

Eres agua  
**¡TOMA CONCIENCIA!**

**amigos**  
de Sian Ka'an  
ACCIONES POR LA NATURALEZA

# GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS

PARA LA CONSERVACIÓN Y USO DE LOS CENOTES Y SUS CUEVAS  
EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



### **Autores:**

Marycarmen Martínez Díaz  
Gonzalo Merediz Alonso  
Ana Lilia Palacios Vázquez  
Grecia Valadez Huerta  
Liliana García Ramírez

### **Edición y diseño:**

Francisco Javier Trejo Gómez

### **Corrección literaria**

Tanya Isabel Espinosa Hernández

Primera edición, 2018

© Amigos de Sian Ka'an, Acciones por la naturaleza

Cancún, Quintana Roo

Impreso en México



## Agradecimientos

Esta guía fue posible gracias al apoyo de organizaciones, instituciones y personas interesadas en conservar y preservar los cenotes, cuevas, cavernas y grutas de la península de Yucatán, así como en perpetuar la historia cultural que guardan estos legendarios lugares. Agradecemos a todas aquellas personas que contribuyeron, directa o indirectamente, en la creación de esta obra; a quienes creyeron en este proyecto y a quienes adoptarán las buenas prácticas sugeridas en esta guía.

### Financiamiento

- Alianza WWF - Fundación Carlos Slim
- HSBC
- Fundación Gonzalo Río Arronte
- Summit Foundation

### Apoyo para Talleres Diagnóstico:

- Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios A.C.
- Association of Dive and Water Sport Operators (APSA)
- Ayuntamiento de José María Morelos
- Buceo en Cenotes y Mar A.C.
- Cenote Aktun Chen

- Cenote Cancah, K'uuk Enúuk
- Cenote Xochicuelo y Cenote Azul
- Cenote Yax-Kin
- Centinelas del Agua A.C.
- Chichanlub
- Colegio de Arquitectos de la Riviera Maya A.C.
- Colegio de Ingenieros Civiles del Municipio de Solidaridad A.C.
- Comisión Nacional del Agua
- Comité para la Conservación y Manejo Sustentable de las Cavernas, Grutas y Cenotes de Solidaridad
- Comité Regional de Espeleobuceo, Ecología y Regulación (CREER)



- Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Ayuntamiento de Felipe Carrillo Puerto
- Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Cozumel
- Dirección de Ecología del Ayuntamiento de José María Morelos
- Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Solidaridad
- Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Tulum
- Dirección de Ecología, Impacto Ambiental del Ayuntamiento de Cozumel
- Ejido Jacinto Pat (Parque Dos Ojos)
- Ejido Juárez
- Get Wet Tulum
- Hotel "Casa Melissa"
- Instituto Nacional de Antropología e Historia
- More Eco
- Naak tunch
- Rancho Ecológico Chaktunche
- Razonatura A.C.
- Secretaría de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Quintana Roo

- Xel-Ha (Grupo Xcaret)

### Con la colaboración de:

- Lilia Gabriela González Moreno
- Daniela Evia Duarte
- Nathalia María Torres Morales
- Alejandro López Tamayo
- Eida Damaris Irola Sansores
- Ana Paola Amaya Trujillo
- Armando Valencia Rodríguez
- Daniela Xhail Perea Aguilar
- José Antonio Reyes Solís
- Kenia Ilse Valadez Huerta
- Luis Leal Meneses
- María Georgina Pérez Slater
- Mariana Guadalupe Negrete Macías
- Miguel Reyes Retana
- Regina Guadalupe Hausleber Flores
- Renata Desdier Vernon
- Yazmín León Casós



## **“Winik - Ha”** **(Winik: hombre, Ha agua)** **Seres de agua**

Cuentan las historias, que en la creación, cuando el mundo se empezó a llenar de vida y el tiempo iba dilatando las pupilas, las diosas jugaban con los elementos del terreno, moldeando figuras y llenando la superficie de la tierra con ellas.

La tierra se fue construyendo de cálidos y fríos, azules y rojos, tenues y brillantes, todos al unísono; seduciendo la mirada. Se fueron creando los transmisores de vida-vida; energía, emociones, texturas, sensaciones, sabores. Todos distintos, se fusionaron y crearon vida. Así, la tierra se tapizó de verde con motas de hermosas plantas y flores, se pintaron los cielos y nacieron los animales.

Un día, las diosas decidieron crear las primeras formas humanas: hechas de barro, débiles y se deshacían con el agua. Las diosas decidieron eliminarlas al darse cuenta de

que no iban a sobrevivir. Después, intentaron hacer seres con madera. Los nuevos seres caminaban y hablaban, pero no tenían sentimientos, vagaban sin sentido, eran muertos vivientes y no reconocían su origen ni a sus creadoras. De igual forma, fueron eliminados.

Una noche, donde la luna cantaba, decidieron crear a los seres “Winik- Ha”. Eran seres de agua aparentemente antagónicos, algunos eran salados y otros dulces, pero todos eran mágicos y azules, llenos de fuerza y sabiduría, adoraban a sus creadoras y convivían en armonía con su entorno. Sus tonalidades de azules eran definidas por la salinidad.

Para mantenerlos con vida, las diosas crearon un lugar mágico oculto en la selva. Una cueva abierta, llena de vegetación, flores, aves y murciélagos. En el centro de la



cueva se encontraba una gran esfera turquesa, líquida y delicada, flotando sobre una piedra. Cada vez que el aire la acariciaba, parte de ella se evaporaba y una suave neblina la abrazaba para regresarla a su estado líquido, un ciclo infinito, regresando siempre a la esfera turquesa.

La convivencia entre los seres de agua surgió antes que la penumbra reinara los cielos, antes del Xibalbá, antes del surgimiento del ojo del inframundo. En un principio, el vaivén de los colores bastaba para estabilizar y equilibrar los alientos de estos seres. Ellos se contactaban armónicamente, siempre escurridizos y en movimiento, asemejando un sensual baile. Sin embargo, la salinidad les impedía fundir sus cuerpos.

Pasaron decenas de noches intentando intercambiar tonalidades de azules, contemplándose mutuamente en silencio, tratando de alterar sus temperaturas y escuchar sus vibraciones. Algún nivel de magnetismo los mantenía juntos y los separaba al mismo tiempo.

La luna llena siempre los guió al roce, y los llevó a la locura. Se iban. Regresaban. Una energía cálida entre ellos los mantenía cerca, pero al acercarse el impedimento y el deseo de ser uno mismo los perseguía. Aquella rutina se convirtió en hechizo.

En las alturas, las diosas presenciaban el reinado de su creación. El paraíso de piedra porosa, de suelos delgados e irregulares, por donde se fueron propagando los magníficos seres acuáticos que hicieron de los suelos su hogar, un hogar líquido.

Juntos, todos como un solo elemento, conformaron distintos cuerpos de agua que se expandían por la plataforma calcárea que ahora conocemos como Península de Yucatán. Convirtiéndose en vibrantes ríos subterráneos, mares, lagunas y humedales. La vida se reflejaba en los colores brillantes del paisaje y en la gama de azules de todos sus habitantes, manteniendo una conexión mágica, felices, llenando los pacíficos aires del caribe.



Pero un día, en un instante; las diosas decidieron crear la entrada a Xibalbá o al inframundo para cuidar a las almas de los muertos. Para lograrlo, desde el espacio, atrajeron una masa gigantesca e inerte de fuego que nubló los cielos por meses enteros, rompiendo abruptamente con las hermosas creaciones de agua.

La penumbra impactó la superficie rocosa, impidiendo que los seres de agua tuvieran tiempo para reaccionar. Algunos seres fueron evaporados y perdieron la conciencia sin sentir dolor, otros se fragmentaron en millones de gotas que se esparcieron por la Península. Gracias a la gran esfera turquesa y a su ciclo infinito, la esencia de estos seres sigue habitando la tierra en forma de agua.

Se agrietó la superficie terrestre, especialmente en la zona de Chicxulub; los subsuelos se entreabrieron en brazos de río, extensas grutas e imponentes laberintos de cuevas. Se colapsaron miles de hectáreas rocosas y se fundaron bellos pozos de agua profunda, llamados Dzonot o cenotes, los

cuales fueron designados como la entrada a Xibalbá.

La estrepitosa embestida proveniente del cosmos, marcó el compás de una nueva era. La esencia de estos seres de salinidades disparejas, construyó un vínculo natural en la profundidad de las cuevas. Un vínculo, que no les permite separarse y al mismo tiempo les impide unirse. Esta esencia es llamada haloclina, y casi cumple el último deseo de los majestuosos seres de agua. Ésta yace donde el agua dulce guardada en las rocas se encuentra con el agua salada de un océano, formando una nebulosa línea divisoria. Esta línea mantiene alejada cualquier posibilidad de fusión. Dejando solo la posibilidad de contemplarse el uno al otro, hasta perder sus miradas en la memoria de la rutina corpórea. Abrazados por la penumbra, para toda la eternidad.

Ana Paola Amaya







02 Agradecimientos

04 Cuento

14 Introducción

16 **100. Conservación de la biodiversidad y el ecosistema de los cenotes y sus cuevas**

19 **110. Pérdida de vegetación**

111. Establecer franjas de amortiguamiento

112. Aplicar principios de arquitectura no invasiva

113. No extraer flora y fauna del cenote o sus alrededores

114. Contribuir a fondos para la conservación de la cobertura vegetal

20

20

20

21

**120. Especies exóticas e invasoras**

121. Evitar comprar o adquirir especies exóticas

122. No liberar individuos de especies exóticas ni introducir mascotas en los cenotes

123. No criar tilapias, ranas toro y otras especies exóticas

22

22

22

23

**130. Contaminación lumínica**

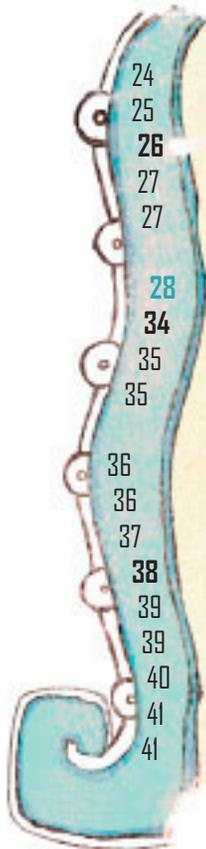
131. Evitar la instalación de luminarias permanentes dentro de las cuevas y cenotes o reducir al máximo el tiempo de iluminación

24

132. Usar tecnologías apropiadas para disminuir las afectaciones por luminarias

24

24



24

25

**26**

27

27

**28**

**34**

35

35

36

36

37

**38**

39

39

40

41

41

133. Ubicar correctamente las luminarias

134. Evitar el uso de antorchas y fogatas para iluminar

#### 140. Contaminación sonora

141. Controlar el flujo de automóviles y motocicletas

142. Respetar los sonidos naturales

### 200. Conservación de la calidad del agua de los cenotes y sus cuevas

#### 210. Vertimiento de aguas residuales

211. Realizar la conexión domiciliar al drenaje público

212. Instalar plantas de tratamiento con tecnología USBF o biodigestores en las zonas rurales o zonas que no cuenten con drenaje público

213. Instalar humedales artificiales

214. Dar mantenimiento al sistema de tratamiento y monitorear la calidad de sus aguas de salida

215. Evitar la instalación de fosas sépticas

#### 220. Sobreexplotación del agua

221. Instalar sistemas de captación de agua de lluvia

222. Instalar baños secos fuera de la franja de amortiguamiento del cenote

223. Reutilizar aguas tratadas para riego

224. Contar con concesión de extracción del agua de la CONAGUA

225. Reportar extracción y contaminación de agua de cenotes



42

**230. Contaminación por productos químicos (plaguicidas, fertilizantes, detergentes, cloro)**

43

231. No tirar aceites, combustibles, venenos, herbicidas, baterías, desechos médicos y otros productos peligrosos

44

232. Seguir las recomendaciones de las hojas de seguridad y etiquetas de los productos químicos

44

233. Evitar el uso de Plaguicidas Altamente Peligrosos

44

234. Usar abonos y repelentes naturales

45

235. No usar productos de limpieza en cenotes ni alrededores

45

236. No emplear cloro como método de desinfección o para aclarar los cenotes

46

237. Desechar los contenedores de los productos químicos

46

238. No aplicarse productos químicos en el cuerpo o cabello antes o durante la visita al cenote

47

239. Instalar regaderas para visitantes y bañarse antes de nadar

47

48

**240. Contaminación por hidrocarburos (gasolina, aceites, solventes)**

48

241. No utilizar gasolinas ni aceites en el cenote ni dentro de su franja de amortiguamiento

48

242. Dar mantenimiento a la infraestructura y maquinaria

49

243. Evitar el almacenamiento de hidrocarburos

49

244. Usar contenedores especializados

50

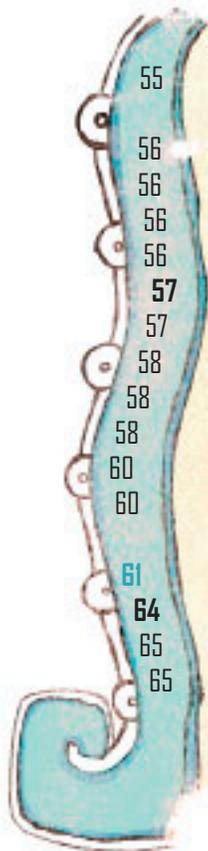
**300. Conservación de la estructura de los cenotes y sus cuevas**

54

**310. Alteraciones permanentes de las rocas y las formaciones de los cenotes**

55

311. Evitar el uso de maquinaria y explosivos para abrir o ampliar un cenote y sus cuevas



55

312. Utilizar materiales biodegradables que no contengan ingredientes o residuos que pongan en peligro el equilibrio ecológico

56

313. No desazolver ni extraer el material de los cenotes y sus cuevas

56

314. No rellenar los cenotes y sus cuevas

56

315. No tocar formaciones rocosas de los cenotes y sus cuevas

56

316. No utilizar juguetes acuáticos en cenotes

**57**

### **320. Residuos Sólidos**

57

321. No arrojar basura ni objetos al cenote y sus cuevas

58

322. No instalar botes de basura

58

323. No utilizar los cenotes como baños

58

324. Realizar un manejo correcto de residuos sólidos en las instalaciones cercanas a un cenote

60

325. Realizar composta

60

326. No fumar ni ingerir drogas o alcohol en los alrededores de cenotes

**61**

### **400. Preservación de la riqueza histórica y cultural de los cenotes y sus cuevas**

**64**

#### **410. Pérdida de vestigios arqueológicos, paleontológicos e históricos**

65

411. No extraer vestigios arqueológicos, paleontológicos e históricos

65

412. Evitar la extracción de formaciones geológicas



66

**500. Participación social y educación sobre los cenotes y sus cuevas**

69

**510. Falta de capacitación de propietarios, usuarios, exploradores, guías turísticos y turistas**

69

511. Implementar un reglamento para el uso de los cenotes

71

512. Capacitar a los guías turísticos

72

513. Capacitar a los guías de buceo, quienes deben de contar con certificaciones de buceo

74

514. Informar a los visitantes de los cenotes y sus cuevas

75

515. Instalar señalizaciones

75

516. No consumir alimentos y bebidas

**76****520. Desconocimiento y falta de participación para conservar los cenotes y sus cuevas**

77

521. Campaña de limpieza *Adopta un cenote***78**522. Campaña de educación ambiental *Eres agua, ¡Toma conciencia!*

79

79

Glosario

83

Bibliografía

89

Apéndices

89

89

89

89

89

89

89

89

89

89

89



En la era paleozoica, antes de que el Golfo de México se abriera paso, la península de Yucatán y los estados de Luisiana y Texas formaban parte de una gran masa de tierra. Al surgir el Golfo, en el periodo triásico de la era mesozoica, los dos bloques de tierra se separaron. La península quedó sumergida cuando el nivel del mar subió, provocando que una capa de vida coralina se acumulara en ella.

Miles de años después, en el periodo cretácico, el nivel del mar bajó y dejó al descubierto la capa coralina. Esta capa se quedó en forma de enormes **rocas** con alto contenido de calcio y magnesio. Estas rocas se desgastaron al entrar en contacto con el agua de lluvia, lo que provocó que se formaran poros. Los poros se hicieron cada vez más grandes hasta crear laberintos, formando uno de los sistemas subterráneos más complejos del mundo compuesto por cuevas, cavernas, grutas y cenotes.

Los cenotes o dolinas *-d'zonot en maya-* son espacios en los que el agua del acuífero se asoma al exterior por la caída del techo de una cueva, provocada por la disolución de la roca calcárea. Podemos decir que son un ecosistema. Ello se debe a la gran cantidad de plantas y animales que viven dentro de ellos y a su alrededor, y por estar conectados entre sí y, en muchos casos con el mar, a través de galerías subterráneas que recuerdan a un queso gruyere. El agua proviene principalmente de la lluvia, la cual pasa a través de las rocas y se va guardando en ellas. En la cercanía de las costas, el agua de mar también puede entrar en los laberintos. El agua dulce, que es más ligera, flota sobre el agua salada, que es más densa.

El acuífero, junto con los cenotes, cuevas, cavernas y grutas, es la fuente de agua dulce más importante de la región. Los habitantes de la península, en la prehistoria, vivían dentro de las cuevas, se alimentaban de las plantas y animales que los rodeaban, tomaban el agua que encontraban en las cavernas y los cenotes, además de realizar prácticas



rituales en ellos. En la actualidad, se continúa dependiendo del acuífero y sus laberintos para la sobrevivencia de grupos humanos asentados en la región. Los cenotes y sus cuevas son utilizados frecuentemente por los enormes beneficios que representa su explotación. Las actividades económicas, como la agricultura, la minería, la silvicultura, la ganadería y el turismo, dependen del agua subterránea e impactan en su calidad: las unidades acuíferas están conectadas a través de laberintos y del agua que fluye en ellos, por lo tanto, si un cenote se contamina, el de junto, rápidamente, se contaminará también. Además, su estructura se desgasta tan fácilmente, que sólo hace falta que unas gotitas de agua se acerquen para que se formen poros que después colapsan.

El daño a la estructura y a la calidad del agua pone en peligro la biodiversidad que depende del cenote, así como a las actividades económicas que desarrollamos gracias a ellos.

En esta guía podrás encontrar buenas prácticas para darle

un uso adecuado a los cenotes y sus cuevas, **conservar la biodiversidad y el ecosistema** que albergan, **la calidad del agua** que ofrecen, **la estructura del acuífero** que los forma, **la riqueza histórica y cultural** que guardan y para **impulsar la participación social** y la **educación de los habitantes y visitantes** en el tema.

Para la realización de este manual se consultaron diversas fuentes bibliográficas y noticias sobre las problemáticas que afectan a los cenotes y sus cuevas en la península de Yucatán y en otras regiones similares del mundo. Además, se revisaron los reglamentos existentes para el uso y aprovechamiento de cenotes en Yucatán y Quintana Roo. Al mismo tiempo, se realizaron Talleres de Diagnóstico para incluir la opinión de expertos y se hicieron recorridos en cenotes y cuevas para identificar las mejores prácticas para su conservación y uso sustentable.



**CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD  
Y EL ECOSISTEMA DE LOS CENOTES Y  
SUS CUEVAS**



Los cenotes y sus cuevas son un hábitat importante para la flora y fauna característica de la península. Se encuentran rodeados, principalmente, de selvas, manglares, humedales y hasta del Arrecife Mesoamericano, donde se alberga una gran variedad de formas de vida entre plantas, animales, hongos y microorganismos que dependen del acuífero. Estas regulan el clima, sirven de alimento, purifican el aire y el agua, capturan dióxido de carbono, controlan el ciclo de los nutrientes, ayudan a la formación del suelo y representan una de las grandes riquezas culturales y espirituales de la península. Además, el área vegetada sirve como recarga al cenote ya que el agua de lluvia se infiltra en esta zona.

Dentro de los cenotes y sus cuevas se encuentran especies como el pez ciego (*Typhliasina pearsei*), la anguila ciega (*Ophisternon infernale*) y la anguila de lodo (*Synbranchidae sp.*), las cuales no se encuentran en ningún otro lugar del mundo, es decir, son endémicas. Es de especial importancia mencionar al pájaro Toh (*Momotus momota*), símbolo del cenote y reconocido por su peculiar cola en forma de péndulo.

Los cenotes, sus cuevas y los organismos vivos que albergan se ven constantemente amenazados por factores que, con buenas prácticas, podrían contrarrestarse:



**PROBLEMA**

**BUENAS PRÁCTICAS**

110

**PÉRDIDA DE LA VEGETACIÓN**

- 111. Establecer franjas de amortiguamiento
- 112. Aplicar principios de arquitectura no invasiva
- 113. No extraer flora y fauna del cenote o sus alrededores
- 114. Contribuir a fondos para la conservación de la cobertura vegetal

120

**INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS E INVASORAS**

- 121. Evitar comprar o adquirir especies exóticas
- 122. No liberar individuos de especies exóticas ni introducir mascotas en los cenotes
- 123. No criar tilapias, ranas toro y otras especies exóticas

130

**CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

- 131. Evitar la instalación de luminarias permanentes dentro de las cuevas y cenotes o reducir al máximo el tiempo de iluminación
- 132. Usar tecnologías para disminuir las afectaciones de las luminarias
- 133. Ubicar correctamente las luminarias
- 134. Evitar el uso de antorchas y fogatas para iluminar

140

**CONTAMINACIÓN SONORA**

- 141. Controlar el flujo de automóviles y motocicletas
- 142. Respetar los sonidos naturales

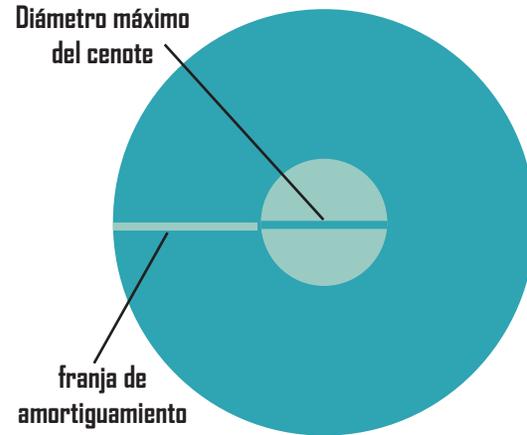
### 110. PÉRDIDA DE VEGETACIÓN

La pérdida de vegetación del cenote y sus alrededores provoca desplazamiento de fauna, pérdida del hábitat, reducción de infiltración del agua de lluvia, alteración del paisaje, erosión de suelos y la amenaza del colapso de la roca. Para evitarlo, se propone adoptar actividades como el establecimiento de franjas de amortiguamiento, la aplicación de principios de arquitectura no invasiva y la contribución a fondos para la conservación de la vegetación.

#### III. Establecer franjas de amortiguamiento

Se recomienda dejar una franja de vegetación natural alrededor del cenote, la cual debe medir, por lo menos, lo equivalente al diámetro máximo del espejo de agua<sup>1</sup>. Si el terreno cuenta con más de un cenote, es necesario establecer franjas de amortiguamiento para cada cenote.

<sup>1</sup> REGLAMENTO DE ACTIVIDADES EN CENOTES, CAVERNAS Y GRUTAS DEL MUNICIPIO DE SOLIDARIDAD, QUINTANA ROO, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, el 21 de noviembre de 2017.





Para que la franja conserve sus propiedades, solamente se permite el aclareo de hasta el 10% de su cobertura, y la remoción de árboles jóvenes de hasta 10 centímetros de diámetro. Sin embargo, es necesario revisar las políticas de uso de suelo vigentes en el sitio donde se encuentre el cenote y actuar conforme con los programas de ordenamiento ecológico y los planes de desarrollo urbano locales.

### 112 Aplicar principios de arquitectura no invasiva

Es importante no remover árboles o vegetación para la construcción de restaurantes, baños, regaderas o áreas comunes, sino incluirlos dentro de los diseños arquitectónicos mediante la observación de los recursos con los que cuenta el terreno, adaptándose a ellos y aplicándolos a su favor. Por ejemplo, los árboles de especies importantes y de mayor tamaño, como las ceibas, pueden ser empleados para brindar luz natural, sombra y vistas armoniosas dentro y fuera de la construcción.

### 113 No extraer flora y fauna del cenote o de sus alrededores

Cuando visites un cenote o sus cuevas, no te lleves ninguna planta o animal nativo, ya que, al sacarlos de su entorno, se afecta a la especie y a su hábitat. Lo mejor es respetar y conservar en su lugar la flora y la fauna para que cumplan su ciclo vital dentro de su propio ecosistema.

### 114 Contribuir a fondos para la conservación de la cobertura vegetal

Una forma de contrarrestar los impactos por pérdida de vegetación es a través de donaciones a Fondos de Pago por Servicios Ambientales que se encargan de dar un incentivo a los dueños y poseionarios que decidieron disponer sus tierras para conservar hectáreas de selva que garantizan la recarga de nuestro acuífero. Te invitamos a donar para esta causa en medida de tus posibilidades, los cenotes y sus cuevas te lo agradecerán.



## 120. INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS E INVASORAS

Las especies exóticas e invasoras implican una amenaza para la biodiversidad de los cenotes y sus cuevas porque pueden desplazar o eliminar a las especies nativas peleando por el territorio, ocasionando que la cadena alimenticia pierda estabilidad. La vegetación invasora y exótica absorbe los nutrientes del ambiente y se reproduce tan rápido que cubre el paso de la luz, afectando la supervivencia de animales y otras plantas. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera al lirio acuático una de las 100 especies más invasoras del mundo por su rápido crecimiento y alta competitividad con especies nativas.

Algunos ejemplos de fauna invasora son los gatos, perros y ratas domésticas que, al no pertenecer al ecosistema, amenazan a las aves, peces y pequeños mamíferos que viven ahí. Otro ejemplo relevante es el pez diablo o "limpia peceras" (*Plecostomus sp.*), que desplaza a peces nativos, erosiona las paredes de los cuerpos de agua y se alimenta de huevos de otras especies regionales. El pez diablo es considerado una plaga en la mayoría de los ríos de Chiapas, Tabasco, Campeche y otros estados de México. Se ha detectado ya en el Río Hondo entre Belice y México. Desafortunadamente, se ha extendido su compra y venta en acuarios de todas las ciudades de la región.



### 121 Evitar comprar o adquirir especies exóticas

La mayoría de las especies exóticas que llegan a los cenotes son introducidas por personas que las adquieren como mascotas o plantas ornamentales y luego se deshacen de ellas depositándolas en los cuerpos de agua o sus alrededores. Estas actividades provocan un problema de competencia por espacio y comida con las especies nativas, además de representar un foco de transmisión de enfermedades infecciosas como la rabia y el moquillo. Te recomendamos NO comprarlas.

### 122 No liberar individuos de especies exóticas ni introducir mascotas en los cenotes

En ocasiones se liberan especies en cautiverio sin sospechar los serios daños ambientales que esta acción puede generar. Es necesario no liberarlos en los cenotes o ecosistemas aledaños, incluso cuando se trate de especies nativas usadas como mascotas o plantas ornamentales, pues pueden transmitir

enfermedades y causar trastornos genéticos y ecológicos a las poblaciones nativas. Se recomienda incinerar las plantas exóticas que necesita desechar.

### 123 No criar tilapias, ranas toro y otras especies exóticas

El cultivo comercial de tilapia o pez blanco del Nilo, ranas toro, carpas koi y otras especies exóticas comestibles es una práctica muy común. La tilapia se ha convertido en una plaga en la mayoría de los cuerpos de agua del país. Su presencia ha eliminado poblaciones enteras de especies locales y llevado a varias especies de peces al borde de la extinción. La acuicultura puede ser una actividad productiva y útil si se basa en especies nativas, como las mojarras.

Las especies exóticas que **NO** se recomienda cultivar las puedes encontrar en este link: <https://www.naturalista.mx/lists/94572-Lista-de-especies-ex-ticas-de-M-xico?page=1>



### 130. CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

La luz es un factor ambiental que determina el comportamiento de la vida. Es fundamental para el crecimiento de las plantas ya que la utilizan para producir su alimento. También es esencial para definir los ciclos de actividad y descanso de los seres vivos.

Es importante señalar que en la mayoría de las cuevas reina una oscuridad absoluta y las especies que viven ahí, llamadas estigobias, están adaptadas a ella pues representa una barrera para algas, plantas, peces y otros organismos diurnos.

La introducción de luz a las cuevas puede generar la invasión de especies que habitan el cenote a cielo abierto pero que no penetran normalmente en la oscuridad. Las principales fuentes de luz artificial son las luminarias que se instalan para facilitar la visita de personas, las lámparas de los buzos y las antorchas o fogatas. Los peces que antes no cruzaban hacia partes más profundas de las cavernas suelen introducirse a ellas siguiendo la luz de las luminarias o de los buzos, lo que provoca competencia y depredación contra las especies habituadas a la falta de luz, las cuales, generalmente, son ciegas. La introducción de luz también puede alterar las rutinas de los insectos, murciélagos y aves, además de promover el crecimiento de algas.

El uso de lámparas, antorchas o fogatas también puede aumentar la temperatura en los cenotes y sus cuevas, generando la evaporación del agua cercana a las estalagmitas y estalactitas, afectando su crecimiento. Así mismo, consumen oxígeno y generan gases tóxicos que pueden cambiar la densidad del aire de las cuevas poniendo en riesgo la salud de los visitantes y de los animales residentes. Además, el fuego representa un riesgo de incendio en la vegetación circundante a los cenotes.



Para contrarrestar las afectaciones por la contaminación lumínica se recomienda:

### 131 Evitar la instalación de luminarias permanentes dentro de las cuevas y cenotes o reducir al máximo el tiempo de iluminación

Es importante privilegiar la visita a cenotes y cuevas durante el día para aprovechar la luz natural. En zonas profundas y sin luz es preferible utilizar lámparas de cabeza de baja intensidad o luz roja. Si es necesario instalar un sistema de iluminación para facilitar un recorrido turístico, debe procurarse que se apague automáticamente cuando no haya personas. Te pedimos evitar los recorridos nocturnos.

### 132 Usar tecnologías para disminuir las afectaciones de las luminarias

No es recomendable instalar luminarias dentro de los cenotes y sus cuevas. Cuando su uso sea indispensable, te

recomendamos usar tecnologías de bajo consumo, como el LED, las cuales permiten generar fuentes de luz más direccionales, es decir, evitan la dispersión, y no emiten calor.

Los sistemas de alumbrado deben estar diseñados para evitar el parpadeo. Esto se consigue mediante el uso de alimentación con corriente continua para lámparas incandescentes, o haciendo funcionar lámparas de descarga a altas frecuencias (alrededor de 30 kHz o superiores).

### 133 Ubicar correctamente las luminarias

Se recomienda no iluminar directamente a las estalactitas, estalagmitas y columnas para no afectar su crecimiento por evaporación del agua. También es necesario proteger a los

murciélagos y nidos de aves, evitando dirigir las luminarias hacia ellos. Para mantener la vista natural de las cavernas y cenotes conviene ocultar las lámparas y cableados sin realizar perforaciones, excavaciones u otras alteraciones permanentes en la roca.

#### 134 Evitar el uso de antorchas y fogatas para iluminar

Siempre evita utilizar fuego en el entorno e interior de cenotes y sus cuevas, con ello proteges el crecimiento de las estalactitas y estalagmitas, la calidad del aire de los cenotes y sus cuevas, y evitas incendios en la vegetación circundante.



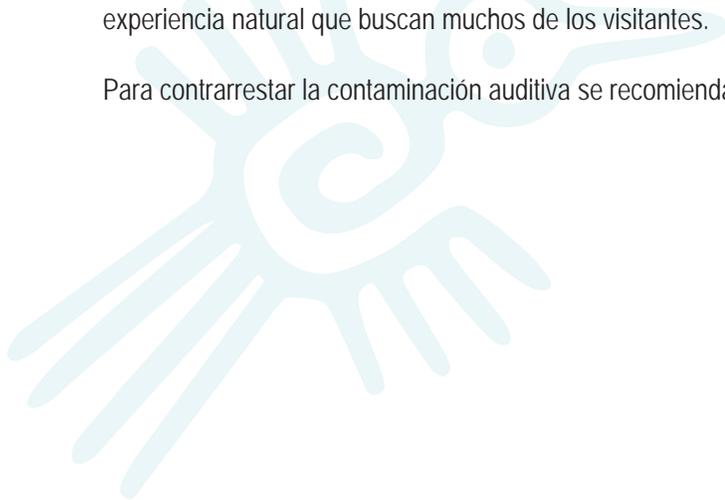


#### 140. CONTAMINACIÓN SONORA

Los sonidos naturales que se perciben en los cenotes y sus cuevas provienen del canto de las aves, los sonidos del viento y del movimiento lento del agua. Estos sonidos, que invitan a la paz y tranquilidad, se ven afectados por la introducción de ruido externo o artificial, es decir, contaminación acústica o sonora.

La contaminación sonora tiene efectos negativos en la naturaleza porque altera la distribución y el comportamiento de los animales que habitan en los cenotes, especialmente de murciélagos y aves. Además, el ruido artificial afecta la experiencia natural que buscan muchos de los visitantes.

Para contrarrestar la contaminación auditiva se recomienda:



#### 141 Controlar el flujo de automóviles y motocicletas

En cenotes destinados al turismo, es necesario contar con un espacio para estacionamiento que se encuentre fuera del área de amortiguamiento del cenote (práctica 111) para disminuir el ruido que llega proveniente de automóviles y motocicletas. Así mismo, es muy importante no usar vehículos automotores dentro de las cuevas.

#### 142 Respetar los sonidos naturales

Es necesario evitar el uso de bocinas altoparlantes y reproductores de música dentro del cenote o de su franja de amortiguamiento. Te recomendamos, en caso de ser necesario, el uso de audífonos.

Es fundamental instalar los generadores de luz o bombas de agua fuera de la franja de amortiguamiento del cenote procurando dotarlos de aislamiento acústico.

Aunque sin duda, la visita es una experiencia recreativa que genera euforia, el destinar momentos de quietud y silencio es siempre reconfortante y será ampliamente valorado por otros visitantes. Te recomendamos no gritar y hablar en voz baja para evitar incomodar o asustar a la fauna. Después de todo, somos los seres humanos quienes estamos invadiendo su territorio.



# CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS CENOTES Y SUS CUEVAS



El agua es un elemento fundamental para la vida. El proceso mediante el cual se obtiene se conoce como el “ciclo del agua”:

El agua de la superficie tiende a evaporarse cuando la temperatura aumenta durante el día (1). Después se condensa para formar nubes (2), que se precipitan en forma de lluvia (3). Esta lluvia alimenta a los cuerpos de agua superficiales y se infiltra en el suelo recargando a los acuíferos (4). Otra parte del agua escurre en el suelo, llegando a cuerpos de agua como cenotes (5). Las plantas y árboles toman un poco de agua para sobrevivir y la que no ocupan la transpiran, convirtiéndose en vapor nuevamente (6). El agua que recarga en los acuíferos tiene circulación subterránea (7). (IMAGEN- Ciclo del Agua en Quintana Roo).

La recarga del acuífero permite tener agua dulce almacenada y disponible para los requerimientos de los ecosistemas y las personas. Los cenotes son las ventanas que se abren hacia el agua subterránea. La salud de los ecosistemas asociados a ellos y la belleza de sus aguas cristalinas -característica típica de la península de Yucatán-, dependen de mantener un agua baja en nutrientes.

El agua de lluvia que recarga al acuífero no contiene gran cantidad de sales ni de nutrientes; es por eso que la llamamos agua dulce. Los nutrientes y las sales se disuelven en el agua cuando pasa por el suelo y el subsuelo. Las sales son minerales que se concentran en el agua y, los nutrientes son compuestos químicos de los que se alimentan las plantas, algas y bacterias. Al ser baja en nutrientes, el agua de un cenote, no favorece el crecimiento de esos organismos, de ahí la transparencia que los caracteriza.



# CICLO DE AGUA DE QUINTANA ROO



En la península de Yucatán, en las áreas cercanas a la costa, encontramos un fenómeno muy interesante: el agua dulce del acuífero se encuentra sobre una cama de agua salada proveniente de la intrusión del mar. El agua dulce es desplazada hacia la superficie por diferencia de densidades, creando una línea divisoria entre el agua dulce y la salada, llamada **haloclina**. Esa es la razón por la que encontramos una mayor concentración de sales a mayor profundidad en los cenotes y las cuevas.

La descarga de materia orgánica y aguas residuales de casas, comercios y tierras agrícolas favorece el crecimiento de algas y plantas acuáticas perdiéndose la condición cristalina del agua y la calidad del hábitat de las especies de los cenotes y sus cuevas. Los cenotes son la ventana que se abre hacia el agua subterránea, por lo tanto, la calidad de ellos está directamente relacionada con la calidad del agua del acuífero.

Esta calidad puede verse afectada debido a factores como **el vertimiento de aguas residuales con poco o nulo tratamiento, la extracción excesiva de agua, el uso de plaguicidas, fertilizantes, detergentes, cloro, gasolina, aceites, solventes y otros**. Para evitarlo, te recomendamos las siguientes buenas prácticas:



### PROBLEMA

### BUENAS PRÁCTICAS

210

#### VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- 211. Realizar la conexión domiciliaria al drenaje público
- 212. Instalar biodigestores en las zonas rurales o zonas que no cuenten con drenaje público
- 213. Instalar humedales artificiales
- 214. Dar mantenimiento al sistema de tratamiento y monitorear la calidad de sus aguas de salida
- 215. Evitar la instalación de fosas sépticas

220

#### SOBRE-EXPLOTACIÓN DEL AGUA

- 221. Instalar sistemas de captación de agua de lluvia
- 222. Instalar baños secos fuera de la franja de amortiguamiento del cenote
- 223. Reutilizar aguas tratadas para riego
- 224. Contar con concesión de extracción del agua a la CONAGUA
- 225. Reportar extracción y contaminación de agua de cenotes



## PROBLEMA

## BUENAS PRÁCTICAS

230

**CONTAMINACIÓN POR  
PRODUCTOS QUÍMICOS  
(PLAGUICIDAS,  
FERTILIZANTES,  
DETERGENTES, CLORO)**

- 231. No tirar aceites, combustibles, venenos, herbicidas, baterías, deshechos médicos y otros productos peligrosos
- 232. Seguir las recomendaciones de las hojas de seguridad y etiquetas de los productos químicos
- 233. Evitar el uso de Plaguicidas Altamente Peligrosos
- 234. Usar abonos y repelentes naturales
- 235. No usar productos de limpieza en cenotes ni alrededores
- 236. No emplear cloro como método de desinfección o para aclarar cenotes
- 237. Desechar los contenedores de los productos químicos
- 238. No aplicarse productos químicos en el cuerpo o cabello antes o durante la visita al cenote
- 239. Instalar regaderas para visitantes y bañarse antes de nadar

240

**CONTAMINACIÓN POR  
HIDROCARBUROS  
(GASOLINA, ACEITES,  
SOLVENTES)**

- 241. No utilizar gasolinas ni aceites en el cenote ni dentro de su franja de amortiguamiento
- 242. Dar mantenimiento a la infraestructura y maquinaria
- 243. Evitar el almacenamiento de hidrocarburos
- 244. Usar contenedores especializados



### 210. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El agua sobrante de actividades como ducharse, ir al baño, lavar trastes y ropa, es conocida como **agua residual** y, generalmente, contiene altas cantidades de materia orgánica fecal, grasas, aceites, medicinas y desechos químicos resultantes de los productos de limpieza.

La descarga de aguas residuales en el suelo, pozos, cenotes o cuevas afecta directamente al acuífero aportando **sustancias contaminantes** que modifican la calidad del agua, promoviendo el crecimiento de bacterias que ponen en riesgo el equilibrio de los ecosistemas y la salud de la población.

En la península de Yucatán, especialmente en las zonas urbanas, la principal fuente de contaminación de los cenotes y sus cuevas proviene de las aguas residuales de casas y comercios. Para disminuir el impacto negativo se recomienda llevar a cabo las siguientes buenas prácticas:



### 211 Realizar la conexión domiciliaria al drenaje público

En aquellas poblaciones con sistemas de drenaje público conectado a plantas de tratamiento, es obligatorio que las casas habitación y los comercios estén conectados a él. Con ello se reduce la contaminación, no sólo de los cenotes urbanos sino de toda el agua subterránea y marina de una región. (El proceso de saneamiento de aguas residuales en un sistema de drenaje se describe en el Apéndice 1.)

### 212 Instalar plantas de tratamiento con tecnología USBF o biodigestores en las zonas rurales o zonas que no cuenten con drenaje público

Se recomienda que, quienes no cuenten con drenaje público, instalen métodos alternativos para tratar las aguas residuales de baños y cocinas. Los métodos sugeridos para las zonas rurales de la Península de Yucatán son las **plantas de tratamiento con tecnología USBF<sup>2</sup>** o el

**biodigestor** (ver Apéndice 2), contenedores de plástico donde se recolecta, almacena y trata la materia orgánica (excretas y orina) con ayuda de bacterias anaerobias, es decir, que no necesitan oxígeno para sobrevivir.

Para el buen funcionamiento de un biodigestor, **no deben usarse productos químicos para lavar el lavabo, el fregadero, la regadera y la taza de baño**, ya que dichos productos matan las bacterias que limpian el agua. Los equipos de tratamiento de agua **nunca deben instalarse en el interior de cuevas y cenotes ni dentro de la franja de amortiguamiento**.

Los biodigestores concentran la materia orgánica extraída del proceso en forma de lodos o líquidos residuales que deben limpiarse manualmente por parte del usuario. Una vez que los lodos son extraídos, se recomienda seguir el proceso que se indica en la sección 214.

<sup>2</sup> Para más información sobre las plantas de tratamiento, visitar el sitio <http://www.moreeco.mx/usbf.html>



El agua tratada que sale del biodigestor o de una planta de tratamiento con tecnología USBF debe ser dirigida a un área de infiltración o a un humedal artificial, como se indica en la siguiente práctica.

### 213 Instalar humedales artificiales

Instalar **humedales artificiales** (ver Apéndice 3) mejora la calidad del agua residual tratada. El humedal artificial es un depósito cubierto por plantas vivas, las cuales remueven algunos patógenos y nutrientes, dejándola prácticamente limpia. Además, puede ser un elemento decorativo.

Es fundamental que estos sistemas no se instalen dentro de los cenotes y sus cuevas ni en su franja de amortiguamiento. Las aguas expulsadas por el humedal nunca deben verterse en el cenote, pero sí se pueden reusar en las descargas de inodoros.

Te recomendamos equipar tus humedales artificiales con especies de plantas acuáticas nativas de cada región como tular (*Typha angustifolia*) y carrizal (*Phragmites communis*), evitando siempre las especies invasivas como el lirio acuático (*Eichhornia crasipes*).

### 214 Dar mantenimiento al sistema de tratamiento y monitorear la calidad de sus aguas de salida

Para prevenir la infiltración de aguas residuales no tratadas hacia el acuífero es necesario inspeccionar periódicamente el sistema de tratamiento con el que se cuenta para asegurar que no haya fugas o repararlas oportunamente.

#### Conexión al drenaje

Es necesario revisar las tuberías de la conexión del drenaje cuando se perciba olor a aguas negras, ya que podría ser una señal de fuga.



### Biodigestor

Se recomienda realizar una inspección visual cada seis meses y retirar los lodos una vez al año: se abre la válvula de extracción y, una vez que el lodo salga color beige, se cierra. En caso de taparse la válvula se debe remover el fondo con un palo.

### Lodos del biodigestor

Tratamiento de los lodos:

1. Mezclar los lodos con cal (1 kilo de cal por 10 kilos de lodo).
2. Extender la mezcla en una superficie donde no se puedan mojar.
3. Dejarla secar de 2 a 3 meses, sin que se mojen.
4. Revolver la mezcla cada mes y agregar una fina capa de cal en la superficie para evitar la aparición de insectos.
5. Cuando la mezcla se seque, poner aproximadamente un puño de mezcla a cada planta ornamental, NO USAR PARA HORTALIZAS.
6. Si existe una mayor producción de lodos, se pueden vender o regalar como fertilizante.

Es importante **NO descargar los lodos en un cenote ni en otros cuerpos de agua**, ya que, por su alto contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, contaminarían los cenotes y el acuífero.

### 215 Evitar la instalación de fosas sépticas

Aunque las fosas sépticas pueden funcionar como un biodigestor limpiando el agua mediante bacterias, por lo general no están selladas, por lo que las fugas de agua son frecuentes. Es común en la península de Yucatán que las fosas sépticas funcionen como almacenes temporales de aguas residuales que tarde o temprano llegarán a contaminar a los cenotes y al acuífero. Es preferible invertir en un sistema más seguro como los biodigestores y humedales artificiales, lo cual **reeditar**á en la salud humana y ambiental.



### 220. SOBREEXPLOTACIÓN DEL AGUA

La reserva de agua dulce de la península de Yucatán se ubica, casi exclusivamente, en el subsuelo, en donde forma una lente que flota sobre una gran capa de agua salada. La explotación excesiva del agua subterránea agota la delgada capa de agua dulce y la mezcla con la salada, provocando la concentración de sales en el acuífero.

En el caso de los cenotes, la salinización por sobreexplotación de agua es un grave problema, pues significa la sustitución de un hábitat dulceacuícola por uno salobre, teniendo como consecuencia la muerte o desplazamiento de muchas especies poco resistentes a la salinidad. Los riesgos de salinización son mayores conforme se está más cerca de la costa donde la lente de agua dulce reduce su tamaño. Además, el agua del subsuelo peninsular es rica en carbonato de calcio, promoviendo la formación de sarro en instalaciones hidráulicas y, al ser ingerida por humanos, la formación de cálculos en el sistema urinario.

Por otro lado, la extracción excesiva de agua podría disminuir el nivel de los cenotes o incluso secarlos, lo cual resultaría en un problema social para las comunidades que dependen de ella para cubrir sus necesidades. Sin contar con el desplazamiento de fauna, ya que los animales no encontrarían una fuente de agua dulce para sobrevivir.

Para evitar la sobreexplotación y la salinización de los cenotes y el acuífero, se recomienda adoptar las siguientes buenas prácticas:



### 221 Instalar sistemas de captación de agua de lluvia

El agua de lluvia no contiene tantas sales como el agua subterránea, por lo tanto, es recomendable captarla para hacer uso de ella. Puede ser recolectada mediante sistemas complejos o simplemente poniendo cubetas en los patios. La lluvia colectada puede usarse para satisfacer las necesidades de la vida diaria o regar jardines y cultivos.

Los sistemas de captación se instalan en los techos de casas o negocios: se dirige el agua de lluvia que cae en una superficie hacia cisternas que la puedan almacenar. Adoptar esta práctica minimiza la necesidad de extraer agua de los cenotes, reduciendo los riesgos de salinización y el costo de acarreo o bombeo. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua ofrece un manual de instalación del sistema de captación y conducción de agua pluvial en el siguiente link: [http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1088/IMTA\\_078.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1088/IMTA_078.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

### 222 Instalar baños secos fuera de la franja de amortiguamiento del cenote

Los baños secos son sanitarios que no necesitan agua para funcionar. Este sistema permite recolectar y tratar la materia orgánica (heces y orina humana) que puede ser aprovechada como fertilizante para plantas ornamentales. Estos baños no requieren conexión a la red de aguas residuales, por lo que se pueden colocar en cualquier espacio disponible **fuera de la franja de amortiguamiento del cenote**.

Se recomienda separar la orina de las heces para favorecer su deshidratación y prevenir malos olores. Este baño debe contar con mínimo dos contenedores debajo del inodoro: uno de residuos sólidos y otro para líquidos. Los residuos sólidos deben de ser cubiertos con tierra, ceniza, cal o aserrín en cada uso para evitar olores.

Una vez que se llena el contenedor de residuos sólidos, estos deben ser vaciados y dispuestos en un depósito



cerrado donde ocurre una degradación de la materia con ayuda de bacterias que la convierten en nutrientes. La duración mínima de este proceso es de seis meses. Al término, el material resultante puede ser utilizado como fertilizante en plantas de ornato, **nunca en hortalizas**.

### 223 Reutilizar aguas tratadas para riego

El agua tratada resultante del biodigestor o del humedal artificial, puede ser utilizada para riego de las áreas verdes o selva que rodean los cenotes, lo que representa un ahorro de agua dulce que puede ser utilizada para otros fines.

Para reutilizar el agua tratada para riego se requiere cumplir con los límites máximos permisibles que indica la Norma Oficial Mexicana NOM-003- SEMARNAT-1997.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997. Recuperado de: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3297/1/nom-003-semarnat-1997.pdf>



**224** Contar concesión de extracción del agua de la CONAGUA

La extracción de agua de un cenote es ilegal si no se cuenta con una concesión y un pago de derechos a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Para realizar cualquier obra o actividad dentro o alrededor de los cenotes se debe solicitar una concesión a las autoridades correspondientes y cumplir con las disposiciones municipales. Al cumplir con la normatividad vigente, las autoridades pueden controlar los volúmenes de extracción del agua.

**225** Reportar extracción y contaminación de agua de cenotes

Ante la sospecha de extracción ilegal de agua de un cenote mediante pipas o cualquier otra máquina, o de la introducción directa de contaminantes, se debe reportar con las autoridades ambientales de la federación, estado, municipio o localidad, como la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA) o las direcciones de ecología municipales.





### 230. CONTAMINACIÓN POR PRODUCTOS QUÍMICOS (PLAGUICIDAS, FERTILIZANTES, DETERGENTES, CLORO)

El uso de productos químicos como herbicidas, insecticidas, bactericidas, fertilizantes, detergentes, líquidos limpiadores, ácido muriático, cloro, etc., puede ser de gran utilidad para el ser humano, sin embargo, también puede generar grandes daños al medio ambiente. El cloro o los bactericidas (como los presentes en muchos jabones de baño y tocador) no sólo matan a las bacterias nocivas sino también a otros microorganismos que conforman el frágil e invisible ecosistema acuático de los cenotes. Los insecticidas, herbicidas y plaguicidas pueden ser fatales para su flora y fauna, causando también daños a la salud de las personas que nadan en ellos o consuman agua.

Los detergentes y limpiadores, incluso los llamados biodegradables, suelen tener fosfatos, los cuales son compuestos químicos que forman parte de los nutrientes que favorecen el crecimiento de las poblaciones de algas y plantas acuáticas, por lo que el agua pierde su calidad cristalina y se torna verde y opaca. Las plantas crean un techo sobre el agua que bloquea la luz y absorben el oxígeno afectando a especies nativas. El mismo efecto se observa con la liberación de fertilizantes, materia orgánica y los residuos de productos cosméticos (bloqueadores solares, cremas, perfumes, etc.) que provienen de los visitantes.

Debido a las propiedades físicas del suelo poroso de la península, los productos químicos utilizados en las actividades cotidianas y desechados en el drenaje o directamente en el suelo, se infiltran en el agua subterránea afectando al acuífero y los cenotes. A continuación, te proponemos algunas buenas prácticas para el adecuado manejo de productos químicos:

**231** No tirar aceites, combustibles, venenos, herbicidas, baterías, desechos médicos y otros productos peligrosos

Algunos productos encontrados en el hogar pueden ocasionar graves daños a la salud de los ecosistemas, los animales y las personas. Arrojarlos a un cenote no sólo contamina a ese cuerpo de agua, ya que la corriente dispersa las sustancias a lo largo de muchos kilómetros.

**NO se deben verter o disponer en los cenotes:**

1. Limpiadores, amoníaco, cloro, ácidos
2. Pinturas y sus disolventes
3. Termómetros de mercurio
4. Destapacaños
5. Baterías
6. Gasolina blanca
7. Desengrasantes de motor

8. Gasolina
9. Aceite para motores
10. Diésel
11. Filtros de aceite
12. Lámparas fluorescentes
13. Anticongelante
14. Líquido para frenos
15. Baterías de automóviles
16. Productos químicos para revelar fotografías
17. Productos antipulgas e insecticidas
18. Fuegos pirotécnicos
19. Líquido para encendedores
20. Quitaesmalte
21. Limpiadores para armas
22. Insecticidas
23. Herbicidas
24. Plaguicidas
25. Químicos para piscinas



### 232 Seguir las recomendaciones de las hojas de seguridad y etiquetas de los productos químicos

Las hojas de seguridad de los productos químicos proporcionan información acerca de sus propiedades, los riesgos que pueden ocasionar a la salud y al ambiente, el equipo necesario para su manejo, procedimientos en caso de emergencias, almacenamiento y transporte. Es muy importante leer las instrucciones y recomendaciones antes de utilizar cualquier producto químico.

### 233 Evitar el uso de Plaguicidas Altamente Peligrosos

Los plaguicidas químicos son utilizados para prevenir y combatir plagas de plantas o animales no deseados, sin embargo, su uso resulta contaminante para el medio ambiente. El uso de plaguicidas en cenotes o alrededor de ellos puede producir daños al suelo y las plantas, con riesgo de infiltración al acuífero afectando a diversas formas de vida.

Evita adquirir plaguicidas como glifosato, paraquat, imidacloprida, entre otros, que se encuentren en la Lista RAS para la gestión de plaguicidas<sup>4</sup>. En la lista se mencionan 152 ingredientes activos clasificados como Plaguicidas Altamente Peligrosos por expertos en Manejo de Plaguicidas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

### 234 Usar abonos y repelentes naturales

La contaminación por fertilizantes químicos ocurre cuando se le agrega a la tierra una cantidad de nutrientes (principalmente nitrógeno y fosfatos) mayor a la que las plantas pueden absorber. Los fertilizantes, al no ser

<sup>4</sup> Red de Agricultura Sostenible A.C. (RAS). (2017). Listas RAS para gestión de plaguicidas. Oregón. Estados Unidos. Recuperado de: [http://www.sustentables.org/Documentos/SAN-S-SP-2-V1.2\\_S\\_Listas\\_RAS\\_para\\_la\\_Gestion\\_de\\_Plaguicidas.pdf](http://www.sustentables.org/Documentos/SAN-S-SP-2-V1.2_S_Listas_RAS_para_la_Gestion_de_Plaguicidas.pdf)



aprovechados por las plantas, son infiltrados directamente al acuífero, los cuales también pueden ser arrastrados a las cuevas.

Existen alternativas a los fertilizantes químicos que son benéficos para el medio ambiente por ser naturales y económicos. Un ejemplo de ellos es la composta (Ver Apéndice 3).

### **235** No usar productos de limpieza en cenotes ni alrededores

El uso de productos de limpieza tóxicos y no biodegradables se traduce en una gran contaminación de las aguas residuales. Esto genera un daño acumulativo, muy difícil de reparar, en todo el ecosistema acuático de los cenotes, por lo que no deben usarse productos químicos de limpieza en las inmediaciones del cenote.

Cuando sea necesario el uso de estos productos, se deben elegir aquellos que tengan un menor impacto sobre el ecosistema: libres de fosfatos y fabricados con ingredientes

naturales y renovables que no contaminen como aceites vegetales, sal y bicarbonato de sodio. Los envases deben estar elaborados con materiales reciclados o, idealmente, biodegradables. Actualmente, muchos supermercados ofrecen productos de limpieza libres de fosfatos.

Una alternativa práctica es hacer tu propio limpiador, utilizando como base vinagre blanco o de manzana, algún aceite esencial (tomillo, eucalipto, cedro o lavanda), jugo de limón, bicarbonato de sodio y glicerina.

### **236** No emplear cloro como método de desinfección o para aclarar los cenotes

El uso de cloro para aclarar el agua de los cenotes es una práctica que pone en peligro el equilibrio ecológico del ecosistema. El cloro es un agente que mata a las bacterias y organismos acuáticos. Si la concentración es alta produce irritación en la piel y ojos.



Se recomienda nunca usar cloro para mantener clara el agua de los cenotes. El agua se mantiene cristalina cuando no se contamina con aguas residuales ni productos químicos como fosfatos (ver secciones 210 y 234).

### **237** Desechar los contenedores de los productos químicos

Los productos químicos son empacados en contenedores de plástico, cartón o metal y resultan igual de dañinos que su contenido. Para su adecuada manipulación se recomienda:

- Leer la información de la ficha de datos de seguridad y actuar conforme a sus indicaciones.
- Mantener los recipientes cerrados cuando no se trabaje con ellos, así se evita la salida de vapores.
- No comer, beber, fumar, aplicarse cosméticos o manipular lentes de contacto en la zona de trabajo en las que se manipulen o almacenen agentes químicos.

- No lavar el contenedor con agua limpia ni tirarlo a cenotes o cuerpos de agua.

- Antes de tirar los contenedores, realiza el “triple lavado” para aprovechar todo el contenido: 1) llena con agua una cuarta parte del recipiente y agítalo tapado con la tapa hacia arriba; 2) vuelve a llenarlo hasta una cuarta parte y agítalo con la tapa hacia abajo; 3) vuelve a llenarlo y agítalo hacia los lados. El agua de cada lavado colócala en donde preparaste tu fertilizante, perfora los envases y guárdalos en una bolsa de plástico transparente. Nunca los uses para almacenar agua ni alimentos.



### 238 No aplicarse productos químicos en el cuerpo o cabello antes o durante la visita al cenote

Se recomienda no aplicarse bronceadores, cremas ni cualquier otro producto químico antes de entrar a nadar al cenote, ya que esto puede afectar la calidad del agua y alterar a los organismos que viven en él. Para evitar la radiación, puedes usar ropa con factor de protección solar. En caso de ser muy necesario, utiliza solamente productos orgánicos biodegradables.

### 239 Instalar regaderas para visitantes y bañarse antes de nadar

Te recomendamos instalar regaderas fuera de la zona de amortiguamiento, las cuales deben contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales (Sección 211), para que los visitantes puedan enjuagarse antes de entrar al cenote, con lo que se disminuye la cantidad de residuos químicos que ingresa al agua, contribuyendo a mantener su calidad.





### 240. CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS (GASOLINA, ACEITES, SOLVENTES)

La contaminación de los cenotes y cuevas a causa de hidrocarburos, produce cambios en las propiedades físicas y químicas del agua, y destruye la flora y fauna que vive en ella. La contaminación puede ocurrir por fugas al usar máquinas motorizadas como plantas de luz diésel, embarcaciones o coches; derrames en zonas industriales, o por falta de mantenimiento de la infraestructura. Detectar una fuga a tiempo puede evitar problemas de salud en los humanos y el deterioro al medio ambiente.

Para evitar la contaminación de los cenotes y cuevas por hidrocarburos, se proponen las siguientes buenas prácticas:

**241** No utilizar gasolinas ni aceites en el cenote ni dentro de su franja de amortiguamiento

La gasolina y el aceite **jamás** deben entrar en contacto con el cenote y sus cuevas. Cuando sea indispensable el uso de máquinas que se alimenten de gasolina o aceite, es fundamental ubicarlas fuera del cenote y de su franja de amortiguamiento, de esta manera se previene el contacto de los hidrocarburos con el cuerpo de agua.

**242** Dar mantenimiento a la infraestructura y maquinaria

Para prevenir las fugas de hidrocarburos en las plantas de luz diésel u otras máquinas motorizadas es necesario darles mantenimiento periódico, evaluar constantemente sus condiciones y realizar reparaciones en cuanto presenten fugas o fallas.

### 243 Evitar el almacenamiento de hidrocarburos

El almacenamiento de hidrocarburos es peligroso y, de llevarse a cabo, debe cumplir normas muy estrictas de seguridad. Pueden generar heridas y muerte a personas y animales, incendios forestales, contaminación del acuífero y otros problemas. Se recomienda realizar el almacenamiento fuera del cenote y de su zona de amortiguamiento.

### 244 Usar contenedores especializados

Para evitar el derrame, se deben elegir contenedores apropiados para cada tipo de hidrocarburo, fabricados 100% de polietileno de media o alta densidad con tratamiento fluorinado, material especializado para contener productos que no podrían estar en recipientes habituales.





# CONSERVACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LOS CENOTES Y SUS CUEVAS



Los cenotes de la península de Yucatán tienen múltiples formas: de cántaro, abiertos, de aguada y de caverna.

Los de forma de cántaro - llamados *ch'en-* cuentan con una abertura pequeña con relación al espejo de agua. Los abiertos -*ts'onot-*, tienen paredes verticales y su apertura es igual al diámetro del espejo de agua. Los que tienen forma de aguada -*ak'alche-*, se encuentran principalmente en la costa y tienen forma de plato. Finalmente, los que tienen forma de caverna -*aktún-* se localizan dentro de una caverna o cueva y su acceso es de manera lateral. A pesar de sus diferencias, todos los cenotes están conectados al acuífero y comparten la misma estructura de roca caliza (Antochiw, 1999).

La estructura kárstica de la península es compleja y asombrosa gracias a las rocas calizas que permiten la creación de inmensos laberintos dentro de ellas. El proceso por el cual pasan estas rocas para ofrecernos este paisaje nos permite observar formaciones impresionantes dentro de ellas. Las sales de las rocas se disuelven con el agua y se cristalizan hasta formar conjuntos de estalactitas y estalagmitas.

Las estalactitas cuelgan del techo. Las estalagmitas crecen desde el suelo.

Todas son frágiles cristales, nacidos de la transpiración de la roca, en lo hondo de las cavernas que el agua y el tiempo han excavado en las montañas.

Las estalactitas y las estalagmitas llevan miles de años buscándose en la oscuridad, gota tras gota, unas bajando, otras subiendo.

Algunas demorarán un millón de años en tocarse.

Apuro, no tienen.

Espejos, Eduardo Galeano.



Las estalactitas y estalagmitas son una importante fuente de información para los especialistas ya que un sólo centímetro tarda más de mil años en crecer, por lo que deben ser protegidas y conservadas.

Actualmente, la estructura kárstica de los cenotes es modificada por la mano del hombre para cumplir con las necesidades de las actividades turísticas y económicas de la región. Para contrarrestar el daño por estas alteraciones se recomiendan las siguientes buenas prácticas:





## PROBLEMA

## BUENAS PRÁCTICAS

310

**ALTERACIONES  
PERMANENTES DE LAS  
ROCAS Y LAS FORMACIONES  
DE LOS CENOTES**

- 311. Evitar el uso de maquinaria y explosivos para abrir o ampliar un cenote y sus cuevas
- 312. Utilizar materiales biodegradables que no contengan ingredientes o residuos que pongan en peligro el equilibrio ecológico
- 313. No desazolvar ni extraer el material de los cenotes y sus cuevas
- 314. No rellenar los cenotes y sus cuevas
- 315. No tocar formaciones rocosas de las cuevas y cenotes
- 316. No utilizar juguetes acuáticos dentro de los cenotes

320

**RESIDUOS SÓLIDOS**

- 321. No arrojar basura y objetos al cenote y sus cuevas
- 322. No instalar botes de basura
- 323. No utilizar los cenotes como baños
- 324. Realizar un correcto manejo de residuos sólidos en las instalaciones cercanas a un cenote
- 325. Realizar composta
- 326. No fumar ni ingerir drogas o alcohol en los alrededores de los cenotes



### 310. ALTERACIONES PERMANENTES DE LAS ROCAS Y LAS FORMACIONES DE LOS CENOTES

Las formaciones rocosas se ven amenazadas con el uso de explosivos -generalmente utilizados para abrir o ampliar cenotes-, o cuando se utilizan sustancias nocivas para la construcción de estructuras dentro de las cuevas como madera tratada con productos químicos, materiales permanentes como el cemento, pinturas a base de aceite, metales pesados o hierro –el cual se oxida modificando la calidad del agua y la salud de las especies-.

Estas prácticas resultan desfavorables para el medio ambiente, provocan alteraciones a la estructura geológica y redundan en problemas como posibles colapsos por el debilitamiento de las paredes del cenote y sus cuevas, afectación de la calidad de agua, destrucción de estalactitas y estalagmitas, daño en la estabilidad del techo de las cuevas, destrucción de nidos de aves e incremento en la mortandad de murciélagos.

La extracción de materiales y el desazolve de cenotes y cuevas tienen un impacto negativo en el ecosistema, pues se extraen sedimentos que sirven de alimento para algunas especies. El agua se torna turbia, perdiendo su bella característica cristalina.

Gracias a las corrientes de agua subterránea, los cenotes están conectados al acuífero, al manglar y el arrecife. Al rellenar un cenote o cueva, se afecta la flora y la fauna del lugar, así como a las corrientes subterráneas que ya no se les permite ingresar al lugar que se ha rellenado.



### 311 Evitar el uso de maquinaria y explosivos para abrir o ampliar un cenote y sus cuevas

No se deben ampliar o abrir cenotes porque las consecuencias de ello son irreparables. Se sugiere hacer uso de los cenotes que naturalmente ya existen sin modificar sus entradas ni tamaño. Hacerlo con explosivos es aún menos recomendable ya que pueden desestabilizar la roca, destruir formaciones geológicas, alterar los flujos de agua, matar plantas o animales protegidos por la ley, poner en riesgo la seguridad de las personas y afectar el ecosistema en general.

### 312 Utilizar materiales biodegradables que no contengan ingredientes o residuos que pongan en peligro el equilibrio ecológico

En caso de ser necesario modificar el acceso o construir escaleras para que la entrada al cenote sea más accesible para los visitantes, se utilizarán materiales que no sean perjudiciales para la estructura del cenote, ni para la calidad del agua. Se deben evitar las alteraciones permanentes a las paredes, cuerpos de agua, estructuras y vegetación del cenote.

Las escaleras, trampolines, plataformas o bancas que se lleguen a construir, deberán estar elaborados con materiales perecederos como la madera, o plástico reciclado. Se recomienda que sean removibles y que su diseño contenga colores armónicos con el entorno. El proceso de diseño, construcción y supervisión se llevará a cabo por un profesionalista calificado y se deberá contar con las autorizaciones municipales, estatales y federales correspondientes.



### 313 No desazolvar ni extraer el material de los cenotes y sus cuevas

El sedimento de los cenotes es comúnmente removido para darle una mayor profundidad y para limpiar las plantas que haya dentro de él. Para esto se ocupan máquinas de bombeo, las cuales generan ruido y utilizan hidrocarburos. Los cenotes no deben desazolvarse y tampoco debe extraerse material de ellos.

El uso de bombas de dragado debe de estar prohibido en cenotes, de ser necesario su uso, es indispensable elaborar una Manifestación de Impacto Ambiental y presentarse a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

### 314 No rellenar los cenotes y sus cuevas

Los cenotes y sus cuevas no deben ser rellenados con rocas, madera o cemento, ni con ningún otro material. Quizá se considere el relleno para llevar a cabo una construcción,

pero si esto sucediera, las corrientes de agua subterránea removerían dichos materiales provocando un desplome.

### 315 No tocar formaciones rocosas de los cenotes y sus cuevas

Se debe evitar tocar las estalactitas y estalagmitas ya que nuestros dedos tienen grasa que puede provocar que el agua y los minerales dejen de fluir, lo que interrumpe el proceso de formación de estas estructuras ¿Sabías que una estalactita crece sólo 0.5 milímetros en 100 años?

### 316 No utilizar juguetes acuáticos dentro de los cenotes

Para disfrutar al máximo tu experiencia en los cenotes sin dañar al ecosistema, te recomendamos no introducir en ellos kayaks ni juguetes acuáticos, los cuales pueden dañar la estructura de los cenotes al rozarla.



### 320. RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos orgánicos, como restos de comida, al descomponerse producen líquidos de desecho llamados lixiviados, que en combinación con otros residuos sólidos pueden formar sustancias altamente contaminantes. Estos residuos deben ser manejados y depositados en lugares específicos para evitar la alteración de la calidad del agua y la afectación de las especies que habitan en él.

Los plásticos que llegan a los cenotes, ya sea accidentalmente o arrojados por visitantes y vecinos, pueden perjudicar la salud de la fauna, además de dañar la belleza natural del paisaje.

#### 321 No arrojar basura ni objetos al cenote y sus cuevas

Es muy triste ver que los cenotes sean utilizados como tiraderos de basura. Desafortunadamente, al carecer de una cultura ambiental, los visitantes suelen arrojar objetos como botellas, platos, cubiertos y envolturas, entre otros. La mayoría de los cenotes se encuentra en zonas rurales, sin servicio de recolección de basura, por ello pedimos guardar su basura y llevarla de regreso a sus localidades de

origen, o depositarla en botes de basura apropiados fuera del rango de los cenotes y sus cuevas. Es fácil mantener la limpieza de los cenotes siguiendo esta sencilla regla: Todo objeto que ingrese al cenote debe sacarse de él. Recuerda no introducir alimentos ni bebidas.



### 322 No instalar botes de basura

La instalación de botes de basura incentiva a dejar desperdicios en el sitio, acumulándose y generando malos olores, estropeando la vista y atrayendo fauna nociva (ratas, moscas, cucarachas, etc.). Por ello se recomienda no colocar botes de basura en cuevas, cenotes y sus inmediaciones.

### 323 No utilizar los cenotes como baños

Antes de visitar un cenote, acude al baño para realizar tus necesidades fisiológicas. Los residuos biológicos son fuente de contaminación e infecciones, además generan nutrientes que favorecen el crecimiento no deseado de algas y otros microorganismos.

El manejo de dichos residuos será conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-087- SEMARNAT- SSA1-2002.

### 324 Realizar un manejo correcto de residuos sólidos en las instalaciones cercanas a un cenote

Un número creciente de cenotes son visitados con fines recreativos y turísticos por lo que a su alrededor se ubican restaurantes, comercios y otras instalaciones cuya operación genera residuos sólidos orgánicos e inorgánicos. Se debe evitar que estos residuos lleguen a los cenotes y sus cuevas, para lograrlo se recomienda la colocación estratégica de botes de basura dentro de los edificios e instalaciones. Los residuos sólidos deben separarse por medio de contenedores marcados con los siguientes códigos de colores:



**Inorgánicos**  
No aprovechables

Unicel, plástico (no PET), popotes, lentes, colillas de cigarro, envolturas metálicas, toallas sanitarias, papel de baño, pañales.

**Orgánica**

Restos de comida, frutas y verduras, semillas, residuos de jardinería.

**Inorgánicos reciclables**

Plástico PET, latas de aluminio, cartón, papel, metales, vidrio.

Se debe evitar el uso de unicel, popotes, envolturas y otros residuos que no se pueden reciclar o aprovechar de otras maneras. La basura orgánica debe manejarse en recipientes cerrados que impidan la llegada y proliferación de fauna nociva y algunas especies nativas como mapaches y tejones. Todos los residuos generados deben sacarse de la zona de los cenotes y depositarlos en rellenos sanitarios o centros de reciclaje.

El aceite de cocina utilizado por los restaurantes ubicados en los alrededores del cenote, no debe tirarse en el desagüe, en el suelo ni mucho menos en el mismo cenote. Se recomienda guardarlo en una botella de plástico de reúso, que no contenga ninguna otra sustancia, para almacenarlo temporalmente y entregarlo a una empresa que recicle el aceite vegetal usado, pues puede ser aprovechado en la elaboración de barnices, cera, detergentes, jabones, combustibles, pinturas o velas. Se sugiere instalar trampas de grasa al menos a cinco metros de la fuente de contaminación para no verterla directamente al drenaje o al agua.



Para disminuir la cantidad de residuos sólidos se pueden utilizar bolsas o empaques reciclables o biodegradables para la venta de productos.

### 325 Realizar composta

La composta es un abono natural elaborado a partir de desechos orgánicos como restos de alimentos, frutas, verduras, hojas secas, etc. Su proceso consiste en acelerar la descomposición de la materia orgánica con ayuda de bacterias, convirtiéndola en compuestos asimilables para las plantas y áreas verdes. En el Apéndice 4 te decimos cómo realizar tu composta.

En caso de tener plagas, en el Apéndice 5 encontrarás algunas recetas para combatirlas.

### 326 No fumar ni ingerir drogas o alcohol en los alrededores de cenotes

Para evitar accidentes y contaminación por residuos sólidos o fisiológicos se recomienda no consumir drogas, alcohol o cigarrillos durante tu visita a los cenotes y sus cuevas.



**PRESERVACIÓN DE LA RIQUEZA  
HISTÓRICA Y CULTURAL DE LOS  
CENOTES Y SUS CUEVAS**



Los cenotes y cuevas de la península de Yucatán representan un enorme legado cultural e histórico de nuestro país. Los primeros asentamientos humanos en la península se instalaron cerca de cuerpos de agua que los abastecían para subsistir. Para los mayas, los cenotes eran lugares sagrados, pues simbolizaban la entrada al inframundo, conocido como Xibalbá, lugar donde las almas descienden al mundo de los muertos para enfrentar ciertos desafíos, y después regresar al mundo terrenal.

Uno de los rituales más conocidos asociado a los cenotes era *Chen Ku*, que consistía en realizar sacrificios arrojando víctimas u objetos de valor a sus aguas. Gracias a este ritual, se han podido encontrar evidencias arqueológicas de ceremonias como “caritas” (decoraciones en las paredes de las cuevas); pequeñas estructuras de rocas apiladas, probablemente utilizadas como adoratorios o templos; y vasijas ocultas colocadas en grietas al interior de las cuevas (Rojas, s.f).

Con la llegada de los españoles y la evangelización, se construyeron varios conventos alrededor de los cenotes, de donde se abastecían de agua. A la fecha se siguen encontrando objetos de vidrio, cerámica y porcelana de que aquella época.

Cerca de los cenotes, se han hallado templos, plataformas, escaleras y otras estructuras en los que se realizaban ritos asociados a la lluvia y a la fertilidad. Hoy en día, los cenotes continúan siendo lugares sagrados donde se realizan algunas ceremonias: no es extraño observar adoratorios elaborados con tres cruces de madera o roca vestidas de hipiles yucatecos (vestidos de bordados con decoraciones multicolores).



Para los mayas de Yucatán, *Chaac* (deidad de la lluvia) habita en el fondo de los cenotes. También se cree que los traviesos *aluxes* viven dentro de las cuevas y es necesario procurarlos con ofrendas. En otras comunidades, aluden a Tsukán (serpiente gigante) como la dueña de los cenotes, y se dice que quien se atreva a hacerle daño puede enfermar o morir.

Lamentablemente, en la actualidad nos enfrentamos a la destrucción y saqueo de vestigios arqueológicos, paleontológicos e históricos que representan un patrimonio cultural y científico para los mexicanos. Para reducir esta problemática, se ofrecen las siguientes buenas prácticas:

### PROBLEMA

410  
**PÉRDIDA DE VESTIGIOS  
ARQUEOLÓGICOS,  
PALEONTOLÓGICOS E  
HISTÓRICOS**

### BUENAS PRÁCTICAS

- 411. No extraer vestigios arqueológicos, paleontológicos e históricos
- 412. Evitar la extracción de formaciones geológicas



### 410. PÉRDIDA DE VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS, PALEONTOLÓGICOS E HISTÓRICOS.

Los cenotes, y en general la península de Yucatán, cuentan con una gran cantidad de vestigios arqueológicos, paleontológicos e históricos que conservan una valiosísima información acerca de nuestros antecesores. Estas piezas han ayudado a conocer la evolución de especies, las costumbres y tradiciones de nuestros antepasados, entre muchos otros temas.

La mayoría de estos vestigios no están a la vista: se encuentran escondidos a lo largo de nuestras selvas y sólo unos cuantos tienen la fortuna de encontrarlos. Por ello, el reportarlos a las instancias correspondientes se convierte en un deber para conservar nuestras raíces y preservar nuestra historia.

Si adquieres un terreno donde se encuentren vestigios, debes dar aviso a las autoridades. No te preocupes: tu propiedad siempre va a estar a salvo, ya que el reportar los hallazgos, no se afectan legal, económica o políticamente tus intereses. Pero la oportunidad de estudiarlos los convierte en un bien invaluable para la sociedad e inclusive tú mismo podrías tener el privilegio de su resguardo.



#### 411 No extraer vestigios arqueológicos, paleontológicos e históricos

Es muy importante no tocar ni mover los vestigios que se encuentren en los cenotes y sus cuevas, ya que contienen información muy útil para entender el pasado. Si descubres alguna evidencia arqueológica, paleontológica o histórica debes reportarla al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) junto con la siguiente información:

- Ubicación del predio donde se encuentra el vestigio, de ser posible en coordenadas UTM
- Nombre del propietario del predio
- Tipo de terreno (ejidal, privado, etc.)
- De ser posible, enviar fotografías

Por ningún motivo se deben desazolvar las cavidades ni extraer los vestigios encontrados. Si has descubierto algún vestigio es muy probable que a los alrededores se encuentren más, por lo que debes tener cuidado de no dañarlos. Y recuerda: extraer o poseer vestigios arqueológicos es un delito federal.

#### 412 Evitar la extracción de formaciones geológicas

Las formaciones geológicas, como las estalactitas y estalagmitas, pueden contener fósiles que revelan información acerca de los seres que habitaron los cenotes y sus cuevas en el pasado: su origen, la relación que tenían con su entorno, su distribución, migraciones, extinciones, etc. Es muy importante tener extremo cuidado al encontrarse cerca de ellas y seguir las siguientes recomendaciones:

- No tocar las estalactitas ni estalagmitas, ya que suelen ser muy frágiles.
- En caso de encontrar restos fósiles es muy importante no tocarlos ni moverlos de donde fueron encontrados y se deberá dar aviso al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).
- La exploración de un cenote debe realizarse sólo por profesionales capacitados y dotados de equipo adecuado.



# **PARTICIPACIÓN SOCIAL Y EDUCACIÓN SOBRE LOS CENOTES Y SUS CUEVAS**



Los habitantes de la península de Yucatán somos privilegiados por el acceso y disponibilidad que tenemos del agua subterránea, pero también somos los responsables de cuidarla y difundir su preservación mediante información, educación ambiental y participación ciudadana.

Es necesario reconocer la problemática que pone en riesgo a nuestros ecosistemas y adoptar las medidas necesarias para su prevención y solución. Además de las buenas prácticas ofrecidas en esta guía, es indispensable fortalecer la capacitación de los propietarios, usuarios, exploradores, guías turísticos y turistas en el tema. Se sugieren las siguientes buenas prácticas:





PROBLEMA

BUENAS PRÁCTICAS

510

**FALTA DE CAPACITACIÓN DE PROPIETARIOS, USUARIOS, EXPLORADORES, GUÍAS TURÍSTICOS Y TURISTAS**

- 511. Implementar un reglamento para el uso de los cenotes
- 512. Capacitar a los guías turísticos
- 513. Capacitar a los guías de buceo, quienes deben de contar con certificaciones de buceo
- 514. Informar a los visitantes de los cenotes y sus cuevas
- 515. Instalar señalizaciones
- 516. No consumir alimentos ni bebidas

520

**DESCONOCIMIENTO Y FALTA DE PARTICIPACIÓN PARA CONSERVAR LOS CENOTES Y SUS CUEVAS**

- 521. Campaña de limpieza *Adopta un cenote*
- 522. Campaña de educación ambiental *Eres agua, ¡Toma conciencia!*



## 510. FALTA DE CAPACITACIÓN DE PROPIETARIOS, USUARIOS, EXPLORADORES, GUÍAS TURÍSTICOS Y TURISTAS

Los propietarios y encargados de los cenotes turísticos tienen una función muy importante en el cuidado del ecosistema, ya que mantenerlo en buenas condiciones puede representar el tener mejores ingresos económicos. Por lo contrario, un cenote contaminado o dañado resulta menos atractivo lo que redundaría en menores ingresos por turismo.

La capacitación de los propietarios, gerentes, guías de cenotes y exploradores facilitará la aplicación de las buenas prácticas que aquí se sugieren. Además, dará a los visitantes una experiencia más rica y segura, facilitando la labor de conservación y garantizando los ingresos económicos que generan. Un guía poco capacitado puede provocar daños al ecosistema y accidentes entre los usuarios. Algunas actividades, como el buceo en cuevas y cenotes, son de muy alto riesgo y requieren de guías con equipo y conocimientos especializados. Quien bucee en cenotes debe hacerlo con la certificación debida y acompañado de guías igualmente certificados.

### 511 Implementar un reglamento para el uso de los cenotes

Los cenotes que se usan de manera comercial suelen tener un elevado número de visitantes. Ello implica una responsabilidad y retos de manejo y conservación. Es conveniente que los propietarios o las empresas

operadoras de las actividades en los cenotes desarrollen e implementen un reglamento que indique, de forma clara y sencilla, lo que se tiene o no permitido hacer durante la visita. A continuación, proponemos algunos puntos que se pueden incluir en los reglamentos:



### BUENAS PRÁCTICAS DE LOS VISITANTES A CENOTES Y CUEVAS



NO LIBERAR ESPECIES EXÓTICAS



NO INTRODUCIR MASCOTAS



NO UTILIZAR FUEGO



RESPECTAR LOS SONIDOS DE LA NATURALEZA



NO USAR BRONCEADORES, BLOQUEADORES SOLARES, CREMAS, NI CUALQUIER OTRO PRODUCTO QUÍMICO



DUCHARSE ANTES DE ENTRAR A CENOTES



NO UTILIZAR JUGUETES ACUÁTICOS



NO INTRODUCIR ALIMENTOS NI BEBIDAS



NO DEJAR BASURA



NO INTRODUCIR ACEITES, COMBUSTIBLES, VENENOS, HERBICIDAS, BATERÍAS, DESHECHOS MÉDICOS Y OTROS PRODUCTOS PELIGROSOS



NO LIBERAR EXCRETAS O DESPERDICIOS FISIOLÓGICOS



NO TOCAR LAS ESTALACTITAS NI ESTALAGMITAS



NO TOCAR NI EXTRAER VESTIGIOS ARQUEOLÓGICOS, PALEONTOLÓGICOS O HISTÓRICOS



RESPECTAR LAS INSTRUCCIONES RECIBIDAS Y LAS SEÑALIZACIONES



NO BUCEAR SIN UNA CERTIFICACIÓN APROPIADA



NADAR CON EXTREMA PRECAUCIÓN Y CON CHALECO SALVAVIDAS.



## 512 Capacitar a los guías turísticos

Los guías turísticos deben recibir una capacitación integral que contemple conocimientos en historia natural y geología, arqueología e historia, medidas de seguridad y protección, primeros auxilios, nado y rescate, atención y servicio, entre otros. Se sugiere que, en los cenotes de uso comercial, los guías reciban entrenamiento constante y sistemático. Idealmente, los guías deberán estar certificados por la Secretaría de Turismo (SECTUR) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En el destino Maya Ka'an se han desarrollado manuales de buenas prácticas turísticas que pueden ser muy útiles en un programa de capacitación<sup>5</sup>.

Como parte complementaria, se deberán brindar equipos de seguridad y salvamento acuático a los guías turísticos para que tengan capacidad de respuesta inmediata ante posibles accidentes.

Al contratar al personal, los propietarios del lugar tienen la responsabilidad de comunicarles las reglas de uso y aprovechamiento del cenote y sus alrededores.

Un guía turístico es quien comparte sus conocimientos acerca del lugar y ayuda ante dificultades, emergencias e imprevistos. Los guías son los guardianes de los cenotes, las personas que mejor conocen el lugar y, por ende, cuentan con la responsabilidad de cuidar el sitio y transmitir a los visitantes que se encuentran en un frágil ecosistema y que sus acciones pueden alterar su equilibrio.

<sup>5</sup> Para conocer más visita:

[http://mayakaan.travel/Guias/Guia\\_Ecoturismo/index.html](http://mayakaan.travel/Guias/Guia_Ecoturismo/index.html)



Algunos principios que un buen guía turístico de cenotes y cuevas debe seguir:

- Conocer este manual de buenas prácticas
- Ejecutar y difundir las reglas de seguridad y conservación del cenote o cueva
- Nunca abandonar al grupo que se encuentra bajo su responsabilidad
- Vigilar que el lugar y sus visitantes sean respetados
- Velar por la conservación de la biodiversidad, de la calidad del agua y de la estructura de los cenotes y sus cuevas
- Contribuir a la preservación de la riqueza histórica y cultural
- Motivar la participación social en el cuidado de los cenotes a través de la educación y la transmisión de información veraz
- Recibir capacitación constante

### 513 Capacitar a los guías de buceo, quienes deben de contar con certificaciones de buceo

Los guías de buceo y los visitantes que realicen esa actividad, deben estar certificados dependiendo el tipo de buceo que realicen. Algunas categorías de certificación de buceo en cuevas y cavernas son:

#### Buceo recreativo

Se realiza en *aguas abiertas* - superficie del agua a cielo abierto, de al menos 600 metros cuadrados y una profundidad mínima de 3 metros- con ayuda de equipo de respiración de aire comprimido, reguladores y dispositivos de flotabilidad.

El equipo que se requiere consta de máscara, aletas, lomos y traje isotérmico.

Para realizarlo se requiere certificación y que cada grupo cuente con un guía certificado de buceador Tres Estrellas (Dive Master) o superior que conozca el sitio de buceo.



### Buceo de caverna

Se realiza en una cueva a menos de 60 metros desde la superficie y menos de 30 metros de profundidad, con visibilidad mínima de 10 metros. Requiere de una línea guía, un manejo del suministro de aire reservando 1/3 y técnicas de pataleo y flotabilidad específicas.

Para realizarlo el buceador deberá estar certificado y utilizar linterna de mano y fuente alternativa de aire además del equipo de buceo recreativo y contar con un guía certificado de **Cueva II (Full Cave)**. Se recomiendan grupos de cuatro personas por cada guía.

Las certificaciones para buceo de caverna las otorgan las siguientes organizaciones:

- Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS)
- Federación Mexicana de Actividades Subacuáticas (FMAS)
- National Association for Cave Diving (NACD)
- Cave Diving Section of the National Speleological Society (NSS CDS)
- Technical Diving International (TDI)

- International Association for Nitrox and Trimix Divers (IANTD)
- Unified Team Diving (UTD)
- Global Underwater Explorers (GUE)

### Buceo de cueva

Se realiza bajo techo y más allá de los límites de caverna. El equipo debe incluir un doble tanque -cada uno con regulador desmontable-, sistema de flotabilidad, iluminación primaria, linternas de respaldo, carretes con línea guía, cortador de línea, marcadores de línea, manómetro, profundímetro, cronómetro, máscara, aletas y traje isotérmico.

Los guías deben contar con un certificado de **Guía de Cueva**. Se recomiendan grupos de tres personas incluyendo el guía.

Las certificaciones para buceo de cueva son otorgadas por:

- Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS)
- Federación Mexicana de Actividades Subacuáticas (FMAS)
- National Association for Cave Diving (NACD)



- Cave Diving Section of the National Speleological Society (NSS CDS)
- Technical Diving International (TDI)
- International Association for Nitrox and Trimix Divers (IANTD)
- Global Underwater Explorers (GUE)
- Unified Team Diving (UTD)

### Buceo profundo.

Se realiza a profundidades mayores de 40 metros. Necesita equipo especial y uso de gases especiales como el helio. Requiere entrenamiento especializado y mucha experiencia en buceo recreativo.

Los guías de buceo profundo deberán estar certificados como Buceador **Trimix**. Se recomiendan grupos de tres personas por guía.

Las certificaciones para buceo profundo son otorgadas por las mismas organizaciones que certifican el buceo de cueva.

Tipo de buceo	Certificación
RECREATIVO	Buceador tres estrellas (dive master)
DE CAVERNA	Buceador de caverna
DE CUEVA	Buceador de cueva
PROFUNDO O TIPO TÉCNICO	Buceador trimix

Se recomienda estar al pendiente del manual de buceo en cenotes que se encuentra en elaboración en el Comité Regional de Espeleobuceo, Ecología y Regulación, a cargo de la comunidad local de instructores de buceo en cuevas.

### 514 Informar a los visitantes de los cenotes y sus cuevas

Los encargados y los guías turísticos deben informar a los visitantes sobre las reglas del sitio, las buenas prácticas que deben seguir y las características físicas, biológicas e históricas



del sitio. La información se puede transmitir verbalmente o a través de señalizaciones ubicadas en puntos estratégicos.

### 515 Instalar señalizaciones

Por seguridad de los visitantes y del cenote, es importante poner a la vista las características del cenote y recomendaciones para su ingreso.

Las indicaciones deben contener:

- Nombre del cenote
- Profundidad máxima
- Medidas de seguridad y reglas de visita
- Informar si el cenote se encuentra dentro de un Área Natural Protegida
- La presencia de corrientes subterráneas y el riesgo que representan para los visitantes
- Principales atributos físicos, biológicos o culturales que se pueden apreciar

Las señales informativas deben ser de materiales percederos -como la madera-, y estar en lugares visibles que no afecten la belleza natural del cenote y el paisaje que lo rodea. Pueden colocarse en los barandales de una escalera, en el estacionamiento, o en las instalaciones del lugar.

### 516 No consumir alimentos ni bebidas

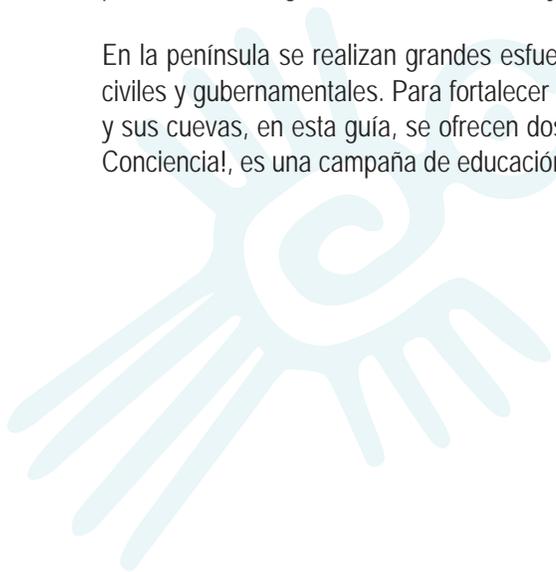
Para mantener limpio el cenote y sus alrededores, se debe evitar ingresar con alimentos o bebidas. Si los adquieres y los consumes dentro de las instalaciones del cenote, es indispensable que al retirarte lleves contigo los residuos generados porque es muy probable que no encuentres botes de basura en la zona.



### 520. DESCONOCIMIENTO Y FALTA DE PARTICIPACIÓN PARA CONSERVAR LOS CENOTES Y SUS CUEVAS

Los habitantes de la península de Yucatán merecen conocer y entender el tesoro subterráneo que mueve la vida de la superficie. El conocimiento acerca de la importancia de la conservación de la biodiversidad, de la preservación histórica y cultural, de la importancia de la participación social y la educación ambiental, es limitado. Por lo tanto, es necesario promover la divulgación del conocimiento y crear campañas que transmitan la información masivamente.

En la península se realizan grandes esfuerzos para difundir este conocimiento, mayormente por parte de asociaciones civiles y gubernamentales. Para fortalecer el conocimiento y promover la participación en la conservación de los cenotes y sus cuevas, en esta guía, se ofrecen dos campañas: la primera es Adopta un cenote, y la segunda Eres agua, ¡Toma Conciencia!, es una campaña de educación ambiental que Amigos de Sian Ka'an ha promovido desde el año 2016.





### 521 Campaña de limpieza *Adopta un cenote*

Puedes convocar para la campaña de limpieza de un cenote a vecinos, compañeros de trabajo o personas interesadas en la conservación de este preciado ecosistema. Se sugieren aplicar los siguientes pasos:

1. Elegir un cenote cercano
2. Realizar una visita de exploración para registrar las condiciones en las que se encuentra el cenote. Tomar fotografías del lugar
3. Preparar un plan de acción en el que se plantee:
  - a. Lugar en el que se llevará a cabo la limpieza
  - b. Insumos y materiales necesarios
  - c. Frecuencia de las sesiones de limpieza
  - d. Participantes en el proyecto
4. **Invitar a la comunidad a las limpiezas del cenote** para crear conciencia en la población
5. Registrar fotográficamente las sesiones de limpieza

6. Coordinar con los servicios de recolección para trasladar los residuos al relleno sanitario municipal
7. Promover talleres de educación ambiental entre niñas, niños, vecinos y vecinas
8. La campaña puede incluir también actividades de reforestación con especies nativas

#### Recomendaciones de seguridad:

- Es importante recordar que los cenotes tienen corrientes subterráneas, que pueden arrastrar a bañistas, por lo que es necesario ser cautelosos
- Respetar las instrucciones proporcionadas por encargados de los cenotes y guías turísticos
- Para buceo: seguir las medidas de seguridad y equipo por tipo de buceo (ver recomendaciones para guías turísticos)



## 522 Campaña de educación ambiental Eres agua, ¡Toma conciencia!

Esta campaña tiene como objetivo sensibilizar a la población de Quintana Roo acerca de la importancia del agua y del acuífero, así como de la contribución a su cuidado. Abarca los siguientes temas:

- La importancia del agua
- Ciclo del agua en Quintana Roo
- El agua en Quintana Roo
- Acuífero kárstico y cenotes
- Cenotes en la cultura maya
- Biodiversidad en los cenotes
- Arrecifes en Quintana Roo
- Problemáticas que afectan el acuífero de Quintana Roo
- Agua y salud
- Consejos para cuidar el agua

El cuadernillo didáctico de la campaña se puede descargar en el siguiente link:

<https://goo.gl/iV6NVw>

O entra al sitio web:

<https://www.eresaguatomaconciencia.com/>



**Aclareo:** Eliminación selectiva de árboles o plantas en un terreno.

**Acuífero:** Es un depósito subterráneo de agua que se forma debido a la permeabilidad del suelo. En la costa, se conforma de agua dulce y agua salada del mar; debido a su menor densidad, el agua dulce se encuentra sobrepuesta al agua salada. Es una formación geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua subterránea a través de sus poros, fracturas y conductos.

**Agua residual:** Son las aguas que resultan después de haber sido utilizadas en casa, comercios, hoteles, etc. Son aguas sucias y contaminadas, transportando grasas, detergentes, materia orgánica, plaguicidas y sustancias muy tóxicas.

**Azolvar:** Cegar o tupidar con alguna cosa un conducto.

**Biodegradable:** Sustancia que puede ser degradada por acción biológica.

**Bioenergético:** Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos por procesos tecnológicos sustentables.

**Cambio climático:** Cambio previsible en el clima terrestre provocado por la acción humana que da lugar al efecto invernadero y al calentamiento global.

**Chaac:** Uno de las principales deidades mayas, cuádruple, que alude a la lluvia, el rayo, el relámpago y el agua en general.

**Cenote:**

Maya. Ts'ono'ot o d'zonot, «caverna con depósito de agua»

Es un espacio subterráneo con agua abierto al exterior en algún grado, que deja al descubierto el sistema de aguas



subterráneas en regiones kársticas y que es provocado por la disolución o colapso de la roca. Los cenotes constituyen un ecosistema dada la conexión hidráulica entre sí, a través de cuevas y galerías subterráneas, que en muchos casos tienen salida directa al mar y por su interacción con numerosas especies de flora y fauna en su interior y alrededores.

**Chen Ku:** Ritual maya en el que se arrojaba a las personas sacrificadas a los cenotes como en el Cenote Sagrado de Chichén Itzá.

**Combustibles fósiles:** Combustibles que se han formado naturalmente a través de complejos procesos biogeoquímicos a partir de organismos vegetales y antiguas comunidades planctónicas que poblaron la Tierra hace millones de años.

**Desazolve:** Quitar lo que azolvea o ciega un conducto.

**Disposición:** Colocación ordenada o distribución pertinente de los distintos tipos de residuos.

**Ecosistema:** Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.

**Energía solar:** Energía obtenida a partir de la radiación del sol, utilizada para usos térmicos mediante colectores o para generar electricidad con paneles fotovoltaicos.

**Equilibrio ecológico:** La relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

**Estalactitas:** Roca calcárea con apariencia de cono invertido que se forma en el techo de una cueva.

**Estalagmitas:** Roca calcárea en forma de cono con la punta



hacia arriba, que se forma en el suelo de una caverna al gotear desde una estalactita agua con carbonato cálcico en disolución.

**Explosivos:** Materiales que hacen o pueden hacer explosión.

**Fenómenos meteorológicos:** Cambio de la naturaleza que sucede por sí solo. Son aquellos procesos permanentes de movimientos y de transformaciones que sufre la naturaleza y que pueden influir en la vida humana (epidemias, condiciones climáticas, desastres naturales, etc).

**Fuga:** Salida accidental de gas o de líquido por un orificio o una abertura producidos en su contenedor.

**Lixiviados:** Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene, en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan y que puede dar lugar a la

contaminación del suelo y de cuerpos de agua.

**Paisaje kárstico:** Paisaje de relieve accidentado, originado por la erosión química de terrenos calcáreos.

**Residuos sólidos:** Materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico.

**Rocas calizas:** Roca formada de carbonato de cal.

**Sonómetro:** Instrumento que mide y compara los sonidos e intervalos musicales.

**Subsuelo:** Terreno que está debajo de la capa labrantía o laborable o, en general, debajo de una capa de tierra.

**Tsukán:** Serpiente tan grande como el tronco de un árbol y su cabeza es como la de un caballo que vive, cuida y es dueña de la gruta que ocupa.

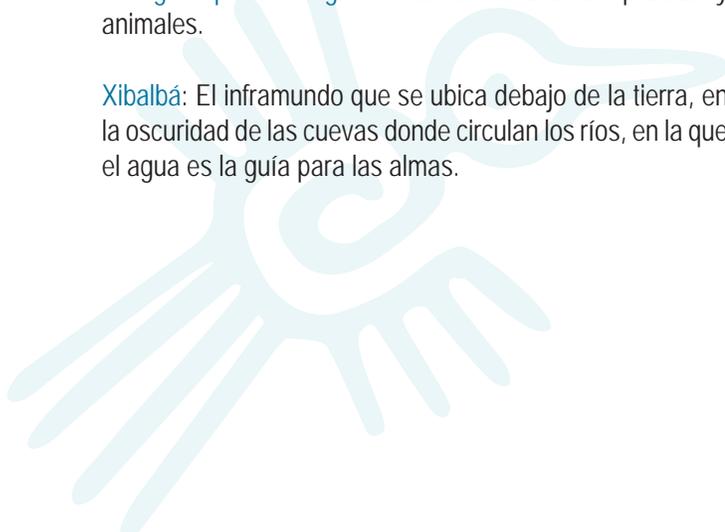
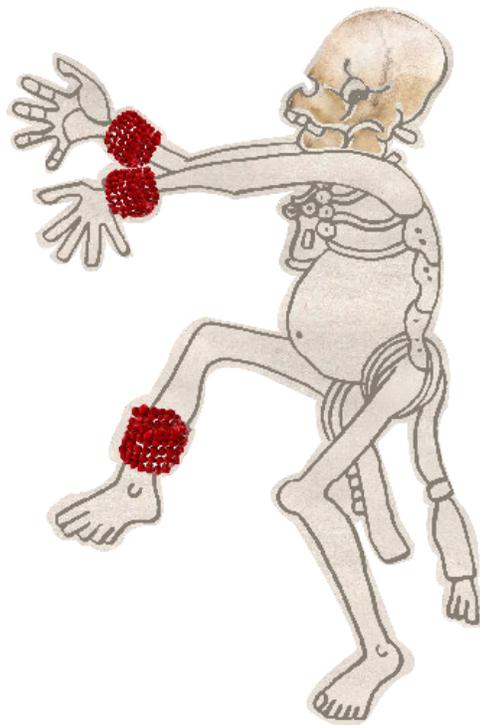


**Verter:** Inclinar un recipiente o volcarlo para vaciar su contenido.

**Vestigios arqueológicos:** Restos, utensilios o monumentos antiguos, perteneciente a un pasado remoto.

**Vestigios paleontológicos:** Restos fósiles de plantas y animales.

**Xibalbá:** El inframundo que se ubica debajo de la tierra, en la oscuridad de las cuevas donde circulan los ríos, en la que el agua es la guía para las almas.





Agencia del agua. (2018). *Acuíferos*. Castilla-La Mancha, España. Recuperado de: <http://agenciadelagua.castillalamancha.es/el-agua-en%20clm/situacion-del-agua-en-clm/acuiferos>

Álvarez-Romero, J., Medellín R. A., Oliveras de Ita, A., Gómez de Silva H. y Sánchez O. (2008). *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, CDMX.

Amigos de Sian Ka'an, A.C. (2016). *Eres agua. ¡Toma conciencia! Cuaderno didáctico para maestros y educadores ambientales*. Cancún, México.

Antochiw, M. (1999). *Cenotes y Grutas de Yucatán*. Primera Edición. Recuperado de: <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/Mitos-Leyendas.pdf>

Arroyo Y Galván Duque, Francisco. (2012). *Manual de Organoponia - Técnica adecuada a la agricultura urbana*. México.

Brechelt, A. (2004). *Manejo ecológico del suelo*. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37723842/Manejo\\_Ecologico\\_del\\_Suelo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528313324&Signature=2Xt4Ph%2BpmPCU22g08J3%2Fh%2FarL5U%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DManejo\\_Ecologico\\_del\\_Suelo.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37723842/Manejo_Ecologico_del_Suelo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1528313324&Signature=2Xt4Ph%2BpmPCU22g08J3%2Fh%2FarL5U%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DManejo_Ecologico_del_Suelo.pdf)



CELEC (Corporación eléctrica del Ecuador). (2018). *Manejo, Prevención y Control de derrames de aceites químicos y combustibles*. Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <https://www.celec.gob.ec/hidroaute/images/Ambiente/Control.de.derrames.pdf>

Evia, C. (s.f.). *El mito de la serpiente Tsukán*. Universidad Autónoma De Yucatán. Recuperado de: [http://www.antropologia.uady.mx/libros/libro\\_evia1.php](http://www.antropologia.uady.mx/libros/libro_evia1.php)

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2008). *Especies endémicas*. CDMX. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/endemicas/endemicas>

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2018). *¿Qué es un ecosistema?* CDMX. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/quees.html>

Diario Oficial de la Federación. (19 de enero de 2018). *Ley General Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos*. Recuperado de: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). (2018). *Perspectivas para el medio ambiente*. Recuperado de : <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s11.htm#TopOfPage>

Gobierno del estado de Quintana Roo. (2010). *Reglamento de La Ley de la Prevención y de la Gestión de los Residuos*



del Estado de Quintana Roo. Recuperado de [http://archivo.transparencia.qroo.gob.mx/SIWOROO/Transparencia/Documentos/107\\_14937\\_1.pdf](http://archivo.transparencia.qroo.gob.mx/SIWOROO/Transparencia/Documentos/107_14937_1.pdf)

Honorable Ayuntamiento de Solidaridad. (2017). *Reglamento de cenotes, cavernas y grutas del Municipio de Solidaridad*, Quintana Roo. Playa del Carmen, México.

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). (2008). *Sistema de captación y conducción de agua de lluvia: manual de instalación*. Jiutepec, México: IMTA, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Autónoma de Zacatecas. Recuperado de [http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1088/IMTA\\_078.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1088/IMTA_078.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Olvera, M. (2010). *La acuacultura y su posible impacto en la biodiversidad*. En: R. Durán y M. Méndez (Eds). *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (116-118). Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.

PNREVAA (Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines). (2017). *Conservemos un campo limpio*. México, D.F. Recuperado de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114313/4-2\\_Triple\\_lavado\\_Campo\\_Limpio.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114313/4-2_Triple_lavado_Campo_Limpio.pdf)

Pulido, A. (2000). *La explotación de las aguas subterráneas y su implicación en la desertización*. Boletín Geológico y Minero, 111(5), 3-18.



---

RAS (Red de Agricultura Sostenible A.C.). (2017). *Listas RAS para gestión de plaguicidas*. Oregon. Estados Unidos. Recuperado de: [http://www.sustentables.org/Documentos/SAN-S-SP-2-V1.2\\_S\\_Listas\\_RAS\\_para\\_la\\_Gestion\\_de\\_Plaguicidas.pdf](http://www.sustentables.org/Documentos/SAN-S-SP-2-V1.2_S_Listas_RAS_para_la_Gestion_de_Plaguicidas.pdf)

Rodríguez, R. (2003). *Contaminación de acuíferos. Apuntes del Curso de Calidad de Aguas Subterráneas y su Protección*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. Bolivia.

Rojas, C. (s.f). *El inframundo maya y los sistemas kársticos. Arqueología en cenotes*. INAH, Espacio Profundo No. 96. <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/elinframundo-parte1.pdf>

Secretaría de Gobernación. (1995). *Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición*. CDMX.

Secretaría de Gobernación (1998). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*. México, D.F.

Secretaría de Gobernación (2002). *Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo*. México, D.F.

Secretaría de Gobernación. (2005). *Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características,*



*el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.* México, D.F.

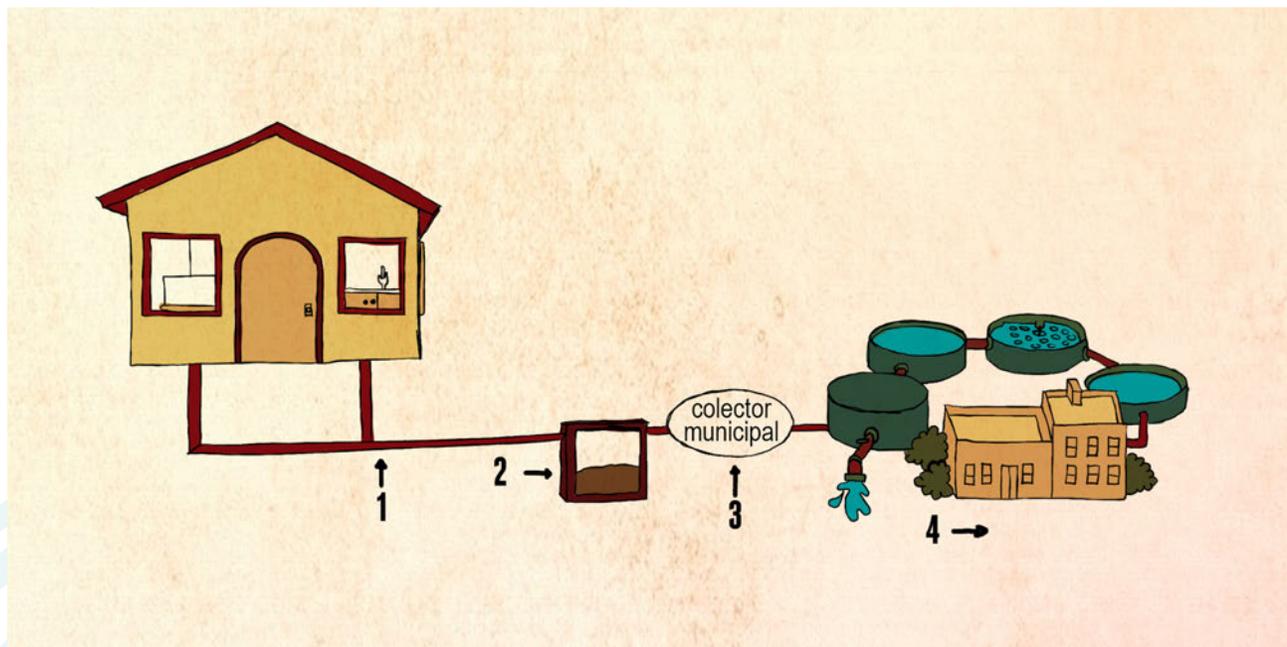
SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (1994). *Catálogo ilustrado de especies vegetales para Quintana Roo enunciadas en la NOM-059-ECOL-94.* Recuperado de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CG000727.pdf>

Torres, L. (s.f). *Elaboración de composta.* SAGARPA. Texcoco, México. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf>.

Torres T. O. y Aguilar A. (2011). *1er Censo de Cenotes de Quintana Roo y Análisis Multidimensional de Bases de Datos de Cenotes de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.* Tulum, México: Amigos de Sian Ka'an, Razonatura, WWF.

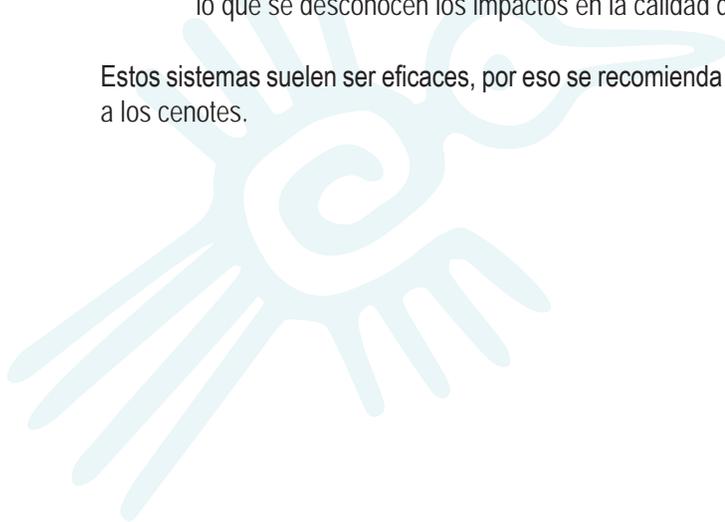
Zhou, D. & Blunt, M. (1997). *Effect of spreading coefficient on the distribution of light non-aqueous phase liquid in the subsurface.* Journal of Contaminant Hydrology 25: 1-19.

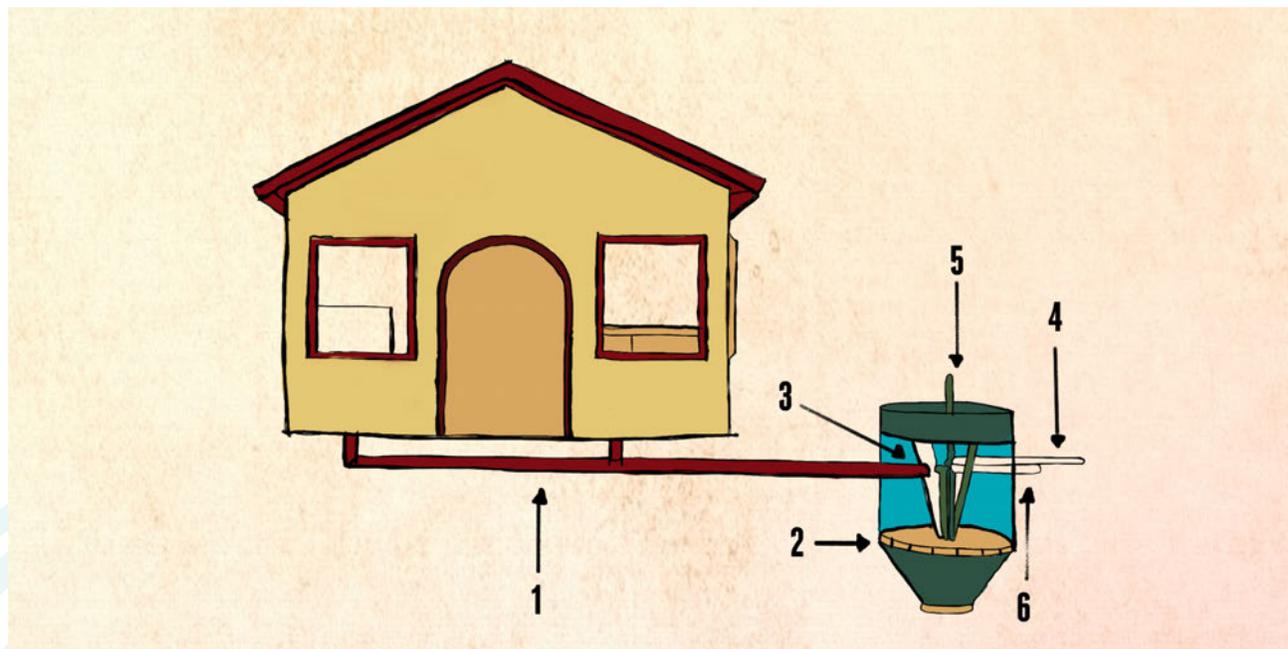


 Apéndice 1. Funcionamiento de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

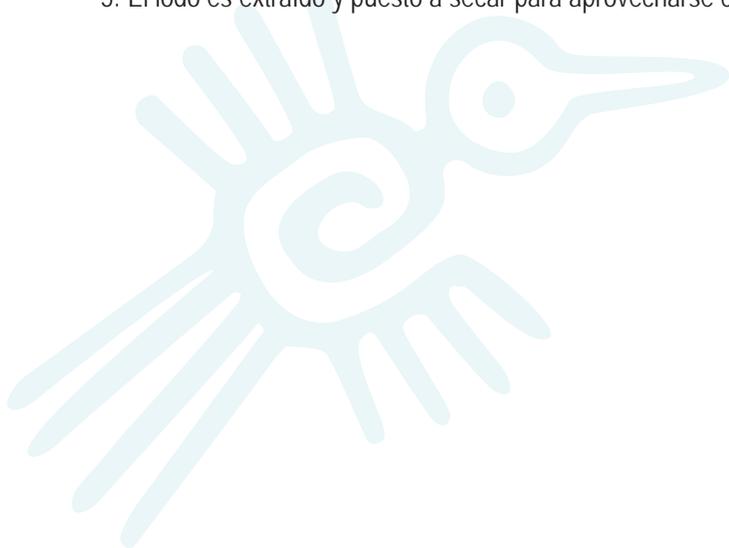
1. El agua residual de casas, comercios u otros establecimientos es recolectada a través de tuberías
2. Este líquido se deposita en un contenedor llamado registro
3. El agua que se encuentra en el registro es trasladada a través de tuberías a un colector municipal
4. El agua del colector es trasladada a una planta de tratamiento de aguas residuales en donde se le da un proceso de saneamiento
5. El agua residual es utilizada para riego de áreas verdes o se inyecta al subsuelo
  - a. Los efectos de la inyección del agua tratada al subsuelo en sistemas kársticos han sido poco explorados, por lo que se desconocen los impactos en la calidad del agua.

Estos sistemas suelen ser eficaces, por eso se recomienda conectar a la red de drenaje público las edificaciones cercanas a los cenotes.

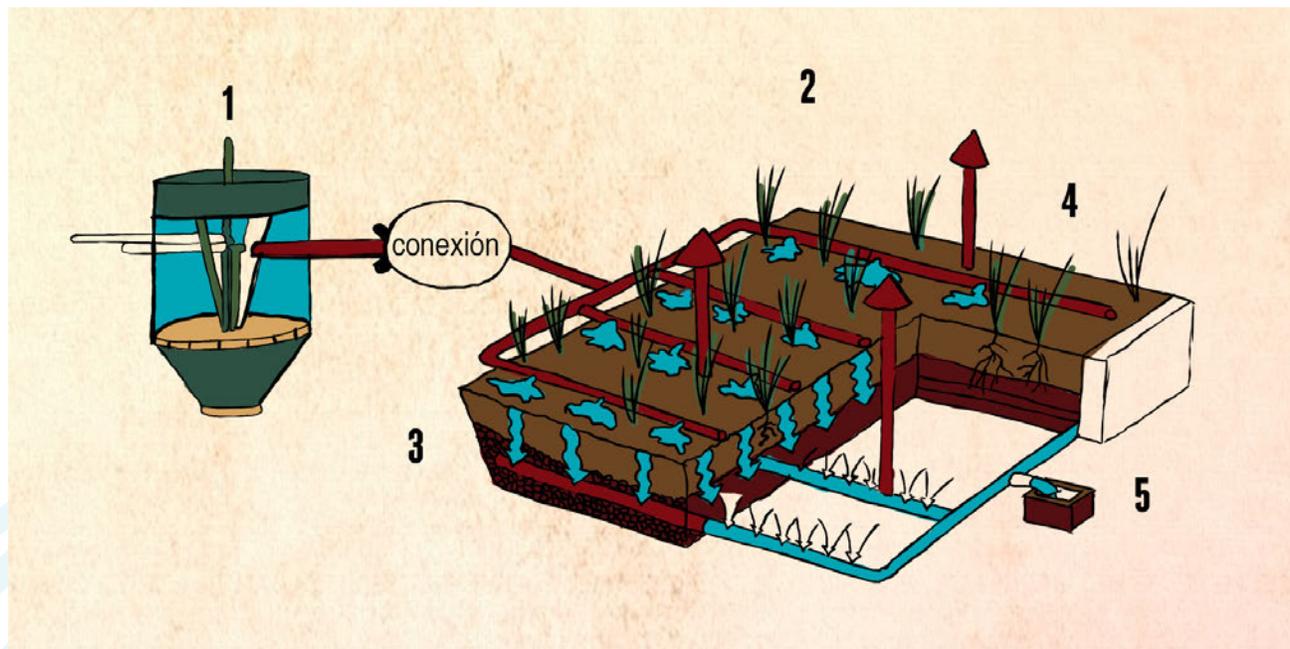


 Apéndice 2. Funcionamiento de biodigestor

1. El agua residual se deposita por medio de tuberías en el tanque del biodigestor. La materia orgánica se dirige al fondo del tanque formando un lodo que es digerido por bacterias, mientras que las grasas y aceites se quedan en la superficie.
2. El agua pasa al filtro, donde bacterias descomponen a la materia orgánica que quedó en el agua.
3. El agua tratada se dirige al tubo de salida hacia un humedal artificial o se filtra al subsuelo.
4. El gas que se forma durante el proceso es desechado en la parte superior del tanque. Este gas puede ser utilizado como bioenergético.
5. El lodo es extraído y puesto a secar para aprovecharse como fertilizante en el suelo, no se debe tirar a un cenote.



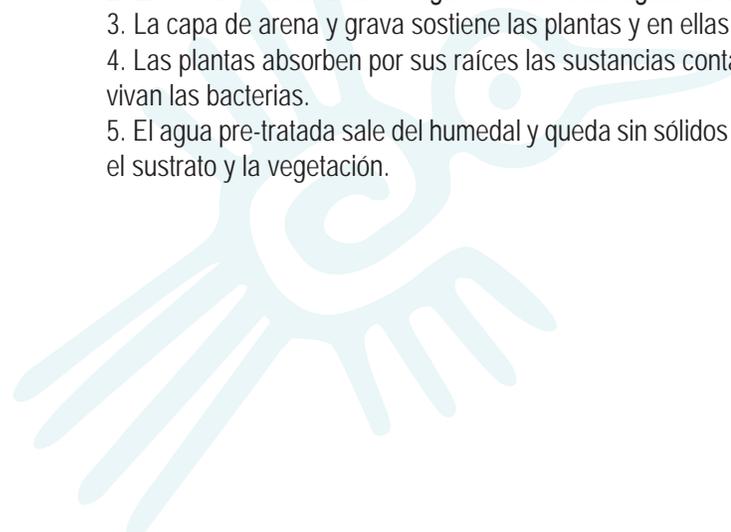
### Apéndice 3. Funcionamiento de un humedal artificial



---

Los humedales artificiales tienen una capa de arena y grava sobre un depósito impermeable con plantas acuáticas cuyas raíces liberan oxígeno evitando que el sedimento se vuelva anóxico.

Proceso de funcionamiento de humedal artificial:

1. Las aguas residuales son tratadas en el sistema séptico (biodigestor) para después dirigirse al humedal.
  2. En el humedal artificial se siguen tratando las aguas antes de verterlas al suelo.
  3. La capa de arena y grava sostiene las plantas y en ellas viven las bacterias que descomponen los contaminantes.
  4. Las plantas absorben por sus raíces las sustancias contaminantes y llenan de oxígeno el sustrato, ayudando así a que vivan las bacterias.
  5. El agua pre-tratada sale del humedal y queda sin sólidos suspendidos, nutrientes y patógenos, gracias a su trayecto por el sustrato y la vegetación.
- 



## Apéndice 4. Elaboración de composta

### Necesita:

#### Materia verde:

Proporciona nitrógeno

Ejemplos: Pasto fresco, restos de frutas y verduras, restos de alimentos, estiércol.

#### Materia café:

Proporciona carbono

Ejemplos: Hojarasca seca, aserrín.

#### Materia negra:

Proporciona microorganismos

Ejemplos: Tierra, composta vieja

### Importante

No agregar restos de carnes, grasas, aceites, restos de basura no orgánica, heces de animales domésticos.



1. En un contenedor plástico con agujeros en la parte de abajo y en los lados, agregar una capa de 5 cm de tierra

2. Agregar 5 cm de materia verde de preferencia en pedazos pequeños para que se desintegre más rápido.

3. Agregar una capa de materia café de 5 cm.

4. Seguir llenando el contenedor, siguiendo el paso 1, 2 y 3 hasta que se llene el contenedor

### Consejos

-La última capa que se agregue preferentemente deber ser de materia café o negra para evitar malos olores.

-Airear la composta con un palo o volteando la composta 3 veces a la semana.

-Procurar que la composta se encuentre húmeda, regándola cuando se encuentre seca, sin pasarse de humedad.

-Cubrir la composta con una tapa para conservar su temperatura y cuidarla de la lluvia.



## Apéndice 5. Recetas para combatir plagas

### Salsa

Ingredientes:

- 15 a 20 chiles de árbol
- 15 dientes de ajo medianos
- 3 cebollas grandes
- Jabón biodegradable en barra

En una licuadora se muelen los chiles, los dientes de ajo y las cebollas grandes con un poco de agua. Se vacía en un bote de 19 litros y se le agrega un centímetro de jabón en pasta biodegradable cortado en láminas muy delgadas. Se llena el bote de agua y se deja reposar toda la noche.

La mezcla se coloca en un atomizador y se aplica directamente a las plantas, de preferencia en la tarde-noche, cuando el sol haya disminuido su intensidad.

Para hortalizas es preferible aplicarlo disuelto en agua, ya que es un método muy fuerte y puede dañarlas.

### Ajo con vinagre

Ingredientes:

- 1 cabeza de ajo
- Vinagre
- Jabón biodegradable en barra
- Agua

A la cabeza de ajo molida se le añaden dos copitas de vinagre y un centímetro de jabón biodegradable en pasta. Se agregan dos vasos de agua y se deja reposar unos minutos. Diluirlo un con un poco de agua, colar y rociar con atomizador a las plantas.







ACCIONES POR LA NATURALEZA

[www.amigosdesiankaan.org](http://www.amigosdesiankaan.org)

[eresagua@amigosdesiankaan.org](mailto:eresagua@amigosdesiankaan.org)