

Reporte cualitativo exploratorio

Piloto EM1 en muestras de agua de cenotes

Control contemporáneo vs. muestra con EM1 · Yucatán, México

“CEMI es una pregunta que estamos probando. Evidencia antes que suposiciones.”

Versión de trabajo · septiembre 2026

Este documento integra las fotografías de campo, las fotografías de las muestras y los datos finales de pH, conductividad eléctrica (EC) y sólidos disueltos totales (TDS) tomados durante el piloto cualitativo.

El objetivo no es declarar una solución, sino ordenar evidencia: qué cambió en las muestras con EM1, qué puede estar relacionado con el tratamiento y qué todavía no se puede afirmar.

Agua

Los cenotes son parte del acuífero y sostienen la vida cotidiana en Yucatán.

Microorganismos

El piloto explora si una comunidad microbiana puede generar cambios medibles en agua contaminada o alterada.

Evidencia

pH, EC y TDS son indicadores iniciales; no sustituyen análisis de laboratorio.

Contenido del reporte

1. Resumen metodológico y límites del piloto
2. Tabla general control vs. EM1
3. Ficha visual individual de cada cenote
4. Galería de muestras con y sin EM1
5. Conclusiones por cenote y conclusión transversal
6. Recomendaciones para Fase II: laboratorio y monitoreo temporal

Metodología y límites

1

Muestra control

Agua del mismo cenote sin aplicación de EM1.

2

Muestra tratada

Agua del mismo cenote con EM1 en condiciones domésticas controladas.

3

Medición

pH, EC y TDS con sonda portátil calibrada.

4

Registro visual

Color, claridad, sedimentos, flóculos y cambios observables.

Qué NO permite concluir esta fase

- No permite afirmar restauración del agua ni eliminación de contaminación fecal.
- No permite atribuir causalidad exclusiva a EM1 porque no hay día 0 completo, réplicas ni laboratorio.
- No convierte cambios de pH, EC o TDS en “mejora”: esos parámetros sólo describen química general.
- Los flóculos blancos observados en botellas frías se registran como efecto de acondicionamiento térmico, no como señal de tratamiento.

Interpretación base

La tendencia principal —pH menor y EC/TDS mayores en EM1— es consistente con la adición de una solución ácida con solutos. Es un cambio real de la muestra, pero no es todavía evidencia de beneficio ecológico.

Tabla comparativa final de los 9 pares medidos

Unidades: pH sin unidad; EC en µS/cm (según lectura de sonda); TDS en ppm.

Cenote	pH C	pH EM1	ΔpH	EC C	EC EM1	ΔEC	TDS C	TDS EM1	ΔTDS
Chomin	6.95	5.95	**-1.00**	528	806	**+278**	260	403	**+143**
Calcuch	7.23	5.93	**-1.30**	789	1279	**+490**	399	639	**+240**
Chan Chihool	7.26	6.12	**-1.14**	1230	1542	**+312**	627	771	**+144**
Las Manitas	7.13	5.78	**-1.35**	370	583	**+213**	186	291	**+105**
Nah Yah	6.50	6.08	**-0.42**	1309	1590	**+281**	654	795	**+141**
Yaal Utzil	7.17	6.05	**-1.12**	894	1179	**+285**	447	589	**+142**
Kankiriche	7.45	6.07	**-1.38**	1063	1462	**+399**	539	731	**+192**
Tanimax	7.31	5.89	**-1.42**	579	966	**+387**	281	484	**+203**
Sabak Há	7.39	6.05	**-1.34**	1357	1575	**+218**	657	787	**+130**

pH

9/9 bajaron con EM1 Promedio ΔpH: -1.16

Esto sugiere acidificación relativa.

EC

9/9 subieron con EM1 Promedio ΔEC: +318 µS/cm

Esto sugiere mayor carga iónica.

TDS

9/9 subieron con EM1 Promedio ΔTDS: +160 ppm

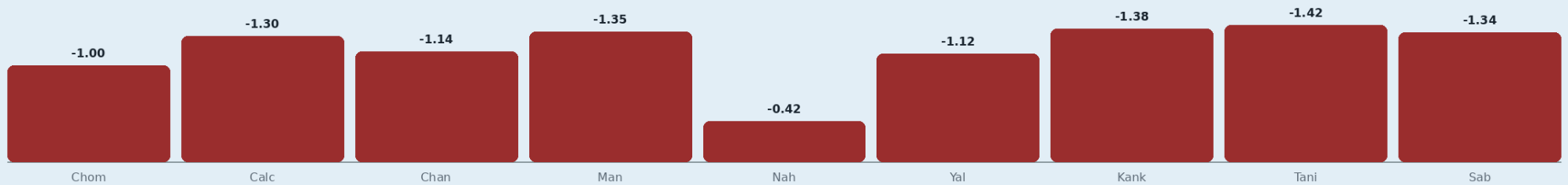
Coherente con aumento de EC.

Lectura honesta: el patrón es consistente y medible, pero todavía no responde si EM1 benefició al agua. Para eso se necesitan indicadores microbiológicos y de carga orgánica.

Tendencias observadas

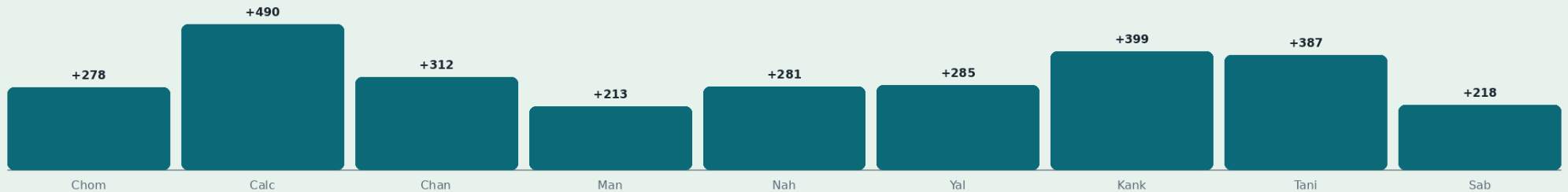
Cambio de pH (EM1 - control)

El descenso de pH fue generalizado.



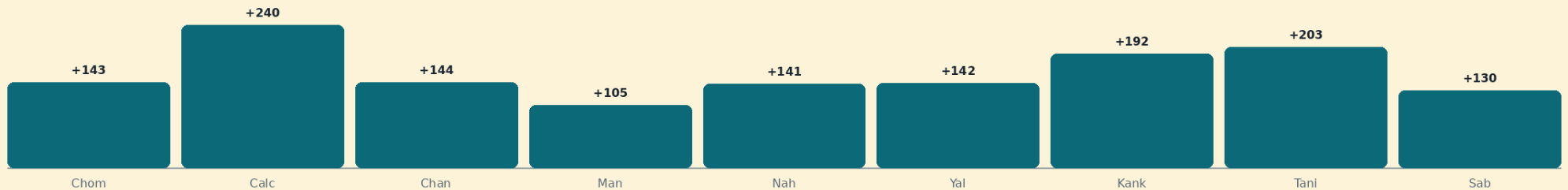
Cambio de EC (EM1 - control)

La EC aumentó en todos los pares.



Cambio de TDS (EM1 - control)

El TDS aumentó en todos los pares.



Cenote

Chomin

Ficha de sitio

Cenote recreativo con paredes calizas, raíces colgantes y agua azul/turquesa. Muestra inicial con sedimento blanco floculento y olor fecal reportado.

Resultado medido

pH: 6.95 → 5.95

EC: 528 → 806 µS/cm

TDS: 260 → 403 ppm

No demuestra beneficio todavía.

FECHA
24 junio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Chomin · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	6.95	5.95	-1.00
EC (µS/cm)	528	806	+278
TDS (ppm)	260	403	+143

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Se observan diferencias de color, claridad o sedimento entre botellas.
- El sedimento/flóculo blanco por refrigeración no se atribuye a EM1.
- La lectura visual sirve como señal cualitativa, no como prueba de eficacia.

Conclusión por cenote

En Chomin, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.00), EC mayor (+278 µS/cm) y TDS mayor (+143 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible








Cenote

Calcuch

Ficha de sitio

Cenote cavernoso con escalera y luz natural filtrada.
Agua azul profunda; paredes calizas y raíces visibles.

Resultado medido

pH: 7.23 → 5.93

EC: 789 → 1279 µS/cm

TDS: 399 → 639 ppm

No demuestra beneficio todavía.



FECHA
28 junio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.23	5.93	-1.30
EC (µS/cm)	789	1279	+490
TDS (ppm)	399	639	+240

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Se observan diferencias de color, claridad o sedimento entre botellas.
- El sedimento/flóculo blanco por refrigeración no se atribuye a EM1.
- La lectura visual sirve como señal cualitativa, no como prueba de eficacia.

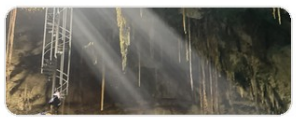
Conclusión por cenote

En Calcuch, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.30), EC mayor (+490 µS/cm) y TDS mayor (+240 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible







Cenote

Chan Chihool

Ficha de sitio

Cenote cavernoso de alta claridad visual, agua turquesa y formaciones calizas.

Resultado medido

pH: 7.26 → 6.12

EC: 1230 → 1542 µS/cm

TDS: 627 → 771 ppm

No demuestra beneficio todavía.

FECHA
7 julio 2026 / EM1 6 julio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Chan Chihool · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.26	6.12	-1.14
EC (µS/cm)	1230	1542	+312
TDS (ppm)	627	771	+144

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Se observan diferencias de color, claridad o sedimento entre botellas.
- El sedimento/flóculo blanco por refrigeración no se atribuye a EM1.
- La lectura visual sirve como señal cualitativa, no como prueba de eficacia.

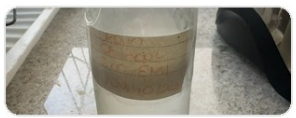
Conclusión por cenote

En Chan Chihool, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.14), EC mayor (+312 µS/cm) y TDS mayor (+144 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible





Cenote

Las Manitas

Ficha de sitio

Cenote poco documentado; no se cuenta con fotografía de sitio. Muestra inicial blanquecina con sedimento marrón flotante y olor fecal/desagradable reportado.

Resultado medido

pH: 7.13 → 5.78

EC: 370 → 583 µS/cm

TDS: 186 → 291 ppm

No demuestra beneficio todavía.

FECHA
16 junio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Las Manitas · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.13	5.78	-1.35
EC (µS/cm)	370	583	+213
TDS (ppm)	186	291	+105

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- No hay fotografía del sitio; se documenta como cenote poco conocido.
- La muestra inicial fue descrita como blanquecina con sedimento y olor desagradable.
- Cambios visuales no bastan para inferir reducción de contaminación.

Conclusión por cenote

En Las Manitas, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.35), EC mayor (+213 µS/cm) y TDS mayor (+105 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible










Cenote

Nah Yah

Ficha de sitio

Cenote de gran profundidad visual, agua azul intensa, escalera de acceso y raíces en la pared rocosa.

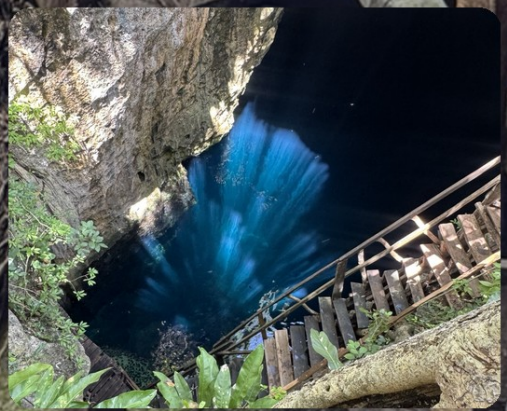
Resultado medido

pH: 6.50 → 6.08

EC: 1309 → 1590 µS/cm

TDS: 654 → 795 ppm

No demuestra beneficio todavía.



FECHA
7 julio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Nah Yah · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	6.50	6.08	-0.42
EC (µS/cm)	1309	1590	+281
TDS (ppm)	654	795	+141

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Se observan diferencias de color, claridad o sedimento entre botellas.
- El sedimento/flóculo blanco por refrigeración no se atribuye a EM1.
- La lectura visual sirve como señal cualitativa, no como prueba de eficacia.

Conclusión por cenote

En Nah Yah, la muestra con EM1 presentó pH menor (-0.42), EC mayor (+281 µS/cm) y TDS mayor (+141 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible










Cenote

Yaal Utzil

Ficha de sitio

Cenote semiabierto con acceso por escalera, vegetación alrededor y agua verde/oliva en la fotografía de referencia.

Resultado medido

pH: 7.17 → 6.05

EC: 894 → 1179 µS/cm

TDS: 447 → 589 ppm

No demuestra beneficio todavía.

FECHA
17 junio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Yaal Utzil · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.17	6.05	-1.12
EC (µS/cm)	894	1179	+285
TDS (ppm)	447	589	+142

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Con EM1 se observó agua verde intensa y sedimento oscuro visible.
- El control contemporáneo se presentó más claro, con sedimento blanco por frío/acondicionamiento.
- Diferencia visual fuerte; no se interpreta como mejora sin laboratorio.

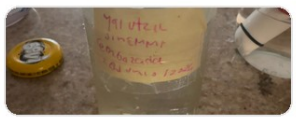
Conclusión por cenote

En Yaal Utzil, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.12), EC mayor (+285 µS/cm) y TDS mayor (+142 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible







Cenote

Kankiriche

Ficha de sitio

Cenote cavernoso con acceso por escalera y agua azul profunda. Referencias públicas muestran uso recreativo.

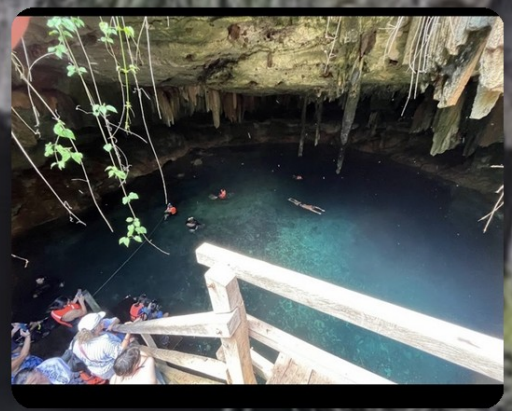
Resultado medido

pH: 7.45 → 6.07

EC: 1063 → 1462 µS/cm

TDS: 539 → 731 ppm

No demuestra beneficio todavía.



FECHA
16 julio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Kankiriche · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.45	6.07	-1.38
EC (µS/cm)	1063	1462	+399
TDS (ppm)	539	731	+192

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Se observan diferencias de color, claridad o sedimento entre botellas.
- El sedimento/flóculo blanco por refrigeración no se atribuye a EM1.
- La lectura visual sirve como señal cualitativa, no como prueba de eficacia.

Conclusión por cenote

En Kankiriche, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.38), EC mayor (+399 µS/cm) y TDS mayor (+192 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible








Cenote

Tanimax

Ficha de sitio

Cenote con acceso por escalera, baja luz y acumulación visible de hojarasca/materia orgánica sobre el agua.

Resultado medido

pH: 7.31 → 5.89

EC: 579 → 966 µS/cm

TDS: 281 → 484 ppm

No demuestra beneficio todavía.



FECHA
23 junio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.31	5.89	-1.42
EC (µS/cm)	579	966	+387
TDS (ppm)	281	484	+203

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- El sitio muestra hojarasca y materia orgánica flotante.
- Control claro con sedimento; EM1 con aumento de coloración/partículas en algunas fotos.
- El aporte natural de materia orgánica puede influir en resultados.

Conclusión por cenote

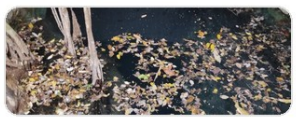
En Tanimax, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.42), EC mayor (+387 µS/cm) y TDS mayor (+203 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible

















Cenote

Sabak Há

Ficha de sitio

Cenote abierto/semiabierto con vegetación ribereña y agua verde-grisácea en fotografía de referencia.

Resultado medido

pH: 7.39 → 6.05

EC: 1357 → 1575 µS/cm

TDS: 657 → 787 ppm

No demuestra beneficio todavía.



FECHA
14 julio 2026

TIPO
Agua superficial

COMPARACIÓN
Control vs. EM1

ESTADO
Exploratorio

Sabak Há · muestras y resultados

Fotografías del experimento

CONTROL Sin EM1



CON EM1 Tratamiento



DETALLE Muestra



Resultados fisicoquímicos

Parámetro	Control	Con EM1	Diferencia
pH	7.39	6.05	-1.34
EC (µS/cm)	1357	1575	+218
TDS (ppm)	657	787	+130

Lectura del patrón

La muestra con EM1 bajó en pH y subió en EC/TDS. Esto es consistente con una modificación química de la muestra.

Observaciones cualitativas

- Se observan diferencias de color, claridad o sedimento entre botellas.
- El sedimento/flóculo blanco por refrigeración no se atribuye a EM1.
- La lectura visual sirve como señal cualitativa, no como prueba de eficacia.

Conclusión por cenote

En Sabak Há, la muestra con EM1 presentó pH menor (-1.34), EC mayor (+218 µS/cm) y TDS mayor (+130 ppm) frente al control. Esto indica una modificación fisicoquímica clara, pero no permite afirmar que el agua mejoró. La atribución de beneficio requiere laboratorio y seguimiento temporal.

Dictamen provisional

Cambio observado: sí. Beneficio comprobado: todavía no.

Galería disponible









¿Actuó EM1 de manera beneficiosa?

Con esta fase, no se puede afirmar todavía.

Lo que sí se puede decir: EM1 se asoció con cambios fisicoquímicos consistentes. Lo que no se puede decir: que el agua mejoró, que se redujo contaminación fecal o que hubo restauración.

Qué sí podemos concluir

- **Hubo descenso del pH en los 9 pares.**
- **Hubo aumento de EC y TDS en los 9 pares.**
- **Las muestras con EM1 cambiaron respecto al control.**
- **El piloto genera una hipótesis medible para Fase II.**

Qué falta para hablar de beneficio

- **E. coli y coliformes fecales.**
- **DBO_5, DQO y TOC/COT.**
- **Nitrógeno, fósforo, turbidez y clorofila.**
- **Réplicas, día 0 y monitoreo temporal.**

Cierre: CEMI no presenta una solución final; presenta una pregunta probada con más cuidado. La siguiente fase debe llevar esta curiosidad al laboratorio.

Fase II recomendada

1

Día 0

Medir antes de aplicar EM1: pH, EC, TDS, turbidez, olor, color y foto estándar.

2

Día 7

Primera respuesta: pH, EC, TDS y registro visual replicado.

3

Día 14/30

Enviar laboratorio y medir variables de carga orgánica y microbiología.

4

Día 60/90

Evaluar persistencia, rebote o estabilización del cambio.

Indicadores mínimos sugeridos

- **E. coli / coliformes fecales**
- **TOC / COT**
- **Amonio (NH_4^+)**
- **Nitrógeno total**
- **DBO_5**
- **Turbidez**
- **Fosfatos**
- **Clorofila-a**
- **DQO**
- **Nitratos (NO_3^-)**
- **Fósforo total**
- **Microcistina si aplica**

La prioridad es mantener la honestidad: primero medir, luego interpretar.

CEMI

Muestras con EM1

Tabla final de tratamientos

Fuente: mediciones registradas durante la sesión de trabajo. TDS se reporta en ppm y EC en uS/cm. La tabla describe cambios observados; no demuestra eficacia ambiental.

Cenote	pH	EC (uS/cm)	TDS (ppm)
Chomin	5.95	806	403
Calcuch	5.93	1279	639
Chan Chihool	6.12	1542	771
Las Manitas	5.78	583	291
Nah Yah	6.08	1590	795
Yaal Utzil	6.05	1179	589
Kankiriche	6.07	1462	731
Tanimax	5.89	966	484
Sabak Há	6.05	1575	787

- Todas las muestras con EM1 se reportan como mediciones exploratorias con sonda portátil.
- Estos valores no se interpretan como mejora o deterioro por sí solos: sólo describen el estado de cada botella al momento de medición.
- El lenguaje del reporte se mantiene prudente: cambio observado sí; beneficio comprobado todavía no.

Controles sin EM1

Tabla final de muestras control

Fuente: mediciones registradas durante la sesión de trabajo. TDS se reporta en ppm y EC en uS/cm. La tabla describe cambios observados; no demuestra eficacia ambiental.

Cenote	pH	EC (uS/cm)	TDS (ppm)
Chomin	6.95	528	260
Calcuch	7.23	789	399
Chan Chihool	7.26	1230	627
Las Manitas	7.13	370	186
Nah Yah	6.50	1309	654
Yaal Utzil	7.17	894	447
Kankiriche	7.45	1063	539
Tanimax	7.31	579	281
Sabak Há	7.39	1357	657

- Los controles contemporáneos permiten comparar la dirección del cambio frente a las botellas tratadas.
- El control no equivale a línea base de día 0; por eso las conclusiones se formulan como comparación entre pares, no como evolución temporal del cenote.
- Para la siguiente fase se recomienda fijar día 0, réplicas y cadena de custodia desde campo hasta laboratorio.

Tabla combinada

Control vs. con EM1 y diferencias por par

Fuente: mediciones registradas durante la sesión de trabajo. TDS se reporta en ppm y EC en uS/cm. La tabla describe cambios observados; no demuestra eficacia ambiental.

Cenote	pH Ctrl	pH EM1	ΔpH	EC Ctrl	EC EM1	ΔEC	TDS Ctrl	TDS EM1	ΔTDS
Chomin	6.95	5.95	-1.00	528	806	+278	260	403	+143
Calcuch	7.23	5.93	-1.30	789	1279	+490	399	639	+240
Chan Chihool	7.26	6.12	-1.14	1230	1542	+312	627	771	+144
Las Manitas	7.13	5.78	-1.35	370	583	+213	186	291	+105
Nah Yah	6.50	6.08	-0.42	1309	1590	+281	654	795	+141
Yaal Utzil	7.17	6.05	-1.12	894	1179	+285	447	589	+142
Kankiriche	7.45	6.07	-1.38	1063	1462	+399	539	731	+192
Tanimax	7.31	5.89	-1.42	579	966	+387	281	484	+203
Sabak Há	7.39	6.05	-1.34	1357	1575	+218	657	787	+130

- Patrón transversal: en 9/9 pares la muestra con EM1 presentó pH menor que su control (promedio ΔpH -1.16).
- En 9/9 pares la muestra con EM1 presentó EC y TDS mayores (promedios: ΔEC +318 uS/cm; ΔTDS +160 ppm).
- Interpretación honesta: este patrón es compatible con una modificación fisicoquímica de la muestra y con la propia composición del EM1; no prueba reducción de contaminación ni restauración del agua.
- Para hablar de beneficio ambiental se requieren E. coli/coliformes, DBO5, DQO, TOC/COT, nutrientes, turbidez y seguimiento temporal.