exige la existencia de sistemas de saneamiento eficientes que garanticen el tratamiento adecuado y retorno de las aguas extraídas, tanto a nivel doméstico como municipal. Finalmente, señala que los servicios sanitarios deben ser culturalmente aceptables y garantizar la seguridad, privacidad y dignidad de los usuarios (UNGA, 2010).

El saneamiento se refiere a los sistemas encargados de la gestión de los desechos humanos, los residuos sólidos, las aguas residuales y el drenaje, con el fin de proteger la salud (UN-Water, 2022). La eliminación eficaz de las aguas residuales requiere redes de alcantarillado y plantas de tratamiento eficientes que eliminen los contaminantes antes de devolver el agua al medio ambiente o incorporarla a un sistema de reutilización.

La mala calidad del agua y la higiene inadecuada amenazan significativamente la salud humana y obstaculizan el progreso social y económico (Winkler & Satterthwaite, 2017; Lin et al., 2022). Estos problemas son comunes principalmente en las zonas rurales y periurbanas (Yu et al., 2014; UN-Water, 2022; Mishra, 2023), donde las fallas de gobernanza para garantizar el cumplimiento de los servicios públicos en estas zonas vulnerables limitan el acceso a los derechos humanos fundamentales, lo que afecta negativamente al ecosistema (Anglés-Hernández, 2016; Hargrove et al., 2013). Además, las aguas residuales municipales e industriales se vierten al medio ambiente sin un tratamiento adecuado (Bayu et al., 2020; García-Searcy et al., 2022; INEGI, 2023).

La Comisión Nacional del Agua (Conagua) administra los recursos hídricos en México para garantizar la seguridad y sustentabilidad del líquido. Por su parte, los municipios son responsables de proporcionar servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como de gestionar los residuos sólidos urbanos (Wilder et al., 2020; García-Searcy et al., 2022; Koul et al 2022). Sin embargo, la Ley de Aguas Nacionales no considera las características distintivas del sistema acuífero kárstico de la Península de Yucatán (DOF, 2023), lo que ha provocado su sobreexplotación y contaminación.

En Yucatán, gran parte de la población no tiene acceso a servicios públicos de agua que cumplan con los parámetros del DHAS (Gonzalez-Gomez et al., 2011). Más del 70% de los hogares de todo el país experimentan problemas de abastecimiento de agua, como baja presión (Guardiola et al., 2010) y conexiones insuficientes a las redes de tratamiento de aguas residuales. Mérida, la capital del

estado, cuenta con treinta y cinco instalaciones clave para el tratamiento de aguas residuales domésticas, pero 105 municipios del estado carecen de la infraestructura necesaria (CONAGUA, 2021). Como resultado, menos del 3% del agua extraída es tratada para su reutilización (DOGEY, 2019). Yucatán presenta una tasa superior a la media nacional de enfermedades diarreicas agudas en niños menores de cinco años (Shamah-Levy et al., 2020), lo que afecta negativamente a su desarrollo físico y cognitivo (Lin et al., 2022; Wolf et al., 2023).

La implementación efectiva del DHAS va más allá del acceso físico, constituye un pilar fundamental para el desarrollo sostenible, al incidir directamente en la salud pública, el bienestar y la equidad social. La falta de acceso equitativo a estos servicios profundiza las desigualdades sociales, afectando de manera desproporcionada a las comunidades marginadas, rurales y urbanas. Esta carencia no sólo limita el ejercicio de otros derechos fundamentales, sino que también reduce la calidad de vida y obstaculiza el desarrollo social. Garantizar el cumplimiento de estos parámetros, junto con la promoción de prácticas culturales de higiene y cuidado de la calidad de agua, contribuye a disminuir drásticamente la carga de enfermedades transmisibles, especialmente las gastrointestinales, que son una de las principales causas de mortalidad infantil y un factor importante en la aparición de brotes epidémicos (Yang et al., 2012; Lin et al, 2022). Cumplir con estos parámetros no sólo mejora la salud pública, también fomenta la paz y la justicia ambiental (Ide et al., 2023).

Para materializar este derecho es necesario actualizar los marcos legales para garantizar mejoras en la infraestructura hídrica actual, garantizar el

cumplimiento de las leyes ambientales, particularmente en relación con la contaminación, sobreexplotación y la concesión exacerbada de agua a la industria y agroindustria. Adicionalmente, algunas corporaciones transnacionales a menudo no cumplen con las normativas existentes en los países de economías emergentes, a pesar de que, en general, las regulaciones son más laxas que en los países desarrollados (Ullah et al., 2021).

Es fundamental implementar políticas públicas efectivas que sistematicen la rendición de cuentas y la participación ciudadana en la gestión del agua (Bayu et al., 2020; Babuna et al., 2023). La ciudadanía debe involucrarse activamente en la gestión hídrica, y para eso es necesario que se prepare a través de la educación ambiental orientada a la sostenibilidad. Este enfoque incrementará el conocimiento sobre el tema, y también cambiaría la percepción sobre los recursos hídricos, así como su administración (Kansal & Venkatesh, 2020; Lázaro-Salazar, 2020).

El ciudadano promedio debe ser capaz de identificar de dónde proviene su agua, entender cómo y en qué condiciones llega a su hogar, y conocer qué sucede con las aguas residuales generadas en su casa. Es importante que comprenda la situación actual de la gestión del agua; reconociendo si se cumplen los parámetros del DHAS en su comunidad y hogar; que sea capaz de identificar a los actores clave, así como reconocer a quienes se benefician y quienes se ven afectados por dicha gestión. Este nivel de comprensión impulsaría prácticas que pudieran transformar la realidad actual, mejorar la adaptabilidad y fortalecer la resiliencia hídrica, lo que contribuirá a evitar el colapso de los sistemas de provisión y regulación del agua (Folke et al., 2010; Fallkenmark, 2020). Si los ciudadanos logran reconocer estos procesos y las condiciones óptimas en las que deben

implementarse, será más fácil identificar fallas y exigir o proponer una mejor gestión (Vannebel & Goethals, 2020; Jones et al.,2021).

2.3. Educar para la sostenibilidad hídrica, ¿Cómo preparar a los docentes para transformar la cultura del agua?

La implementación de normativas ambientales y la educación ciudadana, tanto formal como informal, influye directamente en el manejo de los recursos naturales. Los países con altos niveles de educación y cultura cívica presentan índices superiores de cuidado y uso sostenible de estos recursos, adicionalmente, son países donde los servicios públicos de agua y saneamiento tienen los costos más altos por metro cúbico de agua (Gifford et al., 2011; Keramitsoglou & Tsagarakis, 2011; Wals et al., 2014; Lange & Dewitte, 2019).

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2018) destaca la necesidad de contar con una ciudadanía informada y comprometida para resolver los problemas ambientales. En este contexto, la educación formal, a través de la integración de programas escolares ambientales que propicien aprendizajes significativos (Varela-Losada et al., 2021), desempeña un papel clave en la transformación el paradigma hídrico actual, que está centrado en la explotación, hacia un enfoque que promueva la conservación, valores y actitudes proambientales, y la restauración de los recursos. Este cambio podría impulsar la participación colectiva de la ciudadanía en la gestión del agua, especialmente a nivel local (Jardioui et al., 2015; Emmerich & Molineri, 2019; Pegalajar et al., 2021; Brick et al., 2024) y el rol del docente es determinante para alcanzar este objetivo (Cebrián &Junyent, 2015; Cebrián et al., 2020).

En México, a pesar de que la educación ambiental está integrada en el

currículo escolar, la alfabetización ambiental inadecuada de los docentes representa un obstáculo para su implementación (González-Gaudiano et al., 2020). Es importante destacar que estos docentes están siendo los encargados de educar a las futuras generaciones sobre el agua, sus ciclos, las afectaciones que enfrenta, los tipos de gestión y las estrategias de conservación, entre otros temas relacionados (Tomas et al., 2017; Emmerich & Molineri,2019). Sin embargo, en los programas educativos se ha detectado información errónea o descontextualizada sobre los sistemas hídricos (Lázaro-Salazar, 2020). Esta situación persiste desde la Reforma Integral de Educación Básica de 2011 (Fortoul, 2014) y las reformas educativas posteriores no han abordado de manera sustantiva nuevos contenidos temáticos, sino que se han centrado principalmente en transformar aspectos administrativos y laborales. Un ejemplo concreto fue la reforma educativa de 2013, impulsada durante el sexenio del presidente Enrique Peña Nieto, presentada como una transformación estructural del sistema educativo, pero centró sus esfuerzos en la evaluación del desempeño docente, la reorganización de la carrera magisterial y el fortalecimiento del control del Estado sobre las plazas docentes. Sin embargo, no propuso cambios significativos en los planes y programas de estudio que impactaran en la actualización de contenidos curriculares, en consecuencia, las preocupaciones de fondo respecto a la calidad y pertinencia del contenido impartido en el aula quedaron relegados por lo que no atendió los desafíos educativos y ambientales que enfrenta el país (Ramírez-Valdés & Acevedo-Jiménez, 2018).

Según la Secretaría de Educación Pública, el 91% de los maestros que egresan de las escuelas de formación docente públicas están destinados a enseñar en escuelas primarias públicas, que, a su vez, atienden al 80% de la población entre

siete y quince años (SEP, 2021). Esto significa que representan una colectividad importante para implementar cambios fundamentales en el sistema educativo (Barrable, 2019). Abordar los temas ambientales con los maestros en formación les permite adquirir conocimientos y habilidades que podrán transmitir a las futuras generaciones, creando un impacto a largo plazo en la conciencia ambiental de los estudiantes (Emmerich & Molineri, 2019; Pegalajar et al., 2021). Al desarrollar una mentalidad crítica sobre los problemas ambientales, los futuros educadores pueden contribuir para empoderar a sus alumnos para que se conviertan en agentes de cambio en sus comunidades. Además, este enfoque facilita la integración de prácticas sostenibles en su enseñanza, transformando el aula en un espacio donde los temas ambientales se aborden de manera transversal. Las personas en formación tienen más disposición para aprender y están más abiertos a aplicar nuevos enfoques, lo que contribuye a su desarrollo profesional y refuerza su responsabilidad social como educadores. De este modo, se forma una generación de docentes más comprometida con la sostenibilidad, capaz de preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos ambientales globales (Tomas et al., 2017).

En el caso del agua, un maestro bien preparado no solo debe transmitir conocimientos técnicos y científicos, sino contextualizar el conocimiento sobre los recursos hídricos a la realidad local, ayudando a los estudiantes a visualizar las consecuencias actuales y futuras de la gestión del agua (Misseyanni et al., 2020). Además, debe fomentar el cuestionamiento de los enfoques vigentes, promoviendo la responsabilidad, el compromiso y la exigencia de un manejo del agua alineado con los derechos humanos (Parahakaran, 2010). Al incrementar el conocimiento técnico-científico y reconocer el valor socioecológico del agua, se facilita la

transmisión de saberes significativos para los estudiantes (Emmerich & Molineri, 2019; Jones et al., 2021).

2.4. Las modalidades educativas electrónicas (e-learning) como herramientas en la educación para la sostenibilidad hídrica

En la sociedad actual, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han convertido en un elemento definitivo para impulsar transformaciones e innovaciones significativas que se integran en diversos contextos (Gough, 2016; Moore-Adams et al., 2016; Abad-Salgado, 2021). En el ámbito educativo, ha sido una revolución que ha generado cambios profundos en las prácticas docentes, los procesos de aprendizaje y los recursos educativos (Heine et al., 2023).

La pandemia del SARS-CoV-2 marcó un punto de inflexión en la educación global al imposibilitar la asistencia física a las aulas, lo que aceleró la transición hacia modelos de educación a distancia (Ordorika, 2020; Lockee, 2021). En este contexto, se distinguen tres principales ambientes formativos (Guri-Rosenblit & Gros, 2011; Pregowska et al., 2021): i) enseñanza a distancia sin entornos virtuales, característica de regiones con bajo desarrollo y acceso limitado a redes telemáticas, como el caso de la telesecundaria o las clases impartidas por televisión; ii) enseñanza bimodal o *blended learning*, en la que estudiantes pueden alternar o participar simultáneamente en formato virtual y presencial; y iii) enseñanza en entornos electrónicos o *e-learning,* que utiliza principalmente el internet como medio de transmisión, integrando recursos multimedia y herramientas digitales para mejorar la calidad del aprendizaje.

El *e-learning* está basado en principios constructivistas, entre los que destacan: i) el aprendizaje centrado en el estudiante, en el cual los estudiantes son

sujetos activos en su proceso de aprendizaje; ii) el aprendizaje autónomo y personalizado, ya que tienen la libertad de avanzar a su ritmo, elegir entre distintos materiales o acceder a más información; iii) la reflexión y metacognición, debido a que las actividades que ofrecen incluyen herramientas para que los estudiantes reflexionen sobre su propio aprendizaje, como foros de discusión o autoevaluaciones; y iv) la contextualización y resolución de problemas, ya que las actividades en las plataformas *e-learning* generalmente están diseñadas para reflejar situaciones reales y fomentar las aplicaciones prácticas de los distintos conocimientos (Anderson & Bull, 2010; Burns, 2023)

Durante y después de la pandemia, se evidenció un aumento significativo del e-*learning*, destacando dos formatos principales (Canales & Silva, 2020; Moorhouse, 2020): i) la modalidad sincrónica, en la que los estudiantes asisten a sesiones en horarios preestablecidas junto con el facilitador, para participar en discusiones guiadas, donde todos los estudiantes coinciden, utilizando recursos digitales y plataformas tecnológicas asignadas por las instituciones educativas; y ii) la modalidad asincrónica, predominantemente autodidacta, que ofrece recursos en línea disponibles en cualquier momento. La interacción entre facilitadores y estudiantes se realiza virtualmente, a través de correos electrónicos o plataformas, sin necesidad de coincidir en horarios específicos, aunque con fechas límite para la entrega de actividades y finalización de objetivos.

El *e-learning* ofrece ventajas como flexibilidad, accesibilidad y la capacidad de superar barreras geográficas. También implica menores costos de transporte y materiales, y permite utilizar recursos actualizables e interactivos, que favorecen las redes de colaboración (Cheng et al. 2023).

Sin embargo, también presenta desafíos notables, entre los que destacan: la desigualdad en acceso, uso y capacidades con las tecnologías de comunicación, perpetuando disparidades educativas (Marinoni, et al., 2020); la limitación docente, debido a la insuficiente capacitación y la resistencia al cambio tecnológico (Moore-Adams et al., 2016; Corry & Stella, 2018; Heine et al., 2023); la falta de interacción física, que puede generar aislamiento emocional y afectar las habilidades sociales; la sobrecarga de información, que puede dificultar la priorización de objetivos, y la evaluación, que requiere nuevos enfoques centrados en el pensamiento crítico para evitar problemas como el plagio (Moorhouse, 2020).

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos *Google Scholar* y *Web of Science*, utilizando las palabras clave: *e-learning*, *environmental education, sustainability, water education, teachers,* y *preservice/trainee teachers education*, en el período comprendido entre 2010 y 2023. Los criterios de selección de publicaciones se centraron en los siguientes aspectos: i) la comparación entre modalidades sincrónicas y asincrónicas de *e-learning;* ii) el análisis de tendencias y prácticas eficaces en *e-learning*; iii) uso del *e-learning* en la enseñanza sobre conservación y gestión sostenible de recursos naturales; y iv) la formación docente con enfoque en educación científica/ecológica, con énfasis en la cultura del agua.

Hasta el año 2023, se identificaron 173 publicaciones que cumplían con los criterios establecidos en ambas bases de datos. Es relevante señalar que, considerando la importancia de agua, solo el 7% de estas publicaciones abordaron de manera específica la aplicación de recursos y herramientas de *e-learning* en el contexto de la educación docente sobre el conocimiento, la gestión y la conservación de los recursos hídricos. Este hallazgo es clave, ya que el docente

desempeña un papel fundamental en el fortalecimiento de la alfabetización ambiental sobre el agua (Lee, 2005). Este bajo porcentaje indica que aún existe una oportunidad significativa para explorar cómo las herramientas digitales y las plataformas *e-learning* pueden ser mejor aprovechadas en este ámbito.

El contexto educativo actual, caracterizado por el uso del *e- learning* y la familiaridad de los estudiantes con las herramientas tecnológicas, ofrece una oportunidad para implementar enfoques de aprendizajes más flexibles y adaptativos (Marinoni et al., 2020; Ordorika, 2020). La integración y evaluación de formatos sincrónicos y asincrónicos, para abordar los temas de sostenibilidad hídrica podría ser clave para enfrentar los retos del desarrollo sostenible (Donath et al., 2020). En particular, es fundamental explorar cómo estos enfoques pueden facilitar la comprensión de los procesos relacionados con la gestión del agua y las prácticas de conservación, porque podría permitir una formación más efectiva (Bryhn & Belgrano, 2023).

CAPÍTULO 3. DISEÑO METODOLÓGICO GENERAL

3.1. Área de estudio

El Comité de Bioética para la Investigación en Seres Humanos autorizó el protocolo en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (COBISH-CINVESTAV, documento No. 096/2022). El estudio se realizó en tres escuelas normales estatales ubicadas en Dzidzantún, Ticul y Valladolid, todas en Yucatán, México (Fig. 1). Cada localidad cuenta con un alto porcentaje de población rural, que habla la lengua maya. Aunque estos rasgos no son el foco de este estudio, juegan un papel circunstancial para entender cómo se percibe e interpreta el acceso a los recursos hídricos.

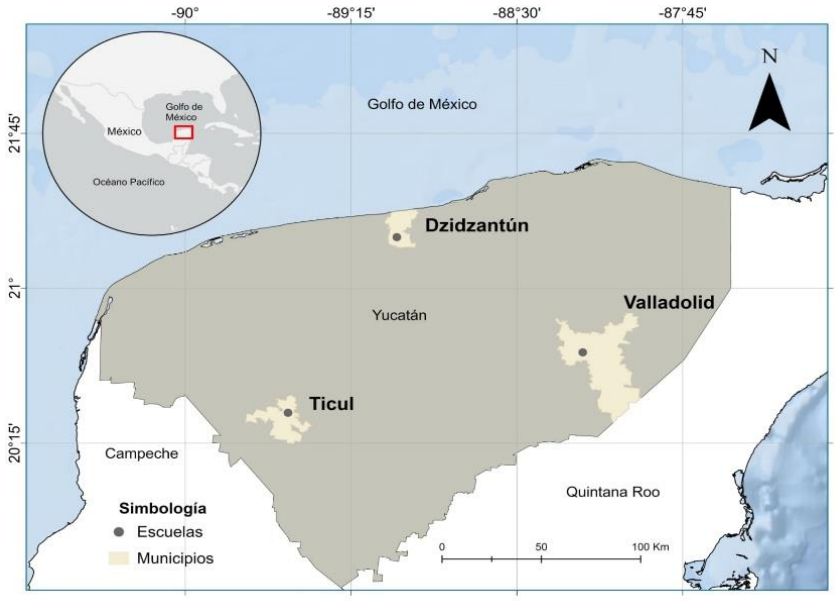

Figura 1. *Ubicación de las escuelas normales estatales de educación básica participantes en el estudio*

3.2. Población y muestra

En México, los educadores se forman en Escuelas Normales que atienden los niveles educativos de preescolar, primaria, secundaria y preparatoria. Como informó la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2021), 91% de los maestros que egresan de estos programas están destinados a enseñar en escuelas primarias públicas, que atienden a 80% de la población entre siete y quince años.

En el caso de Yucatán, existen cuatro escuelas normales que ofrecen la Licenciatura en Educación Primaria, ubicadas en Mérida y en las poblaciones mencionadas en el área de estudio. Tres de las cuatro escuelas normales públicas aceptaron participar. La muestra fue seleccionada a través de un muestreo de conveniencia basado en la accesibilidad y la disposición de los participantes para participar. El estudio se centró en estudiantes de segundo semestre (agosto-diciembre de 2022) matriculados en el curso de geografía, con una población de 211 estudiantes (N=211) que seguían el plan de estudios existente. La materia de geografía fue seleccionada por centrarse en el análisis de las interacciones entre las personas, los factores abióticos y bióticos y la sociedad, el curso ideal para esta intervención.

3.3. Técnicas e instrumentos

El programa educativo nacional y el perfil de egreso de los docentes de educación primaria se enfocan en el desarrollo de competencias profesionales (DOF, 2018). Para asegurar que esta investigación y sus temas sean relevantes para este marco educativo, elegimos el modelo de competencias profesionales en

educación para la sustentabilidad (CPES) (Cebrián & Junyent, 2015). Este modelo ofrece un marco sistemático que permite a los educadores combinar competencias cognitivas y prácticas para incorporar principios de sostenibilidad en sus actividades docentes.

Este modelo es pertinente especialmente para el sistema educativo mexicano porque apoya las políticas nacionales basadas en competencias y promueve la integración de temas de sostenibilidad en el plan de estudios, aumentando las posibilidades de replicabilidad del estudio. Algunas investigaciones previas (Cebrián & Junyent, 2015; Cebrián et al., 2020; OECD, 2019) demostraron su eficacia para desarrollar el pensamiento crítico y mejorar las habilidades de resolución de problemas necesarias en el abordaje de temas sobre sustentabilidad en diversos contextos educativos.

Como parte de este enfoque, se elaboró una tabla de conceptos sobre la sostenibilidad del agua (Cuadro 1). Esta tabla surgió de una extensa revisión bibliográfica y se destinó específicamente para abordar argumentos relacionados con la sostenibilidad hídrica. En el Cuadro 1 se resume la conceptualización que permitió crear elementos reconocibles, para lograr el contexto y la evaluación de los temas, las problemáticas en la gestión hídrica y el acceso a los servicios públicos de agua y saneamiento.

Cuadro 1. Competencias profesionales en educación para la sostenibilidad a la enseñanza de los recursos hídricos

Competencia	Definición	Definición de la competencia adaptada a Hidrogeología de Yucatán
Contextualización	Comprender la dimensión espacial y la dimensión temporal de un problema.	El agua y los cambios longitudinales en el territorio con sistema kárstico.
Conocimiento	Teorías, principios y conceptos de una disciplina en particular.	Conceptos de hidrogeología, karst, hidrología, crisis hídrica en México/mundo, relación agua- salud pública.
Visión de escenarios futuros /Alternativos	Visualizar los diferentes futuros y escenarios alternativos.	Visualizar las consecuencias de la gestión actual del agua dulce y propuestas de manejo acorde con las necesidades futuras.
Pensamiento crítico	Cuestionar, reconocer y promover la reflexión crítica para entender los supuestos establecidos.	Cuestionar e identificar actores dentro de la gestión del agua. Promover la reflexión sobre las consecuencias de su actual manejo.
Toma de decisiones, acción para el cambio	Concientizar, actúa y compartir responsabilidades, involucrarse en acciones colectivas.	Promover la participación ciudadana en la discusión y propuesta de soluciones para conservar y proteger el agua.
Clarificación de valores	Promover la clarificación de valores, y derechos relacionados con la sostenibilidad.	Promover los derechos humanos y obligaciones relacionadas al acceso al agua potable y a la justicia hídrica.

Adaptado de Cebrián y Junyent, 2015 y Cebrián et al., 2020.

3.3.1. Talleres sobre sostenibilidad hídrica de aplicación electrónica en línea (sincrónico y asincrónico).

Se diseñaron talleres en formato electrónico, sincrónico y asincrónico, que detallaremos más adelante. En ambos, los objetivos fueron: i) comprender la importancia del ciclo del agua; ii) comprender la complejidad del acuífero kárstico; iii) identificar prácticas sostenibles y actividades contaminantes en la gestión hídrica; iv) relacionar la calidad del agua con la salud pública y v) destacar el papel de los docentes en la gestión hídrica. Se diseñó una estructura temática para responder a los objetivos (Fig. 2).

Figura 2. *Estructura temática taller "El oro azul del planeta, educar para la sostenibilidad hídrica"*

3.3.1.1. Taller sincrónico

En el formato sincrónico, los estudiantes se conectaron en línea simultáneamente con la facilitadora, y guiados por ella, realizaron actividades durante dos sesiones de tres horas cada una. Las actividades incluyeron exposiciones por parte de la facilitadora y el uso de recursos visuales que servían de base para las discusiones. Después de estas actividades siguieron sesiones plenarias que llevaron a los estudiantes a analizar, aplicar, recordar y evaluar los temas. Solo una facilitadora, la autora de la presente tesis, con experiencia docente y formación especializada en Psicología y Ecología Humana, dirigió todas las sesiones y a los estudiantes durante el taller, ofreció explicaciones adicionales cuando fuera necesario y facilitó los debates en grupo.

La actividad de cierre del taller sincrónico fue un debate, en el cual los estudiantes analizaron el tema: “La factibilidad de la megaindustria porcina en las condiciones territoriales kársticas de Yucatán”. Se integraron dos equipos con roles diferenciados: el grupo de los “conservacionistas”, conformado por los estudiantes con número par en la lista alfabética del grupo, quienes argumentaron en contra de la instalación de la megaindustria porcina en Yucatán; y el grupo de los “desarrolladores”, compuesto por los números impares de la misma lista, quienes defendieron el desarrollo de dicha industria.

El jurado lo constituyeron cinco personas seleccionadas al azar, los últimos cinco números de la lista y la facilitadora actuó como mediadora durante el debate. Se fijó un plazo para organización de ideas y la preparación de argumentos. Se les entregó un cuestionario diseñado como un ejercicio argumentativo (Anexos 4 y 5), que debía analizarse con base en la información presentada durante el taller y disponible en la red. A partir de éste, construir sus ideas, dialogar en equipo, y delimitar sus argumentos en dicho documento. Después de analizar el caso y responder el cuestionario, se dio inicio el debate. Las preguntas detonadoras fueron: i) ¿es posible que la mega industria porcina se desarrolle en territorio kárstico?, ii) ¿qué condiciones debe cumplir y qué se debe evitar? La estructura del debate permitió que, en el tiempo establecido, intercambiaran ideas, las analizaran y las rebatieran con argumentos, la facilitadora resumió los puntos clave de cada equipo y el jurado calificó mediante una rúbrica (Anexo 7). En cada taller se obtuvieron dos ejercicios argumentativos correspondientes a cada equipo y se evaluó que, en las respuestas, a favor o en contra, se integraran elementos de las competencias adquiridas, como conocimiento, contextualización de la

hidrogeología de Yucatán, pensamiento crítico, visión de futuro, toma de acción y aclaración de valores. Las respuestas se analizaron y se categorizaron para obtener las ideas centrales y establecer patrones.

3.3.1.2. Taller asincrónico

En el formato asincrónico, los estudiantes accedieron a un espacio virtual en Google Classroom®. Se escogió dicha plataforma porque fue la utilizada en las escuelas durante la pandemia y estaban familiarizados con ella. El contenido se dio a través de videos, material informativo y ejercicios. Los estudiantes gestionaron sus tiempos, en un período de una semana. La interacción con la facilitadora fue a través de correo electrónico y mensajería, en ningún momento hubo una interacción visual, primaria, de persona a persona.

La actividad final del taller asincrónico consistió en analizar la implementación de la mega industria porcina en un territorio kárstico. Para ello se les pidió que analizaran individualmente el cuestionario tipo ejercicio argumentativo (Anexo 6) cuyo diseño permitió evaluar la aplicación de las competencias de Conocimiento, Contextualización, Pensamiento crítico y Visión de futuro.

El objetivo fue identificar cómo integraron los conceptos adquiridos durante el taller a los argumentos del análisis. Primero, desarrollaron argumentos en contra de la instalación de dicha industria, considerando los riesgos y la vulnerabilidad del territorio de la Península de Yucatán. Posteriormente, justificaron los argumentos a favor esgrimidos para el desarrollo de esta industria, pero indicando las condiciones necesarias para mitigar los daños en su ejecución dentro de un territorio kárstico.

Adicionalmente, para evaluar las competencias sobre Toma de acción y Aclaración de valores, orientadas hacia la percepción individual, se realizó un

análisis del discurso basado en la información obtenida. Este análisis permitió identificar las ideas centrales, constituir categorías y establecer frecuencias de los conceptos manejados por los estudiantes.

3.3.1.3. Diseño de recursos digitales de apoyo

Se diseñaron vídeos educativos como introducción a los temas del sistema hídrico socio-ecológico que se abordan en el taller. Los videos fueron guiones originales, escritos, diseñados y producidos por la autora y la directora de la tesis. Cada video fue elaborado para complementar y facilitar el análisis de cada tema con una secuencia establecida, y fue posible observarlos en forma individual o repetir contenidos en el taller asincrónico, si fuera necesario. Las temáticas fueron: i) ciclo del agua; ii) hidrogeología de Yucatán; iii) problemas en la gestión hídrica, iv) educación para la sostenibilidad hídrica; v) Derecho Humano al Agua potable y Saneamiento, y vi) Estado del Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento en Yucatán. Los vídeos están disponibles para utilizar con fines educativos, dando los créditos correspondientes, en la página oficial de Youtube® del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. (https://www.youtube.com/playlist?list=PLWqgJoZoHq_3jjjZVh1qNWj8_UQo-pl-n).

3.3.1.4. Evaluación de los talleres

En ambas modalidades, los significados, conocimientos y percepciones sobre los recursos hídricos, así como los cambios que ocurrieron antes y después de la exposición al taller, se evaluaron mediante cuestionarios (Anexo 1) que los participantes respondieron antes y después de cada taller. En el caso de las sesiones del taller relacionadas con el tema del DHAS y sus impactos, los participantes utilizaron una herramienta de autoevaluación (Anexo 2) para evaluar

cómo perciben su seguridad hídrica, las amenazas y los riesgos en la vida cotidiana. Esta autoevaluación constó de 28 preguntas organizadas en tres secciones: i) medición del acceso, la calidad y la disponibilidad de agua en el hogar (mediante una escala de Likert); ii) evaluación del saneamiento doméstico y municipal en sus hogares, mediante respuestas afirmativas o negativas; y iii) respuestas abiertas a preguntas sobre ¿cómo afecta la vulnerabilidad del agua a la salud pública? ¿Qué factores garantizan la seguridad del agua? ¿Qué papel desempeñan los ciudadanos en la gestión del agua, y ¿Cómo puede colaborar el ciudadano en la gestión del agua?

Para complementar la información, se llevó a cabo una encuesta para evaluar las opiniones de la comunidad sobre el DHAS, recopilando información sobre las amenazas, la gravedad de los impactos y la susceptibilidad de los participantes (Anexo 3). Esta encuesta contenía nueve preguntas abiertas divididas en tres partes: i) Identificación de problemas con la gestión del agua, ii) reconocimiento de posibles soluciones para las deficiencias de la gestión y la crisis del agua, iii) evaluación de los efectos de la crisis del agua y las deficiencias en la aplicación del DHAS.

3.3.1.5. Análisis de resultados

Las respuestas fueron analizadas a través de una matriz de evaluación que permitió comparar las respuestas antes de la intervención con las respuestas posteriores, respecto a las competencias descritas (véase Cuadro 1), así como la identificación de los conceptos y la percepción, como creencias y opiniones, que manejan en relación con los recursos hidrogeológicos de su entorno natural. Los

niveles de adquisición fueron: i) adquirido, si las respuestas demostraron un conocimiento pleno de la competencia con explicación de los procesos, teorías y relaciones y ii) no adquirido, si las respuestas reflejaran falta de conocimiento sobre las competencias y procesos evaluados. Posteriormente, se establecieron frecuencias de respuestas y se compararon las diferencias en la distribución entre el diagnóstico y ambos talleres, Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Minitab®. Se realizaron pruebas de χ^2 (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2019) de independencia para explorar la asociación entre las variables y se complementó con la prueba V de Cramer con el objetivo de medir la fuerza de asociación entre las variables categóricas y estimar el tamaño del efecto. Esta fuerza de asociación se interpretó de la siguiente forma: débil (0.10- 0.19), moderada (0.20-0.39), relativamente fuerte (0.40-0.59) y fuerte (> 0.60) (Newhart & Patten, 2023).

La evaluación cualitativa de las preguntas abiertas fue mediante el análisis de contenido temático, para explorar significados, percepciones y patrones de respuesta usando la metodología descrita por Lindgren y colaboradores (2020).

Los datos de las herramientas de evaluación, incluyendo el cuestionario y la autoevaluación, se organizaron y categorizaron en Microsoft Excel®. Se realizó un análisis de las respuestas para identificar categorías clave, patrones y frecuencias, lo que aclaró los conceptos con los que interactuaron los estudiantes. En las preguntas abiertas, los participantes podían enviar varias respuestas.

En el caso de los instrumentos para evaluar el DHAS, se contabilizaron las respuestas para evaluar la frecuencia y se calcularon porcentajes para mostrar el estado del DHAS, la gobernanza en la gestión del agua y las opiniones de los

participantes sobre el agua y el saneamiento. Las respuestas en escala de Likert se analizaron mediante una prueba alfa de Cronbach para medir la fiabilidad interna del cuestionario. Se utilizó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de las varianzas de los grupos comparados. Para mejorar la visualización de los resultados y evaluar la adherencia a los parámetros del DHAS para generar la Figura 7 del capítulo 5, las respuestas de los estudiantes se categorizaron en: buenas, para quienes informaron que siempre recibían el servicio; regulares, para quienes indicaron que lo recibían casi siempre o regularmente; y malas, para quienes dijeron que lo recibían rara vez o nunca.

3.3.2. Prueba Piloto

Los recursos digitales y los instrumentos de evaluación se desarrollaron con base en el conocimiento científico actual. Un aspecto crucial del estudio consistió en validar los instrumentos de evaluación mediante un proceso riguroso. Se realizó una prueba piloto en junio de 2021 en la Escuela Normal de Ticul, en la que participaron 80 alumnos, los participantes ya habían terminado sus estudios. Los resultados de la prueba piloto verificaron la validez y confiabilidad de los instrumentos, con análisis que revelaron un Alfa de Cronbach de 0.60 para las secciones de opción múltiple y resultados consistentes en las respuestas abiertas. Aunque el Alfa de Cronbach obtenido fue de 0.60, este valor se considera aceptable en el entorno educativo cuando se trata de instrumentos de naturaleza exploratoria o formativa. Además, la consistencia observada en las respuestas abiertas respalda la validez del instrumento, conforme a los criterios establecidos por What Works Clearinghouse (2022). Algunos ítems se redactaron nuevamente para que sean más claros antes de su uso final, lo que mejoró la calidad de nuestros datos.

3.3.3. Implementación de talleres electrónicos en modalidades sincrónica y asincrónica

3.3.3.1. Fase diagnóstica

En agosto de 2022, se presentó el proyecto a los directivos de las tres instituciones (Ticul, Valladolid y Dzidzantún). Una vez que aceptaron cooperar, se realizó un acercamiento con los estudiantes. Se realizó una sesión informativa con los alumnos para exponer los objetivos y la estructura del estudio de intervención educativa (modalidad *e-learning*). Los que aceptaron participar firmaron el consentimiento informado. En la carta se detallaba el modo en que los investigadores gestionarían los datos de forma confidencial y anónima, se aseguraba a los participantes que no habría consecuencias negativas al optar por no participar y que podían retirarse del estudio en cualquier momento (Anexo 8).

En septiembre, se aplicaron los instrumentos diagnósticos de forma sincrónica, a través de Google Meet® y se guío a todos los estudiantes que iban a participar en el proceso de acceso a Google Forms® para cada instrumento. Este diagnóstico permitió reconocer el conocimiento previo que los estudiantes tenían sobre el tema. De los 211 estudiantes inscritos en el segundo semestre, participaron 200. Se obtuvieron 200 cuestionarios diagnósticos, para evaluar el conocimiento de base que los estudiantes tenían. Después del ejercicio diagnóstico, los estudiantes fueron divididos en dos grupos: i) Grupo 1, experiencia sincrónica n=100, participó en talleres guiados en la plataforma Google Meet® con una facilitadora y ii) Grupo 2, experiencia asincrónica n=100, que accedió a materiales y actividades a través de Google Classroom®.

3.3.3.2. Fase de desarrollo

De septiembre a noviembre de 2022, se realizaron tres talleres en cada modalidad. Los participantes del taller sincrónico realizaron las actividades fuera del horario escolar en la plataforma Google Meet®, con sesiones interactivas de tres horas. Los participantes del taller asincrónico recibieron un enlace por correo con las claves de acceso para ingresar a la plataforma Google Classroom® y realizar las actividades en un lapso de una semana, con apoyo remoto del facilitador, si así los participantes lo requerían.

3.3.3.3. Fase de cierre

Para agradecer la colaboración de las escuelas normales en el estudio, se ofreció como cierre de actividades la conferencia “Educar para la sostenibilidad hídrica, la importancia de transformar las enseñanzas sobre el agua para una mejor gestión”, abierta a todos los estudiantes de las escuelas participantes. Adicionalmente, se informó a los docentes de Geografía en qué temas presentaban menos competencias y se brindaron materiales para que trabajaran en clases y reforzaran los contenidos, así como el acceso indefinidamente libre a los vídeos educativos.

CAPÍTULO 4. El *E-LEARNING* COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA SOSTENIBILIDAD HÍDRICA ANTE LA PREGUNTA ¿CÓMO MEJORAR LA CULTURA DEL AGUA?

4.1. Introducción

De acuerdo con los objetivos planteados, en este capítulo se caracterizaron los conocimientos previos de los estudiantes normalistas, lo que permitió comparar qué modalidad favorece una mayor adquisición de competencias. Adicionalmente, se examinó si alguna de las modalidades propiciaba una comprensión más profunda o crítica sobre los derechos humanos relacionados con el agua y el saneamiento, y cuál de ellas facilitó en mayor medida la apropiación significativa del contenido y el desarrollo de competencias orientadas a la toma de acción en la práctica docente.

4.2. Resultados

Los instrumentos (diagnóstico y de modalidad) fueron evaluados según los procesos cognitivos asociados a cada competencia: i) cognición, que refleja la organización, razonamiento y aplicación de la información obtenida y ii) percepción, relacionada con la captación y comprensión sensorial para formar opiniones. Se elaboró una matriz de evaluación que contenía las respuestas correctas, si la respuesta del estudiante coincidía, se consideraba que la competencia había sido adquirida, en caso contrario, se consideraba como no adquirida. La evaluación fue rigurosa porque estos estudiantes reciben entrenamiento para ser maestros de educación primaria y, por lo tanto, deben poseer conocimientos superiores al promedio poblacional.

Se comparó el nivel de adquisición de competencias de los estudiantes antes y después de la aplicación de los talleres, mediante una prueba de χ^2, considerando

que los datos eran categóricos, adquirido y no adquirido. Esto permitió comparar las proporciones de estudiantes que adquirieron o no las competencias después de la intervención, con el objetivo de determinar si la intervención fue significativa. Se evaluó la independencia entre la variable “exposición al conocimiento” antes y después y nivel de adquisición si fuera adquirida o no, para determinar el impacto de la intervención. Se plantearon las siguientes hipótesis: Ho: No existen diferencias estadísticamente significativas en la adquisición de competencias entre la intervención sincrónica y la intervención asincrónica. Ha: Existen diferencias estadísticamente significativas en la adquisición de competencias entre la intervención sincrónica y la intervención asincrónica. No se rechazó la hipótesis nula, ya que no se encontraron diferencias significativas entre las intervenciones. Ambas fueron igualmente efectivas en la adquisición de competencias.

Para evaluar las percepciones, se hizo una comparación entre la percepción de los participantes perciben y las condiciones actuales de la situación hídrica global y regional según la información científica y gubernamental disponible.

4.2.1. Resultados Cuestionario

En cuanto a las competencias sobre conocimiento en hidrología (Cuadro 2), se observó que en el análisis de χ^2 hubo diferencias significativas en la adquisición de competencias en todos los temas antes y después de la intervención.

Cuadro 2. Análisis de χ^2: comparación entre la evaluación diagnóstica y los talleres de la competencia Conocimiento en hidrología

Competencia	χ^2 (p)	V de Cramer	Tamaño del efecto
1. Porcentaje agua dulce en el planeta			
Diagnóstico vs. TS	40.623 (<0.000) *	0.368	Moderado
Diagnóstico vs. TA	29.483 0.000) *	0.313	Moderado
TS vs. TA	2.749 (0.097)	0.117	Débil
2. Porcentaje agua dulce accesible			
Diagnóstico vs. TS	58.913 (<0.000) *	0.443	Relativamente fuerte
Diagnóstico vs. TA	47.765 (<0.000) *	0.399	Moderado
TS vs. TA	1.418 (0.234)	0.084	Muy débil
3. Fases del ciclo del agua			
Diagnóstico vs. TS	29.126 (<0.000) *	0.312	Moderado
Diagnóstico vs. TA	58.447 (<0.000) *	0.441	Relativamente fuerte
TS vs. TA	7.435 (<0.006) *	0.193	Débil
4. Actividades humanas que afectan el ciclo			
Diagnóstico vs. TS	18.182 (<0.000) *	0.246	Moderado
Diagnóstico vs. TA	11.538 (<0.000) *	0.196	Débil
TS vs. TA	0.814 (0.367)	0.064	Muy débil
5. ¿Qué es la sostenibilidad hídrica?			
Diagnóstico vs. TS	20.889 (<0.000) *	0.264	Moderado
Diagnóstico vs. TA	31.823 (<0.001) *	0.326	Moderado
TS vs. TA	1.363 (0.243)	0.083	Muy débil
6. Causas de la escasez hídrica			
Diagnóstico vs. TS	21.782 (<0.000) *	0.269	Moderado
Diagnóstico vs. TA	8.160 (<0.004) *	0.165	Débil
TS vs. TA	3.507 (0.061)	0.132	Débil

Nota: TS, taller sincrónico; TA, taller asincrónico. Valores estadísticamente significativos están señalados con un asterisco.

En la evaluación diagnóstica, los estudiantes demostraron un conocimiento limitado sobre el ciclo del agua, lo describieron de forma incompleta, las fases más identificadas fueron evaporación, condensación y precipitación, sin embargo, no reconocieron los procesos de evapotranspiración, escorrentía, infiltración y flujo de agua subterránea.

El ejemplo de respuesta más común en este ítem fue:

"El agua sube en forma de vapor, se concentra en el cielo y después llueve". Mujer, 19 años, diagnóstico Dzidzantún.

Después de los talleres los estudiantes integraron más fases en sus respuestas, incluso utilizando los términos correctos. Por ejemplo:

"El vapor que sale del mar, evaporación y de las plantas, evapotranspiración, sube al cielo y ahí se condensa y cae como precipitación, cuando cae en el terreno se escurre, eso se llama escorrentía, si el terreno lo deja también se infiltra y se acumula de forma subterránea, esta agua más adelante sale al mar o a otros cuerpos de agua". Mujer, 20 años, taller sincrónico, Ticul.

"El agua que sale del mar o de otros seres vivos se evapora, se evapotranspira y sube al cielo, ahí se condensa y cuando se acumula, cae a la tierra en forma de precipitación, se va escurriendo por el terreno, eso se llama escorrentía y si las condiciones del suelo lo permiten se infiltra y se acumula, eso se convierte en un flujo de agua subterránea y generalmente avanza hacia cuerpos de agua más grandes como el mar". Hombre, 19 años, taller asincrónico, Dzidzantún.

Se encontraron diferencias significativas en las frecuencias de respuestas relacionadas con el tema del ciclo del agua entre ambos talleres, los estudiantes del asincrónico mostraron niveles más altos de adquisición. Para determinar el tamaño del efecto de estas diferencias, se realizó la prueba V de Cramer y se obtuvo un valor de 0.193, como se detalló en la sección de metodología, este resultado indicó un efecto débil, por lo que el impacto de las diferencias entre estos grupos no es determinante en los resultados. En el tema de identificación de las causas de la escasez hídrica, no se encontraron diferencias estadísticamente

significativas al nivel del punto de corte estadístico convencional (p≤0.05), la diferencia estadística produjo un valor de *p*=0.061 entre los dos talleres. Sin embargo, considerando que el valor de *p* está cercano al umbral, es posible que exista una relación que no haya sido identificada por el tamaño de la muestra. La prueba V de Cramer arrojó un valor de 0.132, indicando una relación débil, lo que sugiere que ambos talleres tuvieron comportamientos similares en esta variable.

Cuadro 3. Análisis de χ^2: comparación entre la evaluación diagnóstica y talleres de la competencia Conocimiento y Contextualización de hidrogeología en Yucatán

Competencia	χ^2 (p)	V de Cramer	Tamaño del efecto
7. Fuente de agua dulce en Yucatán			
Diagnóstico vs. TS	33.113 (<0.000) *	0.332	Moderado
Diagnóstico vs. TA	24.669 (<0.000) *	0.287	Moderado
TS vs. TA	0.977 (0.323)	0.070	Muy débil
8. Características paisajes kársticos			
Diagnóstico vs. TS	116.713 (<0.000) *	0.624	Fuerte
Diagnóstico vs. TA	109.752 (<0.000) *	0.605	Fuerte
TS vs. TA	0.521 (0.470)	0.051	Muy débil
9. Formación agua subterránea			
Diagnóstico vs. TS	126.349 (<0.000) *	0.649	Fuerte
Diagnóstico vs. TA	109.752 (<0.000) *	0.605	Fuerte
TS vs. TA	1.170 (0.279)	0.076	Muy débil
10. Recarga agua subterránea			
Diagnóstico vs. TS	27.556 (<0.000) *	0.303	Moderado
Diagnóstico vs. TA	27.556 (<0.000) *	0.303	Moderado
TS vs. TA	0.000 (1.000)	0.000	Nulo
11. Permanencia contaminantes en agua subterránea			
Diagnóstico vs. TS	115.848 (<0.000) *	0.621	Fuerte
Diagnóstico vs. TA	76.075 (<0.000) *	0.503	Relativamente fuerte
TS vs. TA	6.948 (<0.008) *	0.186	Débil
12. Vulnerabilidad sistemas kársticos			
Diagnóstico vs. TS	129.293 (<0.000) *	0.656	Fuerte
Diagnóstico vs. TA	148.157(<0.000) *	0.703	Fuerte
TS vs. TA	1.705 (0.192)	0.092	Muy débil
13. Retos de la gestión del agua subterránea			
Diagnóstico vs. TS	68.923 (<0.000) *	0.479	Relativamente fuerte
Diagnóstico vs. TA	53.857 (<0.000) *	0.423	Relativamente fuerte
TS vs. TA	1.323 (0.250)	0.081	Muy débil

Nota: TS, taller sincrónico; TA, taller asincrónico. Valores estadísticamente significativos están señalados con un asterisco.

En la adquisición de competencias sobre conocimiento y contextualización de hidrogeología de Yucatán, en la evaluación diagnóstica los estudiantes

demostraron serias deficiencias para entender la hidrogeología y el funcionamiento del sistema kárstico. Tuvieron poco conocimiento de los procesos y relaciones entre sus elementos. Sin embargo, destaca que fue la unidad temática con los mejores niveles de adquisición después de las intervenciones y donde el tamaño del efecto oscilo entre relativamente fuerte y fuerte. Los resultados del análisis de χ^2 (Cuadro 3) demuestran que ambos talleres presentaron diferencias significativas respecto a la evaluación diagnóstica. Los estudiantes identificaron de dónde se obtiene el agua dulce en Yucatán; cómo se forma y recarga el acuífero; las características de los paisajes kársticos y su vulnerabilidad, así como los retos relacionados con la gestión de agua subterránea.

Sobre la dinámica de la contaminación en el agua subterránea, en el diagnóstico, las respuestas reflejaron desconocimiento sobre el tema o se enfocaron en las causas más evidentes de contaminación. Por ejemplo:

"Fugas y derrames de sustancias, utilizadas o producidas por el ser humano (gasolinas, fertilizantes, aguas negras, desechos industriales, entre otras), se infiltran y llegan al agua subterránea, la contaminan y ocasionan que no sea apta para uso humano". Mujer, 19 años, diagnóstico Valladolid.

En contraste, después de los talleres las respuestas fueron más técnicas y precisas, como:

"El agua que cae se infiltra, pero como hay un gradiente hidráulico bajo, los contaminantes que entran permanecen mucho tiempo porque el flujo de agua subterránea es muy lento". Mujer, 18 años, taller sincrónico Ticul.

"Bajo gradiente hidráulico que provoca que los contaminantes permanezcan porque el flujo de agua subterránea es lento y principalmente

vertical". Hombre, 20 años, taller asincrónico Valladolid.

El taller sincrónico presentó mejores resultados que el asincrónico. Para verificar el tamaño del efecto, se realizó la prueba V de Cramer, se obtuvo un valor de 0.093, indicando que, aunque la diferencia fue significativa en la prueba de χ^2, el efecto es débil, este estadístico sugiere que las diferencias entre ambos grupos no son sustanciales y tuvieron un impacto similar en la adquisición de competencias.

Cuadro 4. Análisis de χ^2: Comparación entre la evaluación diagnóstica y los talleres de las competencias Contextualización y Pensamiento crítico

Competencia	χ^2 (p)	V de Cramer	Tamaño del efecto
1. Identificar responsables de la gestión hídrica en México			
Diagnóstico vs. TS	155.128 (<0.000) *	0.719	Fuerte
Diagnóstico vs. TA	86.669 (<0.000) *	0.537	Relativamente fuerte
TS vs. TA	19.175 (<0.000) *	0.310	Moderado
2. Reconocer problemáticas hídricas en México			
Diagnóstico vs. TS	1.332 (0.248)	0.067	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	0.521 (0.470)	0.042	Muy débil
TS vs. TA	0.205 (0.651)	0.032	Muy débil
3. Identificar retos en la gestión del agua dulce			
Diagnóstico vs. TS	90.022 (<0.000) *	0.548	Relativamente fuerte
Diagnóstico vs. TA	71.392 (<0.000) *	0.488	Relativamente fuerte
TS vs. TA	3.191 (0 .068)	0.126	Débil
4. Identificar el origen de fallas en la gestión hídrica			
Diagnóstico vs. TS	8.821 (<0.003) *	0.171	Débil
Diagnóstico vs. TA	23.582 (<0.000) *	0.280	Moderado
TS vs. TA	3.852 (0.050) *	0.139	Débil
5. Reconocer los efectos de la contaminación en salud pública			
Diagnóstico vs. TS	1.846 (0.174)	0.078	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	0.148 (0 .700)	0.022	Muy débil
TS vs. TA	1.020 (0.312)	0.071	Muy débil

Nota: TS, taller sincrónico; TA, taller asincrónico. Valores estadísticamente significativos están señalados con un asterisco.

El Cuadro 4, presenta los resultados relacionados con el pensamiento crítico y la contextualización de las competencias. En la evaluación diagnóstica los estudiantes fueron capaces de reconocer las principales problemáticas hídricas nacionales, así como establecer una relación entre calidad de agua y la salud pública. En estos temas no se observaron diferencias significativas antes y

después de la instrucción y entre los diferentes tipos de talleres. Los estudiantes destacan principalmente los problemas asociados con el acceso, disponibilidad y calidad de agua para toda la población, así como las graves consecuencias que tiene la contaminación del agua en la salud pública.

En el tema de identificación de responsables de la gestión hídrica, en la evaluación diagnóstica no reconocieron a los responsables específicos, refiriéndose a ellos de manera genérica, por ejemplo:

"El responsable de manejar las aguas es el gobierno". Mujer, 18 años, diagnóstico Ticul.

Después de la intervención, en ambos talleres se encontraron diferencias significativas. Los participantes identificaron de manera más precisa a las dependencias encargadas del manejo de agua a diferentes niveles. Por ejemplo:

"Los responsables a nivel nacional es la Conagua, que depende de la Semarnat y cada municipio es responsable de dar agua a sus habitantes, en Yucatán tenemos a la Japay, y los ciudadanos debemos de involucrarnos en esa gestión, para revisar que lo estén haciendo bien, involucrarnos en la planeación y hacer propuestas". Hombre, 19 años, taller sincrónico Valladolid.

"Los responsables de manejar el agua es la Conagua, la Semarnat y los gobiernos de cada municipio, como aquí que es la Japay, los ciudadanos también deberíamos participar para checar que trabajen bien y hacer propuestas". Mujer, 18 años, taller asincrónico Ticul.

El taller sincrónico fue más efectivo para identificar a los principales responsables de la gestión hídrica. Mediante la prueba V de Cramer se analizó el tamaño del efecto y se obtuvo un valor de 0.310, lo que indica una relación

moderada, esto respalda la afirmación.

En el tema de identificación del origen de las problemáticas hídricas en México, en la evaluación diagnóstica la mayoría de las causas atribuidas a las problemáticas se relacionaron con las condiciones de sequía y las altas temperaturas, por ejemplo:

"El clima está cambiando y eso hace que haya más sequías, hay lugares en México donde casi no llueve, hay mucho calor y eso hace que no le llegue agua a la gente". Mujer, 18 años, diagnóstico Dzidzantún.

Después de los talleres, las respuestas integraron aspectos como la falta de planeación, monitoreo y gobernanza de los organismos operadores de los recursos hídricos.

Ejemplo:

"Hay un cambio climático que está haciendo que no llueva cuando tiene que llover, pero también, los responsables no están distribuyendo bien el agua, dejan que las empresas se la lleven toda y no queda para nosotros, además de que las instalaciones de agua están viejas y no funcionan, así hay pueblos que nunca van a tener agua todos los días". Mujer, 20 años, taller sincrónico Valladolid.

"Yo pienso que no es sólo el clima que hace que no llueva cuando debe llover, tampoco se está manejando bien el agua, si no hubiera agua, las empresas tampoco tendrían agua, pero ahora hay estados donde no hay agua desde hace meses, pero la industria no deja de trabajar, ¿por qué no llega el agua a la gente entonces? Porque los responsables no están haciendo su trabajo". Hombre, 18 años, taller asincrónico Dzidzantún.

Las diferencias en las frecuencias de ambos talleres fueron significativas, y

los participantes del taller asincrónico obtuvieron un mayor porcentaje de adquisición respecto al diagnóstico. Sin embargo, la prueba V de Cramer mostró un valor de 0.139, indicando un efecto débil, aunque las diferencias son estadísticamente significativas en términos prácticos no son determinantes en los resultados.

Cuadro 5. Análisis de χ^2: comparación entre la evaluación diagnóstica y los talleres de las competencias Clarificación de valores, Emociones y Toma de acción

Competencia	χ^2 (p)	V de Cramer	Tamaño del efecto
1. Reconocer importancia ecosistémica del agua			
Diagnóstico vs. TS	47.623 (<0.000) *	0.398	Moderado
Diagnóstico vs. TA	24.561 (<0.000) *	0.286	Moderado
TS vs. TA	4.700 (0.030) *	0.153	Débil
2. Reconocer importancia del aprendizaje de la gestión sostenible de recursos naturales			
Diagnóstico vs. TS	1.020 (0.312)	0.058	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	1.020 (0.312)	0.058	Muy débil
TS vs. TA	0.000 (1.000)	0.000	Ninguno
3. Identificación de sentimientos ante las fallas de gestión de agua			
Diagnóstico vs. TS	2.765 (0.096)	0.096	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	1.087 (0.297)	0.060	Muy débil
TS vs. TA	0.421 (0.516)	0.046	Muy débil
4. Reconocer la capacidad docente para promover una interacción positiva con los recursos hídricos			
Diagnóstico vs. TS	2.749 (0.097)	0.096	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	2.749 (0.097)	0.096	Muy débil
TS vs. TA	0.000 (1.000)	0.000	Ninguno
5. Reconocer las competencias profesionales docente para promover la cultura del agua			
Diagnóstico vs. TS	19.207 (<0.000) *	0.253	Moderado
Diagnóstico vs. TA	5.980 (<0.014) *	0.141	Débil
TS vs. TA	5.701 (0.017) *	0.169	Débil

Nota: TS, taller sincrónico; TA, taller asincrónico. Valores estadísticamente significativos están señalados con un asterisco.

En el rubro de identificación del valor del agua, en el diagnóstico se encontró que los estudiantes le otorgaron un valor principalmente antropocéntrico y utilitario, por ejemplo:

"El agua es importante porque nos da vida a los seres humanos, también

nos sirve para bañarnos, lavar ropa y arreglar la casa". Mujer, 18 años, diagnóstico Ticul.

Después de ambos talleres resignificaron el valor ecosistémico del líquido, como clave para mantener la vida y el bienestar y se encontraron diferencias significativas en la distribución de frecuencias respecto a la evaluación diagnóstica (Cuadro 5).

Algunos ejemplos mencionados son:

"El agua crea las condiciones para que todo crezca, los humanos, los animales, los árboles, pero, también hace que vivamos mejor, nos ayuda a estar más sanos". Mujer, 19 años, taller sincrónico Dzidzantún:

"El agua es importante para que todos los ecosistemas estén bien, permite que los humanos y los otros seres vivos se desarrollen y vivan en buenas condiciones". Hombre, 20 años, taller asincrónico Valladolid.

Entre ambos talleres se presentaron diferencias significativas, el sincrónico presentó mayor frecuencia de adquisición respecto al asincrónico. Se realizó la prueba V de Cramer y se obtuvo un valor de 0.153, lo que indica una relación débil y el impacto práctico no es determinante en los resultados.

En los temas de identificación de los sentimientos (Cuadro 5) que generan las dificultades de acceso y disponibilidad de agua en el hogar, así como las afectaciones a la organización e higiene doméstica, no se encontraron diferencias significativas entre el cuestionario diagnóstico y los talleres. Los participantes reconocieron el impacto que tiene en la vida cotidiana una gestión deficiente sobre el agua, manifestando sentimientos de enojo y frustración por no poder realizar las actividades más básicas de higiene personal y limpieza del hogar, y se mantuvieron

tanto en el diagnóstico como después de los talleres.

Sobre la importancia de enseñar a las siguientes generaciones a manejar y conservar mejor los recursos hídricos, no se encontraron diferencias significativas en la distribución de frecuencias de los niveles de adquisición entre el diagnóstico y los talleres. Para los estudiantes es claro que es una necesidad que se debe abordar; reconocen que los docentes tienen un papel importante para la transmisión adecuada de estos temas y contribuir a construir una nueva cultura del agua, pero destacan la necesidad de prepararse mejor y que actualmente no cuentan con los conocimientos necesarios para lograrlo.

En la identificación de las competencias docentes necesarias para abordar estos temas, en el diagnóstico los estudiantes se enfocaron principalmente en el conocimiento del tema. Por ejemplo:

"Pues para poder enseñar estos temas, la verdad necesitamos aprender más, yo no conozco muy bien lo del agua y no sé si yo pueda enseñarlo bien". Hombre, 19 años, diagnóstico Ticul.

Después de la intervención, ambos talleres presentaron diferencias respecto a la evaluación diagnóstica, se puede observar que después de los talleres incluyeron competencias como pensamiento crítico, contextualización, así como la mejor adecuación de herramientas didácticas.

Algunos ejemplos de respuestas son:

"Yo pienso que además de saber sobre el tema, también debemos aprender a reconocer la situación del agua en nuestro país, saber cómo se está manejando, a quienes perjudica el manejo y, sobre todo, cuestionar la forma en cómo se maneja, si no, no vamos a poder enseñar a nuestros alumnos a enfrentar la crisis

del agua". Hombre, 17 años, taller sincrónico Valladolid.

"Después del taller, entendí que tengo que saber más, porque no conocía muchas cosas, sobre todo del manejo del agua, de cómo debe ser el agua que recibo, lo que pasa si el agua no está limpia para tomar, la gran cantidad de agua que se llevan las empresas y como la contaminan, me gustaría enseñarles mejor estos temas a mis alumnos, porque a ellos les va a tocar peor". Mujer, 19 años, taller asincrónico Dzidzantún.

Entre los dos talleres se encontraron diferencias significativas. Para identificar el tamaño del efecto de las diferencias se realizó la prueba V de Cramer y se obtuvo un valor de 0.163, lo que indica que, a pesar de la significancia, el impacto de esas diferencias es muy débil.

Es importante señalar que en las tres evaluaciones la competencia del conocimiento es señalada como indispensable.

4.2.2. Resultados autoevaluación

Este instrumento brindó información muy valiosa sobre cómo los participantes perciben los servicios públicos municipales de agua y saneamiento. Se investigó si se reconocen como sujetos vulnerados y si este reconocimiento influye en su capacidad para identificarse como sujetos activos para enfrentar los grandes problemas de la gestión hídrica desde el aula de clases. Se obtuvieron 400 autoevaluaciones (diagnóstico 200, taller sincrónico 100 y asincrónico 100).

Se revisaron datos oficiales y publicaciones científicas (Cuadro 6), para establecer las condiciones actuales de los servicios públicos de agua en Yucatán; con el objetivo de entender mejor la información se categorizó de la siguiente forma: se estableció como bueno si el servicio se otorga siempre y de forma eficiente,

cumpliendo con las características del parámetro; como regular si lo recibían ocasionalmente o fallando en algunas condiciones y se definió como malo si presentaba fallas continuas o no tenían el servicio.

Cuadro 6. Cumplimiento actual de los parámetros del DHAS en Yucatán

Parámetro DHAS	DHAS Yucatán Información científica y oficial	Categoría según cumplimiento
Agua accesible dentro del hogar	Agua dentro del hogar (entre 40 y el 70% de viviendas). Sistemas de almacenamiento ante flujo intermitente (95% de las viviendas) (INEGI, 2020; Gonzalez-Gomez et al., 2011).	Regular
Agua llega al hogar	Viviendas conectadas a red pública de agua (entre 75% y 95%). Servicio intermitente por días y horas (Guardiola et al., 2010[A], INEGI, 2020).	Malo
Agua con olor, sabor y color aceptable	Agua entubada con sabor desagradable, mal olor y en ocasiones turbidez. Se reporta exceso o falta de cloración. (Guardiola et al., 2010[B]; Cervantes et al.,2021)	Malo
Agua entubada potable	No hay plantas potabilizadoras municipales en Yucatán (CONAGUA, 2021). Se han encontrado en el acuífero coliformes fecales, agroquímicos, metales pesados, etc. (Árcega-Cabrera et al., 2014; Derrien et al., 2015; Hoogesteijn, 2015, Árcega- Cabrera et al, 2021; Martínez-Casales et al.,2022; Polanco et al*.,* 2022)	Malo
Baño dentro del hogar	Hogares con baños con sistemas de saneamiento que no cumplen normativas (Febles-Patrón y Hoogesteijn, 2010).	Regular
Tratamiento de aguas residuales a nivel municipal	No hay plantas de tratamiento operativas en el interior del estado. Se tratan menos del 3% de las aguas que se extraen (DOGEY, 2019; CONAGUA, 2021).	Malo
Tratamiento residuos sólidos urbanos municipal	No existen rellenos sanitarios en el interior del estado que cumplan con las normas de manejo, son tiraderos a cielo abierto (DOGEY, 2019).	Malo
Costo Agua purificada	El consumo promedio de agua embotellada por hogares mexicanos representa un gasto de 4.5% mensual del salario promedio (Montero & Gutiérrez, 2024). En Yucatán la percepción ciudadana es que es costoso consumir agua embotellada (Guardiola et al., 2010[A]; Guardiola et al., 2010[B])	Malo
Costo Agua entubada	Agua entubada tiene un costo de 8 pesos por metro cúbico, en municipios manejan cuotas fijas mensuales. El costo del agua no sobrepasa el 3% del salario mensual promedio. La percepción ciudadana es que el agua entubada es barata (González-Gómez et al.,2010)	Bueno

Se observan deficiencias en el cumplimiento de todos los parámetros, especialmente en los de potabilidad y aceptabilidad en los procesos de saneamiento de las aguas domésticas y municipales; no existen plantas potabilizadoras en el estado; la mayor parte de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales domésticas no cumple con las normas de construcción, tampoco existen suficientes plantas de tratamiento a nivel municipal para tratar las aguas residuales y devolverlas limpias al manto freático; se han encontrado contaminantes en el agua subterránea que afectan la salud ecosistémica. El parámetro de la asequibilidad del agua entubada es el único que se cumple pues las tarifas no rebasan el 3% del ingreso mensual promedio en Yucatán.

Una vez establecidas las condiciones actuales, se realizó la comparación entre la respuesta más frecuente sobre la percepción de cumplimiento de los parámetros del DHAS antes (diagnóstico) y después (talleres) y el estado actual de dichos parámetros.

El análisis de χ^2 (Cuadro 7) demostró diferencias significativas entre la evaluación diagnóstica y los talleres en los parámetros de: i) accesibilidad; ii) disponibilidad; iii) potabilidad; iv) asequibilidad del agua embotellada y v) aceptabilidad. En la asequibilidad del agua entubada no se observaron cambios significativos en la distribución de frecuencias entre las percepciones del diagnóstico general y los talleres.

Cuadro 7. Análisis de χ^2: comparación sobre la adecuación a la realidad en la percepción de cumplimientos de los parámetros evaluados entre el test diagnóstico y los resultados de los talleres

Parámetro	χ^2 (p)	V de Cramer	Tamaño del efecto
1. Accesibilidad			
Diagnóstico vs. TS	16.903 (<0.000) *	0.237	Moderado
Diagnóstico vs. TA	18.065 (<0.000) *	0.245	Moderado
TS vs. TA	0.021 (0.884)	0.010	Muy débil
2. Disponibilidad			
Diagnóstico vs. TS	8.081 (<0.004) *	0.164	Débil
Diagnóstico vs. TA	5.222 (<0.022) *	0.132	Débil
TS vs. TA	0.321 (0.571)	0.040	Muy débil
3. Potabilidad			
Diagnóstico vs. TS	9.921 (<0.000) *	0.182	Débil
Diagnóstico vs. TA	6.095 (<0.014) *	0.142	Débil
TS vs. TA	0.500 (0.480)	0.050	Muy débil
4. Asequibilidad agua embotellada			
Diagnóstico vs. TS	5.922 (<0.015) *	0.140	Débil
Diagnóstico vs. TA	4.338 (<0.037) *	0.120	Débil
TS vs. TA	0.130 (0.718)	0.025	Muy débil
5. Asequibilidad agua entubada			
Diagnóstico vs. TS	1.281 (0.258)	0.065	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	0.501 (0.479)	0.041	Muy débil
TS vs. TA	0.180 (0.671)	0.030	Muy débil
6. Aceptabilidad			
Diagnóstico vs. TS	5.627 (<0.018) *	0.137	Débil
Diagnóstico vs. TA	13.522 (<0.000) *	0.212	Moderado
TS vs. TA	1.280 (0.258)	0.080	Muy débil
7. Saneamiento aguas residuales domésticas			
Diagnóstico vs. TS	0.040 (0.841)	0.012	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	1.276 (0.259)	0.065	Muy débil
TS vs. TA	0.866 (0.352)	0.066	Muy débil
8. Saneamiento aguas residuales municipales			
Diagnóstico vs. TS	0.040 (0.841)	0.012	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	2.168 (0.140)	0.085	Muy débil
TS vs. TA	1.625 (0.202)	0.090	Muy débil
9. Saneamiento residuos sólidos urbanos			
Diagnóstico vs. TS	1.877 (0.171)	0.079	Muy débil
Diagnóstico vs. TA	2.298 (0.130)	0.088	Muy débil
TS vs. TA	0.022 (0.883)	0.010	Muy débil

Nota: TS, taller sincrónico; TA, taller asincrónico. Valores estadísticamente significativos están señalados con un asterisco.

En el caso del saneamiento doméstico, saneamiento municipal de aguas residuales y en el manejo de los residuos sólidos urbanos, no se encontraron diferencias significativas entre la distribución de frecuencias en los tres grupos, lo

que indica que a pesar de recibir información puntual sobre las fallas en el cumplimento de todos los rubros de saneamiento, existe desconocimiento sobre cómo debe ser un sistema de saneamiento eficiente, que integre el tratamiento de residuos sólidos urbanos y el tratamiento de las aguas residuales domésticas y municipales, así como una normalización de las fallas del servicio.

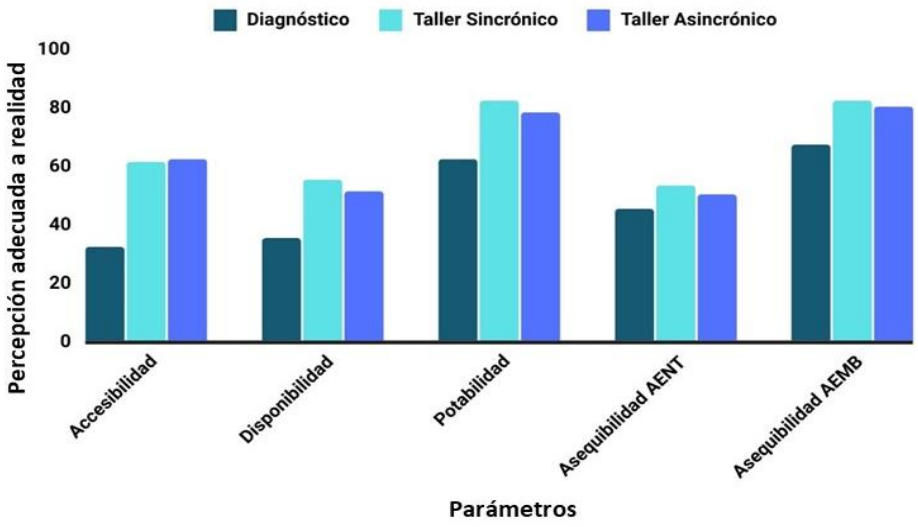

Figura 3. *Comparación sobre la adecuación a la realidad de la percepción del cumplimiento de los parámetros de accesibilidad, disponibilidad, potabilidad y asequibilidad agua entubada (AENT) y agua embotellada (AEMB) entre evaluación diagnóstica y los talleres*

Se muestran los resultados de los parámetros de accesibilidad, disponibilidad, potabilidad y asequibilidad de agua entubada y embotellada (Fig. 3). En cuanto al acceso y disponibilidad, en la evaluación diagnóstica la percepción más frecuente era que siempre tenían agua y a toda hora, lo que no coincidía con las condiciones actuales, después de los talleres incrementó la percepción adecuada a la realidad, ya que explicaban que no recibían agua todos los días en

un flujo continuo y tenían que almacenarla para no quedarse sin el líquido para las actividades cotidianas.

Sobre la potabilidad, en el diagnóstico más del 60% consideraba que el agua no podía consumirse porque les enfermaba y por eso tenían que comprar agua embotellada. Esta percepción, más adecuada con la realidad aumento, a más del 80% después del taller sincrónico. Es el único parámetro donde hubo diferencias significativas en la distribución de frecuencias entre el taller sincrónico y asincrónico.

En la evaluación diagnóstica y después de los talleres, la percepción más frecuente sobre la asequibilidad del agua embotellada de los estudiantes era que comprar agua embotellada representaba un gasto mensual importante, esta percepción se mantuvo.

En cuanto a la asequibilidad del agua entubada, en el diagnóstico y los talleres la percepción más frecuente era que lo que pagaban al municipio era muy económico, no rebasaba el 3% de los ingresos mensuales del hogar, coincidiendo con la realidad.

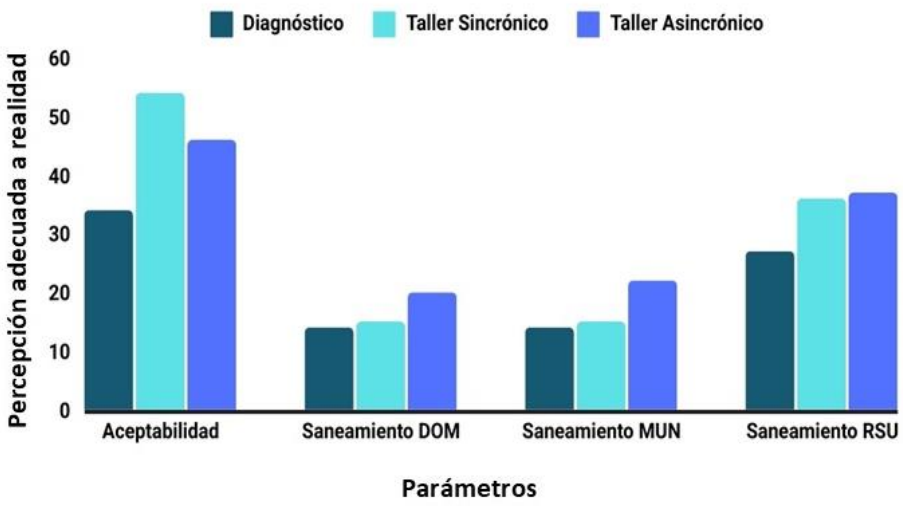

Figura 4. *Comparación sobre la adecuación a la realidad de la percepción de cumplimientos de los parámetros de aceptabilidad, saneamiento doméstico (DOM), municipal (MUN) y de residuos sólidos urbanos (RSU) entre el diagnóstico y los talleres*

En la Figura 4, se observa que la percepción adecuada a la realidad del parámetro de aceptabilidad cambió después de los talleres, en la evaluación diagnóstica la respuesta más frecuente era que siempre recibían agua sin color, olor, con sabor agradable. Después de la intervención las respuestas más frecuentes eran que no siempre recibían el agua en esas condiciones, mencionaban el exceso de cloro, el color turbio o el olor desagradable como una de las características del agua que salía de las llaves de su cocina.

En el saneamiento doméstico, no hubo cambios estadísticamente significativos entre la percepción del diagnóstico y los talleres, se enfocaron principalmente en que tienen un baño y descartaron evaluar la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales que se generan en ese sanitario. En el caso del saneamiento municipal, se mantuvo la percepción inadecuada del diagnóstico, a pesar de la información recibida, existe la creencia generalizada de que sus baños

están conectados a una planta de tratamiento de aguas residuales municipal, infraestructura que no existe en ninguno de los municipios en dónde viven los estudiantes.

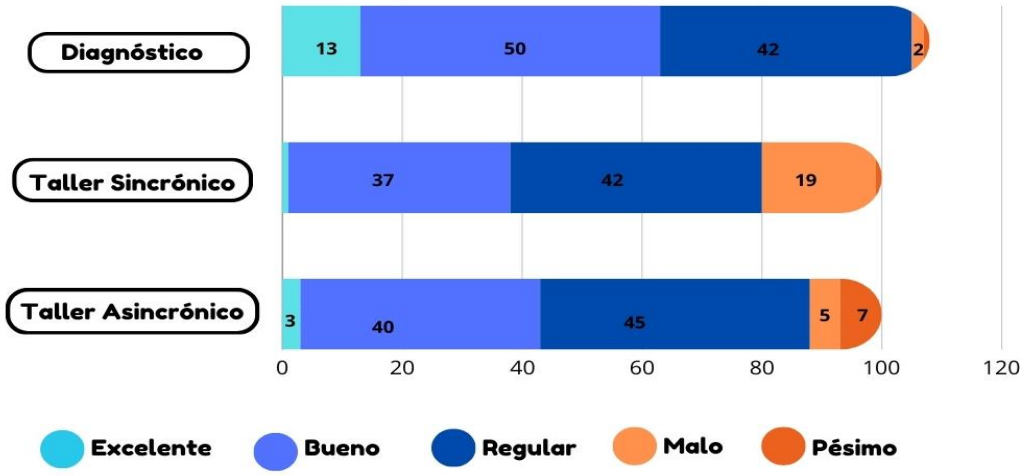

Figura 5. *Comparación del porcentaje de frecuencias de la percepción general sobre el cumplimiento de los parámetros del DHAS entre el diagnóstico y los talleres*

En la Figura 5, se solicitó a los participantes que calificaran el cumplimiento de los parámetros del DHAS. Se observaron variaciones significativas en los porcentajes de las percepciones antes y después de los talleres.

En el taller sincrónico sólo el 1% de los participantes lo calificó como “Excelente”, mientras que un 19% lo hizo como “Malo”, lo que representa una diferencia de +12 puntos de cambio en la clasificación de excelente y +17 puntos de cambio en la clasificación de malo respecto al diagnóstico. En el taller asincrónico, el 3% lo calificó como “Excelente” y un 7% como “Pésimo” con diferencias de +10 y +6 puntos, respectivamente.

Aunque después de los talleres la mayoría de las respuestas se agruparon en “Regular”, las diferencias en las percepciones generales de cumplimiento fueron

estadísticamente significativas. Esto indica que ambos formatos de taller impactaron en la percepción de los estudiantes en el cumplimiento del DHAS.

4.2.3. Resultados del ejercicio de debates por equipo

El debate, como forma estructurada de argumentación, ofrece un espacio privilegiado para analizar conflictos socioambientales desde múltiples perspectivas. A través de esta práctica, las y los participantes no solo exponen información, sino que desarrollan la capacidad de sostener, refutar y reconstruir argumentos, transitando de una postura pasiva basada en datos recibidos hacia una reflexión crítica anclada en sus experiencias cotidianas. El intercambio de ideas en el debate promueve el reconocimiento de falacias, la clarificación de conceptos y el contraste de saberes, favoreciendo la construcción de un criterio propio. Además, permite identificar y confrontar diversas posturas sobre el conflicto en cuestión, lo que enriquece la comprensión del problema y facilita la aplicación de los aprendizajes del taller en un contexto real y concreto. Se recopilaron seis cuestionarios con los análisis y argumentos de cada equipo utilizados durante el debate, con las seis respectivas rúbricas de la evaluación del jurado.

Cuadro 8. Grado de adquisición de competencias Contextualización y Visión de futuro en el ejercicio de debate de los participantes en el taller sincrónico

Competencia	Preguntas	Ideas centrales	C	D
Contextualización Suelo kárstico con alta permeabilidad e infiltración permite el paso de contaminantes al manto freático, causa grave deterioro ambiental	**1. Efectos de desechar residuos industriales directamente a la tierra o a un pozo Explica.**	Deterioro de la calidad del agua.	Sí	Sí
		Deterioro de la calidad del suelo.	Sí	Sí
		Afectación de biodiversidad.	Sí	Sí
		Afectación de salud humana.	Sí	Sí
Contextualización Tratamiento de aguas residuales adecuado al tipo de suelo, disminución de agroindustria intensiva, no agroindustria en reservas geohidrológicas	**2. Estrategias sostenibles para la gestión de agua en la actividad porcina en territorio kárstico**	Disminución de población animal.	Sí	Sí
		Mejora de infraestructura saneamiento.	Sí	Sí
		Mitigación de contaminación ambiental.	Sí	Sí
		Aumento de monitoreo autoridades	Sí	No
		Respeto a la libre determinación población.	Sí	No
Visión de futuro Identificar afectaciones a largo plazo de la emisión de contaminantes y aumento de conflictos socioambientales	**3. Describir efectos a largo plazo de la operación industrial en las condiciones ejemplificadas en el territorio.**	Incremento de afectación a la calidad de agua.	Sí	Sí
		Afectaciones irreversibles al ecosistema.	Sí	Sí
		Incremento de impactos a la salud humana.	Sí	Sí
		Incremento de conflictos socioambientales.	Sí	Sí
		Disminución de actividades de autoconsumo.	Sí	No
		Migración.	Sí	No

Nota: C (Conservacionistas), D (Desarrolladores)

En el Cuadro 8 se observa que ambos equipos (desarrolladores y conservacionistas), integraron en sus argumentos la identificación de los riesgos de la megaindustria porcina en territorio kárstico, incluyendo la parte de conflicto social, reconociendo la necesidad de consultar a la población si están de acuerdo con la colocación y funcionamiento de esta industria en su territorio, y la necesidad de implementar medidas para mitigar sus impactos presentes y futuros. Los desarrolladores no integraron en sus argumentos la necesidad de un monitoreo eficiente y continuo de las autoridades responsables para vigilar que no contaminen; tampoco que la reducción de actividades de autoconsumo y el

aumento de la contaminación ambiental pueden llevar a la migración. Reconocieron que si la industria continúa operando tal como estaba descrita en el ejemplo, las afectaciones a largo plazo podrían provocar contaminación ambiental irreversible y daños importantes a la salud pública.

Ejemplos de argumentos incluidos en las respuestas:

1) Pregunta 1: “Cuando los desechos se vierten en el monte sin tratamiento se infiltran y contaminan el agua que ahí se encuentra y que también en ocasiones es el agua que utilizan las personas ya sea para su consumo o para realizar sus actividades cotidianas, además afectan la salud de los suelos, los árboles y hasta los animales que ahí viven”. Mujer, 21 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Ticul.
2) Pregunta 1. “Los desechos no deberían tirarse directamente sin tratamiento, las megagranjas deberían tener biodigestores y otros tratamientos que les permitan reutilizar las aguas residuales y si es necesario desecharlas, que éstas no sean un peligro, hay normas que explican cómo deben de tratarse las aguas residuales, si se tiran sin limpiarlas provocarían graves daños para los seres humanos, el monte y los animales que ahí viven”. Hombre, 19 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Dzidzantún.
3) Pregunta 2. “Primero deberían preguntar a la comunidad si pueden instalarse, la verdad es que las consecuencias de vivir cerca de una mega granja son difíciles, por el olor, por las aguas que salen de ahí, las autoridades deberían de vigilar que cumplan con todas las normas, no permitirlas en zona donde se recargue el agua subterránea y ver que no

contaminen”. Mujer, 19 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Valladolid.

4) Pregunta 2. “Se puede disminuir el número de animales, checar que las máquinas para tratar las aguas sucias funcionen bien, los equipos sean adecuados para Yucatán, de esta forma sería menos peligroso, también no construirlas de las zonas para recargar agua, para que no contamine las fuentes de agua”. Hombre, 20 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Ticul.
5) Pregunta 3. “Si siguen contaminando de esa forma, la gente va a tener que irse, nadie puede vivir así con todo contaminado, se van a enfermar más seguido, además ya no pueden ni sembrar o tener abejas, si se muere el monte se mueren las abejas, los cenotes se van a ver sucios, nadie va a querer entrar a nadar, la gente va a ser más pobre”. Mujer, 21 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Valladolid.
6) Pregunta 3. “Si las mega granjas no tienen buenos sistemas de tratamiento va a ser difícil que todos logremos una buena vida, porque nos vamos a enfermar muy seguido, todo va a quedar contaminado, por eso es importante que inviertan en buenos biodigestores para las aguas residuales”. Mujer, 18 años, grupo de desarrolladores taller sincrónico, Dzidzantún.

Cuadro 9. Grado de adquisición de la competencia Pensamiento crítico en ejercicio de debate del taller sincrónico

Competencia	Preguntas	Ideas centrales	C	D
Pensamiento crítico Reconocer los sistemas socioecológicos interacción y enfrentamiento en el uso de recursos hídricos en su entorno.	**1. Identificar conflictos socioambientales relacionados a la gestión hídrica en el ejemplo**	Despojo de territorio.	Sí	No
		Afectación a otras actividades de producción.	Sí	Sí
		Afectación de salud pública.	Sí	Sí
		Afectación de salud humana.	Sí	Sí
		Falta de gobernanza.	Sí	Si
		Uso de aparato legal para favorecer agroindustria.	Sí	No
		Conflictos entre pobladores.	Sí	Sí
Pensamiento crítico Reconocer a los actores más afectados en la interacción y uso de los recursos hídricos.	**2. Identificar actores y sistemas que interactúan en el ejemplo, ¿Quiénes son los ganadores y perdedores? ¿Por qué?**	Reconocimiento de ciudadanía, gobierno e iniciativa privada.	Sí	Sí
		Afectación a ciudadanía por contaminación del ecosistema.	Sí	Sí
		Afectación a ciudadanía por disminución de actividades autoconsumo.	Sí	Sí
		Aparato legal no protege a ciudadanía.	Sí	Sí
Pensamiento crítico Cuestionar e identificar los beneficios vs. las afectaciones de la agroindustria para la comunidad.	**3. ¿El trabajo que ofrece la agroindustria intensiva contribuye e incrementa el bienestar económico y social comunitario? Justifique y ejemplifique**	Estabilidad laboral.	Sí	Sí
		Precarización de salario.	Sí	No
		Disminución actividades autoconsumo.	Sí	No
		Desintegración tejido comunitario.	Sí	Sí
		Producción agroindustrial no justifica contaminación.	Sí	Sí
		Impunidad en contaminación y sobreexplotación industrial.	Sí	No

Nota: C (Conservacionistas), D (Desarrolladores)

En el Cuadro 9, se destaca que el equipo de conservacionistas identificó en el ejemplo conflictos socioambientales como el despojo de territorio y el uso del aparato legal para favorecer a la agroindustria, controversias que no señalaron los desarrolladores; ambos equipos identificaron a tres principales actores: los ciudadanos, la iniciativa privada y el gobierno; determinaron que en este tipo de conflicto socioambiental, los perdedores son la ciudadanía y los ganadores, la industria privada; los conservacionistas reconocieron el papel del Estado para apoyar la presencia de los megaproyectos, en detrimento de la comunidad; sin

tomar en cuenta las afectaciones ambientales, económicas y sociales a largo plazo.

Se encontró que el equipo de desarrolladores, reconoce que debe mitigar la contaminación que genera, pero justifica la necesidad de la implementar la megaindustria porcina para brindar a la población un trabajo estable ante las condiciones de pobreza. Estas respuestas concuerdan con el discurso oficial de los corporativos, a pesar de que la oferta de trabajo es limitada y precaria y las afectaciones a las actividades para producir alimentos para el autoconsumo aumentan. Tampoco consideraron la necesidad de una mayor regulación y vigilancia por parte de las autoridades para evitar la contaminación.

Ejemplos de argumentos incluidos en las respuestas:

1) Pregunta 1. “Cuando se instalan sin preguntar siempre hay conflicto, las comunidades necesitan empleo, pero también necesitan vivir saludablemente, eso no pasa cerca de una mega granja, el problema es que después queda todo tan contaminado que después, ¿de qué te sirve el dinero si no puedes comer los sembrados?, el agua sale podrida de los pozos, no pueden salir a su patio por el olor y las moscas”. Mujer, 19 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Ticul.
2) Pregunta 1. “No es culpa de la empresa que los ejidatarios no se pongan de acuerdo, si el comisario dio el permiso sin que los demás lo sepan, no es su culpa, tampoco si no hay autoridades que revisen que las cosas funcionen bien, si se está contaminando el suelo, el agua y el aire, ¿por qué no hay autoridades denunciando?”. Mujer, 21 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Valladolid.
3) Pregunta 2. “Pues en este caso, la comunidad es la perdedora, ¿quién

puede vivir con tanta contaminación? Además, también perdieron las tierras ejidales, las autoridades dejaron a los de la granja construir sin permisos, no revisaron que tengan instalaciones para que no contaminen y hacer lo que quieran, si además el juez que no vive ahí les da permiso de seguir trabajando, se va a perder la salud y tranquilidad. La gente se va a ir del pueblo". Hombre, 18 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Dzidzantún.

4) Pregunta 2. "Si el gobierno no vigila que las granjas limpien y se instalen cumpliendo las normas, la comunidad sale perdiendo, porque la contaminación del agua y el aire va creciendo, ya no van a sembrar o tener abejas, además se van a enfermar más seguido, el gobierno debe hacer su trabajo". Hombre, 18 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Dzidzantún.
5) Pregunta 3. "Sí dan empleo, pero no es un empleo que te saque de la pobreza, sí regalan cosas, pero la contaminación que dejan no lo vale, los vecinos se pelean entre ellos porque el que siembra ya no lo puede hacer y al que trabaja en la granja no le importa, no se van a poner de acuerdo porque para los dos es cómo reciben su dinero y se ganan la vida, por eso se dividen. El gobierno debería proteger al pueblo, no dejar que contaminen y hagan lo que quieran, pero no lo hace". Mujer, 20 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Ticul.
6) "Las granjas también son una fuente de empleo, en la comunidad donde falta trabajo estable son importantes, si cumplen con las normas, tienen buenos sistemas de tratamiento, ponen dispensarios médicos, consultan

a la comunidad para instalarse, siguen regalando juguetes en navidad y día del niño o dando dinero para que las personas del pueblo abran negocios, deberían seguir funcionando, porque no es fácil encontrar trabajo". Hombre, 19 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Valladolid.

Cuadro 10. Comparación sobre adquisición de la competencia Toma de acción y Clarificación de valores en ejercicio de debate de taller sincrónico

Competencia	Preguntas	Ideas centrales	C	D
Toma de acción Reconocer la importancia de la participación ciudadana en la gobernanza del territorio y desarrollo económico.	**1. Importancia de participación ciudadana en la gestión del territorio y el desarrollo económico, ¿Por qué?**	Exigencia de resultados a responsables.	Sí	Sí
		Propuesta de mejoras de procesos y servicios.	Sí	Sí
		Vigilancia de manejo de recursos.	Sí	Sí
		Diseño de proyectos junto con ciudadanía.	Sí	Sí
Toma de acción Ciudadanía debe comprender su entorno natural para protegerlo mejor.	**2. Importancia de que los ciudadanos conozcan su entorno natural ¿En dónde y con quién pueden aprender sobre esos temas?**	Mejorar conocimiento favorece gestión sostenible de recursos naturales.	Sí	Sí
		Mejorar conocimiento facilita diseñar propuestas de conservación.	Sí	Sí
		Mejorar conocimiento favorece exigencia y monitoreo a las autoridades responsables.	Sí	Sí
		Aprendizaje en escuela y en internet.	Sí	Sí
Aclaración de valores Reconocer necesidad de regulación hídrica bajo esquema de bien común para viabilidad ambiental.	**3. Pertinencia de comportamientos éticos en la gestión hídrica, ¿Por qué? ¿Cuáles?**	Equidad en acceso y disponibilidad.	Sí	Sí
		Regulación para evitar contaminación y explotación.	Sí	Sí
		Responsabilidad compartida en conservación.	Sí	No
		Transparencia en gestión y recursos.	Sí	Sí
		Justicia ambiental para afectados.	Sí	No
Aclaración de valores Garantizar gobernanza del agua mediante la aplicación las leyes ambientales, sin impunidad y la presión ciudadana para mejorar la gestión	**4. Identificar que garantiza un comportamiento ético en la gestión hídrica**	Conciencia ciudadana.	Sí	Sí
		Exigencia ciudadana a los principales responsables de gestión hídrica.	Sí	Sí
		Regulación ambiental eficiente.	Sí	No

Nota: C (Conservacionistas), D (Desarrolladores)

En el Cuadro 10 se resumen los resultados donde los participantes reconocieron la necesidad de la participación ciudadana para garantizar una gestión ética, equitativa y transparente en el manejo de los recursos hídricos, que sea justa con los más afectados por la contaminación o la escasez de agua. El equipo de conservacionistas estableció que, para garantizar un comportamiento ético, la ciudadanía consciente, organizada debe participar en la gestión hídrica, exigir de las autoridades responsables un mejor trabajo y que se cumpla con una regulación más estricta. Por el contrario, el equipo de desarrolladores se enfocó en la necesidad de una ciudadanía consciente, que cumpla con su responsabilidad proambiental individual y que exija un trabajo eficiente a las autoridades.

Ejemplos de argumentos incluidos en las respuestas:

1) Pregunta 1. “Sí, es necesario que participemos para construir la democracia. Por eso, resulta fundamental para favorecer que el control no sea sólo de los/las gobernantes, transmitir mejor las preferencias de los ciudadanos, suavizar los conflictos, favorecer los acuerdos, y hacer menos costosa la toma de decisiones políticas”. Mujer, 21 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Valladolid.
2) Pregunta 1. “Si la gente está cerca del proceso ayudaría a alzar la voz por los problemas que afectan a todos, tomando en cuenta su territorio, en este caso sus tierras y económicamente llegar a un acuerdo con ellos (granja) de una cuota por haber usado sus tierras, también exigirían que se usen los sistemas de tratamiento que se deben poner para no contaminar tanto”. Hombre, 20 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Ticul.
3) Pregunta 2. “Sí, es importante que los niños y todas las personas conozcan

sobre su entorno natural para que tenga la información completa sobre su propia comunidad y los valoren, sobre todo del agua, que es clave para la buena vida. De la misma manera esto se enseña en la escuela, pues los maestros son aquellas fuentes de información para las generaciones futuras de la comunidad y los medios de comunicación, como internet para los mayores, pues deben saber qué es lo que realmente ocurre con sus tierras, su contexto". Mujer, 19 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Ticul.

4) Pregunta 2. "Los niños y niñas, bueno, no solamente ellos, sino que igual los adultos deben aprender que cuidar el medio ambiente es cuidar la vida humana, es importante, pues, que aprendan que el ser humano tiene la responsabilidad de utilizar los recursos con sabiduría, de vivir, no de destruir los componentes naturales y tener una vida de sustentabilidad hídrica para que en el futuro no suframos las consecuencias de la falta de toma de decisiones adecuadas. La escuela es un lugar idóneo para que niños desarrollen su conciencia sobre el medio ambiente. Tener conciencia ambiental implica que los niños conozcan el ambiente, lo cuiden, lo protejan y conserven. Es importante recordar que para que ellos puedan asimilar estos conceptos y desarrollar esa conciencia se requiere que puedan vivirlos a través de experiencias significativas y cotidianas". Mujer, 20 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Dzidzantún.
5) Pregunta 3. "Sí, porque se debe velar por las necesidades de la población en general y no solamente de un grupo en particular. Cuando se habla de ética se habla de los valores que ejercemos respecto a algo. En este caso

al hablar del agua y su gestión, trata de que los individuos tomen conciencia de su uso y su importancia para la vida humano. Su consumo no solo se centra en decir que "la usamos para todo, cuando lavamos, cuando cocinamos" sino que nos compromete a cuidarla, no contaminarla y tratar de compartir ideales de conservación de ésta. Si las empresas lo están contaminando más, debe exigirse que reparen el daño a las comunidades, se les debe exigir a las autoridades que no lo sigan permitiendo". Mujer, 19 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Dzidzantún.

6) Pregunta 3. "La norma ética que nos guía es el principio moral de la sostenibilidad. Este principio requiere que la tasa de pérdida de agua por el ser humano y la contaminación no exceda la capacidad de la fuente de agua para limpiarse y reponerse. Todos los seres humanos tienen que comprometerse y ser responsables de cuidarlas". Mujer, 20 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Dzidzantún.
7) Pregunta 4. "Pues lo que garantiza que no la contaminen y se comporten con ética es que los encargados de vigilar que se cumplan las leyes ambientales lo hagan, si nadie los castiga, no lo van a hacer solos, hay que tener leyes más fuertes, todos debemos cuidar el agua y ser conscientes de su importancia, por eso debemos proponer que se utilice mejor". Mujer, 19 años, grupo de conservacionistas, taller sincrónico, Valladolid.
8) Pregunta 4. "Que la misma población sea consciente y desarrolle un pensamiento crítico de su actuar. Si son más conscientes también van a cuidar el agua y van a exigirle al gobierno que haga lo que debe hacer para

protegerla". Mujer, 19 años, grupo de desarrolladores, taller sincrónico, Ticul.

4.2.4. Resultados del ejercicio argumentativo individual

El uso del ejercicio argumentativo para analizar un conflicto socioambiental permite transitar desde un discurso basado en la información recibida hacia una reflexión desde las experiencias cotidianas. Esta práctica favorece el reconocimiento de falacias argumentativas y el desarrollo de un criterio y discurso propios, facilitando una mirada crítica. Asimismo, permite identificar conceptos, posturas y saberes que, en este caso, ayudan a aplicar lo aprendido en el taller al análisis de un conflicto concreto. En esta actividad del taller asincrónico se recopilaron 100 ejercicios.

Cuadro 11. Resultados del ejercicio argumentativo de competencias Contextualización y Visión de futuro en taller asincrónico (n=100)

Competencia	Preguntas	Ideas centrales	AC	AF
Contextualización Suelo kárstico con alta permeabilidad e infiltración permite el paso de contaminantes al manto freático, causa grave deterioro ambiental.	**1. Efectos de desechar residuos industriales directamente a la tierra o a un pozo Explica.**	Deterioro de la calidad del agua.	Sí	Sí
		Deterioro de calidad del suelo.	Sí	Sí
		Afectación de biodiversidad.	Sí	Sí
		Afectación de salud humana.	Sí	Sí
Contextualización Tratamiento de aguas residuales adecuado al tipo de suelo, disminución de agroindustria intensiva, no agroindustria en reservas geohidrológicas.	**2. Estrategias sostenibles para la gestión de agua en la actividad porcina en territorio kárstico.**	Disminución de población animal.	Sí	Sí
		Mejora de infraestructura saneamiento.	Sí	Sí
		Mitigación de contaminación ambiental.	Sí	Sí
		Aumento de monitoreo autoridades.	Sí	Sí
Visión de futuro Identificar afectaciones a largo plazo de la emisión de contaminantes y aumento de conflictos socioambientales.	**3. Describir efectos a largo plazo de la operación industrial en las condiciones ejemplificadas en el territorio.**	Incremento de afectación la calidad de agua.	Sí	Sí
		Afectaciones irreversibles al ecosistema.	Sí	Sí
		Incremento de impactos a la salud humana.	Sí	Sí

Nota: AC (argumentos en contra), AF (argumentos a favor)

En el Cuadro 11, se encontró que los estudiantes identificaron los riesgos de infiltración de los contaminantes en la calidad del agua y del suelo y las afectaciones a todo el ecosistema, se enfocaron en la disminución de granjas e implementar sistemas de tratamiento adecuados a este tipo de suelo. Entre los argumentos a favor para desarrollar esta industria se dieron los siguientes.

1) Pregunta 1. Argumento en contra de implementar mega industria porcina. “Si el agua que sale de la granja se tira el directamente al monte, pues va a matar todo, los árboles, no se va a poder sembrar nada, va a afectar a los animales y hasta va a enfermar a la gente que tenga que sacar agua del pozo”. Hombre, 19 años, taller asincrónico, Ticul.
2) Pregunta 1. Argumento a favor con las condiciones que debe cumplir la mega industria. “Si la granja no tiene un buen sistema para filtrar las aguas llenas de popó de cochinos, cuando se tire al monte va a afectar el suelo, no va a poder crecer nada, además como va a llegar al agua subterránea, esa contaminación la va a tomar la gente que vive cerca y se van a enfermar, por eso es tan importante que cumplan con tener buenas plantas de tratamiento”. Mujer, 20 años, taller asincrónico, Dzidzantún.
3) Pregunta 2. Argumento en contra de implementar mega industria porcina. “Tienen muchos cochinos, no hay manera de que limpien tanta agua negra que sale de ahí, además donde juntan esas aguas se sale y se va al monte o se infiltra en la tierra, esto mata todos los árboles y afecta los animales, si no logran controlar eso, no creo que cumplan con las condiciones, las autoridades deberían vigilar que se cumplan la normas que deben tener y si no lo hacen castigarlos, eso debe ser lo más importante, si no les vale”.

Mujer, 19 años, taller asincrónico, Valladolid.

4) Pregunta 2. Argumento a favor con las condiciones que debe cumplir la mega industria. “Lo primero que deben cumplir es con tener buenas plantas de tratamiento de residuos, porque se generan muchas aguas sucias, después no deberían tener tantos animales, porque si no esos residuos van a ser tantos que va a ser muy difícil limpiarlos, las autoridades deberían checar que desde que las construyan tengan todo para evitar contaminar tanto, revisarlas cada año y si contaminan, que los de la granja paguen para limpiarlo”. Hombre, 20 años, taller asincrónico, Ticul.
5) Pregunta 3. Argumento en contra de implementar mega industria porcina. “Si siguen trabajando de esa forma, poco a poco también van a extender su territorio y van a seguir afectando a la comunidad, por lo que estarían contaminando la mayor parte del suelo y del agua, ocasionando enfermedades para los seres humanos y problemas ambientales que no se pueden resolver”. Mujer, 20 años, taller asincrónico, Dzidzantún.
6) Pregunta 3. Argumento a favor con las condiciones que debe cumplir la mega industria. “Si la granja no cambia la forma en que trata sus desechos y mete buenos biodigestores, la contaminación no va a tener remedio, va a contaminar todo, el agua, el suelo y los animales. Los seres humanos se van a enfermar gravemente, pueden hasta morir”. Mujer, 18 años, taller asincrónico, Valladolid.

Cuadro 12. Resultados del ejercicio argumentativo de la competencia de Pensamiento crítico taller asincrónico (n=100)

Competencia	Preguntas	Ideas centrales	AC	AF
Pensamiento crítico Reconocer los sistemas socioecológicos que interactúan y enfrentan por el uso de recursos hídricos en su entorno.	**1. Identificar conflictos socioambientales relacionados a la gestión hídrica en el ejemplo.**	Afectación otras actividades de producción.	Sí	Sí
		Afectación salud pública.	Sí	Sí
		Afectación calidad de vida.	Sí	Sí
		Afectación ecosistema.	Sí	Sí
Pensamiento crítico Reconocer a los actores más afectados en la interacción y uso de los recursos hídricos.	**2. Identificar actores y sistemas que interactúan en el ejemplo ¿Quiénes son los ganadores y perdedores? ¿Por qué?**	Reconocimiento de ciudadanía e iniciativa privada.	Sí	Sí
		Afectación por contaminación a biodiversidad y ecosistema.	Sí	Sí
		Afectación a ciudadanía por disminución de actividades autoconsumo.	Sí	Sí
Pensamiento crítico Cuestionar e identificar los beneficios vs. las afectaciones de la agroindustria para la comunidad.	**3. ¿El trabajo que ofrece la agroindustria intensiva contribuye e incrementa el bienestar económico y social comunitario? Justifique y ejemplifique**	Estabilidad Laboral.	Sí	Sí
		Producción agroindustrial no justifica contaminación.	Sí	Sí
		Afectación al desarrollo comunitario.		

Nota: AC (argumentos en contra), AF (argumentos a favor)

En el Cuadro 12, los participantes del taller asincrónico reconocieron los conflictos socioambientales que esta industria genera en las condiciones descritas en el ejemplo, enfocándose principalmente en la contaminación ambiental y las afectaciones a la salud humana. En el ejemplo, identificaron a dos actores centrales: comunidad e iniciativa privada y describieron la desventaja de los ciudadanos ante las empresas que contaminan y colonizan el territorio, así como la afectación a otras actividades de autoconsumo, como la apicultura, y la agricultura. En los argumentos para desarrollar la industria reconocen la necesidad de incluir estrategias para mitigar la contaminación y la sobreexplotación, priorizando el bienestar comunitario y la viabilidad del ecosistema. Consideran que las granjas

son fuente de empleo y estabilidad; pero no justifica en daño al ambiente y a la salud.

1) Pregunta 1. Argumento en contra de implementar mega industria porcina. “Las abejas y otros insectos se empezaron a morir, el monte se secó, los sembrados no lograban crecer y se perdieron las cosechas. Enfermedades en las personas que habitaban el lugar y malos olores que no los dejan salir al patio o a fuera de su casa porque, no aguantan el apeste”. Mujer, 19 años, taller asincrónico, Ticul.
2) Pregunta 1. Argumento a favor con las condiciones que debe cumplir la mega industria. “Para evitar conflictos, tendrían que poner medidas que no perjudiquen a los demás, por ejemplo, evitar tirar sus aguas directamente al monte, de esta forma no echan a perder los sembrados ni matan a las abejas y tratar los gases que sacan para que no apeste tanto”. Mujer, 21 años, taller asincrónico, Valladolid.
3) Pregunta 2. Argumento en contra de implementar mega industria porcina. “Aquí todos los ciudadanos son los perdedores incluyendo los que trabajan en la empresa, porque al final tienen que consumir del agua contaminada y sufren las consecuencias de muerte de insectos y pérdida de cosechas, lo ganadores son los de la empresa porque fácilmente se pueden salir con la suya y no les está importando lo que pase con la sociedad”. Hombre, 19 años, taller asincrónico, Dzidzantún.
4) Pregunta 2. Argumento a favor con las condiciones que debe cumplir la mega industria. “Los actores son los pobladores y los trabajadores de la fábrica que son del mismo pueblo y la fábrica. En general se puede saber

que el que ganó es la fábrica y los que están siendo afectados son los habitantes del pueblo cercano, para evitar esto debe haber buenas instalaciones y condiciones de trabajo". Hombre, 18 años, taller asincrónico, Ticul.

5) Pregunta 3. Argumento en contra de implementar mega industria porcina. "Considero que no, pues las condiciones laborales no son las óptimas, las jornadas de trabajo son usualmente bajo el sol, y la paga no suele ser grande, la gente lo hace por tener trabajo estable, pero no creo que se superen mucho y no vale la pena por lo que contaminan". Mujer, 19 años, taller asincrónico, Valladolid.
6) Pregunta 3. Argumento a favor con las condiciones que debe cumplir la mega industria. "Sí, ya que es el sustento de muchos de los pobladores de la comunidad, sin embargo, eso no les quita la responsabilidad a los dueños de la granja a invertir en tratamientos de sus aguas residuales para evitar no solo el deterioro de la naturaleza sino evitar la contaminación del acuífero". Hombre, 19 años, taller asincrónico, Dzidzantún.

Cuadro 13. Argumentos identificados en el ejercicio relacionado con las competencias de Toma de acción y Clarificación de valores en taller asincrónico (n=185)

Competencia	Preguntas	Respuestas	F %
Toma de acción Reconocer la importancia de la participación ciudadana en la gobernanza del territorio y desarrollo económico.	**Importancia de la participación ciudadana en la gestión del territorio y el desarrollo económico, ¿Por qué?**	Exigir resultados a responsables.	97
		Proponer mejoras en procesos y servicios.	98
		Diseñar proyectos entre ciudadanía y gobierno.	95
Toma de acción Ciudadanía debe comprender su entorno natural para protegerlo mejor.	**Importancia de que los ciudadanos conozcan su entorno natural ¿En dónde y con quién pueden aprender sobre esos temas?**	Mejorar conocimiento favorece gestión sostenible de recursos naturales.	100
		Mejorar conocimiento facilita diseñar propuestas de conservación.	98
		Aprendizaje en escuela y en internet.	100
Aclaración de valores Reconocer necesidad de regulación hídrica bajo esquema de bien común para viabilidad ambiental.	**Pertinencia de comportamientos éticos en la gestión hídrica, ¿Por qué? ¿Cuáles?**	Equidad en acceso y disponibilidad.	96
		Responsabilidad compartida en conservación.	98
		Transparencia en gestión y recursos.	94
Aclaración de valores Garantizar gobernanza del agua mediante la aplicación las leyes ambientales, sin impunidad y la presión ciudadana para mejorar la gestión.	**Identificar que garantiza un comportamiento ético en la gestión hídrica.**	Conciencia ciudadana.	100
		Exigencia ciudadana a los principales responsables de la gestión hídrica.	98
		Responsabilidad ciudadana.	98

Nota: F (Frecuencia) expresada en porcentaje.

En el Cuadro 13, para evaluar las competencias de toma de acción y aclaración de valores, más orientadas a la percepción individual, se identificaron los argumentos que impulsan a la acción y a la justicia ambiental y se establecieron las frecuencias en que esas ideas aparecían en las respuestas. Es importante señalar que en una respuesta podía encontrase más de un argumento, por lo que se obtuvieron 185 argumentos que se categorizaron como se señala (Cuadro 13).

Los estudiantes reconocieron la necesidad de la participación ciudadana

para proponer y garantizar una mejor gestión hídrica; la ciudadanía debe formarse para que esta participación sea eficiente, y coinciden en que la escuela es el lugar donde se aprende sobre estos temas, apoyados de la internet, también identificaron la importancia de un comportamiento ético en el manejo del agua, pero para garantizarlo, lo atribuyen al conocimiento, la conciencia y las conductas proambientales individuales.

1) Pregunta 1. Ejemplo: La idea central de la participación ciudadana en la gestión hídrica. “Sí, pues es el pueblo que con su presión ejercida puede lograr mitigar y hacer un cambio en el gobierno para que estas situaciones dejen de pasar, pues se entiende que el empresario y el gobierno están compinchados en sacar este negocio adelante por conveniencia de unos cuantos, también se pueden hacer propuestas desde la ciudadanía que obligarían a que el desarrollo sea para todos y cuidando el medio ambiente, pues somos los más interesados”. Mujer, 19 años, taller asincrónico, Ticul.
2) Pregunta 2. Ejemplo idea central conocimiento ciudadano del entorno natural. “Los ciudadanos que sepan más sobre su ecosistema y estén más conscientes de lo que pasa con el agua van a cuidarla mejor, pero también van a estar más preocupados por participar más y exigir a sus autoridades que resuelvan la falta de acceso al agua y la contaminación de las industrias, estos temas la mayoría se aprenden en las escuelas y en las redes, por eso es importante que los maestros se preparen e investiguen”. Hombre, 19 años, taller asincrónico, Dzidzantún.

3) Pregunta 3. Ejemplo: La idea central relacionada con la pertinencia de la ética en la gestión hídrica. “Claro que sí debe haber ética en el manejo del agua, aquí no es la ley de la selva, debemos tener un comportamiento empático con respecto a la situación que pasan otras personas en el país y no mirar siempre por un bien individual, más si lo que haces afecta posteriormente a otras personas, averiguar qué hace el gobierno para manejar el agua y si está usando bien los impuestos, exigir que las empresas también cumplan con las normas que hay y si no lo hacen, deben ser castigadas”. Mujer, 19 años, taller sincrónico, Valladolid.
4) Pregunta 4. Ejemplo sobre la idea central de las condiciones que garantizan una gestión ética. “Si la gente se vuelve más consciente de lo que pasa con el agua, de cómo cuidarla mejor y toma la responsabilidad de no contaminar, también se va a preocupar por exigir al gobierno que vigile mejor y a las empresas que no contaminen”. Hombre, 20 años, taller asincrónico, Ticul.

En conclusión, los participantes en el taller asincrónico identificaron las condiciones de vulnerabilidad del territorio, reconocieron que, si la industria continúa operando en las condiciones actuales, los efectos en el entorno por la falta de tratamiento de residuos van a ser irreversibles. Consideraron que las condiciones que debería cumplir la industria porcina para instalarse en territorio kárstico, serían, mejorar las tecnologías de saneamiento y crear mejores condiciones de empleo; consideraron que lo que garantiza el comportamiento ético es principalmente la concientización ciudadana, que favorece el cambio de

conductas individuales y exigencias a los responsables.

De la información obtenida se puede inferir que, en ambos talleres, ya sea en debate, o en forma individual, los participantes lograron coincidir en argumentos e ideas, lo que muestra la validez interna del instrumento. Las principales diferencias están en que en el debate surgieron temas relacionados con el conflicto social por la implementación de esta industria, sin el aval comunitario, y la indefensión ciudadana ante las estructuras de poder utilizadas por la iniciativa privada. Los participantes del taller sincrónico consideraron importante consultar con los pobladores antes de que la industria porcina se instalara en su comunidad; propusieron implementar estrategias para no crear división entre los habitantes o alternativas para mitigar la migración, por ejemplo, respetar otros tipos de actividad como la apicultura y la cría de animales de traspatio u ofrecer empleos bien renumerados que mejoren las condiciones de vida. Otro de los resultados surgidos en el sincrónico es la necesidad de familiarizar a la ciudadanía con una regulación ambiental que favorezca condiciones de monitoreo y sanción para los grandes usuarios contaminadores y sobre explotadores; que se evite la impunidad. Consideraron que estos puntos eran muy importantes para empezar a resolver la crisis hídrica.

4.2.5. Percepción de los estudiantes sobre los aprendizajes adquiridos en los talleres

Se invitó a los estudiantes a reflexionar sobre cuáles consideran los aprendizajes más importantes que obtuvieron en los talleres, lo que ayudó a resumir y analizar la información. Los estudiantes mencionaron más de un aprendizaje significativo.

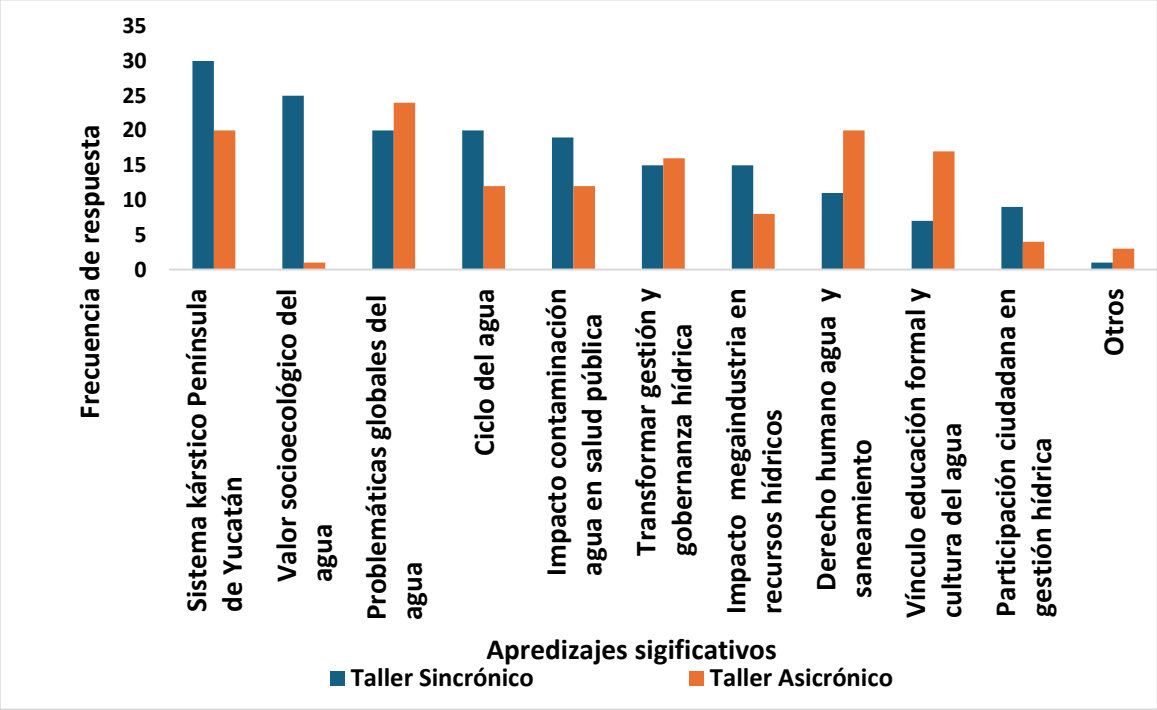

Figura 6. *Aprendizajes significativos reportados por los estudiantes obtenidos después de los talleres*

En ambos talleres los aprendizajes reportados coincidieron, pero variaron las frecuencias (Fig. 6). En el taller sincrónico se obtuvieron 172 respuestas y en el asincrónico 137, el tema mencionado como uno de los aprendizajes más importantes fue la información relacionada con el sistema kárstico de la Península de Yucatán, coincidiendo con los resultados obtenidos en el cuestionario, donde

este tema obtuvo las mayores frecuencias de adquisición; los participantes coincidieron en que lo desconocían y después del taller aprendieron más sobre su funcionamiento. En el caso de los problemas globales sobre el agua, señalaron que, si bien sabían sobre ellos, desconocían la gravedad y las causas por las cuales se presentaban. Los participantes señalaron, en menor medida, los temas relacionados con la participación ciudadana y su importancia en la gestión hídrica como aprendizajes significativos.

La principal discrepancia en ambos talleres se dio en el reconocimiento del valor socio-ecológico del agua, en el taller sincrónico fue señalado por el 25% de la muestra, mientras que en taller asincrónico fue solo el 1%. Esto indica que el taller sincrónico fue más efectivo para analizar temas complejos que abordaban las competencias de pensamiento crítico y aclaración de valores.

4.3. Discusión

Los resultados de este primer acercamiento a los temas sobre sostenibilidad hídrica sugieren que los talleres implementados fueron efectivos para incrementar las competencias docentes, particularmente en lo que respecta al conocimiento y contextualización sobre conceptos de hidrología e hidrogeología (Lee, 2005; Archambault & Warren, 2015; García-González et al., 2020). Esta mejora responde a las necesidades de capacitación docente detectadas en la literatura (Keramitsoglou & Tsagarakis, 2011; Martínez-Peña et al. 2013; Lázaro-Salazar, 2020) y la evaluación diagnóstica inicial, lo que subraya la efectividad, y pertinencia de los talleres ofrecidos.

El análisis de la mayoría de los indicadores reveló diferencias significativas entre las evaluaciones realizadas antes y después de los talleres, esto coincide con

lo reportado en otras publicaciones sobre la efectividad de las modalidades electrónicas para abordar temas de sostenibilidad (Diamond & Irwin, 2013; Donath et al., 2020; Martin et al., 2020). La flexibilidad de acceso a contenidos, la innovación en las estrategias de enseñanza y la disponibilidad de materiales actualizados han sido identificadas como características clave que facilitan el aprendizaje en este contexto (Merritt et al., 2022; Bryhn & Belgrano, 2023; Burns, 2023).

Un hallazgo importante fue que en la adquisición de competencias no se observaron diferencias significativas entre el taller sincrónico y asincrónico. A pesar de las diferencias encontradas, se realizaron pruebas para evaluar el tamaño del efecto (V de Cramer) y los resultados indicaron que tales diferencias no eran sustanciales para definir si una modalidad de taller era más efectiva en el proceso educativo que la otra. Desde una perspectiva práctica, en el ámbito de la formación académica, siempre será preferible que los estudiantes reciban información sobre un tema que no recibirla, aunque sea a través de diferentes modalidades (Nusrat et al.,2022).

Este resultado sugiere que ambas modalidades son igualmente efectivas y coincide con las publicaciones revisadas sobre el tema, en las cuales no presentan conclusiones definitivas sobre cuál de las dos modalidades ofrece un mayor impacto en efectividad del aprendizaje (Wu & You, 2022). En particular, el meta-análisis realizado por Zeng & Luo (2023), que abarcó un total de 3,898 publicaciones sobre cursos en formatos sincrónicos y asincrónicos en disciplinas como matemáticas, medicina, computación y ciencias, concluyó que en esa muestra no existen diferencias estadísticamente significativas sobre la efectividad

de una u otra modalidad.

Los resultados implican que el éxito del aprendizaje puede depender más de factores intrínsecos a los cursos, tales como la calidad del contenido y la claridad de la metodología utilizada y el diseño pedagógico, que del formato de implementación en sí (Corry & Stella, 2018). Esto plantea una reflexión importante sobre la necesidad de priorizar el desarrollo de contenidos de alta calidad, independientemente de si se opta por una enseñanza sincrónica o asincrónica.

En el presente estudio, en el ejercicio argumentativo se observaron diferencias entre los talleres sincrónicos y asincrónicos. En el taller sincrónico se implementó como debate y en asincrónico como ejercicio de análisis individual. Las diferencias se encontraron principalmente en las competencias de pensamiento crítico y clarificación de valores. En el taller sincrónico, se generó un ambiente propicio para discutir conceptos sociales críticos, como el impacto que produce la falta de acceso y contaminación del agua, la concepción del agua como un bien común y las deficiencias en la gobernanza y la legislación hídrica; algo que no ocurrió en el taller asincrónico (Cuadro 9 vs Cuadro 12). Esto sugiere que la dinámica de interacción en tiempo real, facilitada por la presencia de un moderador, permitió a los participantes explorar de manera más profunda las interrelaciones sociales y éticas que rodean la gestión hídrica, y establecer discusiones críticas que enriquecieron su conocimiento y la capacidad argumentativa.

Por otro lado, el taller asincrónico mostró un enfoque más centrado en las dimensiones ecológicas y de contaminación, indicando una posible limitación en la discusión de los aspectos sociales. Esta diferencia resalta la complejidad de la formación en sostenibilidad, donde las interacciones humanas y las realidades

sociales pueden ser eclipsadas por un enfoque más técnico o ambientalista. La mediación del facilitador en el contexto sincrónico parece haber sido crucial para enriquecer el diálogo y fomentar el intercambio de experiencias que integren múltiples perspectivas sobre el agua. Por ello se sugiere integrar al menos un ejercicio de discusión comunitaria con un facilitador que domine el tema, para fortalecer conceptos de carácter argumentativo en los estudiantes cuando se realicen actividades asincrónicas (Castle & MacGuire, 2010; Lin & Gao, 2020; Cheng et al., 2023).

Este análisis coincide con estudios previos que sugieren que la interacción social en entornos electrónicos de aprendizaje es fundamental para una comprensión holística de temas complejos. La capacidad de los participantes para conectar conceptos teóricos con realidades prácticas se beneficia con el aprendizaje colaborativo, permitiendo una reflexión más profunda sobre las implicaciones éticas y sociales de la gestión del agua (De Lázaro et al., 2020; Fabriz et al., 2021; Katai & Iclanzan, 2023; Zhang et al., 2023).

A pesar de que las intervenciones educativas duraron de seis a siete horas, en promedio, se generaron cambios en el conocimiento sustantivos, como lo expresaron los estudiantes (Fig. 6). La intervención puso de manifiesto las deficiencias existentes en los actuales programas de estudio en la educación para la sostenibilidad (Varela-Losada et al., 2021), sobre todo considerando la interacción breve que los estudiantes tuvieron con el material. Temas críticos como el DHAS, requieren un abordaje exhaustivo, y mayor tiempo de discusión para tratar adecuadamente las múltiples dimensiones de dicho concepto (Emmerich & Molineri, 2019). Los talleres lograron cambiar la percepción sobre el cumplimiento

del DHAS a nivel comunitario, que los participantes en general consideraron que no se cumple, y las autoridades no lo garantizan. Sin embargo, cuando esa percepción se vinculó a su entorno cotidiano, a su realidad individual, los participantes no fueron capaces de identificar las deficiencias en el acceso, calidad, disponibilidad y aceptabilidad (Capítulo 5). Durante las sesiones, se puso de manifiesto la falta de comprensión de los participantes sobre la aceptabilidad en el saneamiento, aunque se examinó la situación actual de los servicios públicos de agua. Conceptual y prácticamente se normaliza un servicio deficiente, por ello sería necesario abordar el tema con mayor profundidad y no solo en la situación hidrogeológica de la península. Algo similar ocurrió con la normalización de las deficiencias asociadas a los sistemas de saneamiento doméstico y municipal, en el tema de aguas residuales y también en el de residuos sólidos urbanos. Esto coincide con lo reportado por Fan y colaboradores (2014) y por Koul y colaboradores (2022), quienes concluyeron que la población no reconoce el saneamiento como una necesidad fundamental, lo que dificulta su inclusión y mejora en los planes de desarrollo urbano, ya que no existe la exigencia/activismo sobre el tema.

Los participantes mostraron un interés genuino por adquirir conocimientos sobre el agua, influenciados probablemente por la cobertura mediática que destaca la crisis hídrica y sus propias experiencias enfrentando la escasez. Sin embargo, a pesar de su interés, más del 90% de la muestra expresó que su conocimiento actual era insuficiente para educar a otros. Esta percepción limita su capacidad de agencia y plantea una paradoja: a pesar de reconocer la importancia del papel del docente en la promoción de la cultura del agua, su falta de confianza y conocimiento les

impide actuar en consecuencia, o ser activos y motivarse individualmente para buscar y adquirir conocimientos, no existe la iniciativa, ni la creatividad, para resolver las propias deficiencias en el conocimiento (Morote, et al., 2021). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Pegalajar-Palomino y colaboradores (2021) y Ramírez-Segado y colaboradores (2023) quienes argumentan que, aunque los futuros docentes presenten actitudes favorables hacia temas de sostenibilidad, presentan un déficit en su conocimiento profesional que les impide desarrollar las competencias necesarias para implementar la educación para el desarrollo sostenible en el aula. Los sistemas educativos tampoco ofrecen las herramientas para el estudio autodidáctico, producto de los modelos educativos tradicionales en donde se da por sentado que el "docente" proveerá toda la información en las actividades magisteriales regulares y el estudiante - un sujeto pasivo - absorbe y repite dichos conocimientos.

Las modalidades *e-learning* requieren de un nivel de autonomía que no se ha desarrollado completamente, pero que es clave para su aplicación eficiente (Míguez-Álvarez et al., 2022; Heine et al., 2023; Manosalva & Villamil, 2023). A pesar de que actualmente, gran parte de los sistemas educativos promueven que el estudiante participe en el proceso de aprendizaje, hay incapacidad en asumir la responsabilidad propia en la formación educativa (Hauge, 2021; Brick et al., 2024). Esto puede deberse a que en los estudiantes no se fomentan competencias personales como la autonomía intelectual cognitiva, el pensamiento crítico, el aprendizaje autodidacta, y la autorregulación desde la educación básica. Esta brecha en la adquisición de responsabilidades en la etapa formativa debe ser abordada con capacitación, ya que limita la futura capacidad docente, y la habilidad

para contribuir al cambio social relacionado con la sustentabilidad y los temas ambientales (Kagawa, 2007; Parahakaran, 2010; Gough, 2016; García-González et al., 2020; Misseyanni et al., 2020; Babuna et al., 2023).

Es importante señalar, que hasta donde sabemos no hay estudios en México que evalúen la efectividad de las modalidades electrónicas en materia de sostenibilidad hídrica y estos resultados pueden ser de utilidad para explorar nuevas formas de trasmisión de la cultura del agua y áreas de oportunidad para reforzar los temas en donde se encontraron fallas.

4.4. Conclusiones y recomendaciones

El estudio reveló la necesidad de abordar de manera integral y crítica las complejidades de la educación para la sostenibilidad hídrica. Las modalidades electrónicas demostraron ser herramientas efectivas para lograrlo. La interacción social, la mediación del facilitador y la profundidad en la discusión de temas relevantes son elementos clave que deben ser considerados para fortalecer la formación de los futuros docentes y mejorar su capacidad de agencia frente a los desafíos críticos en la gestión hídrica.

Según los resultados encontrados, se proponen las siguientes acciones: i) emplear modalidades electrónicas para abordar temas socioecológicos, estableciendo objetivos claros, ofreciendo información precisa, diseñando recursos didácticos que refuercen los objetivos, y haciendo implementaciones adecuadas en los objetivos a realizar, y la infraestructura tecnológica disponible en las diferentes instituciones; ii) fortalecer el rol de los docentes para empoderarlos y capacitarlos, es importante que se identifiquen como agentes activos en la transmisión de la cultura del agua, a través de programas de entrenamiento, y desarrollo autodidacta;

iii) implementar talleres abiertos al público en general dando información relacionada con la sostenibilidad hídrica y los problemas ambientales en general, que fomenten la participación ciudadana; iv) ofrecer cursos sobre la relación entre sistemas eficientes de tratamiento de aguas residuales y la calidad del agua, de forma que se comprenda cómo debe ser un saneamiento municipal, doméstico e industrial. Se deben devolver aguas limpias al ecosistema; v) proporcionar ejemplos de restauración de fuentes de agua donde la ciudadanía haya desempeñado un papel protagónico, y vi) desarrollar sistemas de información para los agentes políticos implicados en el proceso, los funcionarios públicos, y los industriales; talleres gratuitos de gestión medioambiental para ejecutivos, sería un área interesante por explorar.

A medida que los futuros docentes adquieran estas competencias, se sentirán más capaces para abordar estos temas y contribuir desde el aula a la sostenibilidad hídrica.

CAPÍTULO 5. “EL MUNDO ESTÁ SECO, PERO YO ESTOY BIEN”, AUTOPERCEPCIÓN DEL DERECHO HUMANO AL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE ESTUDIANTES NORMALISTAS DE YUCATÁN

5.1. Introducción

De acuerdo con los objetivos, en este capítulo se evaluó cómo la población estudiada percibe los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento, así como sus vulnerabilidades en relación con los servicios públicos correspondientes, tomando como referencia los elementos relacionados al DHAS. También explora cómo estas percepciones influyen en el reconocimiento de las vulnerabilidades tanto a nivel comunitario como doméstico, comparándolas con las condiciones reales. Además, identifica las deficiencias en los materiales educativos para desarrollar futuras intervenciones que contribuyan a mejorar los programas educativos actuales en materia de sostenibilidad hídrica. La metodología utilizada para los análisis que se presentan a continuación esta descrita en el Capítulo 3.

5.2. Resultados

La sección de opción múltiple del cuestionario obtuvo un alfa de Cronbach de 0.60, lo que indica una consistencia interna y fiabilidad aceptables para los instrumentos en un entorno educativo (What Works Clearinghouse, 2022). Un análisis de las respuestas de las secciones abiertas reveló patrones consistentes en todos los cuestionarios, lo que demuestra la validez interna y de constructo.

Cuadro 14. Análisis estadístico: Prueba de Levene para medir la igualdad de varianza de los ítems de la escala Likert entre las tres escuelas participantes

Comparación	Valor p
Escuelas vs. P1	0.789
Escuelas vs. P2	0.289
Escuelas vs. P3	0.712
Escuelas vs. P4	0.766
Escuelas vs. P5	0.934

Pregunta (P), Escuela 1 Ticul, Escuela 2 Valladolid, Escuela 3 Dzidzantun. P1 ¿Siempre sale agua de la llave del lavabo de tu cocina? P2. ¿El agua que sale de la llave no tiene olores ni colores desagradables? P3. ¿El suministro de agua es constante y permite llenar el tinaco a diario? P4. ¿Bebes el agua de la llave de tu casa? P5. ¿Siempre tienes agua en casa para la limpieza doméstica y la higiene personal?

Tras revisar los resultados de la autoevaluación, combinamos los tres grupos de estudiantes de los centros educativos de Ticul, Valladolid y Dzizantun en una sola muestra debido a que las variancias no presentaron diferencias significativas, los valores de $p > 0.05$ (Cuadro 14). Esta información resulta particularmente interesante, ya que indica que, si bien las localidades se encuentran en diferentes regiones estatales, los enfoques de gestión pública del agua son comparables en las tres zonas donde se ubican las escuelas participantes.

5.2.1. Resultados del cuestionario sobre percepción cumplimiento comunitario del DHAS

En este instrumento los participantes expresaron sus opiniones sobre el panorama global y regional de los recursos hídricos (Cuadro 15). El 85% de los participantes reconoció una crisis hídrica mundial. Destacaron problemas como la sequía y los problemas de abastecimiento de agua en otras regiones, pero no identificaron esta problemática en sus circunstancias locales. El 15% restante rechazó la idea de una crisis hídrica. Defendieron su postura afirmando que el agua llegaba frecuentemente a sus hogares, era abundante en Yucatán y la situación no era tan grave como en otros países. Esto indica una falta de conocimiento sobre la situación hídrica nacional. Al preguntar si la crisis del agua tiene solución, el 90% de los estudiantes respondió afirmativamente. El 10% restante negó que existiera una solución y justificó su punto de vista citando la magnitud de la crisis y los desafíos para implementar cambios por falta de conocimiento y preparación ciudadana. Encontramos que el 73% de los estudiantes sentían que su DHAS habían sido violados, principalmente por problemas de acceso y disponibilidad. El 27% restante no consideró que se violaran sus derechos al agua potable y saneamiento porque consideraba que los problemas sobre el agua no eran graves y aún recibían agua, aunque solo fuera una vez al día, o algunos días de la semana. Esto subraya la necesidad de tener más información sobre el contexto nacional y lo que ocurre en las vidas cotidianas de la gente.

Cuadro 15. Resultados cuestionario sobre percepción cumplimiento comunitario del DHAS. Respuestas expresadas en frecuencias y porcentajes

	Percepción comunitaria del DHAS	Frecuencia de respuestas	Porcentaje %
Opinión sobre crisis hídrica y el estado del DHAS (n=200)	Existencia de crisis hídrica global	170	85
	Crisis hídrica sí tiene solución	180	90
	Vulnerabilidad del DHAS	146	73
	Importancia DHAS para bienestar	69	35
	Fallas en cumplimiento	58	29
	Necesidad participación ciudadana	38	19
	Fallas en legislación	15	8
	Se cumple en la comunidad	8	4
	Desinterés ciudadano	7	3
	Desigualdad entre ciudadanía y empresas	5	2
Problemáticas detectadas (n=205)	Fallas en redes de distribución	110	54
	Falta de potabilidad	28	14
	Fallas en gestión doméstica	26	13
	Falta de saneamiento	17	8
	Impacto agroindustrial	11	5
	Cuotas de cobro insuficientes	9	4
	Inundaciones	4	2
Propuestas solución problemáticas DHAS(n=275)	Renovación infraestructura hídrica municipal	90	33
	Capacitación y monitoreo por el Estado	67	25
	Campañas sensibilización	27	10
	Incremento de participación ciudadana	26	9
	Gestión doméstica eficiente	24	8
	Renovación de infraestructura doméstica	17	6
	Cuotas homologadas de agua	10	4
	Educar en la cultura del agua	8	3
	Renovación infraestructura agroindustrial	6	2
Propuestas solución a crisis hídrica (n=263)	Prevención/mitigaciones prácticas contaminantes	67	26
	Concientización ciudadanía	65	24
	Incremento de participación ciudadana en gestión	54	21
	Transformación gobernanza agua	32	12
	Transformación gestión hídrica agroindustrial	23	9
	Transformación enseñanza del agua	19	7
	No hay solución	3	1

En las opiniones expresadas sobre el estado del DHAS en sus comunidades destacaron principalmente tres aspectos clave:

i) La importancia de cumplir los parámetros establecidos para prevenir impactos adversos en la salud, garantizar un suministro estable de agua y gestionar la contaminación.

ii) El reconocimiento de las deficiencias en el acceso, disponibilidad y calidad del agua, que indican la vulneración de sus derechos.

iii) La importancia de la participación ciudadana en la gestión del agua. Las respuestas menos frecuentes se centraron en la aplicación deficiente de la ley por parte de las autoridades, las disparidades en el acceso al agua que favorecen a las empresas y la falta de interés de la ciudadanía en los temas relacionados con el agua (Cuadro15).

Se pidió a los participantes que identificaran los problemas comunitarios en la gestión del agua. Descubrieron que el problema más común se encontraba en las redes de distribución del líquido y proporcionaron varios ejemplos sobre deficiencias en el acceso, la medición y el horario del servicio, que representaron el 52% de los problemas reportados. El 8% de los participantes indicó la necesidad de mejorar la calidad y la aceptabilidad del agua del servicio municipal de agua, así como de mejorar la infraestructura de los sistemas hidráulicos domésticos.

En cuanto a las soluciones a los problemas identificados, los participantes reconocieron dos áreas prioritarias: (i). La renovación y el mantenimiento de la infraestructura hidráulica municipal, señalada por el 33% de los participantes; (ii) la capacitación y el monitoreo efectivo de los empleados gubernamentales responsables de la gestión municipal del agua, con un 25% de los participantes

enfatizando esta necesidad. Otros puntos importantes que deberían abordarse incluyen la promoción de la cultura del agua (3%) y la mejora de la infraestructura hidráulica industrial para prevenir la contaminación o la sobreexplotación de las fuentes de agua (2%) (Cuadro 15). Las medidas propuestas para abordar la crisis del agua son las siguientes:

i) Transformar o mitigar las prácticas contaminantes a todos los niveles (26%)

ii) Sensibilizar a la ciudadanía sobre la situación mundial del agua y la necesidad de cambiar la gestión actual (24%)

iii) Aumentar la participación ciudadana en la gestión del agua para promover mejoras y elaborar propuestas (21%). Además, la mejora de la gobernanza actual para garantizar el monitoreo, la regulación y el cumplimiento de las leyes del agua relacionadas con los DHAS y la transformación de la educación sobre el agua se mencionaron en menor medida (7%). Los datos sugieren que los participantes no se consideran agentes de cambio a través de la educación.

5.2.2. Resultados del cuestionario de autoevaluación sobre percepción del cumplimiento del DHAS dentro del hogar

Las respuestas se categorizaron según los niveles de cumplimiento indicados en el cuestionario de autoevaluación (Fig. 7). Los participantes que reportaron recibir el servicio de forma regular se clasificaron como buenos, mientras que quienes mencionaron un servicio inconsistente o insuficiente se clasificaron como malos.

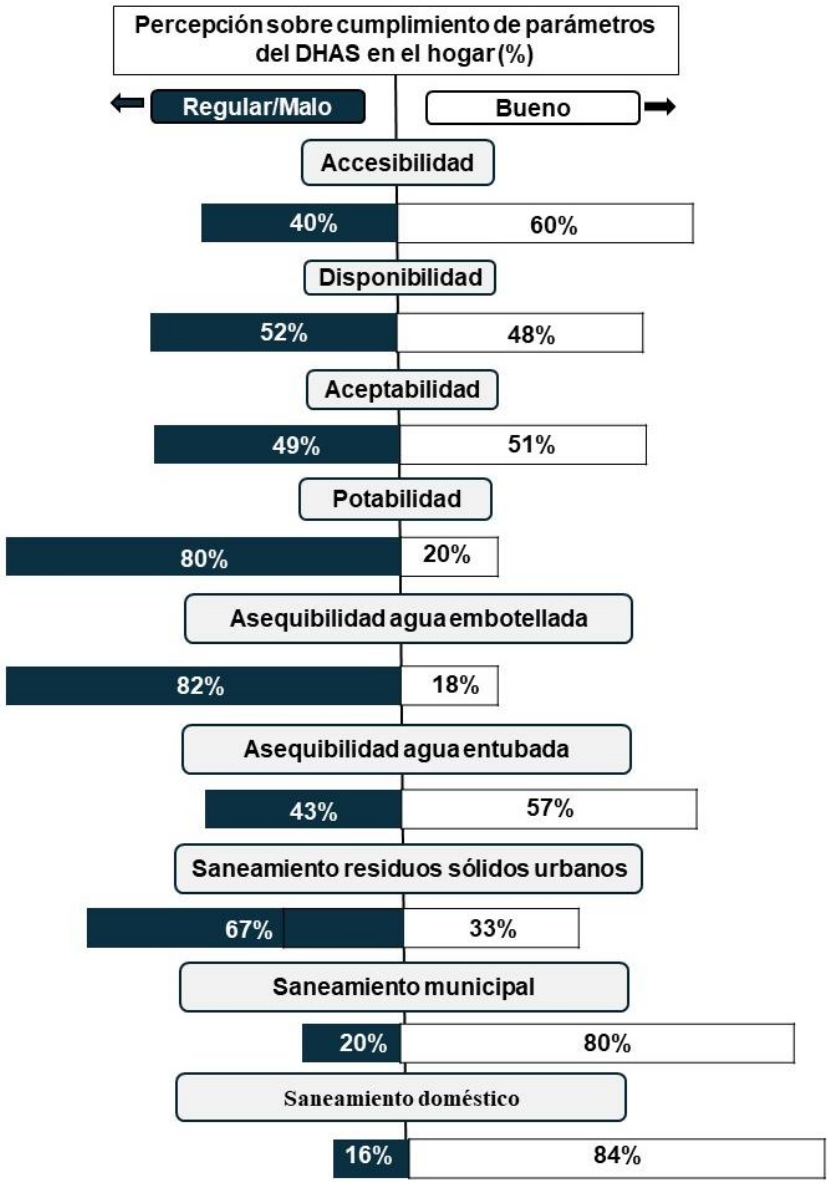

Figura 7. *Percepción de los participantes sobre grado de cumplimiento de parámetros del DHAS en el hogar.*

Los participantes reconocieron que una óptima adhesión al saneamiento doméstico y local requiere la recolección eficaz, y la correcta eliminación de los residuos sólidos, así como el tratamiento de las aguas residuales. Consideraron que tanto las aguas residuales domésticas, como las industriales, se procesan adecuadamente en las plantas de tratamiento municipales, siempre que exista una

red que conecte sus fosas sépticas con el sistema municipal.

Cuadro 16. Resultados cuestionario de autoevaluación sobre percepción de gobernanza comunitaria del DHAS

Percepción Gobernanza DHAS	Frecuencia de respuestas	Comentarios
1. ¿El estado garantiza actualmente el DHAS? Explica	No 84%	Poca disponibilidad y flujo intermitente.
2. Impacto de la vulnerabilidad del DHAS en la salud pública.	Si 99%	Daños a la salud por la falta de higiene y potabilidad.
3. ¿Quiénes deben garantizar el DHAS? ¿Por qué?	Gobierno 88%	Asegurar el acceso a través de instituciones como Conagua con apoyo ciudadanía.
4. ¿Existe igualdad en acceso y disponibilidad entre ciudadanos y empresas? Justificar.	No 93%	Empresas con mayor acceso y disponibilidad a menor costo.
5. ¿Existe vigilancia gubernamental para evitar la contaminación industrial? Justificar.	No 89%	Existen daños ambientales por contaminación industrial.
6. ¿Existe legislación y autoridades que obliguen a remediar o mitigar contaminación industrial? Justificar.	No 78%	Existen leyes, pero hay impunidad en contaminación industrial.
7. Importancia de la participación ciudadana en la gestión de agua de su comunidad. Justificar.	Si 99%	Favorece conservación, propuestas y mayor exigencia de gestión eficiente.
8. Posibilidad de que los ciudadanos se organicen para defender su derecho al agua. Justificar.	Si 96%	Organización ciudadana para proponer mejoras en gestión hídrica y detectar problemáticas

El Cuadro 16 presenta la retroalimentación de las percepciones sobre la gestión de los recursos hídricos. Los resultados sugieren que el gobierno no cumple con los estándares para garantizar el acceso y la disponibilidad del agua. Los estudiantes consideran que el acceso al agua no es confiable porque en algunos lugares, el agua potable no está disponible o solo fluye esporádicamente. La calidad del agua se considera inaceptable y su consumo puede poner en riesgo la salud. Los participantes reconocen que la ausencia de los criterios específicos

relacionados con la potabilidad en sus hogares puede afectar negativamente la salud, la higiene y la seguridad. El 60% (n=120) indicó que algún miembro de su hogar sufría enfermedades gastrointestinales entre una y cinco veces al mes. Se les preguntó si la molestia estaba relacionada con la calidad del agua y la respuesta más común fue que no sabían. El gobierno es responsable de la gestión del agua a través de instituciones como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y los municipios. En Yucatán, la Junta de Agua Potable y Alcantarillado (JAPAY) supervisa los servicios públicos para abastecer de agua a la ciudad de Mérida, pero, ningún estudiante tenía este conocimiento. Destacaron la convicción común de que todos los ciudadanos merecen igualdad de oportunidades, similar que las iniciativas privadas. Observaron un acceso restringido a los recursos hídricos, citando la extracción de agua excesiva y las inconsistencias en los precios que las empresas pagan por el agua. Después de su experiencia con la contaminación industrial del agua, los estudiantes notaron que, si bien existen regulaciones, falta aplicar la ley por parte de las autoridades. Las sanciones parecen no mitigar los efectos de la contaminación. refirieron a casos de daños ambientales visibles, pero las empresas responsables persisten en sus operaciones y contaminan sin que sean penalizados. Reconocieron la importancia de la participación ciudadana en la gestión del agua, comprendieron que la participación en la gestión podría mejorar la conciencia de los ciudadanos sobre sus responsabilidades relacionadas con el manejo del agua y empoderarlos para exigir y proponer mejores alternativas para abordar las deficiencias. Los ejemplos de participación ciudadana incluyeron marchas organizadas, identificación de problemas y sugerencias de mejora de la comunidad

presentadas a las autoridades municipales. Con base en la evaluación del estado general del DHAS, como se ilustra en la Figura 8, se obtuvieron los siguientes hallazgos: (i) Los servicios municipales de gestión del agua se ven gravemente afectados, dieron ejemplos y descripciones sobre las limitaciones en el acceso y la calidad; (ii) los ciudadanos enfrentan desventajas en comparación con las iniciativas privadas para el acceso, disponibilidad y asequibilidad; (iii) falta de rendición de cuentas en casos comprobados de contaminación industrial. A pesar de reconocer estas limitaciones, el 46% de los participantes consideró su DHAS como regular, mientras que el 40% lo calificó como bueno. Solo el 7% lo calificó como "malo" y el 5% como "muy malo".

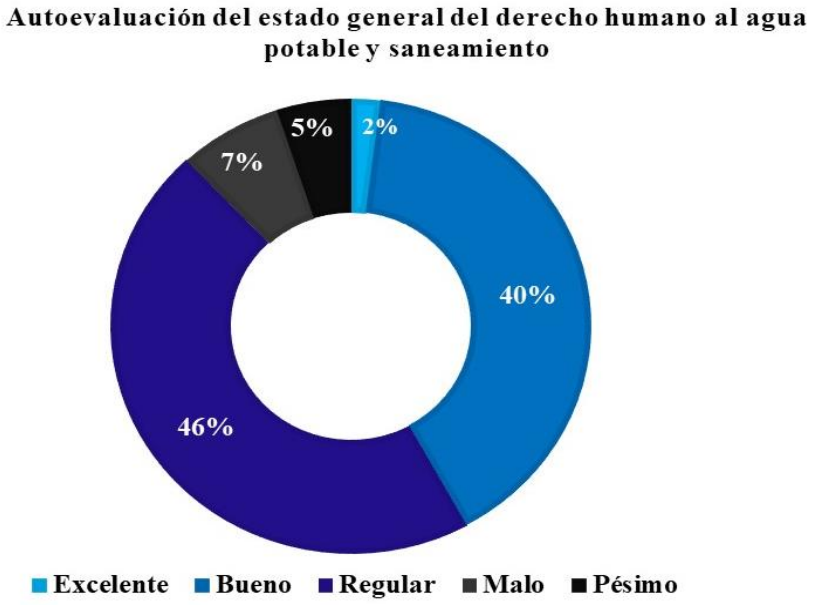

Figura 8. *Percepción general de estudiantes sobre el cumplimiento del DHAS en su hogar*.

Cuadro 17. Comparación entre cumplimiento actual de los parámetros del DHAS en Yucatán y la percepción de los estudiantes (respuesta más frecuente)

Parámetro DHAS	DHAS Yucatán Información científica y oficial	Categoría según cumplimiento	DHAS Yucatán según percepciones estudiantes	Categoría según percepción estudiantes
Agua accesible dentro del hogar	Agua dentro del hogar (entre 40 y el 70% de viviendas). Sistemas de almacenamiento ante flujo intermitente (95% de las viviendas) (INEGI, 2020; Gonzalez-Gomez et al., 2011).	Regular	Reconocen problemas en acceso y utilizan estrategias de almacenamiento.	Bueno 60%
Llegada del agua al hogar	Viviendas conectadas a red pública de agua (entre 75% y 95%). Servicio intermitente por días y horas (Guardiola *et al*., 2010, INEGI, 2020).	Malo	Consideran que reciben agua, pero normalizan que el flujo sea intermitente.	Regular 49%
Agua con olor, sabor y color aceptable	Agua entubada con sabor desagradable, mal olor y en ocasiones turbidez. Se reporta exceso o falta de cloración (Cervantes, et al., 2021).	Malo	Consideran que el agua llega en condiciones aceptables, pero evitan tomarla.	Bueno 51%
Potabilidad del agua entubada	No hay plantas potabilizadoras municipales en Yucatán. Se han encontrado en el acuífero coliformes fecales, agroquímicos, metales pesados, etc. (CONAGUA, 2021, Hoogesteijn, 2015, Polanco *et al.,* 2022).	Malo	Evitan consumir el agua, pero no reconocen explícitamente que no es potable, no relacionan la frecuencia de las enfermedades gastrointestinales a la calidad de agua.	Malo 99%
Baño dentro del hogar	Hogares con baños con sistemas de saneamiento que no cumplen normativas (Febles-Patrón & Hoogesteijn, 2010).	Regular	Tienen un baño dentro del hogar, pero desconocen el tratamiento de sus aguas residuales.	Bueno 84%
Tratamiento de aguas residuales a nivel municipal	No hay plantas de tratamiento operativas en interior del estado. Se tratan menos del 3% de las aguas que se extraen (DOGEY, 2019; CONAGUA, 2021).	Malo	Los estudiantes suponen que sus baños están conectados a plantas de tratamiento municipales y que ahí se limpian las aguas residuales.	Bueno 80%
Tratamiento residuos sólidos urbanos municipal	No existen rellenos sanitarios en el interior del estado que cumplan con las normas de manejo, son tiraderos a cielo abierto (DOGEY, 2019).	Malo	Hay servicio intermitente de recoja de basura, se envía al tiradero abierto municipal.	Regular 55%
Costo Agua purificada	El consumo promedio de agua embotellada por hogares mexicanos representa un gasto de 4.5% mensual del salario promedio (Montero & Gutiérrez, 2024), no hay datos para Yucatán, pero las condiciones climáticas probablemente lo incrementen.	Malo	Consideran que el gasto en agua embotellada representa un gasto importante	Malo 99%
Costo Agua entubada	Agua entubada tiene un costo de $6 por metro cúbico, en municipios manejan cuotas fijas mensuales, El costo del agua no sobrepasa el 3% del salario mínimo.	Bueno	Consideran que el gasto de agua entubada no representa un gasto fuerte mensual	Bueno 57%

En el Cuadro 17 se presenta la categorización del servicio a los ciudadanos de los parámetros actuales del DHAS, derivados de datos oficiales y estudios científicos, comparados con las percepciones más frecuentes de los estudiantes:

i) Bueno: cuando se cumplen todas las condiciones del parámetro especificado

ii) Regular: cuando se cumplen algunas condiciones

ii) Malo: cuando el servicio no cumple los criterios o no se recibe.

Los comentarios de los estudiantes se categorizaron de acuerdo con las condiciones en las que reportaron los servicios vinculados al DHAS. Sus opiniones se presentaron en porcentajes. En la accesibilidad, un porcentaje significativo lo calificó como buena (60%). Se les dificultó identificar los problemas relacionados con la aceptabilidad del saneamiento doméstico y municipal, debido a las discrepancias más claras entre las condiciones reales y las percepciones. El 84% indicó que disponía de una fosa séptica conectada a una instalación municipal de tratamiento. Sin embargo, ninguna de las localidades estudiadas cuenta con esa infraestructura de tratamiento de aguas residuales (CONAGUA, 2021). Informaron que el manejo de residuos sólidos urbanos es regular (55%), sin embargo, las autoridades municipales proporcionan un servicio de recolección de basura inconsistente, y los residuos son depositados en un basurero municipal que no cumple con las normas mínimas de un relleno sanitario; como lo señala la Norma de Residuos Sólidos Urbanos 083-SEMARNAT-2021 (DOF, 2021; DOGEY, 2019).

La aceptabilidad se calificó como buena (51%), pero, no beben agua corriente y afirmaron que se enferman si la consumen (Cuadro 17).

Los estudiantes reconocieron que el gobierno no garantizaba el DHAS y el sistema de abastecimiento de agua, su calidad y el saneamiento, carecían de una supervisión, vigilancia y aplicación de la ley. No obstante, las mejoras sugeridas hacían hincapié principalmente en el acceso y la disponibilidad inmediatos, al tiempo que ofrecían atención limitada para regular las actividades contaminantes y la sobreexplotación. Este punto subraya que como la principal preocupación es de tipo personal, es el mejor motivador para futuras intervenciones en donde se puede llevar al estudiante de lo específico de su situación personal, a lo general, entendiendo que, si no se reconoce el uso y manejo del agua como un fenómeno biológico – social, los cambios administrativos serían imposibles.

5.3. DISCUSIÓN

Los talleres y evaluaciones basados en el modelo de competencias para la enseñanza de la sostenibilidad del agua y el saneamiento (Cebrián & Junyent, 2015; Cebrián et al., 2020) fueron herramientas eficaces (Ojeda-Barceló et al., 2009; Castle & McGuire, 2010) para comprender el pensamiento, la contextualización, la visión de futuro y los valores asociados al DHAS de los estudiantes participantes. La investigación ha demostrado que abordar estos temas en el aula ofrece los siguientes beneficios

i) Identificar las percepciones sobre los problemas medioambientales.

ii) Reconocer la disonancia cognitiva y la distancia psicológica que pueden influir en el desarrollo de comportamientos proambientales.

iii) Identificar los contenidos a reforzar.

iv) Promover la autoconciencia para que los alumnos reconozcan sus vulnerabilidades y riesgos, a la vez que se fomenta el comportamiento resiliente y el pensamiento crítico.

Este ejercicio puede capacitar a los futuros educadores para ser más asertivos, críticos y proactivos en la gestión de la educación de los niños en relación con la crisis del agua. Los datos de la comunidad relativos al DHAS (Cuadro 15) revelan que los participantes se vieron afectados por problemas relacionados con fallos en las infraestructuras, problemas de distribución y una gestión pública ineficaz (Wilder et al., 2020; García-Searcy et al., 2022). Sin embargo, se centraron en el acceso y la disponibilidad del agua.

No reconocieron las implicaciones más amplias del saneamiento, que abarcan el saneamiento del agua doméstica y agroindustrial y la eliminación de residuos sólidos urbanos de forma adecuada para el ambiente y la sostenibilidad. Asumiendo que los servicios actuales son suficientes, se ignoró la realidad de que estos servicios están por debajo de los estándares mexicanos establecidos (DOF, 2021) y de los criterios del DHAS (UNGA, 2010).

Los estudiantes estaban bien informados sobre elementos relacionados con la gestión comunitaria del agua; por ejemplo, el impacto en la salud del ecosistema, la falta de rendición de cuentas en el sector privado, y la insuficiente rigurosidad de las agencias gubernamentales; pero, no reconocían la relación entre la calidad del agua, y la salud. Es importante señalar que los avances significativos en la salud mundial se han derivado del progreso en la ingeniería sanitaria (Yu et al., 2014; WHO, 2023), y los participantes desconocían este hecho. No sabían que sus hogares carecían de sistemas municipales de aguas

residuales (CONAGUA, 2021). Este problema está estrechamente ligado al sistema kárstico. La mayoría de las viviendas utilizan fosas sépticas, cuyas paredes están inadecuadamente recubiertas de piedra y cemento, que no garantiza la impermeabilidad al sustrato en donde están. Gran parte de los residuos líquidos se filtran al subsuelo. La limpieza de las fosas sépticas es una necesidad prácticamente inexistente, ya que nunca se llenan. Como resultado, se ha producido una contaminación significativa del acuífero, inadvertida por los residentes (Febles-Patrón & Hoogesteijn, 2010; Martínez-Peña et al., 2013). Esta omisión del reglamento municipal, estatal, y federal, en las regulaciones de construcción de sumideros y fosas sépticas origina la creencia generalizada de que cada casa está ligada a un sistema de aguas residuales que conduce a una planta de tratamiento, lo que les produce satisfacción y tranquilidad, aunque esté basada en un conocimiento espurio.

La razón por la que los estudiantes no perciben problema alguno en su acceso al DHAS puede ilustrarse con un ejemplo. Cuando el servicio de agua es intermitente o el suministro es inadecuado, con poca disponibilidad, la gente tiende a almacenar el agua en recipientes de plástico. Aunque esta práctica compromete la higiene y la calidad del agua, no se considera un problema. El suministro y disposición inadecuada se ha “normalizado,” porque siempre ha sido así. Los participantes están convencidos de que como las condiciones son peores en otros lugares, su situación es aceptable y hasta afortunada.

Los individuos pueden poseer la información necesaria para evaluar su situación; sin embargo, en ausencia de puntos de referencia comparativos, en ausencia de una normalidad cónsona con los DHAS, no pueden comprender sus

circunstancias y exigir mejoras (Corral-Verdugo et al., 2006; Fan et al., 2014; Bayu et al., 2020). Un estudio realizado por Ruiz-Garzón et al. (2021) en España reveló que los estudiantes debatían sobre el desarrollo sostenible e identificaban el acceso al agua potable como esencial para el progreso de la sociedad. Reconocían los efectos perjudiciales de la disponibilidad y el saneamiento inadecuados, lo que demostraba un deseo de garantizar la buena gestión de los recursos. A diferencia de los participantes en este estudio, los estudiantes españoles se beneficiaron de un DHAS cónsono con una legislación humana y una sólida educación medioambiental. Su experiencia de acceso al agua, la buena calidad y el saneamiento eran óptimos, lo que contribuía a una mayor calidad de vida y, por lo tanto, a una exigencia clara. Para la población de Yucatán esta exigencia es inexistente, porque no pueden comparar lo que reciben con lo que es adecuado y deseado, al carecer de la experiencia para hacerlo.

La carencia de esta capacidad evaluativa puede conducir a la falta de acción y afectar negativamente la salud humana y de los ecosistemas (Hargrove et al., 2013; Sadoff et al., 2020; Mishra, 2023). Las personas deben tener estándares de bienestar claramente definidos para identificar las carencias en sus vidas. Los alumnos se mostraron más inclinados a reconocer y aceptar la crisis mundial del agua, que a reconocer su propia vulnerabilidad. La crisis mundial del agua está ampliamente reconocida y aceptada en la sociedad. Sin embargo, tuvieron problemas con el pensamiento crítico necesario para cuestionar y comprender cómo esta crisis afecta directamente sus vidas y su comunidad. Para poder llegar a un cambio primero hay que identificar si un problema existe, la falta de autoevaluación es evidente, sólo el 11% reconoce sus circunstancias deficientes

en el contexto del DHAS. Estos resultados pueden entenderse a través de tres hipótesis relacionadas con lo que ocurre en estas comunidades: (i) el desconocimiento ciudadano de lo que es correcto y de la ley mexicana explicado anteriormente, (ii) la disonancia cognitiva, en la que los individuos pueden considerar la situación como favorable para evitar el malestar derivado de creencias conflictivas no resueltas (Thøgersen, 2004; Bosone et al., 2022), y (iii) la distancia psicológica, en la cual las personas perciben los efectos a nivel social más que a nivel individual, minimizando así su intención y motivación para actuar (Milne et al., 2000; Spence et al., 2012; Rainear & Christensen, 2017; Shafiei & Maleksaeidi, 2020; Li et al., 2022). La distancia psicológica dificulta el pensamiento crítico, porque las ideas abstractas deben conectar con la realidad experimentada. Los estudiantes participantes no eran conscientes de su DHAS, normalizando las lagunas en sus derechos, a pesar del proceso educativo que han tenido. Una vez que estos estudiantes se conviertan en profesores, es probable que comuniquen el mismo comportamiento a sus estudiantes.

Los educadores necesitan las herramientas y normas adecuadas para motivar e involucrar a los alumnos en el aprendizaje de la gestión del agua. Sin estos recursos, la presión social y la resistencia al cambio pueden ser insuficientes para lograrlo. Por lo tanto, los estudiantes deben tener una educación adecuada sobre el DHAS (Nisbet & Gick, 2008; Ellerbrock et al., 2016; Tamar et al., 2021).

Las soluciones propuestas por los participantes generalmente buscaron eliminar las prácticas contaminantes y aumentar la concientización pública sobre el rol del ciudadano en la gestión comunitaria del agua. Sólo el 7% (n=263) reconoció la necesidad de reformar las prácticas industriales relacionadas con la

sobreexplotación, la contaminación y las lagunas importantes en la regulación y la rendición de cuentas. Enfatizaron siempre que el ciudadano era el principal problema, en lugar de abordar las lagunas administrativas a nivel industrial y gubernamental (Nisbet & Gick, 2008; Spence et al., 2012). Para poner en perspectiva por qué esta posición no es constructiva, ni propositiva, en todo el mundo, el 10% de las extracciones de agua se destinan al consumo humano, mientras que el 90% restante lo utilizan en la agricultura y la industria (Oki & Kanae, 2006; Bayu et al., 2020).

Las políticas públicas y la gobernanza fueron los temas en los que menos hicieron hincapié (Fortner & Meyer, 2000). Llama especialmente la atención que el grupo pasara por alto las causas profundas de estos problemas, especialmente teniendo en cuenta los numerosos casos presentados en la prensa sobre la impunidad y supervisión insuficiente por parte de las autoridades estatales. Este entorno de impunidad impide cualquier cambio de perspectiva (Sandoval-Díaz, 2020). Quienes reconocen estos problemas a menudo se sienten abrumados e impotentes ante retos tan vastos. Una posible solución podría consistir en integrar los valores medioambientales en los debates de grupo, animando a los jóvenes a participar activamente en movimientos a favor del medio ambiente. Este enfoque podría surgir del sector educativo, donde los educadores son vitales y los profesores deben reconocer la influencia tan relevante que su trabajo tiene en la sociedad (Lange & Dewitte, 2019; Shapira-Lishchinsky &Tsemach, 2014). Es crucial insistir en este punto a los futuros educadores, ya que no reconocen plenamente que su labor docente tiene impacto social.

Las creencias y los valores de los profesores en relación con la sostenibilidad, la naturaleza y la gobernanza del agua determinan en gran medida sus enfoques de la educación ambiental (Nisbet y Gick, 2008; Brownlee et al., 2013; Yli-Panula et al., 2023). Es probable que los educadores que se identifican fuertemente con el ecologismo empleen métodos de enseñanza que promuevan comportamientos sostenibles entre sus alumnos (Tamar et al., 2021). No obstante, la eficacia de su enseñanza puede disminuir si existe un desajuste entre sus creencias y las prácticas cotidianas (Waters-Adams, 2006; Ellerbrock et al., 2016). La incorporación de los conocimientos provenientes de la psicología ambiental puede proporcionar una comprensión más profunda sobre cómo los valores personales afectan al compromiso educativo, y puede ayudar a los profesores a mejorar su influencia como modelos a seguir en la defensa de prácticas sostenibles (Emmerich & Molineri, 2019; Lange y Dewitte, 2019).

Por ello la realización de estudios de este tipo es tan importante, ya que permiten identificar las áreas de los programas educativos que requieren refuerzo. Los participantes en el estudio no reconocieron la importancia de las prácticas docentes destinadas a una mejor cultura del agua, tampoco su potencial pleno como futuros agentes de cambio, capaces de mejorar la calidad de vida de sus alumnos (Fortner & Meyer, 2000). Hasta donde sabemos, no se han publicado hallazgos similares en México y este tema debería ser prioritario en las plataformas magisteriales, por los graves desafíos ambientales que enfrenta el país (Cockerill, 2010). La falta de reconocimiento de las propias vulnerabilidades obstaculiza la capacidad de acción, de ahí que sea vital formar profesionales

conocedores y apegados a los principios de cuidado y justicia ambiental (Kowasch, 2023).

5.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio abogamos por acciones que fomenten el compromiso ciudadano en la gestión del agua a través del sistema educativo. Estas iniciativas incluyen (i) mejorar la concienciación sobre los mecanismos de participación ciudadana y los derechos legales, garantizando que el público y los educadores conozcan las organizaciones que supervisan los recursos naturales, (ii) destacar la importancia de las distintas facetas del DHAS, que van más allá del mero acceso y disponibilidad, porque los problemas de saneamiento pueden acarrear graves consecuencias para la salud y el medio ambiente a corto, mediano, y largo plazo; (iii) ofrecer educación medioambiental a los profesores para capacitarlos como catalizadores del cambio social; (iv) informar a las personas afectadas sobre sus derechos y responsabilidades, junto con estrategias de defensa frente al desconocimiento, la disonancia cognitiva y la distancia psicológica; y (v) utilizar recursos electrónicos para abordar los retos socio-ecológicos, teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo y recursos, para mejorar la comprensión de los problemas medioambientales.

Además, la disonancia cognitiva podría abordarse mediante actividades diseñadas para incitar a la reflexión sobre las consecuencias de la crisis del agua. Esta estrategia se alinea con las políticas públicas, integrando los temas del agua en la formación del profesorado, con módulos específicos, y oportunidades para contemplar las políticas de gobernanza del agua. Estas iniciativas podrían mejorar la formación continua, y crear asociaciones entre instituciones académicas,

gobiernos, y comunidades locales, para fomentar una acción de aprendizaje sostenible.

Los resultados de este trabajo se comunicaron a las instituciones educativas para facilitar la aplicación de estas propuestas, haciendo hincapié en las lagunas reconocidas y ofreciendo recursos didácticos. Adicionalmente, los materiales digitales utilizados en el taller siguen siendo de acceso público. Se contactó a la CONAGUA y a las Secretarías de Educación Pública nacional y estatal para discutir los resultados y sugerir el establecimiento de un diplomado enfocado a la cultura del agua para maestros, que cubriera temas ausentes en el currículo educativo existente. La propuesta fue aceptada y actualmente se está considerando su desarrollo.

A través de estas acciones, los estudiantes podrían adquirir una comprensión fundamental de los intrincados problemas de los recursos hídricos de Yucatán. Como resultado, necesitarían un desarrollo profesional mayor para analizar, abordar, y gestionar eficazmente los retos medioambientales. Con una mayor familiaridad con el tema, los estudiantes deberían ser capaces de incorporar estas ideas en su enseñanza, promover su inclusión en los planes de estudio y libros de texto, y ayudar a cultivar ciudadanos informados, comprometidos, responsables y proactivos para el futuro.

CAPITULO 6. DISCUSIÓN GENERAL

El nivel de adquisición de competencias sobre sostenibilidad hídrica de los estudiantes normalistas, previo a la implementación de los talleres, no era suficiente para abordar adecuadamente en el aula los temas relacionados con el agua. Esto limitaba su capacidad para comprender aspectos fundamentales como el sistema acuífero kárstico de la península de Yucatán, un ecosistema hídrico complejo y vital para la región.

Los estudiantes no contaban con un conocimiento actualizado sobre las condiciones actuales de la provisión de agua y saneamiento, tanto a nivel nacional como regional, lo cual es esencial para abordar los desafíos del acceso y calidad del agua en sus comunidades. De igual forma, no estaban familiarizados con los parámetros establecidos por la ONU en el edicto del DHAS, lo que dificultaba la comprensión de su impacto en el contexto social y ambiental.

En los resultados, los estudiantes expresaron que no se sentían capacitados para abordar estos temas por la falta de formación previa y conocimientos específicos, pero al mismo tiempo, manifestaron un interés genuino por prepararse mejor para abordar la problemática hídrica en su entorno.

Este contexto resalta la necesidad urgente de implementar enfoques educativos innovadores que puedan fortalecer las competencias de los estudiantes en estos temas (OECD, 2019). La incorporación de modalidades de enseñanza en línea (*e-learning)* demostró ser una herramienta eficaz para abordar problemáticas ambientales complejas y promover una comprensión más profunda sobre la sostenibilidad hídrica. Las plataformas *e-learning* no solo permiten a los estudiantes acceder a contenido educativo de manera flexible y adaptada a sus necesidades,

sino que también ofrecen una oportunidad para la reflexión personal y colectiva, favoreciendo el aprendizaje autónomo y significativo.

Según lo reportado por Valenzuela-Morales et al. (2022), las intervenciones educativas focalizadas en la conservación del agua pueden generar cambios significativos en la actitud y predisposición a ejercer acciones concretas para ahorrar agua y promover su uso responsable.

En este contexto, el diseño de talleres electrónicos y la implementación de instrumentos de evaluación específicos permitieron la creación de un espacio de colaboración que favoreció el intercambio de perspectivas sobre la situación actual del agua en sus comunidades, logrando una aproximación inicial a la percepción, compresión y valoración de los recursos hídricos por parte de los estudiantes.

Los resultados obtenidos muestran que las percepciones, creencias y motivaciones de los docentes, la relación con los derechos humanos y la sostenibilidad hídrica, están influenciadas por varios factores, entre los que destacan la cultura local y la falta de exposición a contextos donde estos derechos están más consolidados. Este hallazgo coincide con lo planteado por Kwee & Dos Santos (2023), quienes sugieren que las percepciones docentes desempeñan un papel fundamental en la forma de enseñar, por lo que es importante investigar los significados asociados con los recursos hídricos (Yates et al. 2017).

El hecho de que los participantes reporten una comprensión limitada o superficial sobre el DHAS refleja una deficiencia en la formación previa en derechos humanos o sostenibilidad. Este resultado es relevante, ya que, aunque podría identificarse como un indicador de deficiencias, también subraya la necesidad urgente de identificar estas carencias desde las etapas iniciales de la formación

docente y elaborar programas de formación específicos para resolverlas y evitar que se perpetúen enfoques inadecuados en la resolución de los problemas ambientales.

El análisis de las respuestas demuestra que los docentes, aunque inicialmente poco capacitados, expresaron deseos de mejorar su comprensión sobre los recursos hídricos y sus implicaciones. Este hallazgo resalta un aspecto clave: la disposición de los participantes para involucrarse en procesos de aprendizaje continuo. Esto coincide con estudios previos en el sentido de que la motivación intrínseca de los docentes facilita la mejora de sus prácticas pedagógicas y su desarrollo profesional (Tomas et al., 2017; Evans & Ferreira, 2020). Así, los resultados no solo demuestran deficiencias, sino también un potencial significativo para mejorar la enseñanza sobre la sostenibilidad hídrica, mediante estrategias pedagógicas bien diseñadas.

El hallazgo de que no se encontraron diferencias significativas entre ambas modalidades de taller (sincrónica y asincrónica) sugiere que el formato de enseñanza tiene un impacto relativamente menor, comparado con la calidad del contenido y el diseño pedagógico. Este resultado cuestiona la suposición común de que el tipo de modalidad de enseñanza (en línea o presencial) es un factor determinante en el éxito del aprendizaje. En cambio, resalta la importancia sobre cómo se estructuran y diseñan los contenidos, así como los métodos pedagógicos utilizados para facilitar el aprendizaje. Las investigaciones de Fabriz et al. (2021) y Budhyani et al. (2022) apoyan esta idea, ya que argumentan que el éxito de la educación no depende exclusivamente de la modalidad, sino de cómo se aprovechan las herramientas tecnológicas y los enfoques pedagógicos para

promover el aprendizaje activo y la reflexión crítica.

Este resultado tiene implicaciones importantes para la formación docente, especialmente en temas de sostenibilidad hídrica, donde es esencial la integración de una perspectiva socioecológica en sus prácticas pedagógicas. Con una capacitación adecuada, los futuros docentes pueden adquirir conocimientos técnicos sobre la gestión del agua e incorporar una visión crítica que reconozca la interconexión de los factores sociales, ambientales y económicos (Cankaya & Iscen, 2015; Young & Malone, 2023).

Esto permitiría a los docentes ayudar a los estudiantes a comprender que los problemas ambientales, como la crisis hídrica, no son fenómenos aislados, sino que están profundamente arraigados en las estructuras sociales y económicas (Taylor et al., 2013). Así, los docentes no sólo promueven el uso responsable del agua, sino que les permiten contextualizar estos problemas en su vida cotidiana. Esta contextualización es fundamental para combatir fenómenos como la disonancia cognitiva o la distancia psicológica y evitar la normalización de las fallas en la provisión de servicios públicos (Esteve-Guirao et al., 2019).

Fomentar que los futuros docentes y estudiantes desarrollen habilidades transversales como la curiosidad, el pensamiento científico, el análisis crítico y la autorregulación, puede tener un impacto significativo en la forma que aborden la educación ambiental. Estas habilidades no solo permiten que los docentes se conviertan en agentes de cambio en su entorno inmediato, sino que los capacitan para empoderar a sus estudiantes, adaptarse y responder a los desafíos que plantean las diversas crisis ambientales (Jones et al., 2021; Rahmawati et al.2021).

La transformación de la formación docente impacta en la educación de los

estudiantes, y también puede movilizar estructuras sociales. Como reportaron previamente Esteve-Guirao et al., (2019) y Earle & Leyva-de la Hiz, (2021), cuando los docentes desarrollan estas competencias críticas y las transmiten a sus estudiantes, se fomenta una ciudadanía más informada y competente, con mejores capacidades colectivas para organizarse, transformar prácticas culturales y proponer soluciones innovadoras para los problemas ambientales. Este cambio gradual fortalecerá las bases de una sociedad comprometida con la sostenibilidad y resiliencia frente a las crisis globales.

6.1. Limitaciones generales del estudio

En los capítulos previos se señalaron algunas limitaciones específicas relacionadas con aspectos abordados de la investigación. A continuación, se presentan las principales limitaciones identificadas respecto al diseño general del estudio: i) los docentes que participaron voluntariamente en el estudio manifestaron tener mayor interés o compromiso con los temas ambientales e hídricos, esto podría sesgar los resultados hacia una visión más favorable, incluir en futuros diseños de investigación un grupo de control permitiría identificar qué tanto difieren los resultados en otra muestra menos sensibilizada; ii) al tratarse de un estudio transversal, los resultados obtenidos reflejan la evaluación puntual de las competencias adquiridas, sin poder determinar si estas se mantienen o se traducen en cambios concretos en las prácticas educativas docentes.

Se recomienda la realización de estudios longitudinales que permitan evaluar cómo evolucionan las competencias adquiridas en el tiempo, así como el grado en que se aplican en las prácticas pedagógicas. Este tipo de estudios podría incluir mediciones periódicas posteriores a la intervención formativa, como

observaciones en el aula o cuestionarios de seguimiento, para identificar barreras o facilitadores y la implementación de los aprendizajes adquiridos.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES GENERALES

Con base a los resultados obtenidos, se recomienda adoptar las modalidades *e-learning* como una estrategia eficaz para fortalecer las capacidades docentes en temas relacionados con la sostenibilidad. Principalmente, sería beneficioso integrar en la formación docente, a todos los niveles educativos, módulos específicos sobre gobernanza hídrica, hidrología, hidrogeología y DHAS. Estos contenidos deben diseñarse para fomentar una perspectiva sistémica y crítica, que permita a los docentes no sólo cuestionar los paradigmas existentes, sino también capacitar a los estudiantes en el análisis crítico de esos temas. Adicionalmente, es importante que los docentes adquieran conocimientos sobre las herramientas jurídicas de participación ciudadana, especialmente las vinculadas con la gestión y conservación de los recursos naturales. Este enfoque fortalecerá su capacidad para desempeñar un papel activo en la gestión hídrica, promoviendo una participación informada y efectiva en la toma de decisiones vinculadas a uso y conservación del agua.

Se sugiere explorar y adoptar distintas opciones en el ámbito e-learning e integrarlas al abordaje de estos temas, como: i) creación de plataformas colaborativas, donde docentes, estudiantes e investigadores puedan compartir conocimientos, discutir mejores prácticas y organizar estrategias eficientes de conservación de los recursos hídricos; ii) simuladores interactivos, con realidad virtual, estas herramientas permiten realizar recorridos virtuales inmersivos en entornos acuáticos, superficiales y subterráneos, proporcionando una visualización

detallada de sus características, dinámicas y vulnerabilidad. Además, los simuladores pueden modelar los efectos de las actividades humanas, como la contaminación y la sobre extracción, así como contrastarlos con los beneficios de implementar estrategias de conservación. Estas simulaciones facilitarían la compresión de los procesos hídricos y la toma de decisiones en la gestión hídrica; iii) gamificación y aprendizaje basado en proyectos, a través de juegos educativos electrónicos, los estudiantes pueden enfrentar desafíos interactivos que simulen problemas reales relacionados con la gestión local de agua, esto hace que el proceso de aprendizaje sea más dinámico y promueve habilidades críticas como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y el pensamiento estratégico. Este enfoque conecta el aprendizaje en el aula con la realidad local y los convierte en agentes de cambio en su entorno; iv) micro cursos especializados en temas de sostenibilidad hídrica, como cuencas hidrológicas, gobernanza hídrica o tecnologías de saneamiento. Estos cursos diseñados para completarse en períodos breves permiten una actualización constante y flexible, adaptándose a las agendas ocupadas de los docentes. Al centrarse en un tema específico de la sostenibilidad hídrica, facilitan la adquisición rápida de conocimientos clave y habilidades prácticas. Al estructurarse en módulos breves, se pueden integrar a programas educativos más amplios; v) inteligencia artificial y aprendizaje personalizado, el uso de IA es un territorio con un gran potencial para aplicarse en la educación, más allá de realizar las tareas de los estudiantes, puede ser de utilidad para adaptar contenidos a las necesidades del estudiante, personalizando el proceso de aprendizaje, según el nivel de conocimiento previo, lo que permitiría profundizar en temas específicos cuando es necesario.

Se enfatiza la necesidad de diseñar talleres e-learning que combinen actividades sincrónicas y asincrónicas. Las sesiones sincrónicas deben centrarse en la reflexión colectiva mediante debates, análisis de casos y discusiones plenarias en tiempo real, fortaleciendo las habilidades analíticas de los participantes, mientras que las actividades asincrónicas podrían enfocarse en el desarrollo de habilidades prácticas a través de ejercicios interactivos y tareas que permitan la consolidación de los conocimientos adquiridos.

Como conclusión, el e-learning representa una herramienta clave para transformar la educación en sostenibilidad hídrica. Al integrar tecnologías innovadoras, se pueden diseñar entornos de aprendizaje más flexibles, accesibles y efectivos, capaces de adaptarse a las necesidades de los docentes y los estudiantes. Esta integración no sólo mejora la calidad de la formación, sino que también prepara a los participantes a enfrentar con mayor eficacia los desafíos complejos asociados a la gestión sostenible de los recursos hídricos, promoviendo un compromiso activo y consciente hacia la preservación de un recurso tan vital como el agua.

REFERENCIAS

Abad-Salgado, A. (2021). Reflexiones sobre los procesos de enseñanza/ aprendizaje en la educación a distancia. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía, 5*(9), 132-148. doi: 10.15658/rev.electron.educ.pedagog21.11050910

Adelman, S. (2018). The Sustainable Development Goals, anthropocentrism and neoliberalism. In: French, D. Kotze, J. L. (eds.) *Sustainable Development Goals: Law, theory and implementation*. (pp.15-40). Edward Elgar. Northampton, MA.

Aguilar-Duarte, Y., Bautista, F., Mendoza, M. E., Frausto, O., Ihl, T., & Delgado, C. (2016). Ivaky: índice de la vulnerabilidad del acuífero kárstico yucateco a la contaminación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, *15* (3), 913-933.

Anderson, D. & Bull, P. (2010). Constructivist Teaching Approach: Integrating a Multimedia Tool to Enhance Student Learning in a First Grade Classroom. In: D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of SITE 2010--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 3055-3059). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), San Diego, CA, USA.

Anglés-Hernández, M. (2016). Pobreza y exclusión social como factores determinantes para el acceso a la vivienda, al agua potable y al saneamiento. En*:* Cámara de diputados, H. Congreso de la Unión (ed.) *Derechos del Pueblo Mexicano. México a Través de sus Constituciones. (pp.* 401–414)*.* Miguel Ángel Porrúa, Ciudad de México, México.

Araral, E. (2013) What Makes Socio-ecological Systems Robust? An Institutional Analysis of the 2,000-Year-Old Ifugao Society. *Human Ecology 41*, 859–870. doi:10.1007/s10745-013-9617-5

Árcega-Cabrera, F., Sickman, J. O., Fargher, L., Herrera-Silveira, J., Lucero, D., Oceguera-Vargas, I., Lamas-Cosio, E. & Robledo-Ardila, P. A. (2021). *Groundwater quality in the Yucatan Peninsula: insights from stable isotope and metals analysis. Groundwater 59: 878–891*. doi:10.1111/gwat.13109

Árcega-Cabrera, F., Velázquez-Tavera, N., Fargher, L., Derrien, M., & Noreña-Barroso, E. (2014). Fecal sterols, seasonal variability, and probable sources along the ring of cenotes, Yucatan, Mexico. *Journal of contaminant hydrology*, *168*, 41-49. doi:10.1016/j.jconhyd.2014.08.007

Archambault, L., & Warren, A. (2015). Leveraging eLearning to prepare future educators to teach sustainability topics. *E-learning and education for sustainability*, *35*, 151-165. doi:10.3726/978-3-653-02460-9

Babuna, P., Yang, X., Tulcan, R. X. S., Dehui, B., Takase, M., Guba, B. Y., Han, C., Awudi, D.A., & Li, M. (2023). Modeling water inequality and water security: The role of water governance. *Journal of Environmental Management*, *326*, 116815. doi:10.1016/j.jenvman.2022.116815

Bardsley, D. K. & Wiseman, N. D. (2016). Socio-ecological lessons for the Anthropocene: Learning from the remote Indigenous communities of Central Australia. *Anthropocene, 14*, 58-70. doi:10.1016/j.ancene.2016.04.001

Barrable, A. (2019). Refocusing Environmental Education in the early years: A brief introduction to a pedagogy for connection. *Education Sciences,* 9(1)**,** 61. doi:10.3390/educsci9010061

Bauer-Gottwein, P., Gondwe, B. R., Charvet, G., Marín, L. E., Rebolledo-Vieyra, M., & Merediz-Alonso, G. (2011). Review: The Yucatan Peninsula karst aquifer, Mexico. *Hydrogeology Journal*, *19*(3), 507-524. doi:10.1007/s10040-010-0699-5

Bayu, T., Kim, H., & Oki, T. (2020). Water governance contribution to water and sanitation access equality in developing countries. *Water Resources Research, 56*, e2019WR025330. doi:10.1029/2019WR025330

Blömeke, S. (2012). Does greater knowledge Lead to student orientation? The relationship between teacher knowledge and teacher beliefs. In: J. König (Ed.). *Teachers' pedagogical beliefs definition and operationalization, connections to knowledge and performance, development and change* (pp. 15–37). Waxmann. Münster/New York/München/Berlin doi:10.25656/01:21030

Boltz, F., Poff, L.R.N., Folke, C. & Browne, C. (2019). Water is a master variable: Solving for resilience in the modern era. *Water Security* 8, 100048. doi:10.1016/j.wasec.2019.100048

Bonneau, J., Fletcher, T. D., Costelloe, J. F., & Burns, M. J. (2017). Stormwater infiltration and the 'urban karst' A review. *Journal of Hydrology*, (552), 41-150.

Bosone, L., Chevrier, M., & Zenasni, F. (2022). Consistent or inconsistent? The effects of inducing cognitive dissonance vs. cognitive consonance on the intention to engage in pro-environmental behaviors. *Frontiers in Psychology, 13***,** 902703. doi:10.3389/fpsyg.2022.902703

Bourotzoglou, E., Emmanouloudis, D., & Georgopoulos, A. (2016). A Pedagogical Dimension to the Technocratic Problem of Water Management: Preschool Teacher Beliefs and Attitudes Towards Teaching Water Science and Sustainable Management of Water in the Context of Environmental Education. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, *9*(2).

Brick, C., Nielsen, K. S., Berger, S., Henn, L., Wolske, K. S., Lange, F., Hanss, D., Bauer, J. M., Aldo, A., Sachisthal., M., Kjos, S., & Cologna, V. (2024). Current research practices on pro-environmental behavior: A survey of environmental psychologists. *Journal of Environmental Psychology*, *97*, 102375.

Brown, C. M., J. R. Lund, X. Cai, P. M. Reed, E. A. Zagona, A. Ostfeld, J. Hall, G. W. Characklis, W. Yu, & L. Brekke (2015), The future of water resources systems analysis: Toward a scientific framework for sustainable water management, *Water Resources. Research, 51*, 6110–6124, doi:10.1002/ 2015WR017114.

Brownlee, M. T. J., Powell R.B & Hallo, J.C. (2013). A review of the foundational processes that influence beliefs in climate change: opportunities for environmental education research. *Environmental Education Research, 19*(1)**,** 1-20. doi: 10.1080/13504622.2012.683389

Bryhn, A. C., & Belgrano, A. (2023). Teaching, learning and assessment methods for sustainability education on the land–sea interface. *Discover Sustainability*, *4*(1), 3. doi:10.1007/s43621-023-00120-2

Budhyani, I. D. A. M., Candiasa, M., Sutajaya, M., & Nitiasih, P. K. (2022). The Effectiveness of Blended Learning with Combined Synchronized and Unsynchronized Settings on Self-Efficacy and Learning Achievement. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, *11*(1), 321-332. doi: 10.11591/ijere.v11i1.22178

Burns, M. (2023). Distance Education for Teacher Training: Modes, Models and Methods. (2nd Edition). Education Development Center, Washington, DC.

Canales, R, & Silva, I. From in-person to virtual class, a model for using online training in the time of Covid-19. *Educar em Revista*, *36*(2020) e76140. doi:10.1590/0104- 4060.76140

Cankaya, C., & Iscen, C. F. (2015). Development of pre-service science teachers' awareness of sustainable water use. *Educational Research and Reviews*, *10*(4), 471. doi:10.5897/ERR2014.2053

Castle, S., & McGuire, C. (2010). An analysis of student self-assessment of online, blended, and face-to-face learning environments: Implications for sustainable education delivery. *International Education Studies, 3*(3**)** 36-40. doi:10.5539/ies.v3n3p36

Cebrián, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in Education for Sustainable Development: Exploring the Student Teachers' Views. *Sustainability,* 7(3)**,** 2768-2786.doi:10.3390/su7032768

Cebrián, G., Junyent, M., & Mulá, I. (2020). Competencies in education for sustainable development: Emerging teaching and research developments. *Sustainability, 12*(2)**,** 579. doi:10.3390/su12020579

Cervantes, G. A., Chan, C. G., Morales, N. J., & Cejudo, E. (2021). Physico-chemical quality and analysis of chlorination for water supply in Espita, Yucatan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *24*(1).

Cervantes-Martínez, A. (2007). El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatán. *Teoría y Praxis* (3), 143-152. doi: 10.22403/UQROOMX/TYP03/12

Cheng, X., Mo, W., & Duan, Y. (2023). Factors contributing to learning satisfaction with blended learning teaching mode among higher education students in China. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1193675. doi:10.3389/fpsyg.2023.1193675

Cockerill, K. (2010). Communicating How Water Works: Results from a Community Water Education Program. *The Journal of Environmental Education, 41*(3)**,** 151–164. doi:10.1080/00958960903295266

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2021). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Comisión Nacional del Agua. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/759492/Inventario_2021.pdf. (Acceso 15 marzo, 2023)

Corral-Verdugo, V., Fraijo-Sing, B., & Pinheiro, J. Q. (2006). Sustainable behavior and time perspective: Present, past, and future orientations and their relationship with water conservation behavior. *Interamerican Journal of Psychology,* 40(2)**,** 139-147

Corrochano Fernández, D., Ferrari-Lagos, E., Andrés-Sánchez, S., Fuertes Prieto, M. A., Herrero-Teijón, P., Ballegeer, A. M., Delgado-Martín, L., & Ruiz Méndez, C. (2021). Percepción del profesorado latinoamericano y español sobre el cambio climático: Aproximaciones desde un MOOC de formación docente. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad 3*(2), 2604. doi: 10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2021.v3.i2.2604

Corry, M., & Stella, J. (2018). Teacher self-efficacy in online education: a review of the literature. *Research in Learning Technology, 26*(2047). doi:10.25304/rlt.v26.2047

De Lázaro Torres, M. L., Borderias Uribeondo, P., & Morales Yago, F. J. (2020). Citizen and educational initiatives to support Sustainable Development Goal 6: Clean water and sanitation for all. *Sustainability*, *12*(5), 2073. doi:10.3390/su12052073

Derrien, M., Cabrera, F. A., Tavera, N. L. V., Manzano, C. A. K., & Vizcaino, S. C. (2015). Sources and distribution of organic matter along the Ring of Cenotes, Yucatan, Mexico: Sterol markers and statistical approaches. *Science of the Total Environment*, *511*, 223-229. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.12.053

Dewulf, A, Karpouzoglou, T., Warner, J., Wesselink, A., Mao, F., Vos, J., Tamas, P., Groot, A., Heijmans, A., Ahmed, F., Hoang, L., Sumit, V., & Buytaert, W. (2019). The power to define resilience in social–hydrological systems: Toward a power-sensitive resilience framework. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, *6*(6) e1377. doi: 10.1002/wat2.1377

Diamond, S., & Irwin, B. (2013). Using e-learning for student sustainability literacy: Framework and review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *14*(4), 338-348. doi: 10.1108/IJSHE-09-2011-0060

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2018). Acuerdo número 14/07/18. Por el que se establecen los planes y programas de estudio de las licenciaturas para la formación de maestros de educación básica que se indican. Diario Oficial de la Federación (Acceso marzo 7, 2023).

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021). Proyecto de Modificación de la NOM-083-SEMARNAT-2021. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación. México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5617899&fecha=10/05/2021#gsc.tab=0 (Acceso 15 junio, 2023)

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2023). Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación. México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAN.pdf. (Acceso 9 marzo, 2023)

Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán (DOGEY). (2019). Plan Estatal de Desarrollo 2018-2024. Diario Oficial del Gobierno del Estado de Yucatán. México https://www.yucatan.gob.mx/docs/transparencia/ped/2018_2024/2019-03-30_2.pdf. (Acces0 20 febrero, 2023)

doi: 10.1080/02607476.2020.1755205

doi:10.1016/j.jhydrol.2017.06.043

Donath, L., Mircea, G., & Rozman, T. (2020). E-learning platforms as leverage for education for sustainable development. *European Journal of Sustainable Development*, *9*(2), 1-1. doi: 10.14207/ejsd.2020.v9n2p1

Earle, A. G., & Leyva-de la Hiz, D. I. (2021). The wicked problem of teaching about wicked problems: Design thinking and emerging technologies in sustainability education. *Management Learning*, *52*(5), 581-603. doi:10.1177/1350507620974857

Ellerbrock, C. R., Cruz, B. C., Vásquez, A., & Howes, E. V. (2016). Preparing culturally responsive teachers: Effective practices in teacher education. *Action in Teacher Education, 38*(3)**,** 226-239. doi:10.1080/01626620.2016.1194780

Emmerich, D. E., & Molineri, C. (2019). Learning to Take Care of Water—We Are Caring for All Life. *Modern Environmental Science and Engineering, 5*(7)**,** 652-658. doi: 10.15341/mese(2333-2581)/07.05.2019/013

Esteve-Guirao, P., García, M. J., & Banos-González, I. (2019). The interdependences between sustainability and their lifestyle that pre-service teachers establish when addressing socio-ecological problems. *Sustainability*, *11*(20), 5748. doi:10.3390/su11205748

Evans, N., & Ferreira, J. A. (2020). What does the research evidence base tell us about the use and impact of sustainability pedagogies in initial teacher education? *Environmental Education Research*, *26*(1), 27-42. doi:10.1080/13504622.2019.1703908

Fabriz, S., Mendzheritskaya, J., & Stehle, S. (2021). Impact of synchronous and asynchronous settings of online teaching and learning in higher education on students' learning experience during COVID-19. *Frontiers in psychology*, *12*, 733554.

Falkenmark, M. (2020). Water resilience and human life support - global outlook for the next half century. *International Journal of Water Resources Development, 36*(2-3), 377-396. doi: 10.1080/07900627.2019.1693983

Fan, L., Liu, G., Wang, F., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2014). Domestic water consumption under intermittent and continuous modes of water supply. *Water resources management, 28***,** 853-865. doi:10.1007/s11269-014-0520-7

Febles-Patrón, J. L., & Hoogesteijn, A. (2008). Análisis del marco legal para la protección del agua subterránea en Mérida, Yucatán. *Ingeniería*, *12*(3), 71-79.

Febles-Patrón, J. L., & Hoogesteijn, A. (2010). Evaluación preliminar de la eficiencia en las lagunas de oxidación de la ciudad de Mérida, Yucatán. *Ingeniería*, *14*(2), 127-137.

Folke, C, Carpenter, SR., Walker, B., Scheffer, M., Chapin T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and society*, *15*, (4), 20. doi:10.5751/es-03610-150420

Fortner, R. W., & Meyer, R. L. (2000). Discrepancies among teachers' priorities for and knowledge of freshwater topics. *The Journal of Environmental Education, 31(*4**),** 51-53. doi:10.1080/00958960009598652

Fortoul. B. (2014). La reforma integral de la educación básica y la formación de maestros. *Perfiles educativos*, *36*(143), 46-55.

García-González, E., Jiménez-Fontana, R., & Goded, P. A. (2020). Approaches to teaching and learning for sustainability: Characterizing students' perceptions. *Journal of Cleaner Production*, *274*, 122928. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122928

García-Searcy, V., Villada-Canela, M., Arredondo-García, M. C., Anglés-Hernández, M., Pelayo-Torres, M. C., & Daesslé, L. W. (2022). Sanitation in Mexico: An Overview of Its Realization as a Human Right. *Sustainability,* 14(5)**,** 2707. doi:10.3390/su14052707

Giácoman, G., Lizárraga, I., Hernández, E., & Ponce, M. (2017). Presencia de plaguicidas en el acuífero cárstico entre los municipios de Mérida a Progreso, Yucatán, México. *Centro Azúcar*, *44* (3), 1-13.

Gifford, R., Kormos, C., & McIntyre, A. (2011). Behavioral dimensions of climate change: drivers, responses, barriers, and interventions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, *2*(6), 801-827. doi:10.1002/wcc.143

Gil, G. La resiliencia holística y su aplicación al entorno escolar. (2012). En: *La resiliencia en entornos socioeducativos*. Editado por: Ana Forés y Jordi Grané. (España, Narcea). (pp.21-39). doi:10.35362/rie623827

Gondwe, B. R., Lerer, S., Stisen, S., Marín, L., Rebolledo-Vieyra, M., Merediz-Alonso, G., & Bauer-Gottwein, P. (2010). Hydrogeology of the south-eastern Yucatan Peninsula: New insights from water level measurements, geochemistry, geophysics and remote sensing. *Journal of Hydrology*, *389*(1-2), 1-17. doi: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.04.044

González-Gaudiano, E, Meira-Cartea, P., & Gutiérrez-Bastida, J. (2020). Green Schools in Mexico and Spain: Trends and Critical Perspective. In: Annette Gough, John Chi-Kin Lee y Eric Po Keung Tsang (Eds), *Green Schools Globally Stories of Impact on Education for Sustainable Development.* (pp.269-287). Springer, Cham, 2020. doi:10.1007/978-3-030-46820-0_15

Gonzalez-Gomez, F., Guardiola, J., & Grajales, Á. L. (2011). The challenges of water access in Yucatán, México. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer, 164*, (1), 45-53.

Gough, A. (2016). Teacher Education for Sustainable Development: Past, Present and Future. In: Leal Filho, W., Pace, P. (eds) *Teaching Education for Sustainable Development at University Level. World Sustainability Series*. Springer, Cham. doi:/10.1007/978-3-319-32928-4_8

Graniel, E., Vera, I., & Hita, L. G. (2004). Dinámica de la interfase salina y calidad del agua en la Costa Nororiental de Yucatán. *Ingeniería*, *8*(3), 15-25.

Guardiola, J., González-Gómez, F., & Grajales, A. L. (2010a). Is access to water as good as the data claim? Case study of Yucatan. *International Journal of Water Resources Development, 26*(2)**,** 219-233. doi:10.1080/07900621003655692

Guardiola, J., González-Gómez, F., & Lendechy, Á. (2010b). The influence of water access in subjective well-being: Some evidence in Yucatan, Mexico. *Social Indicators Research*, *110*, 207-218.

Guri-Rosenblit, S., & Gros, B. (2011). E-learning: Confusing terminology, research gaps and inherent challenges. *International Journal of E-Learning & Distance Education/Revue internationale du e-learning et la formation à distance*, *25* (1), 1-12.

Hargrove, W. L., Borrok, D., Heyman, J., Tweedie, C., & Ferregut, C. (2013). Water, Climate, and Social Change in a Fragile Landscape. *Ecosphere 4* (22), 1-12. doi:10.1890/ES12-00269.1, 2013.

Hauge, K. (2021). Self-study research: Challenges and opportunities in teacher education. *Teacher education in the 21st century-emerging skills for a changing world*, 1-18. doi: 10.5772/intechopen.96252.

Heine, S., Krepf, M., & König, J. (2023). Digital resources as an aspect of teacher professional digital competence: One term, different definitions–a systematic review. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 3711-3738. doi:10.1007/s10639-022-11321-z

Hernández- Sampieri, Roberto, & Christian Mendoza- Torres. (2019). *Metodología de la tesis. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* México, Mac Graw Hill.

Hoogesteijn, A. L., Febles-Patrón, J. L., & Nava-Galindo, V. A. (2015). La contaminación fecal en cenotes de interés turístico y recreacional del estado de Yucatán. *Ingeniería, 19*(3)**,** 169-175.

Ide, T., Johnson, M. F., Barnett, J., Krampe, F., Le Billon, P., Maertens, L., Von Uexkull. N. & Vélez-Torres, I. (2023). The future of environmental peace and conflict research. *Environmental Politics*, *32*(6), 1077-1103. doi:10.1080/09644016.2022.2156174

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2020). Censo de población y vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados. (Accessed May 15, 2023)

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (INEGI). (2023). Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México 2023. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México. https://agenda2030.mx/docs/doctos/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf. (Acceso 7 mayo, 2023)

Jardioui, Y., Elachqar, A., Kaddari, F., & Ijjaali, M. (2015). Education: Essential approach for a better water management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *191*, 896-899. doi:10.1016/j.sbspro.2015.04.429

Jones, J. A. A. (2011). Groundwater in peril. In: Jones, J. A. A. (Ed.). *Sustaining groundwater resources: a critical element in the global water crisis. International Year of Planet Earth* (pp.1-20). United States of America: Ed. Springer Science & Business Media. doi: 10.1007/978-90-481-3426-7_1

Jones, V., Whitehouse, S., McEwen, L., Williams, S., & Gorell Barnes, L. (2021). Promoting water efficiency and hydrocitizenship in young people's learning about drought risk in a temperate maritime country. *Water*, *13*(18), 2599. doi:10.3390/w13182599

Kagawa, F. (2007). Dissonance in students' perceptions of sustainable development and sustainability: Implications for curriculum change. *International journal of sustainability in higher education*, *8*(3), 317-338. doi:10.1108/14676370710817174

Kansal, A., & Venkatesh, G. (2020). Role of higher education in the sustainability of water resources: an assessment of institutions in India. *Water Policy* 22(2), 276-292. doi:10.2166/wp.2020.160

Katai, Z., & Iclanzan, D. (2023). Impact of instructor on-slide presence in synchronous e-learning. *Education and Information Technologies*, *28*(3), 3089-3115. doi:10.1007/s10639-022-11306-y

Keramitsoglou, K. M., & Tsagarakis, K. P. (2011). Raising effective awareness for domestic water saving: evidence from an environmental educational programme in Greece. *Water Policy*, *13*(6), 828-844. doi:10.2166/wp.2011.103

Koul, B., Yadav, D., Singh, S., Kumar, M., & Song, M. (2022). Insights into the domestic wastewater treatment (DWWT) regimes: a review. *Water Policy, 14* (21)**,** 3542. doi:10.3390/w14213542

Kowasch, M. (2023). Climate activism, environmental justice, and Eco pedagogy–a collaboration project between FFF activists and trainee teachers in Austria. *Journal of Political Ecology,* (1). 1-22. doi:10.2458/jpe.4856

Kwee, C. T. T., & Dos Santos, L. M. (2023). An international study of high school teachers' experience of incorporating water resources in their teaching. *Frontiers in Education* (7), 1065228. doi:10.3389/feduc.2022.1065228

Lange, F., & Dewitte, S. (2019). Measuring pro-environmental behavior: Review and recommendations. *Journal of Environmental Psychology*, *63*, 92-100. doi:10.1016/j.jenvp.2019.04.009

Lázaro-Salazar, A.S. & Hoogesteijn, A. (2023). *Sostenibilidad hídrica* [Lista de reproducción, Canal CinvestavOficial]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=zM7Q3ieEcvE&list=PLWqgJoZoHq_3jjjZVh1qNWj8_UQo-pl-n

Lázaro-Salazar, A.S. (2020). Evaluación de programas educativos y conocimientos en recursos hidrogeológicos de estudiantes de primaria en la ciudad de Mérida, Yucatán. Tesis de Maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, 2020. Disponible en: https://www.mda.cinvestav.mx/FTP/EcologiaHumana/maestria/tesis/18TesisLazaroS20.pdf

Lee, J. G., Su, F., Chan, C. L., & Shan, H. Y. (2005). E Learning for teachers on water environment education. In: *ITRE 2005. 3rd International Conference on Information Technology: Research and Education, 2005.* (pp. 50-54). IEEE.

Li, S., Chen, F., & Gu, X. (2022). Effects of Group Emotion and Moral Belief on Pro-Environmental Behavior: The Mediating Role of Psychological Clustering. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(18)**,** 11190. doi:10.3390/ijerph191811190

Lin, L., Yang, H., & Xu, X. (2022). Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: a review. *Frontiers in environmental science*, *10*, 880246.

Lin, X., & Gao, L. (2020). Students' sense of community and perspectives of taking synchronous and asynchronous online courses. *Asian Journal of Distance Education*, *15*(1), 169-179.

Lindgren, B. M., Lundman, B., & Graneheim, U. H. (2020). Abstraction and interpretation during the qualitative content analysis process. *International journal of nursing studies*, *108*, 103632. doi:10.1016/j.ijnurstu.2020.103632

Lockee, Barbara. (2021). Online education in the post-COVID era. *Nature Electronics 4.1*, 5-6. doi:10.1038/s41928-020-00534-0

Long, D. T., Pearson, A. L., Voice, T. C., Polanco-Rodríguez, A. G., Sánchez-Rodríguez, E. C., Xagoraraki, I., & Rzotkiewicz, A. T. (2018). Influence of rainy season and land use on drinking water quality in a karst landscape, State of Yucatán, Mexico. *Applied Geochemistry*, *98*, 265-277. doi:10.1016/j.apgeochem.2018.09.020

Manosalva, O. J., & Villamil, M. E. (2023). Revisión sistemática sobre el desarrollo del aprendizaje autónomo en la educación virtual: Systematic Review on the Development of Autonomous Learning in Virtual Education. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *4*(1), 89.

Marinoni, G., Van't Land, H., & Jensen, T. (2020). The Impact of COVID-19 on HigherEducation Around the World IAU Global Survey Report. (pp. 23-30). International Association of Universities (IAU). Disponible en: https://www.iauaiu.net/IMG/pdf/iau_covid19_and_he_survey_report_final_ma y_2020.pdf

Martin, F., Sun, T., & Westine, C. D. (2020). A systematic review of research on online teaching and learning from 2009 to 2018. *Computers and Education, 159***,** 104009. doi:10.1016%2Fj.compedu.2020.104009

Martínez-Casales, Y., León-Aguirre, K., Lamas-Cosío, E., Noreña-Barroso, E., Herrera-Silveira, J., & Arcega-Cabrera, F. (2022). Caffeine and paraxanthine as tracers of anthropogenic wastewater in coastal Lagoons in Yucatan, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *108*(2), 182-189. doi:10.1007/s00128-021-03428-9

Martínez-Peña, R. M., Hoogesteijn, A.L., Rothenberg, S.J., Cervera-Montejano, M.D., Pacheco & Avila, J.G. (2013). Cleaning Products, Environmental Awareness and Risk Perception in Mérida, Mexico. *PLOS ONE 8*(8)**,** e74352. doi:10.1371/journal.pone.0074352

Mehta, L. (2007). Whose scarcity? Whose property? The case of water in western India. *Land use policy,* 24(4)**,** 654–663. doi:0.1016/j.landusepol.2006.05.009

Mehta, L., Huff, A., & Allouche, J. (2019). The new politics and geographies of scarcity. *Geoforum, 101***,** 222-230. doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.10.027

Merritt, E. G., Stern, M. J., Powell, R. B., & Frensley, B. T. (2022). A systematic literature review to identify evidence-based principles to improve online environmental education. *Environmental Education Research*, *28*(5), 674-694.

Michelsen, G., & Rieckmann, M. (2015). The Contribution of Education for Sustainable Development in Promoting Sustainable Water Use. In: Leal Filho, W., Sümer, V. (eds) *Sustainable Water Use and Management. Green Energy and Technology*. Springer, Charm.doi:10.1007/978-3-319-12394-3_6

Míguez-Álvarez, C., Crespo, B., Arce, E., Cuevas, M., & Regueiro, A. (2022). Blending learning as an approach in teaching sustainability. *Interactive Learning Environments*,*30*(9), 1577-1592

Milne, S., Sheeran, P., & Orbell, S. (2000). Prediction and intervention in health-related behavior: A meta-analytic review of protection motivation theory. *Journal of Applied Social Psychology, 30* (1)**,** 106–143. doi:10.1111/jasp.2000.30.issue-1

Mishra, R. K. 2023. Freshwater availability and its global challenge. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies, 4*(3)**,** 1–78. doi:10.37745/bjmas.2022.0208

Misseyanni, A., Marouli, C., & Papadopoulou, P. (2020). How Teaching Affects Student Attitudes towards the Environment and Sustainability in Higher Education: An Instructors' Perspective. *European Journal of Sustainable Development*, *9*(2), 172. doi:0.14207/ejsd.2020.v9n2p172

Montero-Contreras, D., & Gutiérrez, J. H. (2024). Entorno institucional y mercado del agua embotellada en México en tiempos del Covid-19. *Agua y territorio= Water and Landscape,* 23**,** 239-255. doi:10.17561/at.23.6531Moorhouse, BL. (2020): Adaptations to a face-to-face initial teacher education course 'forced' online due to the COVID-19 pandemic, *Journal of Education for Teaching*,*46*(4), 609-611. doi: 10.1080/02607476.2020.1755205

Moore-Adams, B. L., Jones, W. M., & Cohen, J. (2016). Learning to teach online: A systematic review of the literature on K-12 teacher preparation for teaching online. *Distance Education*, *37*(3), 333-348. doiI:10.1080/01587919.2016.1232158

Moorhouse, BL. (2020): Adaptations to a face-to-face initial teacher education course 'forced' online due to the COVID-19 pandemic, *Journal of Education for Teaching*,*46*(4), 609-611.

Morote, Á. F., Hernández, M., & Olcina, J. (2021). Are future school teachers qualified to teach flood risk? An approach from the geography discipline in the context of climate change. *Sustainability*, *13*(15), 8560. doi:10.3390/su13158560

Newhart, M., & Patten, M.L. (2023). Understanding Research Methods: An Overview of the Essentials (11th ed.). Routledge. New York. doi:10.4324/9781003092049

Nisbet, E. K., & Gick, M. L. (2008). Can health psychology help the planet? Applying theory and models of health behavior to environmental actions. *Canadian Psychology/Psychologie Canadienne, 49*(4)**,** 296–303. doi:10.1037/a0013277

Nusrat, A., Khan, S., Kashif, F., & Fawad, R. (2022). Effect of teachers' asynchronous e-feedback and synchronous oral feedback on English language learners' writing accuracy. *Frontiers in Education*, 7, 783684. Frontiers Media SA. Doi:10.3389/feduc.2022.783684

Ojeda-Barceló, F., Gutiérrez-Pérez, J., & Perales-Palacios, F. (2009). ¿Qué herramientas proporcionan las tecnologías de la información y la comunicación a la educación ambiental? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 6*(3)**,** 318-344. doi:10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc. 2009.v6.i3.02

Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, *313*(5790), 1068-1072. doi:10.1126/science.1128845

Ordorika, I. (2020). Pandemia y educación superior *Revista de la educación superior*, *49*(194), 1-8. doi:10.36857/resu.2020.194.1120

Organisation for Economic Cooperation and Development OECD (2018). Implementing the OECD Principles on Water Governance: Indicator Framework and Evolving Practices. OECD Studies on Water. OECD Publishing, Paris, France. Disponible en: https://www.womenforwater.org/uploads/7/7/5/1/77516286/implementing_the_oecd_principles_on_water_governance_.pdf

Organización Meteorológica Mundial. (OMM). (2021). Atlas de la OMM sobre mortalidad y pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos (1970-2019). Organización Meteorológica Mundial, 1267, Suiza.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). OECD skills strategy 2019: Skills to shape a better future. OECD Publishing. Retrieved from: https://www.oecd.org/skills/oecd-skills-strategy-2019-9789264313835-en.htm.

Panatsa, V. M., & Malandrakis, G. (2018). Student teachers' perceptions about the social pillar of urban sustainability: Attached importance and believed effectiveness of education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, *19*(5), 998-1018. doi:10.1108/IJSHE-09-2017-0162

Panhwar, A., Abro, R., Kandhro, A., Rauf Khaskheli, A., Jalbani, N., Gishkori, KA., Mahar AM. & Qaisar, S. (2022). Global Water Mapping, Requirements, and Concerns over Water Quality Shortages. In*:* Dincer, S. Mercimek Takci H.A., Ozdenefe M.S. (eds.) *Water Quality - New Perspectives.* IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.108331

Parahakaran, S. (2010). Teachers' beliefs and perceptions of integration and elicitation of human values in water education in some southeast Asian countries. *Pertanika Journal of Social Science & Humanities*, *18*, 165-189.

Pegalajar-Palomino, M., Burgos-García, A., & Martinez-Valdivia, E. (2021). What does education for sustainable development offer in initial teacher training? A systematic review. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, *23*(1), 99-114. doi:10.2478/jtes-2021-0008

Piguave-Reyes, J., Castellano-González, M., Macias-Avia, A., Vite-Solórzano, F., Ponce-Pibaque, M., & Ávila-Ávila, J. (2019). Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica infantil. Revisión Sistemática. *Kasmera*, *47*(2), 153-173. doi: 10.5281/zenodo.3556409

Poe, M.R., Norman, K.C. & Levin, P.S. (2014), Cultural Dimensions of Socioecological Systems: Key Connections and Guiding Principles for Conservation in Coastal Environments. *Conservation Letters*, 7,166-175. doi:10.1111/conl.12068

Polanco-Rodríguez, A. G., Navarro, J. A., Solorio, J., Mena, G., Marrufo, J., & Del Valls, T. A. (2015). Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal*, *29*(1), 140-150. doi: https://doi.org/10.1111/wej.12080

Polanco-Rodríguez, A., Araujo-León, J., López-Cetz, R., Long, D., Álvarez-Cervera, F., Barache, U., & Rosas-Sánchez, D. H. (2022). Organochlorine pesticides in the drinking water of Merida and its Metropolitan Zone, a Karst Region. *Urban Water Journal,* 19:1**,** 40-50. doi=10.1080/1573062X.2021.1955279

Pregowska, A., Masztalerz, K., Garlińska, M., & Osial, M. (2021). A worldwide journey through distance education—from the post office to virtual, augmented, and mixed realities, and education during the COVID-19 pandemic. *Education Sciences*, *11*(3), 118. doi:10.3390/educsci11030118

Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., & Koul, R. (2021). Student empowerment in a constructivist values learning environment for a healthy and sustainable world. *Learning Environments Research*, *24*, 451-468.

Rainear, A. M., & Christensen, J. L. (2017). Protection motivation theory as an explanatory framework for pro-environmental behavioral intentions. *Communication Research Reports, 34*(3)**,** 239-248. doi:10.1080/08824096.2017.1286472

Ramírez-Segado, A., Rodríguez-Serrano, M., Castro-Velásquez, F. E., & Benarroch, A. B. (2023). Knowledge of trainee teachers about the new water culture: a comparative study between two Spanish cities. *Sustainability*, *15*(18), 13672.

Ramírez-Valdés, J. A., & Acevedo-Jiménez, F. D. J. (2018). La Reforma Educativa, el paradigma mexicano 2017-2019. *REencuentro. Análisis de Problemas Universitarios*, *29*(76), 83-100.

Ruiz-Garzón, F., Olmos-Gómez, M. C., & Estrada-Vidal, L. I. (2021). Perceptions of teachers in training on water issues and their relationship to the SDGs. *Sustainability, 13*(9)**,** 5043. doi:10.3390/su13095043

Sadoff, C. W., Borgomeo, E., & Uhlenbrook, S. (2020). Rethinking water for SDG 6. *Nature Sustainability,* 3:5**,** 346-347. doi:10.1038_s41893-020-0530-9

Sandoval-Díaz, J. (2020). Vulnerabilidad-resiliencia ante el proceso de riesgo-desastre: Un análisis desde la ecología política. *Polis. Revista Latinoamericana 56*, 138-154. doi:10.32735/S0718-6568/2020-N56-1527

Secretaria de Educación Pública (SEP). 2021. Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2021-2022. México, Secretaría de Educación Pública. https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2021_2022_bolsillo.pdf. (Acceso julio 29, 2023)

Shafiei, A., & Maleksaeidi, H. (2020). Pro-environmental behavior of university students: Application of protection motivation theory. *Global Ecology and Conservation,* 22**,** e00908. doi:10.1016/j.gecco.2020.e00908

Shamah-Levy T, Vielma-Orozco E, Heredia-Hernández O, Romero-Martínez M, Mojica-Cuevas J, Cuevas-Nasu L, Santaella-Castell JA., & Rivera-Dommarco J. (2020). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018-19: Resultados Nacionales. México: Instituto Nacional de Salud Pública. Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/informes/ensanut_2018_informe_final.pdf. (Acceso 23 mayo, 2023)

Shapira-Lishchinsky, O., & Tsemach, S. (2014). Psychological Empowerment as a Mediator Between Teachers' Perceptions of Authentic Leadership and their Withdrawal and Citizenship Behaviors. *Educational Administration Quarterly, 5(*4)**,** 675-712. doi:10.1177/0013161X13513898

Spence, A., Poortinga, W., & Pidgeon, N. (2012). The psychological distance of climate change. *Risk Analysis, 32(*6)**,** 957–972. doi:10.1111/j.1539-6924.2011.01695.x

Tamar, M., Wirawan, H., Arfah, T., & Putri, R. P. S. (2021). Predicting pro-environmental behaviors: the role of environmental values, attitudes, and knowledge. *Management of Environmental Quality: An International Journal, 32*(2)**,** 328-343. doi:10.1108/MEQ-12-2019-0264

Taylor, E., Taylor, P.C., & Chow, M. (2013). Diverse, Disengaged and Reactive: A Teacher's Adaptation of Ethical Dilemma Story Pedagogy as a Strategy to Re-engage Learners in Education for Sustainability. In: Mansour, N., Wegerif, R. (eds*) Science Education for Diversity. Cultural Studies of Science Education, vol 8*. Springer, Dordrecht. doi:10.1007/978-94-007-4563-6_6

Thøgersen, J. (2004). A cognitive dissonance interpretation of consistencies and inconsistencies in environmentally responsible behavior. *Journal of Environmental Psychology, 24*(1)**,** 93-103. doi:10.1016/S0272-4944(03)00039-2

Tomas, L., Girgenti, S., & Jackson, C. (2017). Pre-service teachers' attitudes toward education for sustainability and its relevance to their learning: implications for pedagogical practice. *Environmental Education Research*, *23*(3), 324-347. doi:10.1080/13504622.2015.1109065

Ullah, S., Adams, K., Adams, D., & Attah-Boakye, R. (2021). Multinational corporations and human rights violations in emerging economies: Does commitment to social and environmental responsibility matter? *Journal of Environmental Management*, *280*, 111689. doi:10.1016/j.jenvman.2020.111689

United Nations General Assembly (UNGA). (2010). Human Right to Water and Sanitation*.* Geneva, UNGA, 2010. UN Document A/RES/64/292. Disponible en: https://digitallibrary.un.org/record/687002?ln=en.

United Nations General Assembly. UNGA. (2010). Human Right to Water and Sanitation 2010*.* United Nations General Assembly. Geneva, Switzerland. UN Document A/RES/64/292. Disponible en: https://digitallibrary.un.org/record/687002?ln=en.

United Nations World Water (UN-Water). (2020). United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, UNESCO. United Nations Educational, Scientific and

Cultural Organization. France. Disponible en: https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2020

United Nations World Water (UN-Water). (2022). The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater: making the invisible visible; executive summary, UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. France. Disponible en: https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022

Valenzuela-Morales, G. Y., Hernández-Téllez, M., de Ruiz-Gómez, M. L., Gómez-Albores, M. A., Arévalo-Mejía, R., and Mastachi-Loza, C. A. (2022). Water conservation education in elementary schools: the case of the Nenetzingo River catchment, Mexico. *Sustainability* 14:2402. doi: 10.3390/su14042402

Vannevel, R., & Goethals, P. 2020. Identifying Ecosystem Key Factors to Support Sustainable Water Management. *Sustainability 12*,(3), 1148. doi:10.3390/su12031148

Varela-Losada, M., Vega-Marcote, P., Lorenzo-Rial, M., & Pérez-Rodríguez, U. (2021). The challenge of global environmental change: Attitudinal trends in teachers-in-training. *Sustainability*, *13*(2), 493. doi:0.3390/su13020493

Wals, A. E., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2014). Convergence between science and environmental education. *Science*, *344*(6184), 583-584. doi:10.1126/science.1250515

Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching, and learning. *International Journal of Science Education, 28*(8)**,** 919-944. doi:10.1080/09500690500498351

What Works Clearinghouse. (2022). What Works Clearinghouse procedures and standards handbook, version 5.0. U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance (NCEE). (Acceso 3 marzo, 2023)

Wilder, M., Martínez- Austria, P.F., Hernández- Romero, P., & Cruz- Ayala, M.B. (2020). The human right to water in Mexico: Challenges and opportunities. *Water Alternatives, 13*(1)**,** 28-48.

Winkler, I. T., & Satterthwaite, M.L. (2017). Leaving no one behind? Persistent inequalities in the SDGs. *International Journal of Human Rights, 21*(8)**,** 1073–1097. doi:10.1080/13642987.2017.1348702

Wolf, J., Johnston, R. B., Ambelu, A., Arnold, B. F., Bain, R., Brauer, M., Brown, J., Caruso, B., Clasen, T., Colford, J.M., Esteves, J., Evans, B., Freeman, M.C., Gordon, B., Kang, G., Lanata, C.F., Medlicot K. O., Prüss. A., Troeger, C., Boisson, S., & Cumming, O. (2023). Burden of disease attributable to unsafe drinking water, sanitation, and hygiene in domestic settings: a global analysis for selected adverse health outcomes. *The Lancet, 401*(10393)**,** 2060-2071. doi:10.1016/S0140-6736(23)00458-0

World Health Organization. (WHO). (2023). Strong systems and sound investments: evidence on and key insights into accelerating progress on sanitation, drinking-water and hygiene: UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2022 report. World Health Organization. Disponible en: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/139735/9789241508087_eng.pdf.

Wu, L., & You, J. S. (2022). Synchronous or asynchronous course: Business students' perspectives on an optimized modality of online teaching and learning. *Journal of Marketing Education*, *44*(2), 265-284. doi:10.1177/02734753221093740

Xu, L, Mao, F., Famiglietti, J.S., Pomeroy, J.W., & Pahl-Wostl, C. (2021). Conceptualizing Cascading Effects of Resilience in Human–Water Systems. In: Michael Ungar (Ed) *Multisystemic Resilience: Adaptation and Transformation in Contexts of Change.* (pp.744-768). Oxford University Press. doi:10.1093/oso/9780190095888.003.0039

Yang, K., Le Jeune, J., Alsdorf, D., lu, B., Shum, C. K., & Liang, S. (2012). Global distribution of outbreaks of water-associated infectious diseases. *Plos Neglected Tropical Disease, 6*(2)**,** 483. doi:10.1371/journal.pntd.0001483

Yates, J. S., Harris, L. M., & Wilson, N. J. (2017). Multiple ontologies of water: Politics, conflict and implications for governance. *Environment and Planning D: Society and Space*, *35*(5), 797-815. doi:10.1177/0263775817700395

Yli-Panula, E., Jeronen, E., Vesterkvist, S., & Mulari, L. (2023). Subject Student Teachers' Perceptions of Key Environmental Problems and Their Own Role as Environmental Problem Solvers. *Education Sciences, 13* (8)**,** 779. doi:10.3390/educsci13080779

Young, T. C., & Malone, K. (2023). Reconfiguring environmental sustainability education by exploring past/present/future pedagogical openings with preservice teachers. *Teaching in Higher Education,* 28:5**,** 1077-1094. doi: 10.1080/13562517.2023.2197112

Yu, W., Brain, R., Mansour, S., & Wright, J. (2014). A cross-sectional ecological study of spatial scale and geographic inequality in access to drinking water and sanitation. *International Journal for Equity in Health,* 13:1**,** 1-15. doi:10.1186/s12939-014-0113-3

Zeng, H., & Luo, J. (2023). Effectiveness of synchronous and asynchronous online learning: a meta-analysis. *Interactive Learning Environments, 32*(8), 4297–4313. doi:10.1080/10494820.2023.2197953

Zhang, R., Bi, N. C., & Mercado, T. (2023). Do zoom meetings really help? A comparative analysis of synchronous and asynchronous online learning during Covid-19 pandemic. *Journal of computer assisted learning, 39*(1), 210-217. doi: 10.1111/jcal.12740

ANEXO 1. CUESTIONARIO

Sesión 1. Bloque 1. Cuestionario El ciclo del agua

1. **¿Cuál es la importancia del agua?**
   R:
2. **¿Cuál es el porcentaje de agua dulce en el planeta?**
   A) 50% de agua dulce y 50% de agua salada.
   B) 97% agua salada, 3% de agua dulce.
   C) 100% del agua en el planeta es dulce.
3. **¿Cuál es el porcentaje de agua dulce accesible para los seres humanos?**
   A) El 50% del agua dulce está accesible para los seres humanos
   B) Toda el agua dulce es accesible para los seres humanos
   C) El .014% está accesible para los seres humanos
4. **¿Qué retos plantea la gestión del agua dulce?**
   A) Lograr un balance sociosanitario, económico y medioambiental de los recursos hídricos para preservar el agua para las futuras generaciones
   B) Ninguno, actualmente hay agua suficiente para proveer a todos los seres vivos y mantener la salud de los ecosistemas
   C) Proveer de agua a las empresas para producir bienes, pues el aumento del consumo requiere de mayores cantidades de agua
5. Describe brevemente las fases del ciclo del agua

   R:
6. Describe, ¿Qué pasa cuando no hay agua en tu casa? (Al menos diez palabras)
   R:
7. **¿Qué actividades humanas pueden afectar el ciclo del agua?**
   A) El cambio de uso de suelo y la deforestación
   B) La descarga de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento a los cuerpos de agua
   C) La sobreexplotación industrial de los acuíferos
   D) El aumento de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera
   E) Todas las anteriores

Sesión 1. Bloque 2. Cuestionario "Aguas subterráneas, las misteriosas desconocidas"

8. **¿Cuál es la fuente de agua dulce en Yucatán?**
   A) El agua de mar, gracias a las plantas desalinizadoras se extrae el agua dulce del agua salada
   B) Los ríos y lagos que existen en todo el territorio del estado de Yucatán
   C) El sistema acuífero kárstico subterráneo de la Península de Yucatán

9. **¿Cuál es la principal característica de los paisajes kársticos?**
   A) Los suelos están formados de rocas solubles y permeables, principalmente calizas carbonatadas, con el potencial de formar sistemas acuíferos
   B) Los suelos que los integran son impermeables y no permiten la infiltración del agua de lluvias
   C) Los suelos son muy resistentes a la contaminación, pues no permiten la filtración de contaminantes
10. **¿Cómo se forma el agua subterránea?**
    R:
11. **¿Cómo se recarga el agua subterránea?**
    A) El aumento de los mares y océanos
    B) El aumento de actividades humanas extractivas en la superficie
    C) E) El aumento de la precipitación, en la temporada de lluvias
12. **La permanencia de los contaminantes en el agua subterránea se agrava por:**
    A) Por el flujo rápido, que permite que los contaminantes salgan rápidamente al mar
    B) Por el bajo gradiente hidráulico que provoca un flujo lento y principalmente vertical
    C) El gradiente hidráulico muy pronunciado debido a la presencia de cerros en la zona norte del estado.
13. **¿Por qué los sistemas kársticos son vulnerables a la contaminación?**
    R:
14. **¿Cuáles son los retos de la gestión del agua subterránea?**
    A) Que los ciudadanos conozcan el origen, formación y gestión actual del agua subterránea para comprender la importancia de mejorar su gestión.
    B) Integrar en los planes de desarrollo las características geológicas del territorio para conservar la calidad y distribución del agua dulce
    C) Implementar tecnologías de saneamiento adecuadas a las características geológicas del territorio para mitigar el impacto de las actividades humanas
    D) Todas las anteriores

Sesión 1. Bloque 3. Cuestionario Los problemas en la gestión del agua

15. **¿Cuáles son las causas de la escasez hídrica actual?**
    A) Los cambios en el uso de suelo que provocan deforestación y disminución de la capa vegetal
    B) La emisión constante de gases de efecto invernadero que alteran el ciclo del agua
    C) La sobreexplotación industrial de acuíferos y cuerpos superficiales de agua
    D) Todas las anteriores
16. **¿Quiénes son los principales responsables de la gestión del agua en México?**
    R:
17. **Las fallas en la gestión del agua en México se deben:**
    A) Falta de gobernanza para aplicar una gestión hídrica eficiente (planeación, vigilancia y monitoreo, aplicación de la legislación)
    B) Causas naturales como el clima, el tipo de suelo y la vegetación
    C) Ciudadanos que no utilizan adecuadamente los servicios de agua
18. **¿Qué efectos puede tener la contaminación del agua en la salud pública?**
    A) Ninguno, el cuerpo humano puede eliminar todos los contaminantes y evitar las enfermedades que se transmiten por el agua
    B) Afecta el sistema económico por el ausentismo laboral
    C) Afecta el desarrollo infantil, favorece la transmisión de virus y bacterias e impacta en la calidad de vida de la población
19. **Menciona el ejemplo de un problema grave relacionado al agua en México y sus posibles causas.**
    R:
20. **¿Cuál es el escenario futuro en México si se continua con la gestión actual del agua?**
    R:

Sesión 2. Bloque 1. Educar para la sostenibilidad hídrica

21. **¿Crees que es importante que las nuevas generaciones aprendan a manejar mejor sus recursos naturales? ¿Por qué?**
    R:
22. **¿Desde la educación formal un maestro/a puede promover una interacción positiva con el entorno natural? ¿Por qué?**
    R:
23. **¿Qué es la sostenibilidad hídrica?**
    A. Lograr el balance entre los factores económicos, sociales y ambientales, para conservar la continuidad del ciclo del agua
    B. Mantener el caudal de agua para el sector económico para producción de bienes de consumo
    C. Mantener la distribución y calidad de agua para abastecer el consumo humano
24. **¿Qué competencias profesionales y personales necesitas desarrollar como maestro/a para abordar el tema de la gestión del agua subterránea en el salón de clase?**
    R:
25. **¿Descubriste algo nuevo durante el taller? Si No**

26. **¿Cuáles fueron los aprendizajes más significativos para ti?**
    R:

ANEXO 2. AUTOEVALUACIÓN DERECHO HUMANO AL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

Tema: Agua Potable (disponibilidad, accesibilidad, potabilización, aceptabilidad y asequibilidad)

1. **¿En el lavabo de tu cocina sale agua de la llave?**
   1. Nunca
   2. Casi nunca
   3. Ocasionalmente
   4. Casi siempre
   5. Siempre

2. **¿El agua que sale de las llaves de tu casa está libre de olores o colores desagradables?**
   1. Nunca
   2. Casi nunca
   3. Ocasionalmente
   4. Casi siempre
   5. Siempre

3. **¿Tienes un tinaco o cisterna para almacenar el agua?**
   1. Si
   2. No

4. **¿El servicio de aguas es constante y permite que se llene todos los días ese tinaco o cisterna?**
   1. Nunca
   2. Casi nunca
   3. Ocasionalmente
   4. Casi siempre
   5. Siempre

5. **Rutinariamente, ¿Tomas el agua que sale de la llave de tu casa?**
   1. Nunca
   2. Casi nunca
   3. Ocasionalmente
   4. Casi siempre
   5. Siempre

6. **¿Cuánto le pagas bimensualmente a la JAPAY o al municipio por el servicio de agua entubada?**
   1. Menos de 100 pesos mensuales
   2. Entre 100 y 300 pesos mensuales
   3. Entre 300 y 500 pesos mensuales
   4. Entre 500 y 700 pesos mensuales
   5. Más de 700 pesos mensuales

7. **¿A que le llamas agua potable?**

   R:

8. **¿Compras agua embotellada para beber o cocinar?**
   1. Si
   2. No

9. **¿Cuántos botellones de agua purificada consumes a la semana?**
   1. Si
   2. No

10. **¿Consideras que el gasto que haces en agua embotellada representa una parte importante de tus gastos mensuales?**
    1. Si
    2. No

Tema: Saneamiento (gestión municipal y doméstica de las aguas residuales, aceptabilidad de las instalaciones sanitarias)

11. ¿Tienes un baño con cuarto aislado, paredes cubiertas, puerta, inodoro, lavabo y regadera, que todos los días y a todas horas tiene agua?

1. Si
2. No

12. Si tu respuesta a la pregunta anterior es no, ¿Qué le falta?

R:

13. ¿En tu casa tienes agua para realizar las labores de limpieza del hogar y de higiene personal?

1. Nunca
2. Casi nunca
3. Ocasionalmente
4. Casi siempre
5. Siempre

14. ¿Cuántas veces al mes alguien en tu casa se enferma de diarrea?

1. Cero
2. Una vez al mes
3. Más de tres veces
4.

15. ¿Consideras que esa diarrea se relaciona con la calidad del agua?

1. Si
2. No
3. No sé

16. ¿Tu casa tiene una fosa séptica (tratamiento primario) conectada a una planta municipal de tratamiento de aguas residuales?

1. Si
2. No
3. No sé

17. Si tu respuesta a la pregunta anterior es no, ¿A dónde se van las aguas residuales de tu casa?

R:

18. ¿Tienes servicio de recoja de basura tres veces a la semana?

1. Si
2. No

19. ¿A dónde llevan la basura que recogen de tu casa?

1. Basurero a cielo abierto municipal
2. Relleno sanitario que cumple regulaciones municipales
3. Se tira en alguna brecha en el monte
4. Se quema
5. No sé

20. Después de analizar las preguntas anteriores, ¿Cómo calificarías el estado de tu Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento?

1. Pésimo
2. Malo
3. Regular
4. Bueno
5. Excelente

21. ¿Consideras que las condiciones actuales en el estado permiten garantizar el acceso al agua potable para todos los ciudadanos? Explica

R:

22. ¿Quiénes deber garantizar el Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento? ¿Por qué?

R:

23. ¿Qué ocurre con tu salud cuando se vulnera tu Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento?

R:

24. ¿Consideras que los ciudadanos y las empresas están en igualdad de condiciones respecto al acceso y disponibilidad de agua? Justifica tu respuesta, puedes incluir ejemplos.

R:

25. ¿Consideras que existe una vigilancia y monitoreo gubernamental eficiente para evitar la contaminación industrial? Justifica tu respuesta, puedes incluir ejemplos.

R:

26. ¿Consideras que existe una legislación y una autoridad que los obliguen a remediar o mitigar esa contaminación? Justifica tu respuesta, puedes incluir ejemplos.

R:

27. ¿Es importante que los ciudadanos se involucren en la gestión de agua de su comunidad? Justifica tu respuesta, puedes incluir ejemplos.

R:

28. ¿Consideras que es posible que los ciudadanos se organicen para defender su Derecho Humano al Agua Potable y Saneamiento? Justifica tu respuesta, puedes incluir ejemplos.

R:

ANEXO 3. CUESTIONARIO ¿QUÉ PASA CON EL AGUA DE MI COMUNIDAD?

Instrucciones: En este ejercicio, me gustaría que reflexionaras sobre lo que hemos visto durante el taller y lo relacionaras con tu experiencia de vida. Por favor, responde a las siguientes preguntas.

Sección 1. Identificar los problemas del agua en el mundo.

1. **¿Crees que nos enfrentamos a una crisis del agua? ¿Cómo te sientes al respecto?**

2. **¿Crees que la crisis del agua tiene solución?**

3. **¿Qué se necesita para resolverla?**

4. **¿Cuál es tu opinión sobre el Derecho Humano al Agua Potable y al Saneamiento (DHAS), es necesario?**

Sección 2. Identificar los problemas del agua en la comunidad

5. **Identifica un problema de gestión del agua en tu comunidad.**

6. **Describa el problema en detalle (Qué, dónde, cuándo, a quién afecta y cómo le afecta a usted y a su comunidad).**

7. **Sugiera una posible solución al problema y las condiciones necesarias para que la solución tenga lugar.**

8. **¿Crees que se vulnera tu DHAS?**

9. **¿Cómo te sientes al respecto?**

ANEXO 4. EJERCICIO ARGUMENTATIVO TALLER SINCRÓNICO "CONSERVADORES"

Análisis Factibilidad mega industria porcina en territorios kársticos

En este apartado realizarás en equipos un ejercicio argumentativo utilizando el siguiente ejemplo:

En la comunidad "Chapalita" se instaló una granja porcina. Hace dos años los ejidatarios descubrieron que unos trabajadores estaban desmontando tierras ejidales, después se enteraron de que era para las instalaciones de una mega fábrica porcícola, socios del ejido protestaron y denunciaron que la empresa pretendía despojarlos del terreno donde se construyó. Los propietarios de la granja poseían un documento notariado que demuestra la propiedad del ejido, pero los ejidatarios y la asamblea de Defensores del Territorio, dicen que es apócrifo y parte de un fraude. La mega fábrica empezó a funcionar y manejaba 50,000 cerdos, sin embargo, comenzó sus trámites y permisos para operar un año después de funcionar sin una manifestación de impacto ambiental. Solicitaron que se mida el terreno para delimitar si entraba en el ejido y durante la medición se descubrió que las aguas residuales de la granja habían matado parte del monte, pues no tenían tratamiento y se vertían atrás de la granja por medio de una tubería. Esta agua se infiltraba al acuífero y estaba contaminando las fuentes de agua dulce de toda la población.

Los efectos en la apicultura y en la agricultura de autoconsumo eran notorios, las abejas y otros insectos se empezaron a morir, el monte se empezó a secar, los sembrados no lograban crecer y se perdieron las cosechas.

Los habitantes se quejaban del olor, de dolores de cabeza, aumento de casos de asma y de enfermedades gastrointestinales, así como de moscas y fauna nociva. El agua que sale de sus pozos empezó a salir de color oscuro y con olor pestilente.

Ante esta situación, la comunidad representada por abuelos y niños interpuso una demanda de amparo debido a que la granja está haciendo un uso indebido de sus tierras y está provocando un impacto ambiental en su territorio. Se creo división y pleitos entre los pobladores porqué algunos querían que se cierre, pero otros, como los trabajadores de la granja se manifestaron a favor reclamando su derecho a trabajar, se sienten contentos porque los dueños les regalan despensas, playeras y cerveza.

La Secretaría de Desarrollo Sustentable manifestó que tiene la manifestación de impacto ambiental, pero es confidencial. El juzgado otorgó un amparo porque la granja estaba operando sin permisos y suspendió las actividades, pero no han ganado la demanda, el juicio prosigue y la granja continúa operando clandestinamente, está el riesgo de que pierdan el amparo porque las autoridades no realizan el monitoreo correspondiente ni hacen los análisis de calidad de agua, aire y suelo para tener información que demuestre las condiciones del territorio.

Después de analizar la situación, discutan las respuestas en equipo y respondan las siguientes preguntas de acuerdo con las conclusiones generales.

1. Apoyado en lo que sabes del acuífero yucateco, ¿Qué creen que pasa cuando la mega fábrica echa los desechos de los cerdos directamente a la tierra o a un pozo? Explica.
2. Identifica y explica los conflictos socioambientales que se pueden encontrar en el ejemplo.
3. Identifica a los actores y sistemas que interactúan en la situación planteada, ¿Quiénes son los ganadores y perdedores? ¿Por qué?
4. Imaginen y describan que pasaría en el futuro si la mega fábrica porcina continúa operando en las actuales condiciones.
5. ¿El tipo de trabajo que ofrecen a la comunidad contribuye a incrementar el bienestar económico y social de la comunidad? Justifica tu respuesta y da un ejemplo.
6. Según las condiciones del territorio, ¿Cuáles serían las estrategias sustentables para la gestión de agua en la actividad porcina?
7. ¿Consideran que la participación ciudadana es importante en la gestión del territorio y el desarrollo económico? ¿Por qué?
8. ¿Creen que es importante que los ciudadanos conozcan su entorno natural? ¿En dónde y con quién pueden aprender sobre esos temas?
9. ¿Debe haber comportamientos éticos en la gestión del agua? ¿Por qué? ¿Cuáles?
10. ¿Qué es lo que garantiza un comportamiento ético en la gestión del agua?
11. Menciona al menos cuatro ideas centrales para argumentar tu postura en contra de la mega industria porcina en territorio kárstico.

ANEXO 5. EJERCICIO ARGUMENTATIVO TALLER SINCRÓNICO “DESARROLLADORES”

Análisis Factibilidad mega industria porcina en territorios kársticos

En este apartado realizarás en equipos un ejercicio argumentativo utilizando el siguiente ejemplo:

En la comunidad “Chapalita” se instaló una granja porcina. Hace dos años los ejidatarios descubrieron que unos trabajadores estaban desmontando tierras ejidales, después se enteraron de que era para las instalaciones de una mega fábrica porcícola, socios del ejido protestaron y denunciaron que la empresa pretendía despojarlos del terreno donde se construyó. Los propietarios de la granja poseían un documento notariado que demuestra la propiedad del ejido, pero los ejidatarios y la asamblea de Defensores del Territorio, dicen que es apócrifo y parte de un fraude. La mega fábrica empezó a funcionar y manejaba 50,000 cerdos, sin embargo, comenzó sus trámites y permisos para operar un año después de funcionar sin una manifestación de impacto ambiental. Solicitaron que se mida el terreno para delimitar si entraba en el ejido y durante la medición se descubrió que las aguas residuales de la granja habían matado parte del monte, pues no tenían tratamiento y se vertían atrás de la granja por medio de una tubería. Esta agua se infiltraba al acuífero y estaba contaminando las fuentes de agua dulce de toda la población.

Los efectos en la apicultura y en la agricultura de autoconsumo eran notorios, las abejas y otros insectos se empezaron a morir, el monte se empezó a secar, los sembrados no lograban crecer y se perdieron las cosechas.

Los habitantes se quejaban del olor, de dolores de cabeza, aumento de casos de asma y de enfermedades gastrointestinales, así como de moscas y fauna nociva. El agua que sale de sus pozos empezó a salir de color oscuro y con olor pestilente.

Ante esta situación, la comunidad representada por abuelos y niños interpuso una demanda de amparo debido a que la granja está haciendo un uso indebido de sus tierras y está provocando un impacto ambiental en su territorio. Se creo división y pleitos entre los pobladores porqué algunos querían que se cierre, pero otros, como los trabajadores de la granja se manifestaron a favor reclamando su derecho a trabajar, se sienten contentos porque los dueños les regalan despensas, playeras y cerveza.

La Secretaría de Desarrollo Sustentable manifestó que tiene la manifestación de impacto ambiental, pero es confidencial. El juzgado otorgó un amparo porque la granja estaba operando sin permisos y suspendió las actividades, pero no han ganado la demanda, el juicio prosigue y la granja continúa operando clandestinamente, está el riesgo de que pierdan el amparo porque las autoridades no realizan el monitoreo correspondiente ni hacen los análisis de calidad de agua, aire y suelo para tener información que demuestre las condiciones del territorio.

Después de analizar la situación, discutan las respuestas en equipo y respondan las siguientes preguntas de acuerdo con las conclusiones generales.

1. Apoyado en lo que sabes del acuífero yucateco, ¿Qué creen que pasa cuando la mega fábrica echa los desechos de los cerdos directamente a la tierra o a un pozo? Explica.
2. Identifica y explica los conflictos socioambientales que se pueden encontrar en el ejemplo.
3. Identifica a los actores y sistemas que interactúan en la situación planteada, ¿Quiénes son los ganadores y perdedores? ¿Por qué?
4. Imaginen y describan que pasaría en el futuro si la mega fábrica porcina continúa operando en las actuales condiciones.
5. ¿El tipo de trabajo que ofrecen a la comunidad contribuye a incrementar el bienestar económico y social de la comunidad? Justifica tu respuesta y da un ejemplo.
6. Según las condiciones del territorio, ¿Cuáles serían las estrategias sustentables para la gestión de agua en la actividad porcina?
7. ¿Consideran que la participación ciudadana es importante en la gestión del territorio y el desarrollo económico? ¿Por qué?
8. ¿Creen que es importante que los ciudadanos conozcan su entorno natural? ¿En dónde y con quién pueden aprender sobre esos temas?
9. ¿Debe haber comportamientos éticos en la gestión del agua? ¿Por qué? ¿Cuáles?
10. ¿Qué es lo que garantiza un comportamiento ético en la gestión del agua?
11. Menciona al menos cuatro ideas centrales para argumentar tu postura a favor de la mega industria porcina en territorio kárstico.

ANEXO 6. EJERCICIO ARGUMENTATIVO ASINCRÓNICO

Análisis Factibilidad mega industria porcina en territorios kársticos

En este apartado realizarás un ejercicio argumentativo utilizando el siguiente ejemplo:

En la comunidad “Chapalita” se instaló una granja porcina. Hace dos años los ejidatarios descubrieron que unos trabajadores estaban desmontando tierras ejidales, después se enteraron de que era para las instalaciones de una mega fábrica porcícola, socios del ejido protestaron y denunciaron que la empresa pretendía despojarlos del terreno donde se construyó. Los propietarios de la granja poseían un documento notariado que demuestra la propiedad del ejido, pero los ejidatarios y la asamblea de Defensores del Territorio, dicen que es apócrifo y parte de un fraude. La mega fábrica empezó a funcionar y manejaba 50,000 cerdos, sin embargo, comenzó sus trámites y permisos para operar un año después de funcionar sin una manifestación de impacto ambiental. Solicitaron que se mida el terreno para delimitar si entraba en el ejido y durante la medición se descubrió que las aguas residuales de la granja habían matado parte del monte, pues no tenían tratamiento y se vertían atrás de la granja por medio de una tubería. Esta agua se infiltraba al acuífero y estaba contaminando las fuentes de agua dulce de toda la población.

Los efectos en la apicultura y en la agricultura de autoconsumo eran notorios, las abejas y otros insectos se empezaron a morir, el monte se empezó a secar, los sembrados no lograban crecer y se perdieron las cosechas.

Los habitantes se quejaban del olor, de dolores de cabeza, aumento de casos de asma y de enfermedades gastrointestinales, así como de moscas y fauna nociva. El agua que sale de sus pozos empezó a salir de color oscuro y con olor pestilente.

Ante esta situación, la comunidad representada por abuelos y niños interpuso una demanda de amparo debido a que la granja está haciendo un uso indebido de sus tierras y está provocando un impacto ambiental en su territorio. Se creo división y pleitos entre los pobladores porqué algunos querían que se cierre, pero otros, como los trabajadores de la granja se manifestaron a favor reclamando su derecho a trabajar, se sienten contentos porque los dueños les regalan despensas, playeras y cerveza.

La Secretaría de Desarrollo Sustentable manifestó que tiene la manifestación de impacto ambiental, pero es confidencial. El juzgado otorgó un amparo porque la granja estaba operando sin permisos y suspendió las actividades, pero no han ganado la demanda, el juicio prosigue y la granja continúa operando clandestinamente, está el riesgo de que pierdan el amparo porque las autoridades no realizan el monitoreo correspondiente ni hacen los análisis de calidad de agua, aire y suelo para tener información que demuestre las condiciones del territorio.

Después de analizar la situación, responde las siguientes preguntas.

1. Apoyado en lo que sabes del acuífero yucateco, ¿Qué creen que pasa cuando la mega fábrica echa los desechos de los cerdos directamente a la tierra o a un pozo? Explica.
2. Identifica y explica los conflictos socioambientales que se pueden encontrar en el ejemplo.
3. Identifica a los actores y sistemas que interactúan en la situación planteada, ¿Quiénes son los ganadores y perdedores? ¿Por qué?
4. Imaginen y describan que pasaría en el futuro si la mega fábrica porcina continúa operando en las actuales condiciones.
5. ¿El tipo de trabajo que ofrecen a la comunidad contribuye a incrementar el bienestar económico y social de la comunidad? Justifica tu respuesta y da un ejemplo.
6. Según las condiciones del territorio, ¿Cuáles serían las estrategias sustentables para la gestión de agua en la actividad porcina?
7. ¿Consideran que la participación ciudadana es importante en la gestión del territorio y el desarrollo económico? ¿Por qué?
8. ¿Creen que es importante que los ciudadanos conozcan su entorno natural? ¿En dónde y con quién pueden aprender sobre esos temas?
9. ¿Debe haber comportamientos éticos en la gestión del agua? ¿Por qué? ¿Cuáles?
10. ¿Qué es lo que garantiza un comportamiento ético en la gestión del agua?
11. Menciona al menos cuatro ideas centrales para argumentar tu postura a favor, con las condiciones en las que debería desarrollarse la mega industria porcina en territorio kárstico y al menos cuatro ideas centrales para argumentar en contra de que se desarrolle la mega industria porcina en dicho territorio.

ANEXO 7: RÚBRICA DEBATE

Nivel de competencia para evaluar	Nivel					
	Alto 3	3	Básico 2	2	Bajo 1	1
1. Identifican las características del acuífero kárstico	Los argumentos reconocen al acuífero como: La única fuente de agua dulce de Yucatán. Un lente de agua dulce sobre agua salada con flujo lento y principalmente vertical. Identifican el suelo como muy permeable que facilita una alta infiltración de agua de lluvia y disolución de la roca, permitiendo la acumulación en forma subterránea.		Los argumentos reconocen algunas características del acuífero kárstico. La única fuente de agua dulce de Yucatán. Un lente de agua dulce sobre agua salada con flujo lento y principalmente vertical. Identifican el suelo como muy permeable que facilita una alta infiltración de agua de lluvia y disolución de la roca, permitiendo la acumulación en forma subterránea.		Los argumentos no incluyen las características del acuífero kárstico. La única fuente de agua dulce de Yucatán. Un lente de agua dulce sobre agua salada con flujo lento y principalmente vertical. Identifican el suelo como muy permeable que facilita una alta infiltración de agua de lluvia y disolución de la roca, permitiendo la acumulación en forma subterránea.	
2. Reconocen la importancia del acuífero kárstico en el contexto hídrico del país	Los argumentos reconocen la importancia del acuífero como una fuente importante de agua dulce en un país con escasez hídrica en el 70% de su territorio, por lo tanto, necesita ser gestionada y conservada.		Los argumentos reconocen parcialmente la importancia del acuífero como una fuente importante de agua dulce en un país con escasez hídrica en el 70% de su territorio, por lo tanto, necesita ser gestionada y conservada.		Los argumentos no reconocen la importancia del acuífero como una fuente importante de agua dulce en un país con escasez hídrica en el 70% de su territorio, por lo tanto, no necesita ser gestionada y conservada.	
3. Relacionan las actividades antropogénicas con la calidad del agua subterránea	Los argumentos relacionan las actividades antropogénicas como factores importantes de contaminación y sobrexplotación del agua subterránea.		Los argumentos relacionan parcialmente las actividades antropogénicas como factores importantes de contaminación y sobrexplotación del agua subterránea.		Los argumentos no relacionan las actividades antropogénicas como factores importantes de contaminación y sobrexplotación del agua subterránea.	

Nivel de competencia para evaluar	Nivel					
	Alto 3	3	Básico 2	2	Bajo 1	1
4. Prevén el impacto futuro de las actividades humanas en la calidad y disponibilidad del agua subterránea.	Los argumentos mencionan los efectos a mediano y largo plazo en la calidad y disponibilidad del agua subterránea, si se continúa con la gestión actual del acuífero subterráneo. Escasez de agua, fuentes de agua contaminadas, aumento de enfermedades relacionadas a la contaminación, etc.		Los argumentos mencionan parcialmente los efectos a mediano y largo plazo en la calidad y disponibilidad del agua subterránea, si se continúa con la gestión actual del acuífero subterráneo. Escasez de agua, fuentes de agua contaminadas, aumento de enfermedades relacionadas a la contaminación, etc.		Los argumentos no mencionan los efectos a mediano y largo plazo en la calidad y disponibilidad del agua subterránea, si se continúa con la gestión actual del acuífero subterráneo. Escasez de agua, fuentes de agua contaminadas, aumento de enfermedades relacionadas a la contaminación, etc.	
5. Identifican a los ganadores y perdedores de la gestión del agua subterránea	Los argumentos reconocen a los pobladores rurales y urbanos como los más vulnerables y afectados en la gestión del agua, así como a las compañías o gobernantes que explotan y utilizan para beneficios de pocos el agua extraída del acuífero subterráneo.		Los argumentos reconocen parcialmente a los pobladores rurales y urbanos como los más vulnerables y afectados en la gestión del agua, así como a las compañías o gobernantes que explotan y utilizan para beneficios de pocos el agua extraída del acuífero subterráneo.		Los argumentos no reconocen a los pobladores rurales y urbanos como los más vulnerables y afectados en la gestión del agua, ni los efectos en la calidad y distribución del agua subterránea, durante la extracción y contaminación de parte de la industria o de la mala gestión gubernamental del acuífero.	
6. Identifican las prácticas sustentables en la gestión del agua subterránea	Los argumentos identifican las prácticas sustentables en la gestión del agua como el manejo de residuos domésticos e		Los argumentos identifican parcialmente las prácticas sustentables en la gestión del agua como el manejo de		Los argumentos no identifican las prácticas sustentables en la gestión del agua como el manejo de residuos	

	industriales adecuados al tipo de suelo, la cosecha de agua de lluvia, la separación de residuos domésticos, la vigilancia del buen funcionamiento de instalaciones sanitarias, etc.		**residuos domésticos e industriales adecuados al tipo de suelo, la cosecha de agua de lluvia, la separación de residuos domésticos, la vigilancia del buen funcionamiento de instalaciones sanitarias, etc.**		**domésticos e industriales adecuados al tipo de suelo, la cosecha de agua de lluvia, la separación de residuos domésticos, la vigilancia del buen funcionamiento de instalaciones sanitarias, etc.**	
Nivel de competencia para evaluar	**Nivel**					
	Alto 3	**3**	**Básico 2**	**2**	**Bajo 1**	**1**
7. Identifican las prácticas contaminantes en la gestión del agua subterránea	**Los argumentos identifican las prácticas contaminantes en la gestión de agua como el manejo inadecuado de residuos domésticos e industriales, desperdicio de agua debido a malas instalaciones, arrojar basura a las fuentes de agua dulce, etc.**		**Los argumentos identifican parcialmente las prácticas contaminantes en la gestión de agua como el manejo inadecuado de residuos domésticos e industriales, desperdicio de agua debido a malas instalaciones, arrojar basura a las fuentes de agua dulce, etc.**		**Los argumentos no identifican las prácticas contaminantes en la gestión de agua como el manejo inadecuado de residuos domésticos e industriales, desperdicio de agua debido a malas instalaciones, arrojar basura a las fuentes de agua dulce, etc.**	
8. Reconocen la importancia de garantizar el derecho humano al agua potable	**Los argumentos defienden el derecho humano al agua potable como una forma de garantizar el acceso de agua potable a la población, esto debe estar garantizado en la constitución y debe ser defendido por las autoridades y la ciudadanía.**		**Los argumentos defienden parcialmente el derecho humano al agua potable como una forma de garantizar el acceso de agua potable de la población, esto debe estar garantizado en la constitución y debe ser defendido por las autoridades y la ciudadanía.**		**Los argumentos no consideran que el derecho humano al agua potable deba estar garantizado en la constitución y deba ser defendido por las autoridades y la ciudadanía, con el fin de garantizar el acceso de agua potable de la población.**	

9. Comprenden que la contaminación del agua es un riesgo para la salud pública y para el desarrollo de la población	**Los argumentos relacionan la contaminación de agua a problemas de salud pública, identifican las consecuencias a corto, mediano y largo plazo en el bienestar de la población, afectaciones al desarrollo social y económico del estado.**		**Los argumentos relacionan parcialmente la contaminación de agua a problemas de salud pública, identifican algunas consecuencias a corto, mediano y largo plazo en el bienestar de la población, así como reconocen algunas afectaciones al desarrollo social y económico del estado.**		**Los argumentos no relacionan la contaminación de agua a problemas de salud pública, no identifican las consecuencias a corto, mediano y largo plazo en el bienestar de la población y no reconocen las afectaciones al desarrollo social y económico del estado.**	

ANEXO 8. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav-Ipn)
Departamento de Ecología Humana Laboratorio de Salud Ambiental

Mérida, Yucatán, México **29 de septiembre del 2022**

Consentimiento informado

Este documento tiene como objetivo solicitar su aprobación para formar parte de un estudio que se está realizando en el Departamento de Ecología Humana del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN Unidad Mérida (Cinvestav).

El estudio se llama “Evaluación de modalidades electrónicas para la enseñanza de la sostenibilidad hídrica” y tiene como objetivo hacer un estudio comparativo de las modalidades de aprendizaje electrónico sincrónico y asincrónico usando como tema de estudio el conocimiento sobre el acuífero de Yucatán en estudiantes normalistas. Se les realizará previamente un cuestionario diagnóstico. El diseño experimental presenta dos tipos de participación (talleres sincrónicos y asincrónicos) que serán asignados aleatoriamente, en ambos talleres se espera que realicen todas las actividades solicitadas y en el caso del taller sincrónico se integren a todas las sesiones.

Los datos obtenidos en este estudio serán confidenciales y los resultados serán utilizados en publicaciones científicas y recomendaciones educativas. Los investigadores no derivan ningún beneficio económico, y se garantiza el absoluto anonimato de los participantes.

Dada la importancia de los medios de estudio electrónicos, este estudio es fundamental para el avance de la educación a distancia y el entendimiento de cuál es la forma de apropiación de la información más efectiva. Adicionalmente el acuífero de Yucatán es de gran importancia internacional y una de las reservas de agua dulce más importante del país, promover el conocimiento sobre su funcionamiento y conservación es primordial para la salud de los habitantes del estado.

Si tuvieras alguna duda, favor de comunicarte a los correos o al celular de las responsables del proyecto para resolverla. De antemano, gracias por tus atenciones y apoyo.

ATENTAMENTE

Dra. Almira Hoogesteyn Reul

Responsables del proyecto:

Almira Hoogesteyn D.V.M. PhD.
Investigadora Titular
Departamento de Ecología Humana
Cinvestav – Mérida
Cel: 9991924267
almirahoo@cinvestav.mx

M. en C. Ana Sofía Lázaro Salazar
Estudiante de Doctorado
Departamento de Ecología Humana
Cinvestav – Mérida
Cel:9993385980
Correo: anasofia.lazaro@cinvestav.mx

Acuse de recibo

Folio:_____Escuela normal: _____

Confirmo que he leído la hoja de información y entiendo lo que implica el estudio. He tenido la oportunidad de analizar la información.

1. Entiendo que mi participación en los talleres sincrónico y asincrónico sobre sostenibilidad hídrica es voluntaria y que puedo decidir el cualquier momento no seguir colaborando.

2. Entiendo que los datos obtenidos durante el estudio serán utilizados únicamente por personal responsable y autorizado del estudio. Doy permiso a las personas responsables a tener acceso a los datos.

3. Entiendo que la información será utilizada de forma estrictamente confidencial de acuerdo con las disposiciones de la Ley de Protección de Datos de 1998 y de acuerdo con los lineamientos del Cinvestav.

4. Entiendo que en el manejo de la información obtenida se mantendrán la confidencialidad y el anonimato en cualquier publicación.

5. Acepto que los datos pueden ser utilizados en futuras investigaciones. Entiendo que la confidencialidad de los datos personales se mantendrá.

Yo: _____ (Nombre del participante) Fecha: _____

acepto colaborar en el estudio “Evaluación de modalidades electrónicas para la enseñanza de la sostenibilidad hídrica, con énfasis en hidrogeología”

Testigo 1: Maestro/a de la Escuela Normal responsable del Proyecto:

Nombre:_____Firma: _____

Testigo 2: Coordinador académico de la Escuela Normal que autorizó el proyecto:
Nombre:_____Firma: _____

Gracias por contribuir al desarrollo de un mejor conocimiento sobre las modalidades electrónicas y su implementación para conocer el acuífero de Yucatán, cualquier duda puede contactar a una de las responsables del proyecto a través del correo electrónico proporcionado.

ANEXO 9. PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

Como parte del proceso de los estudios de doctorado y producto de la investigación doctoral previamente expuesta, se publicó el artículo titulado como “THE WORLD IS DRY, BUT I AM FINE" SELF-PERCEPTION OF THE HUMAN RIGHT TO WATER AND SANITATION IN TRAINEE TEACHERS. Este artículo fue parte de la sección temática “Navigating Trends and Challenges in Educational Professionalism” de la Revista Frontiers in Education. Los autores de esta publicación fueron Ana Sofía Lázaro Salazar, María Teresa Guerra Ramos, Lane F. Fargher-Navarro y Almira Lydia Hoogesteyn Reul.

Cita:

Lazaro-Salazar, A.S., Guerra-Ramos, M.T. Fargher-Navarro, L.F., and Hoogesteijn A.L. (2025). "The world is dry, but I am fine" Self-perception of the human right to water and sanitation in trainee teachers. *Frontiers in education, 10*. doi: 10.3389/feduc.2025.1470636