

De dónde viene mi agua

Loreto, Baja California Sur



Antecedentes para los estudiantes

Primera Edición

La producción de la primera edición
de este currículo fue patrocinada por



DERECHOS RESERVADOS ©2015

Por

San Diego Natural History Museum

Publicado por Proyecto Bio-regional de Educación Ambiental (PROBEA),
un programa del

Museo de Historia Natural de San Diego

P.O. Box 121390,

San Diego, CA 92112-1390 USA

Impreso en Tijuana, B.C.

Sitio Web: www.sdnhm.org/education/binational

De dónde viene mi agua

Loreto, Baja California Sur

Investigación y desarrollo de contenidos:

Judy Ramírez
Equipo de PROBEA

Diseño y elaboración del Mapa Conceptual del Ecosistema:

Pat Flanagan
Judy Ramírez

Diagrama del Mapa Conceptual del Ecosistema:

Callie Mack

Traducción:

Karen Levyspiro

Diseño gráfico y formateo:

David Winkelman

Coordinación del proyecto:

Doretta Winkelman

Contenido

| | |
|---|---------------|
| Capítulo 1: Veamos nuestro pasado..... | 1 |
| Actividad 1: La región de Loreto | 1 |
| Actividad 2: La historia de la región de Loreto | 4 |
| Capítulo 2: Un ecosistema sano | 9 |
| Actividad 1: El Mapa Conceptual del Ecosistema..... | 9 |
| Capítulo 3: El ciclo hidrológico y la cuenca hidrológica..... | 24 |
| Actividad 1: El ciclo hidrológico..... | 24 |
| Actividad 2: Maqueta de la cuenca hidrológica..... | 27 |
| Capítulo 4: El acuífero de San Juan Londó | 31 |
| Actividad 1: ¿Cómo se mueve el agua en la cuenca por debajo del suelo?. | 31 |
| Actividad 2: ¿Qué es un acuífero?..... | 33 |
| Actividad 3: El acuífero de San Juan Londó | 40 |
| Actividad 4: Lo que sucede arriba del suelo afecta al acuífero..... | 45 |
| Capítulo 5: Una salida de campo en la región de Loreto..... | 47 |
| Capítulo 6: Hacia una solución | 49 |
| Actividad 1: Exploremos soluciones..... | 49 |
| Parte A: ¿Qué podemos aprender de las experiencias de otros? | 49 |
| Parte B: Retos para proveer de agua potable a Loreto | 51 |
| Parte C: En camino a la solución..... | 55 |
| Capítulo 7: Nuestro reto, nuestra oportunidad..... | 59 |
| Actividad 1: Cómo realizar un diagnóstico del uso del agua en el hogar..... | 59 |
| Glosario | 52 |

Capítulo 1: Veamos nuestro pasado

Actividad 1- La región de Loreto

Antecedentes

La región de Loreto

(Tomado de: Martha Micheline Cariño & Lorella Castorena Davis, 2007. [http://es.wikipedia.org/wiki/Loreto_\(Baja_California_Sur\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Loreto_(Baja_California_Sur)) Plan de Desarrollo Municipal 2011-2015. H. VII Ayuntamiento de Loreto Futuros Alternativos para la región de Loreto, Baja California Sur, México, 2005)



La región de Loreto es una franja costera que se extiende desde Bahía Concepción hasta Agua Verde. Las empinadas montañas de la Sierra de la Giganta forman el telón de fondo de la vista que da hacia el oeste. La ciudad de Loreto está construida sobre una angosta planicie costera bordeada por el Golfo de California al Este.

El territorio del municipio de Loreto comprende aproximadamente 4,402 km² con 270 kilómetros de costa, incluyendo las islas. Alberga 16,738 habitantes; el 90% de la población municipal vive en el pueblo de

Loreto. El resto de la población vive en 130 rancherías y otras 21 comunidades pesqueras y ganaderas. (Ivanova y Cota, 2005; INEGI, Censo de Población y vivienda y Anuario Estadístico 2010).

En la región de Loreto predominan los ecosistemas desértico y árido. La humedad relativa varía típicamente de 34% a 79% a lo largo del año, pero la precipitación anual promedio es muy baja: 160 mm. La mayoría de la precipitación cae durante la temporada de huracanes en el Pacífico, que dura de junio a noviembre. El clima es muy caliente de junio a octubre. En la primavera, las temperaturas son moderadas. Los meses de otoño e invierno son usualmente muy ventosos.

La región de Loreto también incluye un área marina protegida expresamente, el Parque Nacional Marino Bahía de Loreto. Este lugar es de gran importancia en la región ya que, según el Programa de Manejo del área Natural Protegida con carácter de Parque Nacional Bahía de Loreto, se han registrado en el área que conforma al parque un total de 30 especies de mamíferos marinos de las cuales la mayoría (28) son sujetas a protección especial, una se encuentra amenazada y otra en peligro. En total, en el parque se pueden observar el 75% de los mamíferos marinos que se encuentran en las costas de México, lo que coloca a esta área como el área que presenta mayor cantidad de mamíferos marinos a nivel nacional.

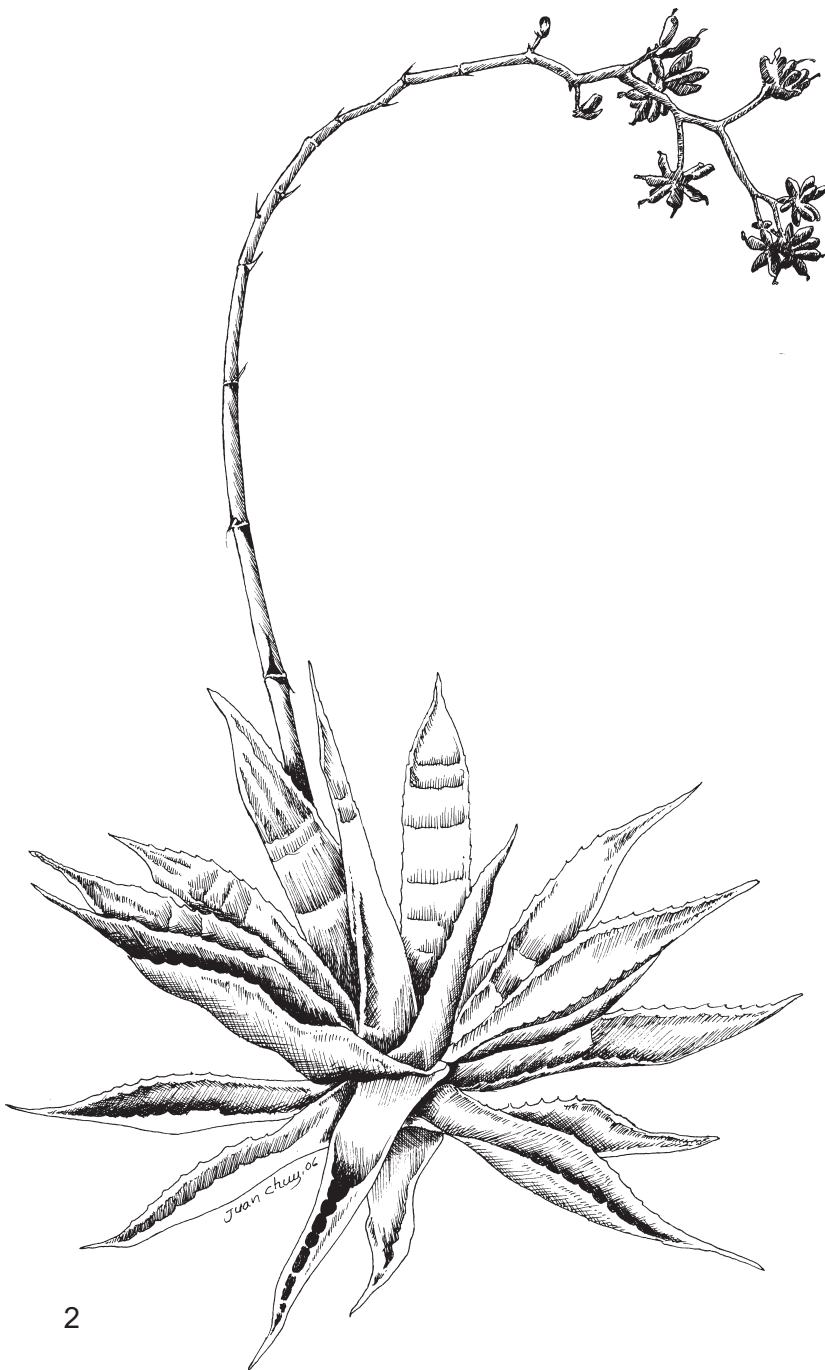


La región de Loreto es reconocida por su excelente potencial de turismo basado en la naturaleza. El montañismo, los viajes a las islas del parque marino y el kayak son actividades populares para los turistas de esta región. Los campos de golf y las canchas de tenis en el área de Nopoló ofrecen

oportunidades recreativas más tradicionales. Los últimos años han visto inversiones para proporcionar la infraestructura necesaria para que el municipio aproveche las oportunidades económicas que el turismo representa. Desde el 2010, más de 60,000 visitantes se sienten atraídos por la zona cada año.

Calidad de vida

Loreto no es un área de gran afluencia económica. El ingreso per cápita está por debajo del promedio para Baja California Sur, pero por arriba del país. Sin embargo, las encuestas sugieren que los residentes generalmente se sienten satisfechos con su calidad de vida. El acceso a los servicios públicos, y en particular a los servicios médicos, está por debajo del estándar. La incidencia de problemas sociales se ha incrementado, lo que aumenta el debate del desarrollo que se lleva a cabo en Loreto. Algunos atribuyen esto a que el reciente aumento en las construcciones ha traído trabajadores foráneos. Otros atribuyen estos problemas al lento desarrollo económico de las décadas pasadas. Pacífico.





Capítulo 1:

Actividad 2 - La historia de la región de Loreto

Antecedentes

La ocupación indígena (hace 10,000-40,000 años hasta 1697)



Los habitantes prehispánicos de la región de Loreto, al igual que en el resto de la Península (y por lo tanto en la región de Loreto también), formaban grupos de colectores cazadores-pescadores semi-nómadas que basaban su expansión social en el aprovechamiento integral de la flora y la fauna de la región.

Su clasificación más comúnmente aceptada es la que realizó el jesuita Segismundo Taraval, quien con base en la afinidad de lenguas distinguió tres “naciones”: en el sur la pericú (entre 22°N y 24°N), en el centro (entre 24°N y 28°N) la monquí o guaycura y la cochimí en el resto del territorio peninsular hasta los 31°N, aunque esas naciones generales se subdividían en otras menores debido a variedades de una misma lengua.

La población total de las tres naciones a la llegada de los jesuitas en 1697 fue calculada entre 40,000 y 50,000 habitantes; esta estimación ha sido confirmada por investigaciones contemporáneas.

Loreto-Conchó o Corunchó, que en la lengua indígena significa Mangle Colorado, estuvo habitada desde tiempos remotos por grupos aborígenes de cochimíes y guaycuras.

La palabra cochimí significa gente que vive en el norte. Esta cultura se extendió desde el norte de Loreto, B.C.S., hasta San Felipe, B.C., Se conocen sus costumbres gracias a las pinturas rupestres y a las posteriores descripciones de los misioneros españoles. Los cochimíes sabían vivir en el desierto y convivir con venados, berrendos y borregos, que en esa época eran muy abundantes.

Los guaicuras, también conocidos como guaycura o waicura, fueron un conjunto de pueblos nativos de Baja California Sur que ocuparon un área que se extendía desde el sur de la actual ciudad de Loreto hasta Todos Santos. Disputaban el área de Loreto a los Pericúes.

Las actividades cotidianas de estos grupos indígenas eran la pesca, la caza y la recolección de frutos y semillas. Sus cosechas preferidas eran las pitahayas, las ciruelas silvestres y la damiana, planta con la cual elaboraban un licor que bebían en todas sus ceremonias. El ajuar doméstico se reducía a una batea y una taza hecha de plantas flexibles como el mimbre; contaban también con un palo para encender lumbre. Para ciertos menesteres utilizaban las conchas que había en las playas y comían sus alimentos tostados o asados. Hacían atole moliendo las semillas de mezquite o de otras leguminosas, que mezclaban con agua dentro de cestas de varas comunes a todas las tribus, vertiendo sobre la mezcla piedras calientes al rojo vivo para lograr la cocción.

Sus viviendas eran muy sencillas, hechas de piedra suelta colocadas en forma de círculo sin techo.

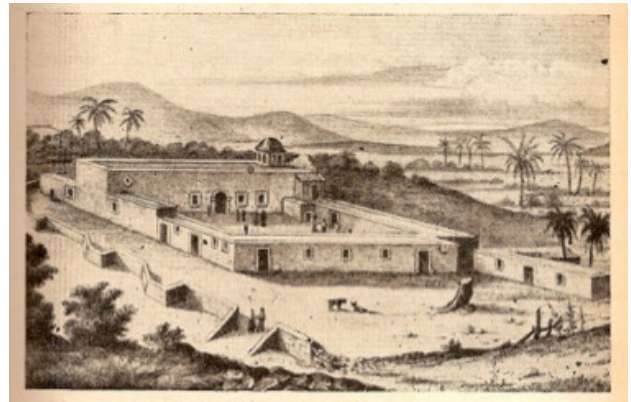
En cuanto a su indumentaria, los hombres andaban completamente desnudos, sólo empleaban algunos adornos de carrizos y caracoles y conchas de mar. Las mujeres usaban unas enaguas de carrizos delgados ensartados en pita (fibra vegetal) y se tapaban la parte de atrás con pieles de venado o de cualquier otro animal. Adornaban su cintura con un bello cinto y su cabeza con una curiosa red a manera de venda. Para andar en el monte tanto hombres como mujeres utilizaban huaraches de cuero o de tejido tipo ixtle.

La época colonial - fundación de Loreto (1697-1822)

En 1697, un pequeño grupo de europeos y gente de la Nueva España llegaron a la península de Baja California para intentar fundar allí misiones entre los nativos que llamaban californios.

El 19 de octubre de ese año, un pequeño grupo al mando del padre superior Juan María de Salvatierra desembarcó de la galeota Santa Elvira en la bahía de San Dionisio, un lugar al que los nativos llamaban Conchó, que significa mangle colorado, donde encontraron un manantial de agua dulce. Se posesionaron de la tierra que posteriormente nombraron Real de Loreto. El 25 de octubre de ese mismo año realizaron una procesión solemne con la imagen de la Virgen de Nuestra Señora de Loreto, proclamando esa tierra como territorio español y fundando la misión permanente de la Virgen de Nuestra Señora de Loreto encabezada a por el mismo Padre Salvatierra. Con el establecimiento de la misión se extendió el sistema misional al resto de la península, conformando así el corredor conocido como Camino Real.

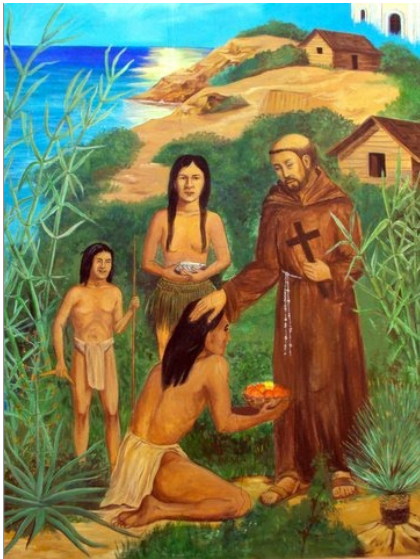
Un par de años más tarde (1699), el sacerdote jesuita Francisco María Píccolo fundó la Misión de San Francisco Javier de Viggé Biaundó, que hasta la fecha da servicio a la pequeña comunidad de San Francisco Javier que se encuentra enclavada dentro de los límites del municipio. Cabe destacar que durante esta época, esta comunidad ya obtenía agua de la Sierra de La Giganta, la almacenaba en represas y la distribuía por canales de riego para agricultura, que hoy en día se siguen utilizando. Durante años, los misioneros jesuitas trabajaron en forma pacífica en la península de Baja California, hasta que en febrero de 1768, les llegó la orden de expulsión de todos los dominios españoles decretada por Carlos III un año atrás.



En 1773 la Misión de Nuestra Señora de Loreto pasó a manos de la orden de los padres dominicos, que llegaron a estas tierras en el mes de octubre del mismo año; por su parte, los frailes franciscanos que habían estado en la misión por cinco años, partieron hacia la Alta California para proseguir con su labor evangelizadora.

En 1777, fray Junípero Serra fundó la Misión de San Carlos Borromeo del Río Carmelo, en la ahora ciudad de Monterey, California; ésta pasa a ser la capital de las Californias al ser nombrado el Padre Serra presidente de la orden de los jesuitas para las Californias.

En la región de Loreto estaban las misiones de La Purísima, Loreto, San Javier, Comondú, Mulegé, San Ignacio, Santa Gertrudis y San Francisco de Borja. Éstas fueron desapareciendo como consecuencia de la desaparición de las comunidades que en ellas habitaban.



Para entonces, no existía la actividad minera, lo que ralentizó el desarrollo de la región. Sin embargo, gracias a la actividad mercantil y la oportunidad que existía para colonizar la zona, se dio la colonización de Loreto.

Durante todos estos años, Loreto fue el puerto de entrada de víveres que abastecían el sur de la península y de personas que se dirigían a las misiones y el principal centro político, militar y administrativo de la península.

En 1804 son separadas las provincias de la Alta y Baja California con fines administrativos por lo que Loreto fue designada de nuevo capital, pero únicamente de la península de Baja California. Se nombra como Gobernador al capitán Felipe de Goicochea.

Cinco décadas después de que los españoles expulsaran a los misioneros jesuitas y la misión quedara en manos de los franciscanos y posteriormente en manos de los dominicos (Gobierno Municipal de Loreto, B.C.S., 2015), éstos últimos establecen otras misiones, y en parte gracias a esto, Loreto se mantiene como capital.

Con la salida de los jesuitas y el cambio de gobierno misional al civil, otras comunidades se van “independizando” cada vez más de Loreto.

Al morir Goicochea se designa al último Gobernador colonial de la provincia de Baja California, el capitán José Darío Argüello, quien concluye la etapa colonial en 1822, un año después de que México obtuviera su independencia.

La Constitución de la República Mexicana promulgada en 1824 establece un sólo gobernador para las Californias que tuviera su sede en la Alta California, pero con un vice-gobernador en Loreto que le representara.

Cuatro años después (1828), concluye la etapa histórica de Loreto cuando se traslada la capital provincial a San Antonio y posteriormente a Loreto.

De la etapa histórica a la modernidad (1848-1950)

Para 1848, con la pérdida de la Alta California por la guerra entre México y Estados Unidos, el gobierno de la provincia de Baja California se reorganiza, creándose de nuevo dos territorios con los Partidos Norte y Sur, que con el tiempo serían los estados de Baja California y Baja California Sur. A partir de ahí la región Loreto se inserta poco a poco en una economía en la que se van introduciendo actividades como la minería, agricultura, ganadería, comercio y pesca.

Durante esta época, la población en la región de Loreto fluctuaba constantemente debido a la llegada



Alemán Valdés.

de marinos y soldados que se dirigían a otras regiones. Para mediados del siglo XIX la población se constituía principalmente de rancheros y algunos comerciantes. La disponibilidad de predios con agua era reducida, por ello se mantuvieron las huertas de las misiones que eran de gran importancia para la economía local. Se cultivaba entre otras cosas caña de azúcar, higo, viña, dátil, olivo y algunos cítricos. Existía poca producción ganadera.

Estas condiciones y modo de vida continuaron por más de cien años, durante los cuales Loreto se mantuvo sin un crecimiento muy significativo.

En 1947, Loreto festeja el 250 aniversario de su fundación, motivo por el cual es visitado por vez primera por un presidente mexicano, el Lic. Miguel

Un año después dan inicio los trabajos de reconstrucción de la Misión de Nuestra Señora de Loreto. Por su parte, el palacio municipal ya estaba en etapa de construcción durante la administración del Gral. Agustín Olachea Avilés, Gobernador de Baja California Sur de 1946 a 1956.

Época contemporánea (1950-presente)

Históricamente, la economía de Loreto se había basado en la pesca y en la ranchería pero en la segunda parte del siglo XX, la sociedad y la economía de la región de Loreto sufrieron cambios fundamentales. La sociedad basada en una economía rural se transformó en una sociedad urbana con una economía basada predominantemente en la oferta de servicios.

En la década de 1970 Loreto comienza a resurgir debido a que en 1973 se termina la Carretera Transpeninsular que une a la península de Baja California de norte a sur y permite el tránsito carretero hasta la frontera México-Estados Unidos, además de unir la península con el sistema carretero mexicano. Al año siguiente inicia operaciones el Aeropuerto Internacional de Loreto y de esta manera queda comunicado con el exterior por vía aérea.



Unos años después comienza a haber escasez de agua e intrusión salina en los pozos y en el acuífero de Loreto. En marzo de 1989, la casi siempre tranquila población de Loreto marchó en protesta, bloqueando la carretera. Había dos problemas serios que enfrentar. Por un lado Aeroméxico había dejado de volar a los turistas que venían al destino,

dañando severamente la economía del lugar y por el otro, el abasto de agua se veía seriamente afectado a causa de la intrusión salina. Además, los loretanos tenían otras quejas. Había pocas calles pavimentadas y tenían grandes baches. El malecón se estaba deshaciendo y constituía un peligro caminar por ahí. Se había solicitado el apoyo del gobernador en turno, pero éste simplemente visitaba, hacía promesas, se iba y se olvidaba del asunto.

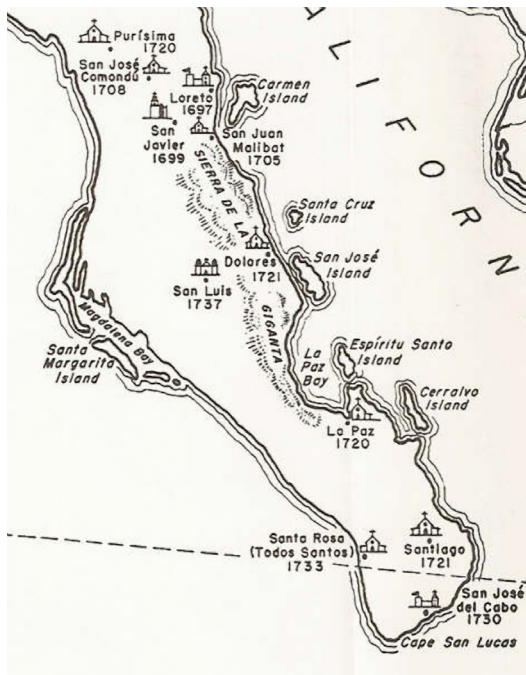
Finalmente, el pueblo se hartó. Se hicieron manifestaciones y discursos y a alguien se le ocurrió la idea de bloquear la carretera. La población se organizó. Esto atrajo la atención de los políticos y de la prensa. El gobernador respondió enviando un representante a hacer más promesas. Los ciudadanos

con toda educación ofrecieron al representante un vaso con agua para beber y cuando la probó, se dio cuenta que sabía a sal. Notificó al gobernador y bastó con esto para que éste se presentara en Loreto donde fue recibido en el aeropuerto por una callada multitud, determinada a que esta vez sí se hiciera algo para solucionar los problemas del pueblo y exigir la construcción de un acueducto que proviniera de San Juan Londó. Los periódicos reportaron los hechos.

Tres meses después se reanudó el servicio de la línea aérea y un año y medio después el presidente de México en turno, Carlos Salinas de Gortari, visitó Loreto para inaugurar el inicio de las obras del sistema de agua proveniente de los pozos de Rancho San Juan Londó localizados a 30 kilómetros al norte del pueblo de Loreto.

(Tomado de: Loreto, Baja California Sur: First Mission and Capital of Spanish California, Ann & Don O'Neil, Tío Press, Los Ángeles, CA. 2001

No fue sino hasta 1992 que Loreto se convirtiera en municipio. La región ahora depende principalmente del turismo de pesca deportiva. El medio ambiente ha comenzado a exhibir señales de degradación debido al uso inadecuado de los recursos naturales y a la falta de esfuerzos adecuados de conservación (Fuente, 2003).



Si la economía de Loreto fuera a experimentar un gran crecimiento en los próximos años, este crecimiento se basaría en el turismo y en el desarrollo de bienes raíces. Por otro lado, la región de Loreto es rica en minerales, pero la minería presenta riesgos para el medio ambiente. El reto para Loreto es explotar **sosteniblemente** su potencial de crecimiento económico, lo que significa vivir tomando en cuenta los límites de sus recursos naturales, especialmente el agua.

Capítulo 2: Un ecosistema sano

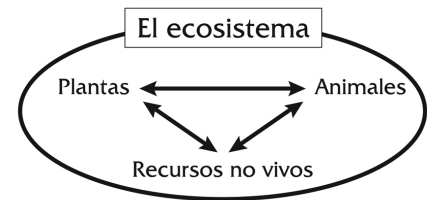
Actividad 1- El Mapa Conceptual del Ecosistema

Antecedentes

La importancia del Mapa conceptual del Ecosistema

¿Por qué es importante el Mapa conceptual del Ecosistema y por qué se utiliza tantas veces?

- Nosotros los humanos somos totalmente dependientes de la salud de nuestros ecosistemas para nuestra supervivencia.
- El Mapa conceptual del Ecosistema nos arroja una imagen clara de los factores bióticos y abióticos que están en juego y las relaciones que se dan entre ellos.
- El uso de los recursos naturales de nuestros ecosistemas debe ser sostenible para nuestra continua supervivencia y nuestra calidad de vida.
- Utilizar el Mapa conceptual del Ecosistema como herramienta didáctica nos ayuda a plantear preguntas sobre cómo han afectado nuestras acciones a los ecosistemas en el pasado y cómo algunas acciones propuestas podrían afectar a nuestros ecosistemas en el futuro y se puede aplicar una y otra vez a diferentes situaciones. ¡Nuestra calidad de vida depende mucho del análisis que hacemos con esta herramienta!



La **ecología** es la ciencia que estudia las interacciones que se dan entre los organismos vivos y su ambiente. La unidad de estudio de la ecología es el ecosistema. Un **ecosistema** es una comunidad de animales y plantas que interactúan entre sí y con su ambiente físico. Un **sistema** es un conjunto de cosas que interactúan entre sí como un todo. Las **entradas** al sistema siguen un camino llamado **circuito de retroalimentación**. La retroalimentación es continua y produce consecuencias, llamadas **resultados**, que pueden ser **positivos** o **negativos**. La retroalimentación positiva significa que la entrada agrega (+) algo al sistema, mientras que la retroalimentación negativa significa que la entrada disminuye o resta (-) algo del sistema. Utilizados de esta manera los términos positivo y negativo no significan bueno o malo sino que describen un sistema que va teniendo cada vez más o cada vez menos de algo, produciendo con esto diferentes resultados o **consecuencias**.

Veamos un sencillo ejemplo mecánico que tiene que ver con un auto. Al ir de bajada se cambia a una velocidad menor o se aplica suficiente presión a los frenos (la entrada disminuye) para mantener el control. Se está aplicando **retroalimentación negativa**, es decir, se resta algo del sistema (frenar, cambiar a una velocidad más baja) para mantener la velocidad deseada. Si los frenos o la transmisión de velocidades fallan, se aumenta la velocidad (el resultado es mayor), finalmente yendo tan rápido que se pierde el control y se choca, produciéndose una **retroalimentación positiva**. El no frenar y el aumento de velocidad alimentan positivamente al sistema, es decir le agregan algo, inestabilizándolo y haciendo que el auto choque.

Ahora considere agregar lo siguiente a este sencillo sistema: una sinuosa bajada, poderosas corrientes de viento provenientes de uno de los lados del auto, y una familia de codornices cruzando la carretera en busca de refugio. Estas entradas no tienen nada que ver con su auto, pero podrían afectar su avance al crear un circuito de retroalimentación positiva que daría como resultado un choque. O, con base en su excelente manejo del auto y el control de sus frenos, se crea un circuito de

retroalimentación negativa y usted continúa su camino con éxito. Siempre que usted esté manejando su auto, el circuito de retroalimentación está operando y puede cambiar de positivo a negativo, dependiendo de las diferentes entradas y resultados.

Ejemplos de retroalimentación positiva y negativa

- Un buen ejemplo de esto a nivel local es la interacción entre el conejo y el coyote, su depredador. Una abundante precipitación (entrada) produce un gran crecimiento en las plantas (producto) que proporcionan el alimento para los conejos (retroalimentación positiva). La población de conejos aumenta (consecuencia), esto a su vez da como resultado un crecimiento (más +) de la población de los coyotes (retroalimentación positiva). Los coyotes se comen a los conejos (entrada) y la población de conejos disminuye, y posiblemente aún más rápido si comienza una sequía (consecuencia). Posteriormente, debido a una población menor de conejos (entrada), la población de los coyotes también disminuye (producto) por falta (menos -) de alimento (retroalimentación negativa). La consecuencia en este caso sería un ecosistema en equilibrio. Ésta es una explicación muy sencilla que no toma en cuenta otros factores, tales como la disponibilidad de otro alimento para los coyotes, o la presencia de otros depredadores de los conejos. Sin embargo, se puede ver que el cambio mismo puede retroalimentarse, produciendo otro cambio.
- Otro ejemplo es un reto que nos es familiar a muchos: el control del peso. Cuando ingerimos alimento, entra energía (calorías) al cuerpo. Nuestro cuerpo utiliza esa energía para su metabolismo y para otras actividades como el ejercicio. Si ingerimos más calorías en forma de alimento (entrada) de las que quemamos o utilizamos, la energía se almacena en forma de grasa (producto). La consecuencia podría ser que necesitemos comprar ropa de talla más grande. Éste es un ejemplo de retroalimentación positiva (+), ya que estamos agregando algo al sistema.

Por otro lado, si decidimos que no queremos comprar unos pantalones de talla más grande, necesitamos restar energía del sistema (reducir el consumo de calorías). Ésta es otra entrada y es retroalimentación negativa (-): algo que aplica un freno y devuelve el equilibrio al sistema. Podemos restar energía al sistema de dos maneras (entradas): ingiriendo menos energía (alimento) o quemando más energía (ejercicio). El producto va a ser menos grasa, y la consecuencia va a ser que nos queden nuestros pantalones viejos.

Si continuamos agregando una entrada de mayor consumo de calorías (retroalimentación positiva), el producto va a ser mayor almacenamiento de grasa. Si el freno (retroalimentación negativa) no se aplica al sistema, dicho sistema podría salirse de control y colapsarse; las consecuencias, por tanto, podrían ser un ataque al corazón, diabetes, u otro serio problema de salud.

La retroalimentación se da dentro de la **estructura y función** de un ecosistema. En la discusión que se encuentra a continuación, el *Mapa Conceptual del Ecosistema* y las palabras clave del vocabulario están escritas en negritas.

Interacciones del ecosistema y flujo de energía.

La interacción es el flujo de energía dentro del ecosistema. El flujo



comienza cuando las plantas reciben y transforman la energía del sol en alimento para ellas mismas por medio de la fotosíntesis. La energía se pasa después a los animales mediante redes alimentarias que se inician con los herbívoros que se comen a las plantas. La energía se vuelve a pasar cuando los carnívoros se comen a los herbívoros. Cuando los animales defecan o se mueren, sus nutrientes minerales se regresan vuelta a la reserva de recursos no vivos, en un ciclo apoyado por la acción de las bacterias, nematodos, hongos y otros organismos. Las interacciones en todos los niveles mantienen un ciclo continuo que transfiere los nutrientes por todo el sistema.

Estructura del ecosistema

La estructura de un ecosistema consiste en factores abióticos (no vivos) que sostienen la vida. Si la estructura cambia, también cambian las condiciones para la vida. Generalmente, los factores estructurales son seres no vivos, pero ocasionalmente pueden serlo, como lo son los árboles de un bosque. Los árboles vivos sirven de estructura en la que los animales y plantas del bosque viven e interactúan.

Factores abióticos (no vivos):

- incluyen el agua, minerales, luz solar, aire, y suelo;
- proporcionan tanto las condiciones como los límites para la vida;
- pueden cambiar por su duración, intensidad, calidad y cantidad; y
- pueden marcar los límites para que los organismos vivan en un medio.



Energía solar

La **energía solar** es cualquier forma de energía irradiada por el sol. La energía entra

al ecosistema como luz solar, es transferida por los productores (plantas verdes) como energía química mediante la fotosíntesis y luego de organismo a organismo a través de las redes alimentarias.

Energía geotérmica

La **energía geotérmica** proviene del fondo de la tierra. La energía geotérmica se manifiesta en forma de vapor, agua caliente, o directamente de las rocas calientes que se pueden encontrar cerca de la superficie o varios kilómetros debajo de ella. Las innovaciones tecnológicas nos permiten recoger esta energía para satisfacer necesidades humanas. Los Campos Geotérmicos de Cerro Prieto se localizan cerca de la Falla de Cerro Prieto, en Mexicali. El Valle Imperial es una de catorce áreas en California donde la energía geotérmica se utiliza para generar electricidad. Es energía “verde” porque no se liberan gases de invernadero en el proceso. El Área Geotérmica del Valle Imperial consiste en 10 plantas generadoras con una capacidad combinada de 327 nuevos megawatts.

Clima

El clima es el patrón promedio del estado del tiempo de una región incluyendo la temperatura, precipitación y viento. Las variaciones estacionales son importantes. Las diferencias de clima de un lugar a otro determinan las condiciones de vida. El clima es un detonador clave para los cambios que ocurren en los ecosistemas.

El clima de Loreto es predominantemente caliente y seco. El promedio anual de precipitación es de 185 mm, ocurre principalmente durante la temporada de huracanes y usualmente se concentra en unos

pocos eventos de tormentas fuertes durante septiembre, octubre y noviembre (Maddock, 2005). La temperatura promedio de Loreto es de 24.4 ° C. Las temperaturas son calurosas de junio a octubre. En los días de verano se tienen máximos de 34 ° C y alta humedad.

La sombra pluviométrica.

Existen tres reglas básicas de la termodinámica atmosférica:

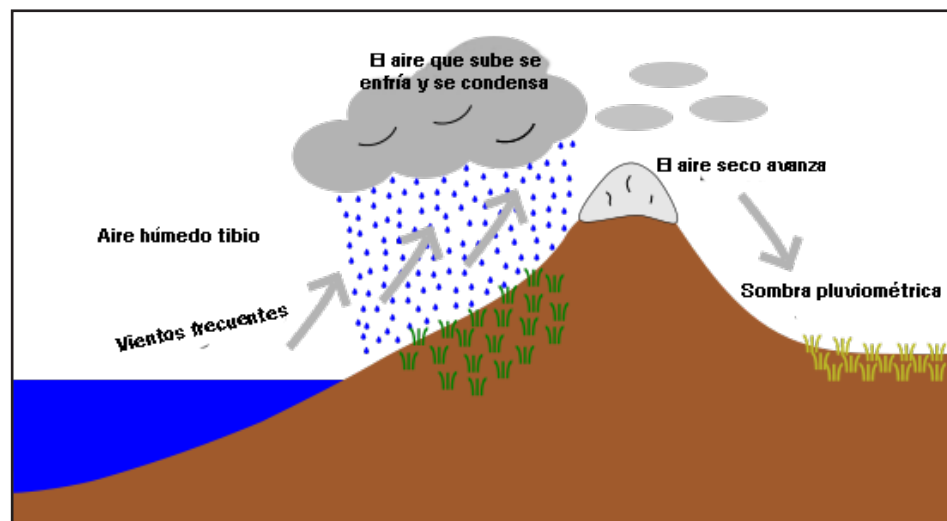
- 1) el aire caliente sube y el aire fresco baja.
- 2) El aire que sube se expande y refresca mientras que el aire que baja se contrae y se calienta.
- 3) El aire caliente puede contener más vapor de agua que el aire fresco.

Vamos a ver cómo estas reglas se aplican a la región de Loreto. Continúe refiriéndose a estas tres reglas mientras lee el siguiente párrafo.



Figura No. 1. Localización del acuífero Loreto

De enero a marzo, los vientos soplan del Noroeste (durante la noche) y del Norte (durante el día) El resto del año, los vientos soplan generalmente del Oeste. El viento recoge vapor de agua del Océano Pacífico. La sombra pluviométrica se forma cuando las nubes de tormenta llenas de agua se enfrían al viajar hacia arriba y por encima de la Sierra de La Giganta. El aire más frío ya no puede mantener la humedad que contenía, así que la lluvia cae en las laderas de las montañas ubicadas de frente al viento. Debido a que ahora el viento está más frío, baja hacia el costado oriente de las montañas, haciéndose más caliente otra vez. Finalmente, ahora que el aire está más caliente, puede contener humedad y puede evaporar la poca humedad que pudiera haber en el desierto. La Sierra de La Giganta forma la barrera que crea este desierto de sombra pluviométrica en la región de Loreto.



Los ciclones tropicales.

La región de Loreto, al igual que el estado de Baja California Sur, se encuentra en una zona de riesgo ciclónico muy alto. La temporada ciclónica en el Pacífico Nororiental comienza a mediados de mayo y termina a fines de noviembre, pero la región de Loreto se ve afectada principalmente durante los meses



de agosto a octubre. Los ciclones tropicales contribuyen con una aportación importante de lluvia.

Los ciclones tropicales se forman en las aguas cálidas cercanas al ecuador y tienen su origen en algunas perturbaciones tropicales, como son las ondas del este. Su trayectoria es por lo general hacia el oeste y noroeste, pero cuando alcanzan una latitud de 25° norte, tienden a moverse hacia el este y noreste.

Patrones de precipitación

La cantidad de precipitación anual es muy variable en la región, pero el régimen de lluvias tiene un patrón muy definido. En el verano, la cuenca de Loreto recibe el porcentaje más alto de precipitación, aproximadamente 60% de la lluvia anual; mientras que en el invierno recibe cerca de 20% del total y la primavera corresponde a la época de secas. Las lluvias de verano son principalmente de origen convectivo y ciclónico, y su intensidad es mayor que las de invierno que son de origen frontal. Los fuertes aguaceros de verano pueden originar intensos escurrimientos y avenidas en los arroyos que, a su vez, pueden inundar las zonas bajas de la cuenca de Loreto y afectar las construcciones asentadas irregularmente en sus cauces.



Calentamiento global

La acumulación de gases de invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), óxido nítrico y metano, atrapan, dentro de la atmósfera, el calor que normalmente se escaparía. Llamado el efecto invernadero, esta acumulación incrementa las temperaturas y lleva al calentamiento global. El actual incremento de emisiones de CO₂, con las crecientes elevaciones de la temperatura atmosférica, es un ejemplo de un circuito positivo de retroalimentación.

Fuego

Los incendios son parte natural e importante del ambiente y ocurren cuando, 1) hay una acumulación de materia seca que puede quemarse, 2) hay condiciones secas en el estado del tiempo que hacen dicha materia inflamable, 3) hay una fuente de encendido natural (relámpagos) o creada por los humanos

(cerillos, fogatas). Los incendios ayudan a despejar las hojas y ramas secas y a reciclar los nutrientes. Algunos biomas, como los pastizales, sabanas, chaparral y otros tipos de bosques están adaptados a los incendios periódicos para mantener su estructura.

En estos sistemas, la recuperación de las plantas es bastante rápida.



Suelo o sustrato

Incluye la **roca madre**, el tipo de **suelo** incluyendo textura, composición química, acidez, alcalinidad (pH), **nutrientes**, basura, y restos animales. El humus es la materia que se forma en el suelo por la descomposición de los restos de plantas y animales. Se mezcla con trocitos de roca, agregando nutrientes al suelo e incrementan la retención de la humedad. El tipo de roca determina su capacidad de aguantar el desgaste o su capacidad para deshacerse en pedazos más pequeños por los procesos naturales como la lluvia, viento, raíces de plantas y cambios de temperatura.

Geología

Es la ciencia que estudia la naturaleza física e historia de la Tierra. El estudio incluye la estructura y desarrollo de la corteza terrestre, la composición del interior, los tipos individuales de rocas y las formas de vida que se encuentran en forma de fósil.

- Las **configuraciones geográficas** se refieren a las características topográficas de la superficie de la tierra tales como montañas, cuencas, cañones y **abanicos aluviales**. Estas características son causadas por la erosión, sedimentación o movimiento (o tal vez, a lo largo del tiempo, por los tres).
- La **topografía** se refiere a la superficie de la tierra y, a escala local, considera la inclinación de una ladera, lo plano de un terreno y si las laderas están de cara al norte o al sur. Las laderas de cara al norte reciben menos sol durante el día y las de cara al sur más.
- Las **fallas** son rupturas o fracturas en las rocas de la corteza terrestre por las que ocurren movimientos. Estas fracturas se pueden localizar a lo largo de los límites de las placas tectónicas. La Zona de la Falla de San Andrés separa la Placa de Norte América de la Placa del Pacífico. Esta falla inicia en la orilla oriental de la Laguna Salada, al este del Condado de San Diego y sigue hacia el norte.
- Un **centro de expansión** es un límite divergente (que se separa) de las placas tectónicas donde se produce nuevo sustrato de lecho marino por el magma emergente. El Levantamiento del Pacífico Este (East Pacific Rise) es un centro de expansión tectónico que comienza en la Antártida y continúa hacia el norte. Su movimiento separó a la Península de Baja California de la masa territorial de México, formando el Golfo de California.

Ubicación

Describe el lugar del ecosistema en el planeta. Incluye su **longitud**, **latitud** y **elevación**, los cuales determinan el clima local. También puede definir una **cuenca hidrológica**, que es el área de donde drena el agua, o la región que contribuye agua a un río o sistema fluvial.



Agua

Todos los seres vivos requieren de agua limpia para sobrevivir. Sin embargo, el agua puede no estar disponible donde se necesita, o puede estar disponible únicamente de forma que no se puede beber. El agua se presenta en tres estados: **sólido**, **líquido** y **vapor**. El agua puede ser **dulce** o puede ser **salada**. El agua puede estar **contaminada** por contaminantes y/o microbios que pueden enfermar a quien la beba. El **agua superficial** se encuentra arriba de la superficie terrestre en lugares como presas, lagos, ríos o estanques. El **agua subterránea** se almacena en acuíferos subterráneos y es bombeada a la superficie para ser utilizada.

Ciclos

Un ciclo es una serie de acontecimientos que suceden en el mismo orden repetidas veces.

- Ciclos **químicos** son los ciclos de elementos que fluyen entre la atmósfera y los seres vivos. Existen dos tipos de ciclos químicos: gaseosos y sedimentarios. La reserva principal de nutrientes para los ciclos gaseosos está en la atmósfera y en los océanos. Para los ciclos sedimentarios, la reserva principal de nutrientes se encuentra en el suelo y en las rocas de la corteza terrestre. Algunos ciclos importantes de la naturaleza son los ciclos del **carbono**, **nitrógeno**, **oxígeno**, **azufre**, **fósforo**.

El ciclo del **carbono** proporciona una materia esencial para las células y ayuda a regular las temperaturas atmosféricas.

El ciclo del **nitrógeno** proporciona un elemento necesario para que las células construyan proteínas y genes.

El **oxígeno** es contribuido al aire por medio de la respiración de las plantas verdes. Los animales respiran el oxígeno que es utilizado por su cuerpo para quemar el alimento (oxidación), lo que produce energía.

El ciclo del **azufre** ayuda a regular las temperaturas globales (junto con el oxígeno), además de proporcionar un elemento esencial para todas las células vivas.

El ciclo del **fósforo** proporciona materia para las membranas de las células, genes, dientes y huesos.

- Ciclos de **vida** son los ciclos de las plantas y animales que marcan cómo nacen, crecen, se reproducen y mueren los seres vivos.
- Ciclos de **tiempo** son los que marcan el paso normal del tiempo que afecta la vida en la tierra en diferentes escalas: **diario** (24 horas que pasan de la noche al día), **estacional**, **lunar** y otros. Los organismos pueden adaptarse a secciones particulares de un ciclo. Por ejemplo, los búhos cazan de noche y los halcones de día.
- El ciclo del **agua** es un ciclo propulsado por el sol. El agua está en continuo movimiento entre la superficie de la Tierra y el aire mediante los procesos de evaporación, condensación y precipitación.

Función del ecosistema

Funcionar significa que el sistema, órgano o parte de un animal o planta trabaja bien.

Factores bióticos (vivos):

- incluyen todos los organismos vivos, desde el más simple hasta el más complejo, y de productor a consumidor;
- pueden ser modificados por los factores no vivos tales como el estado del tiempo, tipo de suelo, fuego o ubicación; y
- afectan las co-acciones (bio-interacciones), que varían de una completa cooperación y/o dependencia, a un total antagonismo y competencia. Un ejemplo de dependencia es la mariposa monarca adulto, que pone sus huevecillos en la planta de asclepias. Después de que los huevecillos se rompen, las larvas se alimentan exclusivamente de la asclepias. La planta es venenosa para la mayoría de los otros insectos y de otros animales que se alimentan de hierbas y pastos.

Hábitat

Un hábitat incluye las condiciones físicas de un área que apoya a la comunidad de plantas y animales adaptados a esas condiciones. Las condiciones físicas son producto del clima regional y del estado del tiempo actual y proporcionan las condiciones de temperatura y humedad del hábitat. Los procesos geológicos, que operan en el tiempo, proporcionan las configuraciones geográficas, la topografía y los suelos. La biodiversidad de los hábitats dentro de una región se determina por éstos y otros factores abióticos (ver el Mapa Conceptual del Ecosistema). Los hábitats cambian constantemente y las comunidades vivas se adaptan continuamente.

El área del hábitat que es más familiar y más frecuentemente utilizada por un animal se llama espacio vital o territorio.



Los hábitats de la región de Loreto

En este estudio del ecosistema de la región de Loreto, hemos listado los hábitats que corresponden al mapa de vegetación/uso de terreno que los estudiantes van a utilizar cuando estudien la región de Loreto en el Capítulo 3, Actividad 2.

- **Playa.** La orilla del mar es el límite entre los ecosistemas terrestres y marinos y se llama zona costera, En algunos casos esta orilla está formada por rocas que penetran hasta el mar. En otros, la orilla está formada por playas arenosas o pedregosas.

Las costas rocosas están habitadas por organismos que tienen mecanismos especiales para agarrarse del sustrato sólido, que son las rocas. También están adaptados para aguantar daño por las olas, desecación, temperaturas extremas y cambios en la salinidad.

Las playas arenosas son ciertamente más conocidas que las rocosas debido a que son utilizadas como sitios recreativos. Al mismo tiempo, presentan una gran diferencia con las zonas rocosas en donde se observa una gran cantidad de vida. En las playas arenosas las olas rompen constantemente, moviendo la arena e impidiendo que cualquier planta o animal trate de fijarse al sustrato. Las playas arenosas contienen organismos microscópicos en su mayoría, y los macroscópicos, por las condiciones naturales, tienen que vivir bajo el sustrato, o sea la arena.

- **Dunas.** Las playas arenosas del océano presentan frecuentemente dunas de arena. Éstas se forman debido al viento que sopla sobre la arena de la orilla de la playa hacia tierra adentro. Su altura y su movimiento se determinan por la dirección e intensidad del viento.

El conjunto de dunas más cercano al océano se llama dunas primarias. Detrás de las dunas primarias hay un área que se denomina valle. Aquí es donde se encuentran pequeñas corrientes de viento que forman montículos de arena. En el valle hay vida vegetal debido a que las dunas primarias disminuyen la velocidad del viento y la salinidad, lo que permite que exista un ambiente más favorable para el crecimiento de las plantas.

Una función importante de las plantas en las dunas es la de disminuir el movimiento de su arena. Las dunas que no tienen plantas se mueven o avanzan más rápido que las dunas que tienen plantas. En cuanto las dunas se van llenando de vegetación se vuelven más estables, aunque sigue habiendo un movimiento mínimo. La

vegetación de las dunas estables está formada por más especies diferentes que la de las dunas no estables debido a que su ambiente es menos cambiante.

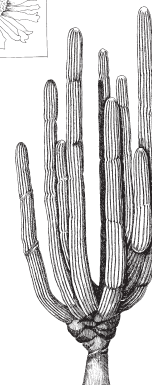
- **Humedales.** Un humedal es una extensión de tierra que está cubierta por una capa poca profunda de agua salada o dulce, ya sea de forma temporal o permanente. La mayoría de los humedales de nuestra región están asociados a cuerpos de agua junto al mar, y se les conoce como esteros o estuarios, en donde la marea tiene un *efecto* muy importante. Las plantas de los humedales se tienen que adaptar a un ambiente salado, y a este tipo de vegetación se le llama vegetación halófila. Las plantas halófitas no requieren de la sal para crecer, pero pueden sobrevivir en un ese ambiente salado porque han desarrollado los medios para neutralizarla. Las plantas pueden excretar la sal a través de poros especiales en sus hojas, como lo hace la espartina, o la almacenan y la diluyen en células especiales, como lo hace la salmuera. El mangle excreta la sal a través de sus raíces. Los manglares tienen una enorme diversidad biológica con alta productividad y en ellos se encuentra un gran número de especies de aves, así como de peces, crustáceos y moluscos.

- **Desierto: Matorral sarco-crasicaule.** Esta comunidad vegetal incluye dos tipos de matorral: el crasicaule y el sarcocaul. Es definido por especies de tronco y ramaje grueso, generalmente tortuoso, con plantas vigorosas. Se localiza principalmente en las planicies aluviales, es decir, en suelos formados por el depósito de sedimentos que acarrearán las aguas superficiales. Está constituido principalmente de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos. Especies típicas son el cirio



(*Fouquieria columnaris*), cardón (*Pachycereus pringlei*), torote (*Pachycormus discolor*), candelilla (*Pedilanthus macrocarpus*), ciruelo cimarrón (*Cyrtocarpa edulis*), pitaya dulce (*Stenocereus thurberi*), torote colorado (*Bursera microphylla*), lomboy blanco (*Jatoppha cinérea*), palo adán, (*Fouquieria diguetii*), y cholla (*Opuntia spp.*).

• **Desierto: Matorral sarcocaula.** Esta agrupación se caracteriza por la dominancia fisonómica de árboles y arbustos de tallo grueso, de crecimiento tortuoso, semi-suculentos, de madera blanda y con algunas especies que poseen corteza papirácea y exfoliante. El ecosistema de matorral comparte atributos de la vegetación propiamente desértica (matorral xerófilo) y de bosques secos tropicales. Predominan los arbustos bajos, achaparrados, cactáceas cilindrocaules, columnares y rastreras, cactus succulentos, especies sarcocaulas, árboles leñosos y arbustos leñosos. El ramaje tortuoso y las características raticulares (en forma de red) de dichas plantas cumplen la función de retener el suelo, ejerciendo cierta resistencia a la erosión. Cercano o bajo dichos arbustos se crean micro hábitats que favorecen el resguardo de roedores, reptiles, invertebrados y microorganismos.



Generalmente se presenta sobre lomeríos, bordes de arroyos y planicies aluviales. Especies típicas son matorra (Jatoppha cunneata), lomboy (Jatoppha cinérea), torote (Bursera microphylla), copal (Bursera hindsiana), palo adán (Fouquieria diguetii), pitaya agria (Stenocereus gummosus), pitaya dulce (Stenocereus thurberi), cardón (Pachycereus pringlei), que es considerada una especie emblemática del desierto y puede llegar a vivir hasta 300 años, viejito (Mammillaria spp), biznaga (Ferocactus spp), palo fierro (Olneya tesota), tronadora (Cardiospermum corindum), ciruelo cimarrón (Cyrtocarpa edulis).

• **Mezquital.** La asociación vegetal que se encuentra en los márgenes de los arroyos se conoce como mezquital. Las especies que la caracterizan son: mezquite amargo (Prosopis articulata) y palo fierro (P. palmeri), iguajil (Schoepfia californica), otatave o huitatave (Vallesia glabra) y huisache (Acacia farnesiana). Estas plantas extienden largas raíces hacia abajo para llegar al agua subterránea. Los mezquicales generalmente se encuentran alterados por las actividades humanas y el ganado doméstico. El mezquite es un importante recurso para los habitantes del medio rural, pues el leño de troncos y ramas representan una fuente de energía calorífica de primera calidad. Un aspecto refinado de este uso es la elaboración de carbón, actividad que implica cierto valor agregado y que puede ser practicada de manera sostenible.



• **Selva baja caducifolia.** Se encuentran en las laderas de las montañas, en cañones y pie de montes en altitudes de entre 100 y 1000 metros sobre el nivel medio del mar donde recibe una aportación pluvial mayor que las elevaciones más bajas. Durante la época seca (de abril hasta julio), los árboles y arbustos pierden las hojas. La vegetación crece profusamente durante la época de lluvias. Los árboles del sotobosque y de las capas interiores conservan el follaje durante todo el año. Las principales especies son mauto (Lysiloma divaricata), palo blanco (L. candida), torote colorado (Bursera microphylla) y palo escopeta (Albizzia occidentalis). Hay algunas plantas herbáceas, representadas por la mala mujer (Cnidoscous angustidens) y la buena mujer (Aster spinosus) y cactáceas como la biznaga (Ferocactus spp.).

Nicho

Un nicho ecológico es el estilo de vida de un organismo. Es el conjunto de comportamientos que utiliza

para encontrar alimento, agua, refugio y un lugar para aparearse y criar a sus pequeños. En otras palabras, es la manera en que el organismo satisface sus necesidades bióticas. Un hábitat es donde vive una especie particular; su nicho es la forma en que vive. Podríamos decir que el hábitat de una especie es su domicilio y que el nicho es su trabajo.

Adaptación

Las adaptaciones son ajustes a las presiones del ambiente.

Para aumentar sus oportunidades de supervivencia, todos los organismos vivos se adaptan constantemente a los cambios que se dan en su ambiente. Tener éxito significa que un organismo tiene crías que también tienen crías. A continuación se presenta una lista de los requerimientos básicos para que un organismo tenga éxito de vida, PASS por sus siglas en inglés:

- **P**rotección contra los elementos y los enemigos.
- **A**limentación adecuada. Esto se refiere de nuevo a la “**capacidad de carga** del ecosistema”.
- **S**itio adecuado donde vivir.
- **S**ituaciones y condiciones adecuadas para la reproducción.

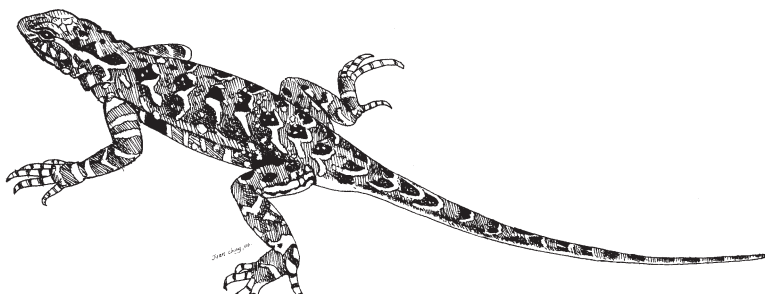
La capacidad de carga de un ecosistema es el número máximo de organismos que pueden vivir con los recursos disponibles. Las poblaciones de organismos tenderán a crecer hasta la capacidad máxima de carga y luego irán disminuyendo para reajustarse por medio de retroalimentaciones tales como, enfermedades, depredación y hambrunas. Los ecosistemas, aun los más pequeños, son muy complejos, ya que tienen cientos o hasta miles de especies que influyen en sus poblaciones mutuas.

• **Adaptaciones de comportamiento.** Los organismos se pueden ajustar a las cambiantes condiciones ambientales ajustando sus comportamientos. Los animales aprenden. Una población de gorriones carpinteros pasa aproximadamente 10% de su tiempo utilizando ramas y espinas de cactus para sacar a los insectos y arañas de sus agujeros en los árboles. En Australia, cuarenta y un delfines hembra, de una población de varios miles de delfines, han sido observados llevando esponjas en la boca para rascar la arena y asustar a los peces que se esconden en ella. Un delfín suelta la esponja mientras se come a los peces y luego la vuelve a tomar para continuar buscando peces. Algunas plantas pueden ajustar la orientación de sus hojas torciendo su tallo para que, ya sea la parte aplanada de la hoja o la orilla, esté de cara al sol. También pueden cambiar su tamaño, haciendo que las hojas que están a la sombra de otras hojas crezcan más. Estas adaptaciones permiten que la planta absorba la cantidad correcta de luz solar para realizar la fotosíntesis sin perder humedad.

• **Adaptaciones de especie.** Los individuos cambian genéticamente a lo largo del tiempo, permitiendo que las poblaciones vivan con éxito en un ambiente. Por ejemplo, un desprendimiento de tierra aísla a una población de animales, proporcionando nuevas condiciones para la supervivencia. Algunos individuos ya llevan los genes que permiten la adaptación a las nuevas condiciones. Con el tiempo, estos individuos tienen éxito produciendo crías que ya llevan consigo esas características genéticas. A medida que aumenta la población de individuos exitosos, se pueden convertir en una especie nueva. Esto se llama evolución por selección natural y sucede todo el tiempo. Ver **Poblacion** más abajo.

Factores limitantes

Si hay demasiado o muy poco de algo, un animal o una planta puede no vivir en un ambiente



particular. El agua es el factor limitante en el desierto. Muchas plantas y animales se han adaptado a vivir con muy poca agua, pero existe un límite más bajo en el que mueren. En una marisma salada, la sal o el grado de salinidad es el factor limitante. Las plantas que allí viven se han adaptado secretando sal o diluyéndola y almacenándola en sus células.

El sodio y el potasio son sales necesarias para la actividad metabólica, pero en concentraciones altas son tóxicos. Las aves marinas, como las gaviotas, y los reptiles del desierto como la iguana del desierto, tienen glándulas nasales que permiten que el animal secrete de su cuerpo la sal que ingiere. Los niveles bajos de nitrato en los suelos del desierto pueden limitar el crecimiento de las plantas. Refiérase a la sección de Ciclos para ver el papel que juegan el nitrógeno y el fósforo en el metabolismo celular.

Población

Una población es un grupo de individuos de una especie en el mismo lugar y en el mismo tiempo. Un individuo tiene los genes de sus padres, que ya llevan las adaptaciones específicas que le permiten sobrevivir. Las poblaciones comparten un acervo genético común. Como unidad evolutiva se pueden adaptar a condiciones ambientales específicas a lo largo de las generaciones. Ver **Adaptaciones de especie** más arriba.

La vida nunca se vive como seres individuales solitarios. Los individuos siempre se reproducen para formar poblaciones grandes y pequeñas. La población tiende a crecer a medida que ésta aprovecha los recursos disponibles. La cantidad de población rara vez alcanza la **capacidad de carga** del ambiente. El

ambiente limita a las poblaciones de diferentes maneras por medio de la **retroalimentación**:

- Depredación por otras especies.
- Territorialidad – por ejemplo, un ave macho reclama derechos exclusivos de un área espantando a las demás aves.
- Eliminación de crías rivales (un león macho o un oso pardo mata a las crías de sus rivales machos).
- Competencia entre individuos cuando existe un suministro limitado de alimentos.
- Dispersión – los animales pueden mover sus lugares de anidación a un área nueva o ajustar sus áreas de alimentación.

Si estos métodos no llegan a funcionar, las condiciones empeoran. Las enfermedades y las tasas de mortandad aumentan, especialmente para los individuos jóvenes, ancianos y débiles. Las tasas de natalidad también disminuyen y todos estos factores llevan a un declive en la población (retroalimentación negativa).

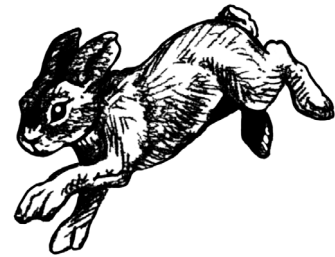
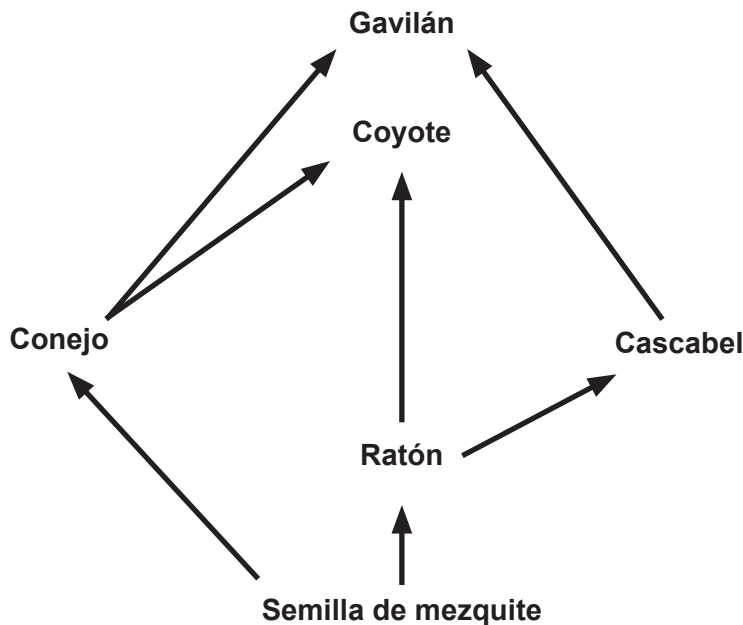
Comunidades

En la naturaleza, las **comunidades** son todas las poblaciones de especies que interactúan en un área local. Las comunidades de plantas y animales viven en hábitats. Los miembros de la comunidad van cambiando a medida que las condiciones del hábitat cambian. Por ejemplo, las cañadas angostas pueden contener más agua para mantener árboles, que un abanico aluvial, que mantiene sólo arbustos. En general, las comunidades se nombran según la planta o asociación de plantas dominantes, pero también incluyen a todos los animales que se mantienen con la vegetación. Por ejemplo, el matorral costero de salvia es una asociación de plantas aromáticas que se encuentra desde la costa del Pacífico hasta las laderas de los montes a 500m (1,500 pies) de altura.

Redes alimentarias

Las **redes alimentarias** describen las complejas relaciones que existen entre los **productores**

primarios (plantas), los animales que comen plantas (**herbívoros**) y los animales que comen animales que comen plantas (**carnívoros**). El término consumidores se refiere tanto a los herbívoros como a los carnívoros. Algunos animales, llamados **omnívoros**, son ambas cosas. Por ejemplo, los coyotes nunca pierden una oportunidad; comen cualquier cosa incluyendo insectos, aves pequeñas, roedores, reptiles y gatos domésticos que se apartan de sus hogares.



Nota: Es importante que las flechas apunten en la dirección del flujo de energía.

Pirámide alimentaria

La **pirámide alimentaria** nos da una imagen de las cantidades. Los consumidores – los humanos, pumas, pájaros carpinteros y ratones –son los animales más visibles de este planeta. Pero TODOS los consumidores no igualan en número o peso a los billones de hojas en las plantas y espigas de hierbas que se requieren para nutrir a los animales. El segundo lugar en peso es el equipo de limpieza, esos trillones de microbios recicladores, que en gran parte no se ven, y que procesan nuestro estiércol y a nuestros muertos. Una pirámide alimentaria— con todos los productores en la base de la pirámide manteniendo a los herbívoros que están en medio y a sus pocos depredadores que se encuentran en la parte superior— ésa es la imagen de las cantidades.

Todas las redes alimentarias dependen de los organismos verdaderamente **productores**: las plantas fotosintéticas, bacterias y algas. Los científicos llaman a esto productividad primaria. Miden esta productividad con base en el área de hoja disponible para atrapar la energía del sol. La unidad de medida se llama Índice de Área de Hoja (LAI por sus siglas en inglés). En las áreas arbustivas del Desierto Sonorense la LAI es 1; en las selvas tropicales es 11, y es 4 en un sembradío de maíz.

Los **consumidores** incluyen a los animales **herbívoros** que se alimentan de materia vegetal, los **carnívoros** que se alimentan de otros animales, los **omnívoros** que comen materia vegetal y animal, y algunas plantas que son carnívoras (por ejemplo, atrapan insectos) o **parasitarias** (muérdago). También incluyen a la mayoría de las bacterias y otros organismos unicelulares que viven en el agua o en los intestinos de los animales. Por ejemplo, unas bacterias especiales que viven en los intestinos de las termitas digieren la madera que consumen las termitas.

Los **descomponedores** son principalmente bacterias, hongos, y larvas de insectos que se alimentan

de organismos muertos (materia en descomposición) y materia de estiércol, devolviendo así sus componentes nutrientes a los ciclos químicos. Sin embargo, los descomponedores más grandes incluyen insectos como los escarabajos estercoleros que descomponen el excremento no digerible de los animales como vacas, caballos, y elefantes. Cuando se introdujo el ganado a Australia, no existían allí escarabajos estercoleros nativos que pudieran descomponer las boñigas de las vacas, así que éstas se acumularon creando una “alfombra” que impidió que pudieran vivir ahí otras plantas y animales (retroalimentación positiva). Esto ocasionó un problema hasta que se importaron escarabajos estercoleros para que descompusieran y reciclaran los nutrientes de las boñigas de vaca (retroalimentación negativa).



La Pirámide Alimentaria y la Regla de 10

La energía fluye del sol hacia la tierra donde es transformada por las plantas verdes en carbohidratos que mantienen a las plantas y animales de la tierra, incluyendo a los humanos.

¿Cuánta de la energía del sol está disponible para que la utilicen las plantas?

¿Cuánta de la energía de las plantas está disponible para que la utilicen los animales?

Los científicos han medido el flujo de energía y han encontrado que aproximadamente el 10% de la energía del sol es utilizada por las plantas para fabricar carbohidratos.

- Las plantas utilizan los carbohidratos que fabrican para vivir y reproducirse, dejando solamente el 10% para los herbívoros.
- De ese 10%, los herbívoros utilizan la mayoría para vivir y reproducirse, dejando solamente el 10% para los depredadores/omnívoros que se alimentan de ellos.
- En cada nivel de la pirámide sólo el 10% de la energía que entra queda disponible para el siguiente nivel de consumidores.
- Los descomponedores regresan los componentes nutrientes a los ciclos químicos.
- La energía calorífica se regresa a la atmósfera como producto de desecho del metabolismo de las plantas y animales.

Los servicios de la naturaleza

La salud y el bienestar de las poblaciones humanas dependen de los servicios proporcionados por los ecosistemas y sus componentes – organismos, suelo, agua y nutrientes.

Los ecosistemas naturales ofrecen servicios de los que dependemos. Por ejemplo,

- nos proporcionan agua y aire limpios,
- polinizan nuestras cosechas y dispersan semillas,
- nos protegen de estados del tiempo extremos y luz ultravioleta,
- controlan plagas y organismos portadores de enfermedades y
- controlan las inundaciones que resultan de los ciclones tropicales.

Muchas cosechas agrícolas importantes dependen de las abejas para polinizar las flores para que se desarrollen los frutos. Moverse sobre un suelo limpio purifica el agua. Las plantas contienen plaguicidas

naturales. La materia se recicla en un ecosistema, pero a medida que la energía fluye a través de un ecosistema, va perdiendo calidad y no puede utilizarse nuevamente. A diferencia de las leyes de la sociedad, estas leyes naturales no pueden ser quebrantadas. Nos damos cuenta o no, nosotros

siempre nos regimos automáticamente por las leyes de la naturaleza.

Características de los seres vivos

Antes de que empiecen la actividad, es muy importante que los estudiantes distingan científicamente entre seres vivos y no vivos. Hay muchas tradiciones que consideran que las rocas, así como las plantas y los animales tienen espíritu y por eso consideran que son seres vivos. Sin embargo, hay que distinguir, con todo respeto, entre una tradición cultural y la tradición científica. Cuando hablamos de ecología, estamos estudiando la ciencia (no la cultura) y la ciencia considera que los seres vivos son aquellos que cuentan con las siguientes características:

Alimentación: Todos los organismos vivos necesitan tomar sustancias de su medio ambiente para obtener energía, crecer y estar saludables.

Movimiento: Todos los organismos vivos muestran algún tipo de movimiento. Todos los organismos vivos tienen movimiento interno, lo que significa que tienen la capacidad de mover sustancias de una parte de su cuerpo a otra. Algunos organismos vivos muestran movimiento externo también—se pueden mover de un lugar a otro caminando, volando o nadando.

Respiración: Todos los organismos vivos intercambian gases con su medio ambiente. Los animales inhalan oxígeno y exhalan bióxido de carbono.

Excreción: La excreción es la eliminación de desechos del cuerpo. Si se permitiera que estos desechos permanecieran en el cuerpo se podrían convertir en venenosos. Los humanos producen un desecho líquido llamado orina. También se eliminan desechos cuando exhalamos. Todos los organismos vivos necesitan eliminar desechos de su cuerpo.

Crecimiento: Cuando los seres vivos se alimentan, obtienen energía. Algo de esta energía se utiliza para crecer. Los seres vivos se hacen más grandes y más complejos a medida que crecen.

Sensibilidad: Los seres vivos reaccionan ante las cosas que los rodean. Reaccionamos al tacto, luz, calor, frío y sonido igual que lo hacen otros seres vivos.

Reproducción: El proceso biológico mediante el cual los “padres” producen “descendientes”. Todo organismo existe como resultado de la reproducción.

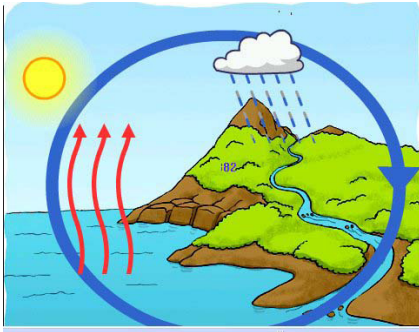
En un ecosistema, todos los seres que en un momento dado estuvieron vivos, como por ejemplo los animales y las plantas que ya han muerto, se consideran de todos modos como seres vivos.



Capítulo 3: El ciclo hidrológico y la cuenca hidrológica

Actividad 1 - El ciclo hidrológico

Antecedentes



El ciclo hidrológico es un sistema complejo en el que todas las aguas de la Tierra se encuentran incluidas e interrelacionadas. Hay tres grandes procesos que ocurren por el calor solar— 1) **precipitación**, 2) **evaporación y transpiración** en plantas (que juntos se llaman **evapotranspiración**), y 3) **condensación** en la atmósfera.

El agua se mueve continuamente por la tierra, en los océanos y hacia la atmósfera. Las fuerzas que provocan que el agua tenga este movimiento son el resultado de procesos físicos naturales.

La energía del sol (como energía calorífica) da inicio al proceso de evaporación del agua, provocando el movimiento de sus moléculas (**energía cinética**). Al cambiar de estado de agregación (de líquido a gas) el vapor del agua es menos denso y por lo tanto asciende.

A elevaciones más altas, el aire húmedo encuentra temperaturas más frías, que provocan que el vapor de agua se condense produciendo la lluvia. Para que esto suceda, el vapor de agua debe tener una superficie sobre la cual se pueda condensar. Las pequeñas partículas microscópicas suspendidas en el aire se convierten en estas superficies, conocidas como núcleos de condensación, sobre las que el vapor del agua se puede condensar y formar gotitas en las nubes. Las fuentes de núcleos de condensación pueden ser tanto naturales,

como causadas por el hombre. Las fuentes naturales de núcleos de condensación incluyen el polvo volcánico, la sal marina, que es rociada por el mar, y las bacterias. Los humanos también liberan al aire químicos no naturales al quemar combustibles fósiles y de otras fuentes industriales. Un ejemplo de esto es el smog fotoquímico.



Dado que la gravedad es una fuerza que atrae a todos los cuerpos hacia el centro de la tierra, cuando dichas gotas de agua tienen el peso suficiente, son atraídas por la fuerza de gravedad y caen en forma de lluvia, granizo, o nieve. Mientras están suspendidas en las nubes tienen **energía potencial** por

la altura a la que se encuentran. En la medida que estas gotas van cayendo, la energía potencial va disminuyendo.

El agua que cae en forma de lluvia puede formar escurrimientos superficiales, puede infiltrarse al suelo, o puede ser absorbida por las plantas. Si el suelo no es poroso o está saturado, el agua que cae en forma de lluvia formará escurrimientos superficiales, como ríos y arroyos. Debido a la fuerza de gravedad, el agua fluye de las elevaciones más altas a las elevaciones más bajas, hasta desembocar en un lago o en el mar.

El agua del suelo puede ser absorbida por las raíces de las plantas y después pasar a las hojas. Cuando los estomas (poros) de las hojas se abren para tomar el dióxido de carbono durante el proceso de la fotosíntesis, el agua se evapora. Este proceso se llama transpiración. El agua puede evaporarse del suelo, de la superficie de los cuerpos de agua, de las plantas cuando transpiran y de los animales cuando “sudan”. El proceso que hace que el agua pase (incluyendo el agua de plantas y animales) de la tierra a la atmósfera se llama evapotranspiración.

La precipitación en forma de nieve en las regiones glaciares toma una ruta diferente en el ciclo hidrológico, acumulándose en las cimas de los glaciares y deslizándose despacio hacia los valles. Cuando los glaciares se derriten, el agua forma parte de los escurrimientos superficiales que hay en la tierra. El agua también puede pasar directamente del hielo a la atmósfera. Esto se llama **sublimación**.



La cantidad de agua de lluvia que se absorbe en el suelo depende de varios factores: la cantidad y la intensidad de la precipitación, la condición previa del suelo, la inclinación del terreno y la presencia de vegetación. Estos factores pueden, en ocasiones, interactuar de manera sorprendente. Así, muchas veces, una intensa lluvia en un suelo muy árido, típico del desierto del suroeste norteamericano y noroeste de la República Mexicana, incluyendo Baja California Sur, no se absorbe en el suelo y crea inundaciones instantáneas.

El agua que se absorbe en el suelo puede infiltrarse hasta unas reservas terrestres llamadas **acuíferos**. De manera errónea se visualiza a los acuíferos como lagos subterráneos. En realidad de lo que se trata, es que el agua del suelo terrestre llena los espacios porosos entre los sedimentos o rocas.

La actividad humana afecta el efecto global del ciclo del agua de muchas formas. Una de las principales fuentes de agua atmosférica es la transpiración originada de la densa vegetación en bosques y selvas. La destrucción de esta vegetación, que está ocurriendo rápidamente en la actualidad, hace que cambie la cantidad de vapor de agua en el aire. Esto a su vez, altera significativamente los patrones del clima local, y quizás global.

Otro cambio en el ciclo del agua provocado por las personas resulta del bombeo de grandes cantidades de agua subterránea hacia la superficie para usarla en el riego de tierras de cultivo. Esta práctica podría aumentar la tasa de evaporación en la tierra y, a menos que se pierda este equilibrio al incrementarse la cantidad de lluvia que cae sobre la tierra, los suministros de agua subterránea podrían disminuir. Muchas zonas de nuestro planeta ya encaran este problema.

Es importante observar que el agua superficial que forma los ríos y lagos, así como el agua subterránea que forma los acuíferos, cuando es utilizada por los humanos y antes de volver al ciclo



hidrológico, puede sufrir muchas modificaciones. Es decir, el agua es aprovechada para cubrir todas nuestras necesidades vitales y de desarrollo, así como en la industria, agricultura, ganadería y para otros usos. Pero si esta agua se contamina por aceites, residuos químicos y orgánicos y por desechos y basura, ya no regresa de igual manera a formar parte del ciclo hidrológico.

Se dice que el agua dulce es un recurso renovable, precisamente porque forma parte de un ciclo, pero en la actualidad, debido a que la contaminamos de diferentes maneras y es más escasa, el agua es considerada un recurso no renovable.

Desde el punto de vista geológico, parece evidente que el volumen de agua de los océanos ha permanecido aproximadamente constante durante los últimos 500 millones de años, por lo que se deduce que la cantidad total de agua del ciclo hidrológico ha permanecido también constante. En esencia, la cantidad de lluvia que cae sobre la tierra y el agua almacenada en los acuíferos se mantienen invariables. Pero debido a la contaminación y al cambio climático global, el volumen de agua dulce utilizable es cada día menor.

El agua es el elemento fundamental para la vida en la tierra; forma los mares, ríos, lagos, glaciares etc., y también forma parte de las plantas, animales y nosotros mismos. Sin embargo, aunque es el componente más abundante de la superficie terrestre, de toda el agua de nuestro planeta el agua dulce es la menos abundante – ocupa solamente el 3% de la superficie – el 97% restante es agua salada.

Por esto y todo lo anteriormente descrito, debemos darle al agua su valor; tenemos que cuidarla, conservarla y no contaminarla.

Capítulo 3:

Actividad 2 - Maqueta de la cuenca hidrológica

Antecedentes

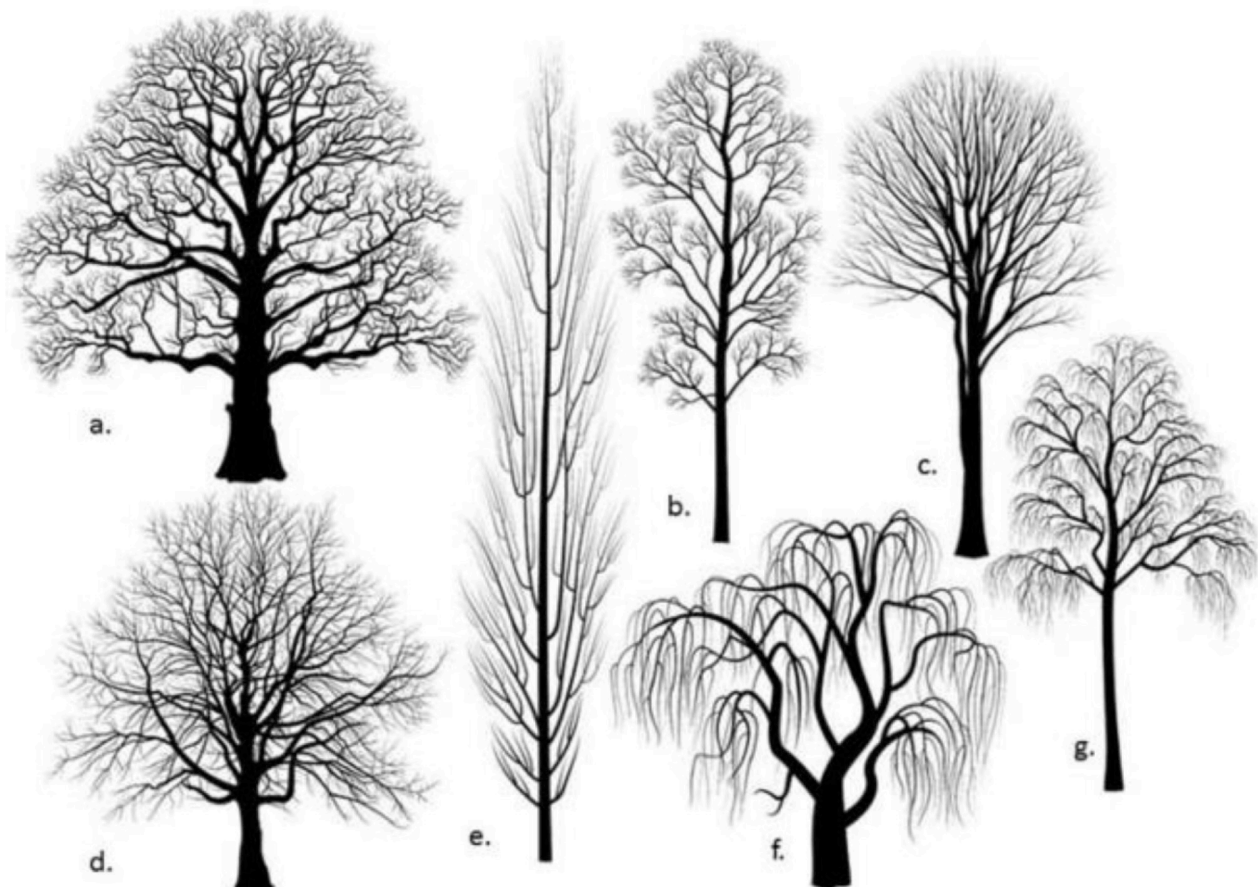
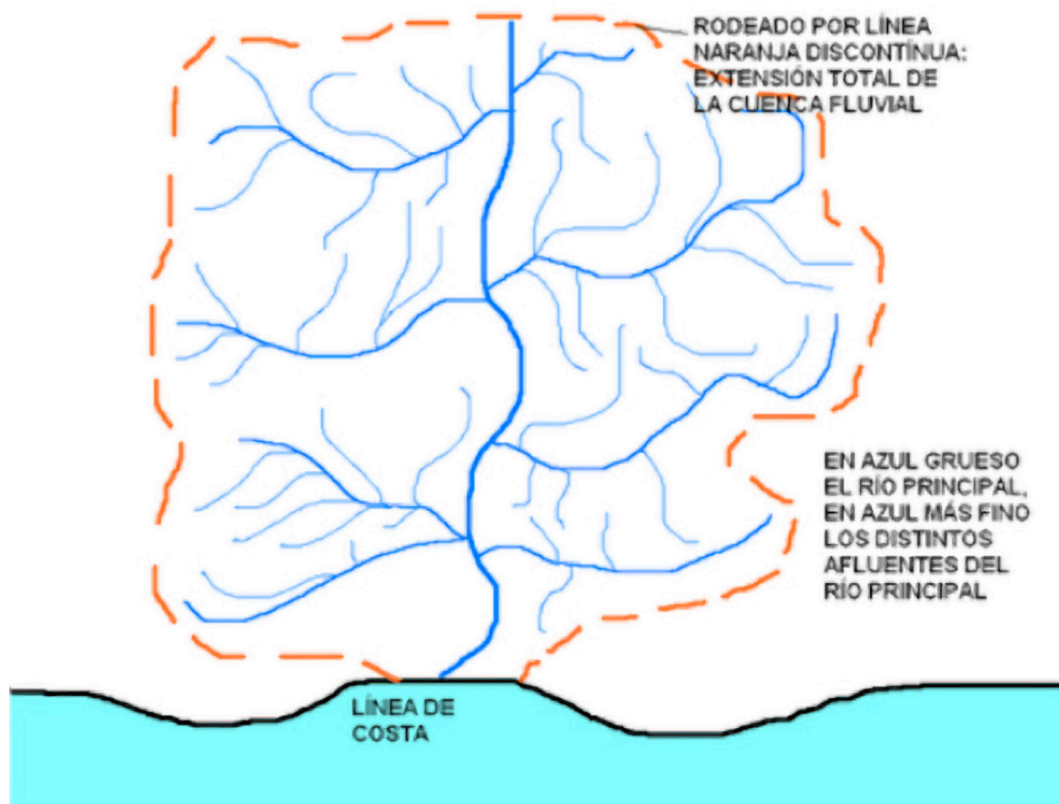


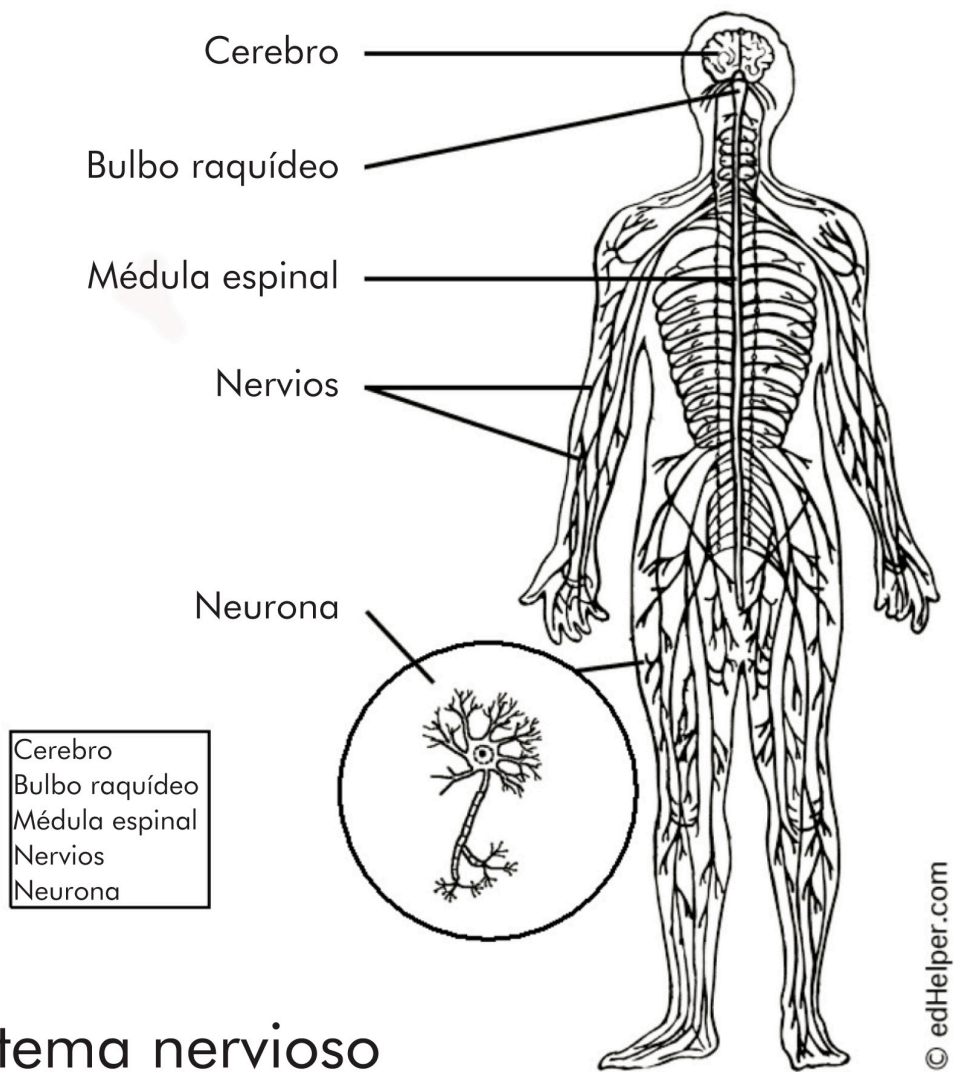
Cuando el suelo está saturado o es impermeable al agua durante las lluvias fuertes o el descongelamiento de la nieve de las montañas, el exceso de agua fluye sobre la superficie de la tierra como una avenida. Finalmente, esta agua se reúne en un cauce, como los arroyos. El área terrestre donde drena el agua a los canales se llama **cuenca** hidrológica o vaso de drenado.

Las cuencas están separadas unas de otras por áreas de mayor altura llamadas **parteaguas** o líneas divisorias. Cerca del parteaguas de una cuenca, los lechos de las aguas son estrechos y pueden contener agua que se desplaza con rapidez. En lugares de menor elevación, la pendiente del terreno disminuye, lo que ocasiona que el agua fluya con más lentitud. Cuando los arroyos pequeños se unen, el ancho del cauce aumenta. Finalmente el agua se colecta en un río ancho que se vierte a un cuerpo de agua que puede ser un lago o un océano.

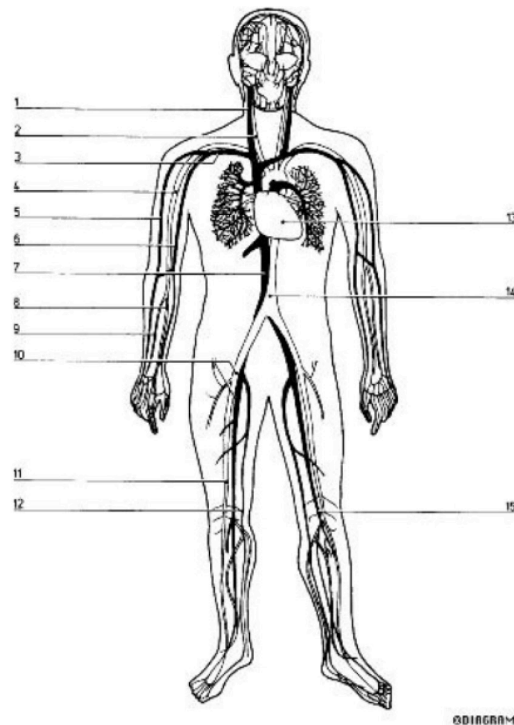
Desde una vista aérea, los patrones de drenado en las cuencas semejan una red o un patrón de ramificación de un árbol. Los tributarios, parecidos a brotes y ramitas, fluyen hacia los arroyos, las ramas principales del árbol. Los arroyos finalmente desembocan en un río grande, que puede compararse con el tronco. En forma parecida a otros patrones de ramificación (por ejemplo, mapas de carreteras, las nervaduras de una hoja, el sistema nervioso humano), los patrones de drenado están constituidos por cauces pequeños que desembocan en otros más grandes.

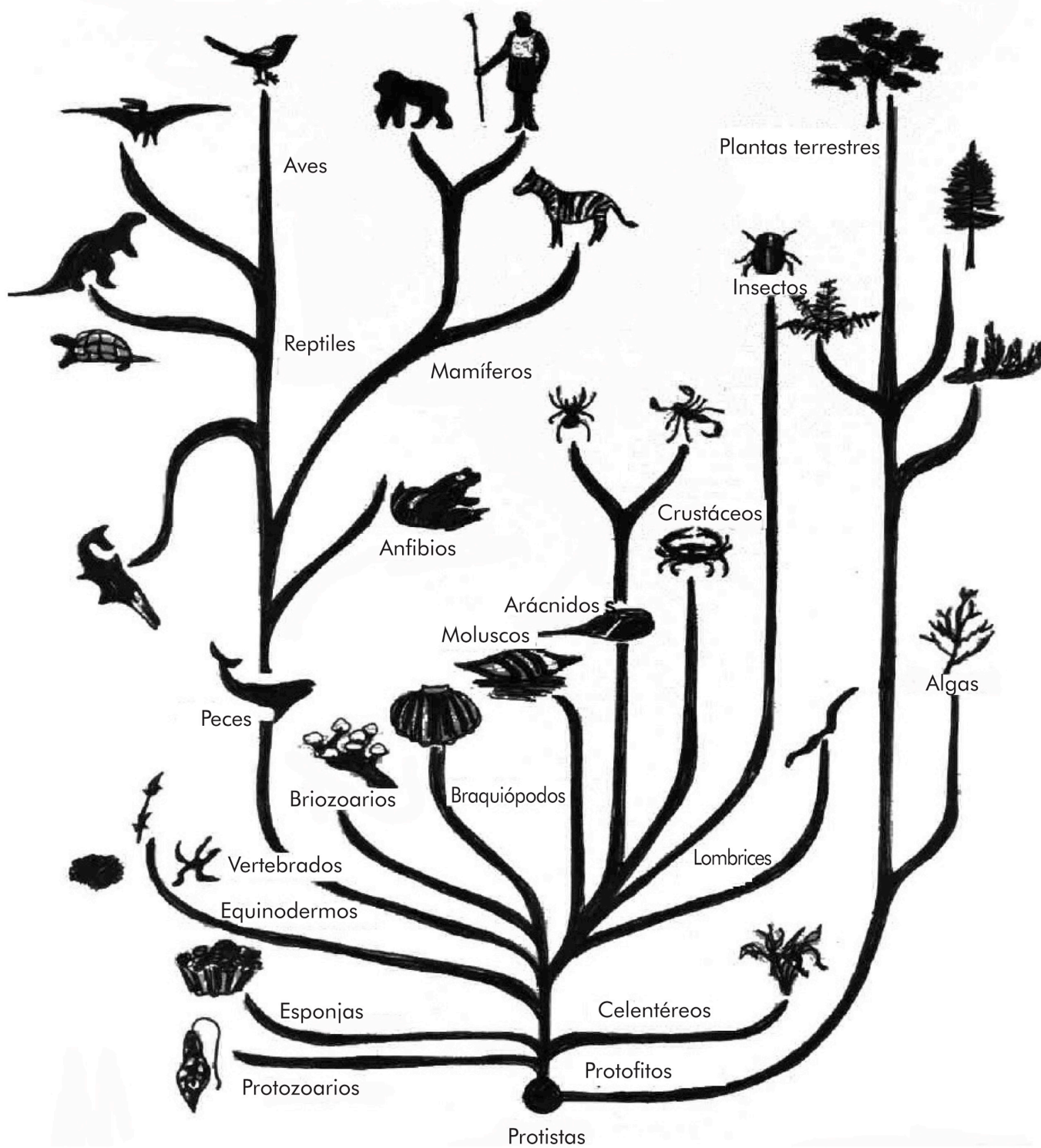
Las cuencas pueden ser sistemas cerrados o abiertos. En los sistemas cerrados, el agua se reúne en un punto bajo que carece de salida. La única forma en la que el agua sale del sistema de manera natural es mediante evaporación o filtración hacia el subsuelo. La mayor parte de las cuencas son abiertas: el agua se capta en vasos de almacenamiento más pequeños que fluyen a los ríos y finalmente caen al mar.





Sistema nervioso





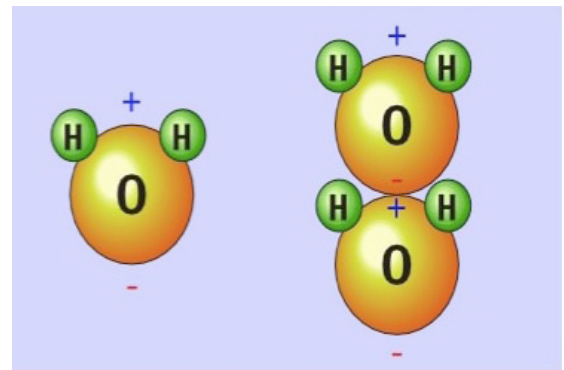
Capítulo 4: El acuífero de Loreto

Actividad 1- ¿Cómo se mueve el agua de la cuenca por debajo del suelo?

Antecedentes

Dos fuerzas principalmente afectan cómo se mueve el agua por el suelo: la gravedad y la acción capilar. Todos sabemos que la gravedad es la fuerza que atrae a los objetos, incluyendo las moléculas de agua, hacia el centro de la Tierra. En otras palabras, la gravedad atrae al agua hacia abajo. Pero el agua también puede moverse por el suelo hacia los lados, y aun hacia arriba, debido a otra fuerza: la **acción capilar**.

Las moléculas de agua son **dipolares**; tienen un polo eléctrico con cargas opuestas en cada extremo de la molécula. Los electrones de la molécula tienden a congregarse cerca del átomo de oxígeno y lejos de los átomos de hidrógeno. Esto da una carga negativa al extremo de la molécula donde está el oxígeno y una carga positiva al extremo donde se encuentra el hidrógeno. Sabemos que las cargas positivas y negativas se atraen. El extremo negativo de una molécula de agua atrae al extremo positivo de otra. En otras palabras, las moléculas de agua son “pegajosas”. La **cohesión** es el término que se utiliza para referirse a las moléculas de una sustancia que se pegan unas a otras.



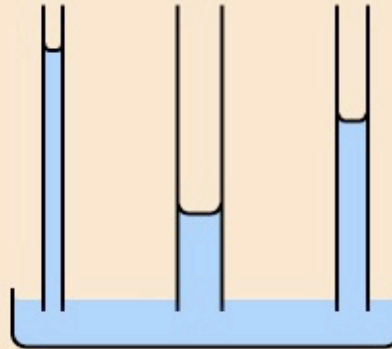
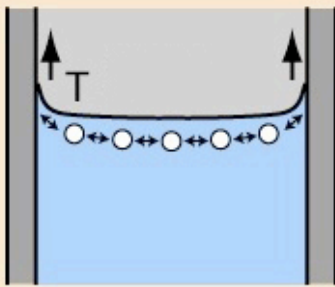
Debido a la cohesión, el agua cae desde el cielo en forma de gotas, y no en moléculas individuales. El agua tiende a formar gotas en las hojas cerosas de algunas plantas, e inclusive puede no desbordarse de un vaso si éste se llena con cuidado, ya que las moléculas se están constantemente atrayendo entre sí. Además, las moléculas de la superficie se están atrayendo con más fuerza unas a otras, en vez de atraer a las moléculas que se encuentran en el líquido mismo, formando así una “película” o “nata” en la superficie, que se conoce como **tensión superficial**. ¿Alguna vez ha visto usted un insecto caminar sobre el agua? Pues puede hacerlo gracias a esta tensión superficial.

Las moléculas de agua no solamente se atraen unas a otras, sino que también atraen a otras moléculas que tienen cargas negativas o positivas. Cuando una molécula es atraída a una sustancia diferente, esto se llama **adhesión**. Piense qué sucede cuando se mete el extremo de un pedazo de toalla de papel en un vaso de agua. El agua sube por las fibras del papel, mojándolo hasta por encima del nivel del agua en el vaso. Sabemos que la gravedad está atrayendo a las moléculas de agua hacia abajo, entonces ¿por qué se mueven hacia arriba? Esto sucede porque las cargas positivas y negativas de las moléculas de agua son atraídas a las cargas positivas y negativas de las moléculas de la celulosa del papel, y porque las moléculas de agua se pegan unas a otras, “se atraen unas a otras” a la hora de subir por la toalla de papel.

Obsérvese qué tanto la cohesión como la adhesión están en juego al mismo tiempo en estos dos ejemplos, pero una es más fuerte que la otra. Si las moléculas de agua son atraídas una a la otra con más fuerza de lo que son atraídas al material que las rodea, se convierten en gotas y tratan de acercarse unas a otras lo más posible. Si hay una mayor atracción a otro material, se esparcen y tratan de acercarse al otro material.

Acción capilar

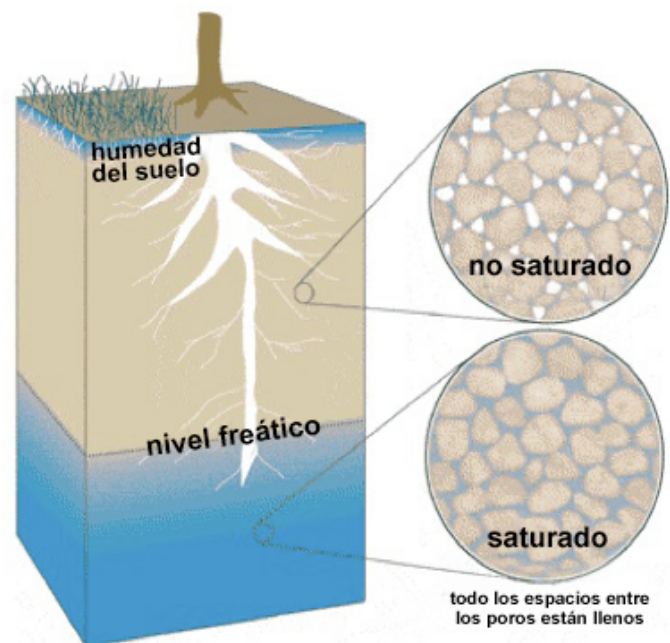
La acción capilar es resultado de la adhesión y la tensión superficial. La adhesión del agua a las paredes de un recipiente provoca en el líquido una fuerza que lo hace subir por los bordes y que resulta en un menisco que gira hacia arriba. La tensión superficial actúa para mantener la superficie intacta. Así, en vez de que sólo los bordes de la superficie del líquido se muevan hacia arriba, toda la superficie del líquido es atraída hacia arriba.



¿Por qué sube el agua más arriba en un tubo más pequeño?

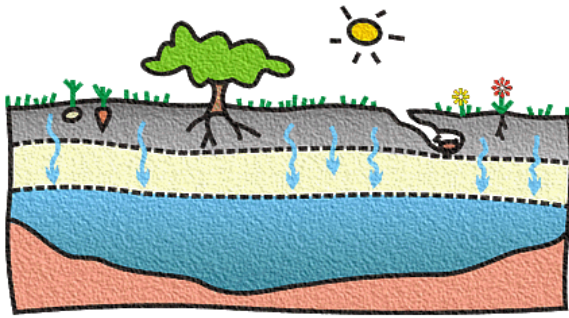
Por lo tanto, la acción capilar es la tendencia que tiene un líquido, como el agua, a ser atraído, por las fuerzas de cohesión y adhesión, a pequeñas aperturas como las que hay entre las partículas del suelo, o los granos de una roca. La acción capilar puede mover al agua por el suelo en cualquier dirección. Las fuerzas capilares son mayores en poros pequeños que en poros grandes, lo que significa que el suelo con poros más pequeños podrá contener más agua que el suelo con poros más grandes. El agua se mueve más rápidamente por un suelo arenoso (por sus grandes poros), pero un suelo barroso (con sus poros pequeños), contiene más agua que un suelo arenoso.

Una vez que el agua entra en el suelo, las fuerzas de la acción capilar y de la gravedad actúan sobre ella. Ambas fuerzas actúan simultáneamente en el suelo. Cuando el agua entra al suelo, la fuerza de la acción capilar es más potente y el agua “se esparce” en todas las direcciones dentro del suelo. Cuando los poros del suelo se llenan o saturan, la fuerza de gravedad atrae al agua hacia abajo. Esto puede ser en forma de escurrimiento en la superficie, o por debajo del suelo cuando el agua se mueve hacia adentro de un área subterránea de almacenamiento, llamada acuífero.



Capítulo 4:

Actividad 2 - ¿Qué es un acuífero?



Antecedentes

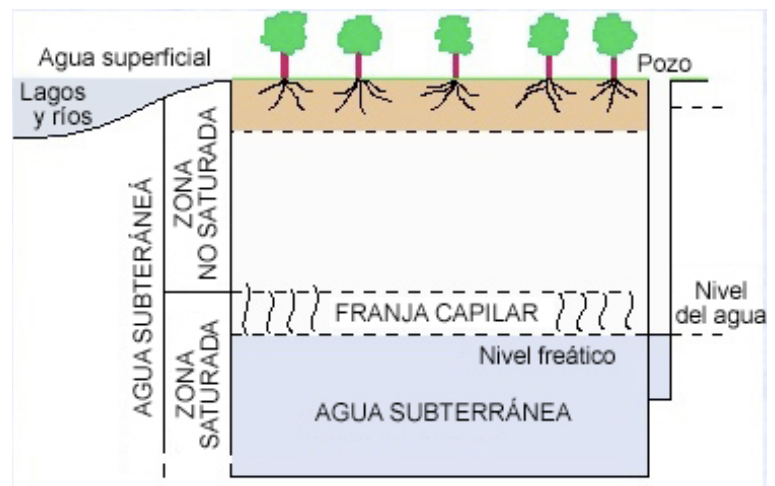
La siguiente información y las ilustraciones se tomaron de “Groundwater Primer,” un sitio Web producido por el Departamento de Ingeniería Agrícola y Biológica de Perdue University con fondos de la U.S. Environmental Protection Agency y Perdue University. <http://www.purdue.edu/envirosoft/groundwater/src/title.htm>

Agua subterránea

El **agua subterránea** es agua que se encuentra dentro de las aperturas interconectadas de la roca saturada bajo la superficie de la tierra.

El ciclo hidrológico muestra que cuando la lluvia cae al suelo, parte del agua fluye por la superficie terrestre hacia ríos y lagos, algo del agua se evapora hacia la atmósfera, otra poca la toman las plantas, y algo más de esa agua se filtra al suelo. A medida que el agua se filtra al suelo, entra a una zona que contiene tanto agua como aire, denominada **zona no saturada**. La parte superior de esta zona, conocida como la zona de raíz o zona de suelo, mantiene el crecimiento de las plantas y está entrecruzada de raíces vivas, hoyos dejados por raíces podridas y madrigueras de animales y gusanos. Bajo ésta se encuentra la zona intermedia, seguida de una capa saturada llamada **franja capilar**, que es resultado de la atracción que existe entre el agua y las rocas. Como consecuencia de esta atracción, el agua se pega a la superficie de las partículas de roca.

El agua se mueve por la zona no saturada hacia la **zona saturada**, donde todas las aperturas interconectadas entre las partículas de roca están llenas de agua. Es dentro de esta zona saturada que el término “agua subterránea” se aplica correctamente. El agua subterránea se encuentra en los acuíferos que se tratarán en las siguientes secciones.



Falso: “A menudo se cree que el agua subterránea consiste en lagos o ríos subterráneos”.

Únicamente en cuevas o dentro de los flujos de lava ocurre el agua subterránea de esta manera. En vez de esto, generalmente el agua subterránea se encuentra en suelos porosos o materiales rocosos, de igual forma en la que el agua se puede encontrar en una esponja.

Acuíferos

Acuífero es el término que se da a una unidad de roca que proporciona agua en cantidades utilizables a los pozos y manantiales. Un acuífero puede ser visualizado como una gigantesca esponja subterránea que contiene agua y que, bajo ciertas condiciones, permite que esa agua se mueva a

través de él. Dependiendo de su tipo, los acuíferos pueden contener tanto zonas saturadas como no saturadas, o solamente una zona saturada.

Las rocas cargadas de agua que componen los acuíferos consisten ya sea en depósitos no consolidados (parecidos al suelo) o rocas consolidadas. La mayoría de las **rocas consolidadas** (también conocidas como lecho rocoso) consisten en partículas de roca y minerales de diferentes tamaños y formas que han sido soldadas entre sí por el calor y la presión, o por una reacción química en la masa rocosa. Los acuíferos de este tipo están comúnmente compuestos de una o más de las siguientes rocas: piedra arenisca, piedra caliza, granito, o lava. El agua fluye a través de estas rocas por fracturas, poros de gas y otras aperturas en la roca misma.

La mayoría de los **materiales no consolidados** consisten en material derivado de la desintegración de rocas consolidadas. Los depósitos no consolidados, y existen diferentes tipos, incluyen algunos, o todos, de los siguientes materiales en varias combinaciones: materiales parecidos al suelo, grava, arena, cieno, barro y fragmentos de conchas de organismos marinos. Las dunas de arena y los montones de grava son ejemplos de materiales no consolidados. El agua fluye a través de estos materiales por las aperturas naturales que se encuentran entre las partículas. Las propiedades físicas de los materiales del acuífero y de los acuíferos mismos (como el grosor o la profundidad) son importantes para determinar qué tan rápido se mueve el agua y qué rutas tomará al moverse por el acuífero. Este conocimiento ayuda a decidir cuál es la mejor manera de extraer el agua para beber, para irrigar, y para otros usos.

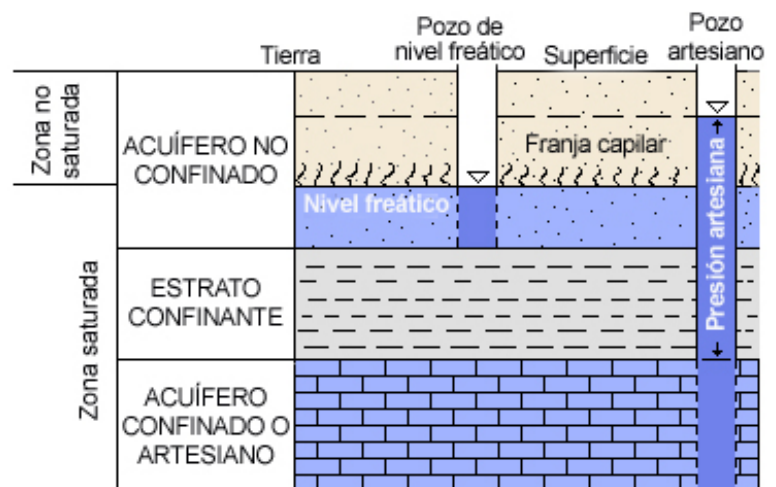
Estas mismas propiedades son importantes también para definir cómo fluyen al acuífero los contaminantes que se originan en la superficie, y también para determinar el remedio adecuado para limpiar el acuífero si éste se contamina.

Acuíferos no confinados y confinados

En los **acuíferos no confinados**, el agua subterránea sólo llena parcialmente el acuífero y la superficie superior del agua subterránea (nivel freático) queda libre para elevarse y descender. El agua subterránea se encuentra a presión atmosférica. La altura del nivel freático será la misma que la altura del nivel del agua en un pozo construido en un acuífero no confinado. El nivel freático típicamente imita, de manera sutil, la topografía de la superficie terrestre, lo que da como resultado un nivel freático con colinas, valles o áreas planas.

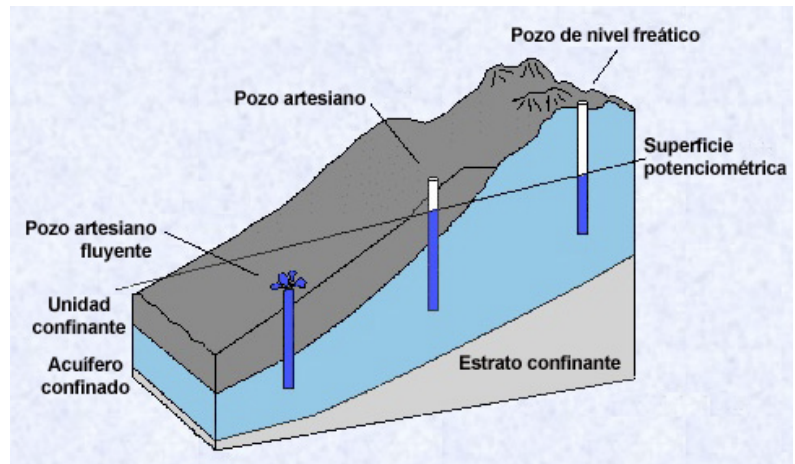
Es importante tomar en cuenta que los acuíferos no confinados, especialmente los más cercanos a la superficie, pueden ser vulnerables a la contaminación producida por las actividades que se realizan en la superficie terrestre.

Un **acuífero confinado** es un acuífero que se encuentra entre **estratos confinantes**, o sea capas de materiales impermeables, como el barro, que impiden el movimiento del agua. Debido a estos estratos confinantes, el agua subterránea de estos acuíferos se encuentra bajo alta presión y debido a esta alta presión, el nivel



del agua en un pozo se eleva a un nivel más alto que el nivel del agua que está en la parte superior del acuífero. El nivel del agua en el pozo se denomina **superficie potenciométrica** o superficie de presión. Un acuífero confinado también se llama acuífero **artésiano**.

De hecho también en un acuífero confinado el agua busca su propio nivel. Los estratos geológicos no son perfectamente horizontales, es por esto que en algún punto, la unidad litológica que compone el acuífero confinado está expuesta a la superficie. Este punto es la **zona de recarga** del acuífero, y puede encontrarse a muchos kilómetros de dónde alguien quiere construir un pozo. El acuífero “confinado” en realidad está no confinado en la zona de recarga. Para que suba la presión, el nivel del agua en la zona de recarga debe estar a mayor elevación que la base de la unidad confinante.



Cuando se perfora un pozo en la unidad confinante, generalmente lejos de la zona de recarga, el agua de este pozo se elevará al nivel del agua en la zona de recarga. En algunas instancias esto puede ser arriba de la superficie del suelo, en cuyo caso el pozo se denomina un **pozo artésiano fluyente**. Esta misma situación, donde el nivel del agua en la zona de recarga se encuentra más arriba de la base de la unidad confinante, lleva a que surjan **manantiales** o filtraciones en los que la unidad confinante es penetrada por una ladera.

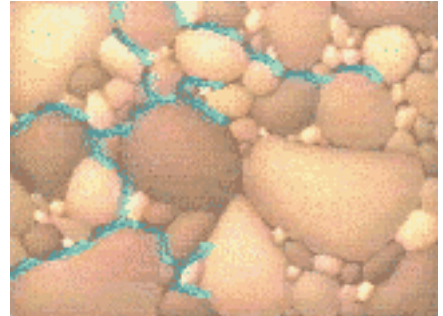
Es importante tomar en cuenta que los estratos confinantes no sólo sirven para dificultar el movimiento del agua hacia adentro y afuera del acuífero, también sirven de barrera para el flujo de contaminantes provenientes de los acuíferos no confinados que se encuentran encima. Sin embargo, por esta misma razón, los contaminantes que llegan a un acuífero confinado a través de un pozo mal construido o por filtración pueden ser muy difíciles y caros de eliminar.

Falso: “El agua embotellada a menudo se anuncia como que proviene de acuíferos artesianos”. Esta agua es frecuentemente más pura porque los estratos confinantes impiden el movimiento de la contaminación. Sin embargo, no existe garantía de que las aguas artesianas sean más puras que el agua subterránea de un acuífero no confinado.

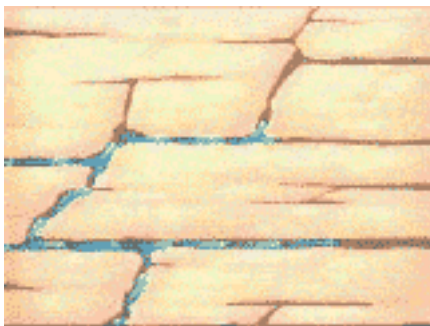
Aunque los acuíferos se pueden considerar simplemente como confinados o no confinados para propósitos educativos, en la naturaleza, la mayoría del agua subterránea del mundo ocurre en sistemas hidrogeológicos mucho más complejos, que pueden impactar radicalmente el movimiento del agua subterránea. Estos sistemas pueden contener múltiples acuíferos confinados y no confinados superpuestos, parcialmente permeables o estratos confinantes lateralmente incompletos, niveles freáticos colgados, lagos y riachuelos que se intersectan, intrusiones de roca como domos graníticos, fallas, etc. Entender estas complejidades es crítico para diseñar suministros adecuados de agua para beber y elegir remedios adecuados para limpiar la contaminación.

Movimiento del agua subterránea

Es un error común pensar que el agua subterránea se encuentra en ríos subterráneos, como los que se forman en cavernas de piedra caliza. De hecho, el agua subterránea es más bien como el agua que hay en una esponja; se encuentra contenida dentro de los pequeñísimos **poros** del material del acuífero que la rodea. Sin embargo, al igual que el flujo de agua en un río, el flujo del agua subterránea está sujeto a la gravedad y está casi siempre en movimiento, fluyendo de áreas de mayor elevación a áreas de menor elevación. (En el caso del agua subterránea en acuíferos confinados, es la presión más que la gravedad, la que hace que el agua se mueva. En este caso, el agua fluye de áreas de alta presión a áreas de baja presión). Tal como sucede cuando una esponja empapada de agua se inclina, la gravedad fuerza al agua a fluir de un espacio de poro o fractura a otro.



Entre más empinado está el gradiente o la ladera, más rápido correrá el agua. Es importante tomar en cuenta que la tasa de flujo de agua, especialmente en sistemas confinados, es muy lenta comparada con el flujo del agua de la superficie. Esta tasa tiene típicamente un margen de varias pulgadas a varios pies por año. Para que el agua se mueva libremente a través de una roca, los poros y/o fracturas tienen que estar lo suficientemente grandes y conectados para que la fricción del agua que se mueve más allá de las partículas de roca no impida el flujo. El grado de **porosidad** y **permeabilidad** de los acuíferos es clave para el movimiento del agua subterránea por ellos.



El agua se puede mover entre partículas pequeñas de depósitos no consolidados, como grava y arena. En general, este tipo de material tiene una alta porosidad. El agua entra a los poros de la grava. El agua puede fluir en muchas direcciones diferentes por la grava. El agua encuentra poros abiertos y los llena. El agua llena casi todos, pero no todos, los poros de la grava.

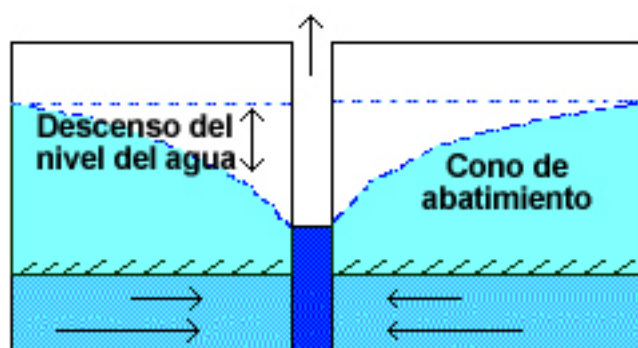
Aunque la piedra caliza es menos porosa que la grava, el agua se mueve más fácilmente por los canales que hay en los puntos débiles de la piedra caliza. El agua entra en los canales de la piedra caliza. El agua puede fluir en muchas direcciones diferentes por la piedra caliza. El agua se puede mover más rápidamente por los canales más grandes de la piedra caliza que por los poros de la roca no consolidada.

El agua subterránea en pozos

El agua subterránea se extrae de los pozos para proveer agua para todo, desde agua para beber en casas y negocios, hasta agua para irrigar los campos y agua para procesos industriales. Cuando el agua se bombea de debajo del suelo hacia la superficie, la dinámica del flujo del agua subterránea cambia en reacción a esta extracción.

Cuando se instala un pozo en un acuífero no confinado, el agua se mueve del acuífero al pozo a través de pequeños hoyos o rendijas en la revestadura del pozo o, en algunos tipos de pozo, a través del fondo abierto del pozo mismo. El nivel del agua en el pozo es el mismo que el nivel del agua del acuífero. El agua subterránea continúa fluyendo por y alrededor del pozo en una sola dirección como resultado de la gravedad.

Cuando comienza el bombeo, el agua empieza a fluir hacia el pozo en dirección contraria a la dirección natural del movimiento del agua subterránea. Como respuesta a esto, el nivel del agua en el pozo baja más abajo del nivel freático del acuífero circundante y, en consecuencia, el agua comienza a moverse del acuífero al pozo. A medida que el bombeo continúa, el nivel del agua en el pozo también continúa elevándose hasta que la tasa de flujo hacia el pozo es equivalente a la tasa de extracción del bombeo. El movimiento del agua de un acuífero hacia un pozo da como resultado la formación de un **cono de abatimiento**.



El cono de abatimiento describe un cono tridimensional invertido que circunda al pozo y representa el volumen de agua extraída por el bombeo. **El descenso del nivel del agua** es la caída vertical que hay en la altura entre el nivel del agua en el pozo antes del bombeo y el nivel del agua en el pozo durante el bombeo.

Esta información se utiliza de muchas maneras:

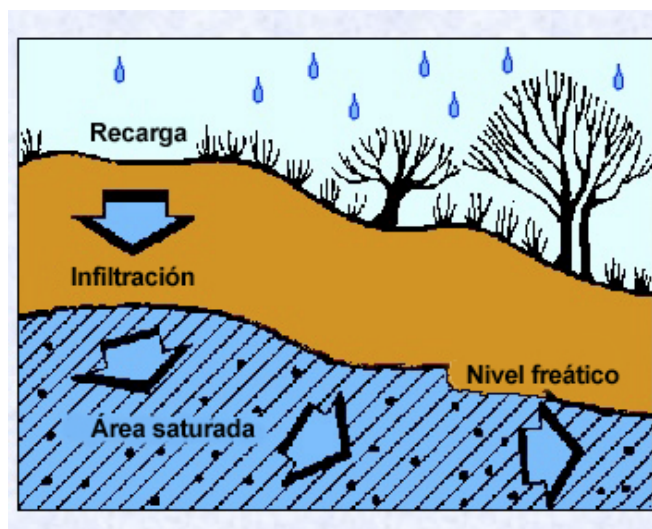
1. El conocimiento del descenso del nivel del agua ayuda a asegurar una provisión continua de agua; el descenso del nivel de agua que alcanza el fondo de un acuífero podría dar como resultado un "pozo seco".
2. El conocimiento de la extensión lateral, es decir, de los lados del cono de abatimiento, ayuda a identificar el área de terreno superpuesto para el manejo de protección de aguas subterráneas. Por ejemplo, un derrame que ocurre en esta área podría filtrarse hacia el agua subterránea y ser "atraído" al bombear el pozo.
3. El bombeo puede ocasionar un cambio en la fuente de agua subterránea. Por ejemplo, el agua que alguna vez se descargara a un riachuelo podría ahora ser "atraída" al pozo. La calidad del agua superficial es, generalmente, más susceptible a ser contaminada; además, los estándares de reglamento y monitoreo para el agua de beber que se origina en cuerpos de agua superficiales son a menudo diferentes de aquellos que se usan para el agua que se origina de fuentes subterráneas.

¿Cómo se vuelven a llenar los acuíferos?

La **recarga** es el proceso por medio del cual se vuelven a llenar con agua de la superficie los acuíferos. Este proceso ocurre naturalmente como infiltración como parte del ciclo hidrológico, cuando la lluvia infiltra la superficie de la tierra y como filtración de agua en los acuíferos superpuestos. Numerosos factores influyen en la tasa de recarga, incluyendo las características físicas del suelo, la cubierta de plantas, la ladera, el contenido de materiales en la superficie, la intensidad de la lluvia y la presencia y profundidad de los estratos confinantes y acuíferos.

Los cuerpos de **agua superficial** también pueden recargar el agua subterránea. Esto ocurre más a menudo en áreas áridas. Los lagos y cauces secos de riachuelos se pueden llenar con agua durante las lluvias fuertes. Si el nivel freático está bajo en los acuíferos superpuestos, el agua se puede filtrar de los lados de estos cuerpos de agua hacia el agua subterránea.

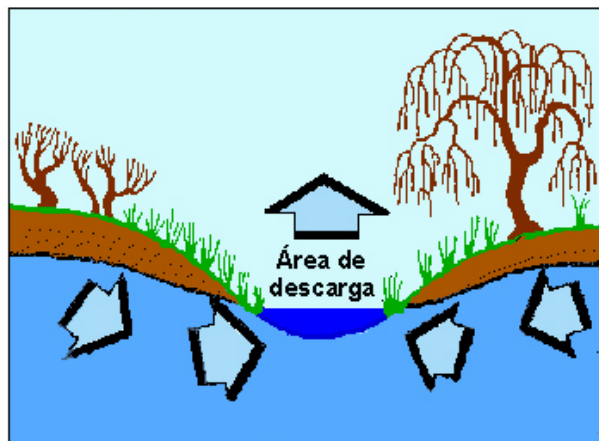
En algunos lugares se utilizan recargas artificiales para volver a llenar los acuíferos. Esto se hace por bombeo o inyección de agua a los pozos para rellenar directamente el acuífero, o esparciendo el agua sobre la superficie terrestre donde se puede filtrar hacia el subsuelo. La recarga artificial se hace para volver a llenar el abastecimiento de agua subterránea cuando llueve fuerte, sobre todo para conservar agua que puede ser utilizada después o, en el caso de los pozos de inyección, para diluir o controlar el flujo de agua subterránea contaminada.



¿Adónde va el agua de los acuíferos?

La gravedad es la fuerza motriz dominante en el movimiento del agua en los acuíferos no confinados. Como tal, y bajo condiciones naturales, el agua subterránea se mueve “por abajo” hasta que llega a la superficie de la tierra por un manantial u ojo de agua, o por una filtración en el lado o fondo del cauce de un río, lago, humedal u otro cuerpo de agua superficial. El agua subterránea también puede salir del acuífero al bombear un **pozo**. El proceso del agua subterránea que fluye a un cuerpo de agua superficial o deja el acuífero mediante bombeo se llama **descarga**.

Muchos ríos, lagos y humedales dependen de manera importante de las descargas de agua subterránea como fuente de agua. Durante épocas de baja precipitación, estos cuerpos de agua no contendrían nada de agua si no fuera por las descargas de agua subterránea.



Es importante tomar en cuenta que debido a las descargas, los contaminantes del agua subterránea pueden fluir a los cuerpos de agua superficial. Este proceso puede hacer muy compleja la eliminación de la contaminación.

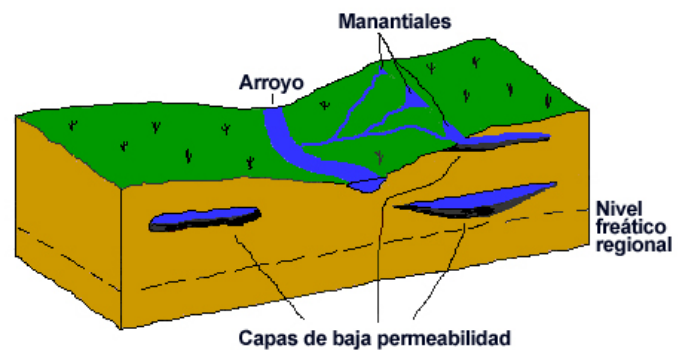
La descarga de los acuíferos confinados ocurre de manera muy similar, excepto que es la presión, en vez de la gravedad, la fuerza motriz que mueve el agua subterránea hacia la superficie. Cuando la intersección entre el acuífero y la superficie terrestre es natural, el sendero se llama manantial. Si la descarga ocurre por un pozo, el pozo es un pozo artesiano fluyente.

Nivel del agua en los acuíferos

Para comprender cómo aumenta o disminuye la cantidad de agua en un acuífero, podemos imaginarnos al acuífero como una gran tina de baño. En nuestra tina hay una llave que se puede abrir para agregar agua a la tina, y hay un hoyo por el cual drena el agua. Digamos que nuestra tina está llena a la mitad y entonces abrimos el grifo del agua. ¿Qué pasa con el nivel del agua? Sube, por supuesto.

Ahora hagamos este ejemplo un poco más complicado. Digamos que destapamos el hoyo de drenaje y el agua se va por ahí. ¿Qué va a suceder con el nivel del agua en nuestra tina? De nuevo, es fácil

entender que si el agua fluye a nuestra tina más rápido de lo que drena, el nivel del agua va a subir. Si la tasa de agua que fluye hacia adentro y hacia fuera de la tina es igual, el nivel del agua va a permanecer constante. Y si el agua drena hacia afuera más rápido de lo que se agrega, el nivel del agua va a bajar.



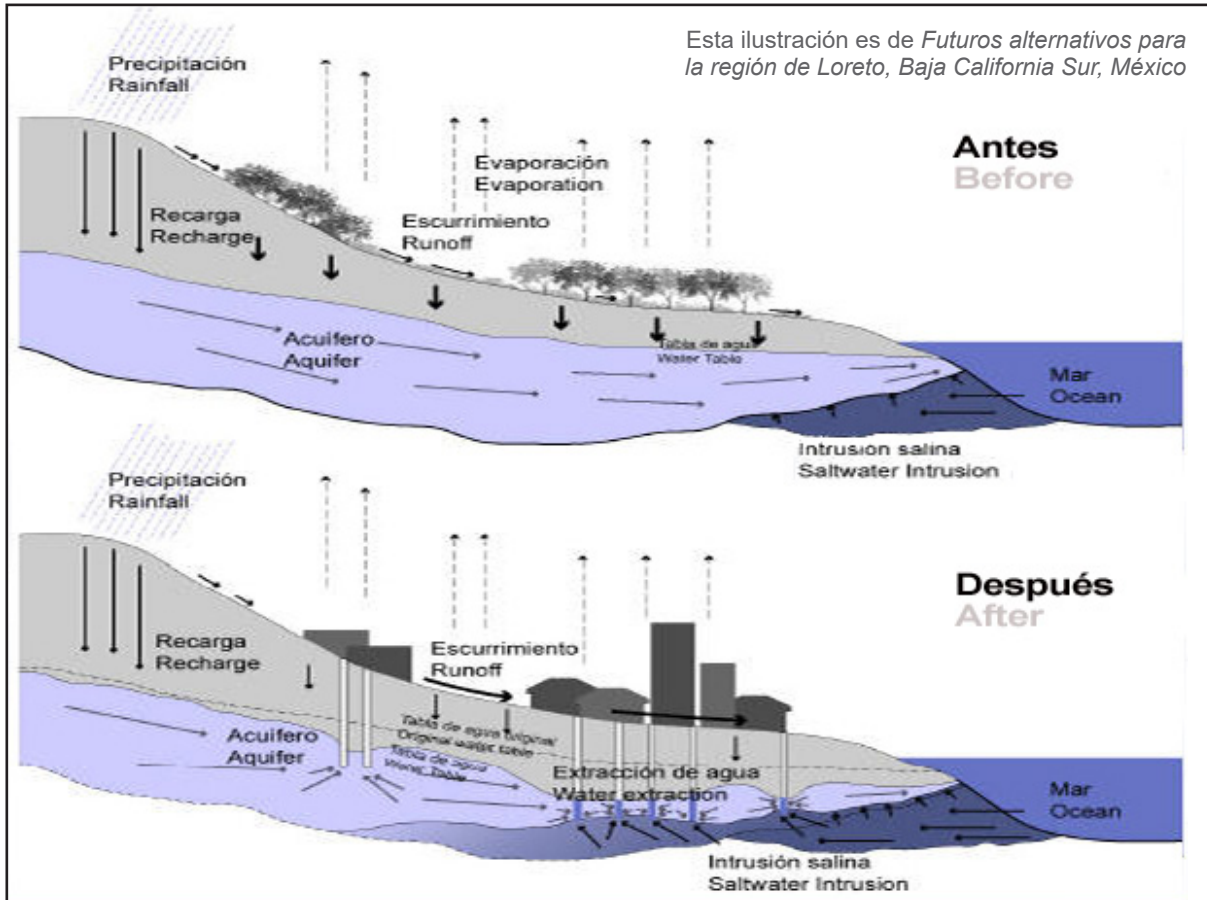
Se extrae demasiada agua

Cuando la extracción de agua subterránea excede la tasa de recarga durante un periodo de tiempo, el acuífero está **sobreexplotado**. Hay dos efectos posibles de esta sobreexplotación de agua de un acuífero.

Primero, cuando la cantidad de agua dulce se bombea hacia fuera de un acuífero en el área costera, no se puede remplazar tan rápido como se extrae y, por consiguiente, el agua salada migra hacia el punto de extracción. Este movimiento del agua salada a zonas previamente ocupadas por agua dulce se llama intrusión salina o marina. La **intrusión salina** también puede ocurrir en áreas tierra adentro donde el agua salobre se encuentra por debajo del agua dulce.



Segundo, en algunas áreas, la sobreexplotación del acuífero puede hacer que el suelo se hunda porque la presión del agua subterránea ayuda a soportar el peso de la tierra. Esto se llama **hundimiento**. Los sumideros son un ejemplo de este efecto.



Capítulo 4:

Actividad 3 - El acuífero de San Juan Londó

Antecedentes

Loreto: poca agua - sus acuíferos iniciales se contaminaron



Los primeros pozos de Loreto eran pozos poco profundos y al aire libre que fueron construidos por los mismos pobladores antes de 1954. Desde un principio, la extracción excedió la recarga. Esto dio como resultado que hubiera intrusión salina en el acuífero y causó la salinización de muchos pozos. Además de la contaminación por sal, el acuífero se contaminó con metales pesados. Los loretanos no pudieron seguir abasteciéndose de agua potable desde su propio acuífero.

La situación fue resuelta en la década de 1990 con el apoyo del Fondo Nacional de Turismo mediante la adquisición de derechos vigentes de pozos de uso agrícola en el acuífero de San Juan Londó. Por eso, cuando hablamos del abastecimiento de agua potable a la población de Loreto, estamos hablando del acuífero de San Juan Londó, que se encuentra en el valle de San Juan Londó, 30 km al norte de Loreto.

De dónde viene el agua de Loreto: el acuífero de San Juan Londó

El valle de San Juan Londó se localiza 15 km al noroeste de Loreto. Está limitado al oeste por la Sierra de La Giganta y al este por el Golfo de California. Su elevación va desde el nivel del mar al este hasta 1,660 msnm (metros sobre el nivel del mar) al oeste. Las empinadas laderas de las montañas que rodean el valle actúan como barreras para que el agua fluya fuera del valle, sin embargo, al este existe una salida angosta que conecta el valle con el Golfo. La cuenca es pequeña; el área de toda la cuenca es de solamente 593 km² y el acuífero o suelo mismo de la cuenca tiene solamente 225 km².

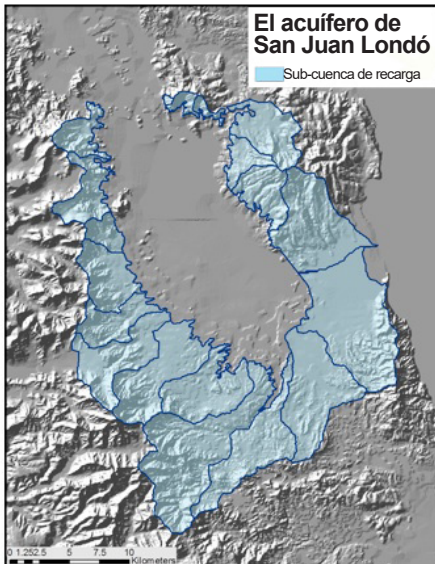
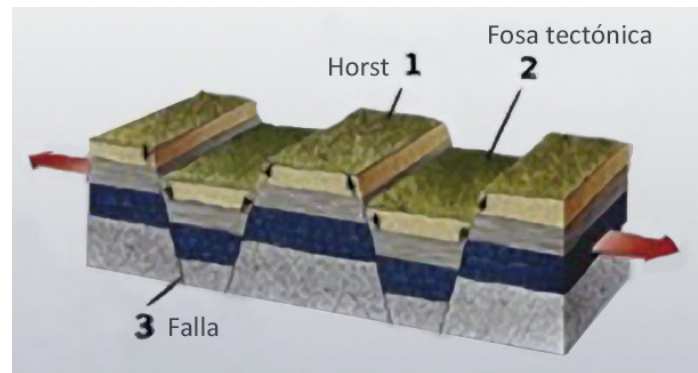
El acuífero que se encuentra bajo el suelo del valle está conformado por tres fosas tectónicas principales. La primera está ubicada debajo de la zona agrícola al norte. La segunda, al sur de la primera, desde el camino San Juan-El Imposible hasta las colinas que limitan el valle al sur. La tercera fosa tectónica es casi perpendicular a las primeras dos, y comunica el valle con el Golfo de California. Las estructuras tectónicas mencionadas contienen una gran cantidad de relleno sedimentario de gravas y arenas que constituyen el sistema de acuífero.



Recarga del acuífero

Recordarás por tu estudio del Capítulo 4: Actividad 2 que para mantener su equilibrio, los acuíferos dependen de la recarga para remplazar el agua que se extrae con bombas o que se pierde con los derrames naturales. El único medio de recarga que existe es la precipitación o lluvia. La mayor parte de la precipitación que cae dentro de la cuenca de

San Juan Londó se pierde debido a los escurrimientos y a la evaporación. De hecho, solamente una pequeña porción de agua es la que se filtra al acuífero. Esta recarga puede entrar por los lados de la cuenca como escurrimiento de las montañas o a través de fracturas subterráneas en las rocas.



En regiones áridas debemos considerar lo que se conoce como “evaporación potencial”. Esto es la cantidad de agua que se evaporaría si hubiera agua disponible. Los científicos determinan esto con un tanque que contiene un suministro ilimitado de agua con el que miden cuánta agua desaparece durante un año bajo condiciones científicas muy rígidas. Este tanque se llama “tanque evapométrico”. La cantidad de agua que se evapora se llama **evaporación potencial**. Si el promedio anual de evaporación potencial es considerablemente mayor que el promedio anual de precipitación, la recarga del acuífero es insignificante. En la región de Loreto, la evaporación potencial excede las tasas de precipitación todos los meses. Debido a que la evaporación potencial es mayor que la precipitación, la lluvia que cae en el suelo de la cuenca se pierde por la evaporación misma o por la absorción de las plantas. Por lo tanto, la recarga debe provenir de la precipitación que cae en las laderas de las montañas.

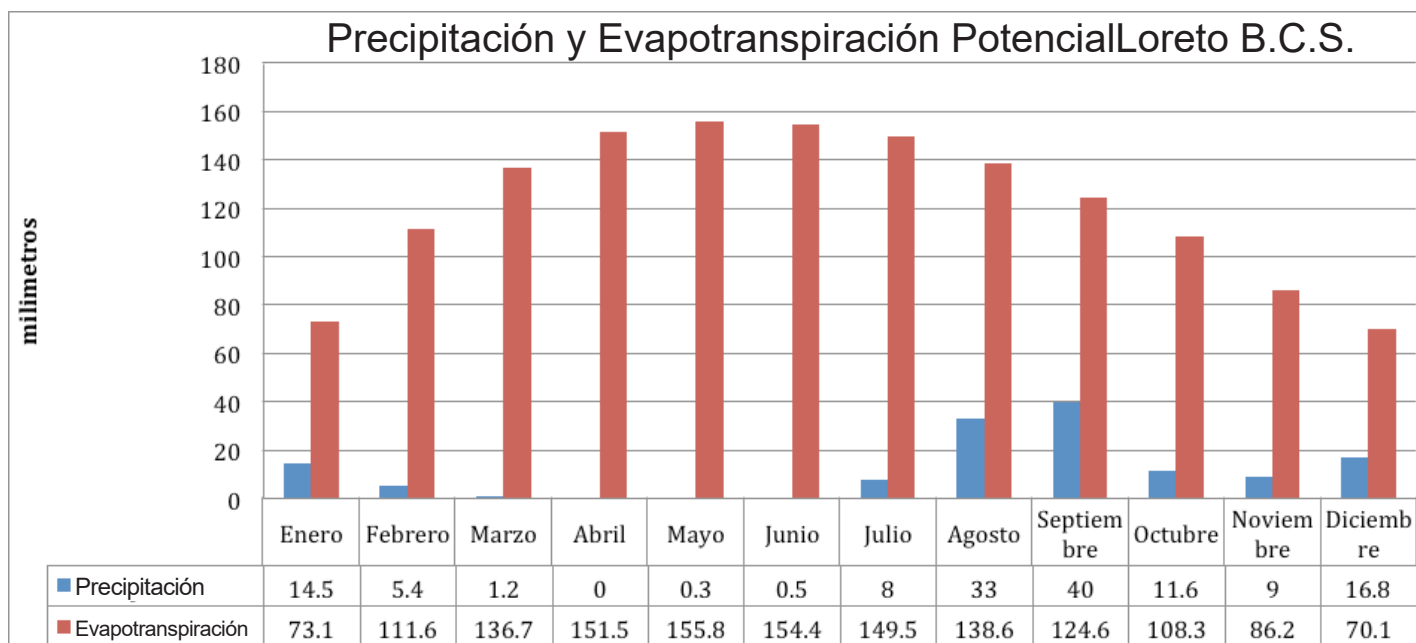
Peligro con el acuífero de San Juan Londó: intrusión salina, contaminación por las sales

En 2008 Wurl, et. al. en su reporte “Geophysical and Geochemical Study of the San Juan Londó Aquifer”, realizaron una revisión bibliográfica de los estudios del acuífero y crearon una tabla de resultados que se encuentra a continuación:

Como se puede ver, el acuífero ha sido estudiado por más de 30 años, y ha sido sobreexplotado desde por lo menos 1978. Las cantidades de sobreexplotación en los diferentes estudios varían dependiendo del año en que se haya realizado el estudio del acuífero y de los métodos de estudio utilizados, pero en todos los casos, el acuífero se ve sobreexplotado.

Recuerda que para prevenir que la intrusión salina contamine el acuífero, el agua subterránea debe fluir de la cuenca al Golfo de California. Si el flujo se detiene y la elevación del Golfo se vuelve mayor

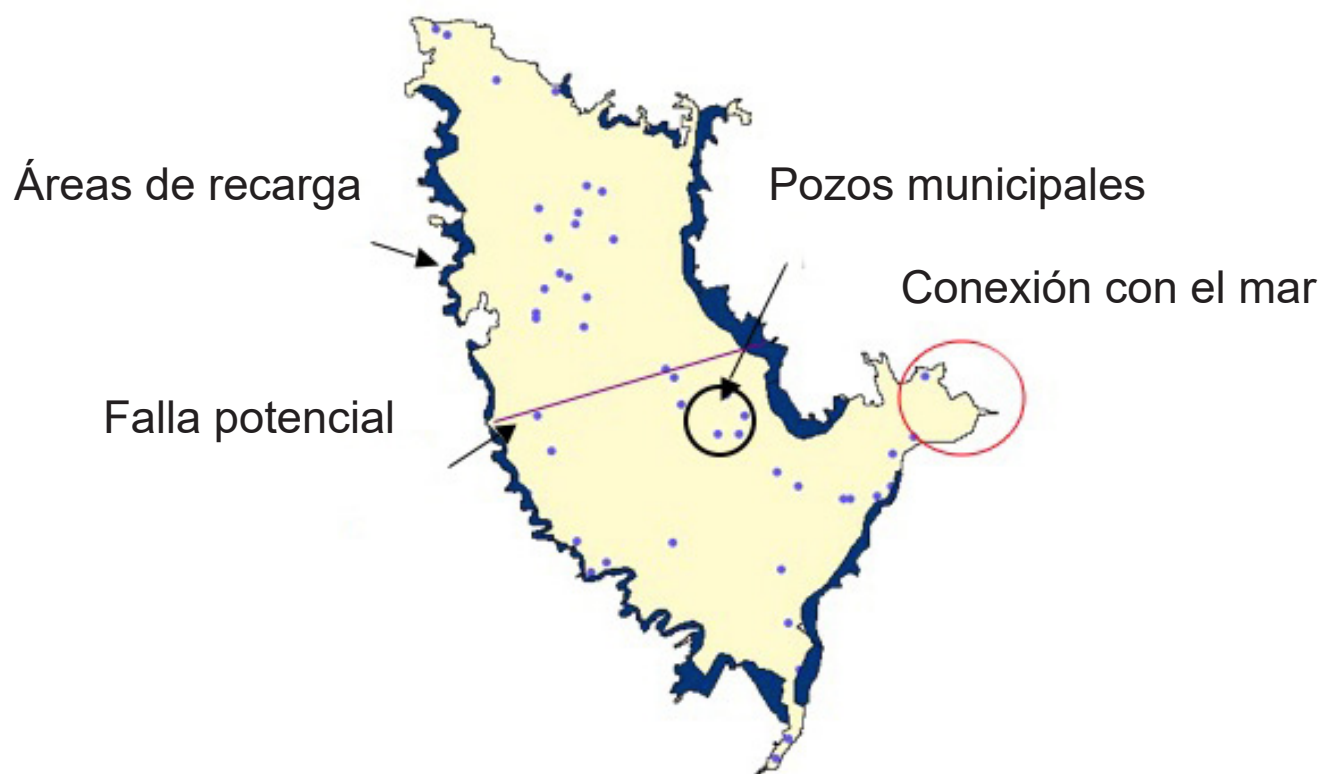




Gráfica con datos de Ruiz C., J. A., G. Díaz P., R. Meza S., V. Serrano A., y G. Medina G. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Baja California Sur (Período 1961-2003). Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNO. Cd. Obregón, Sonora, México. 98 p.

Los pozos del valle de San Juan Londó

Lesser (2007) reporta que 14 de los pozos se encuentran actualmente operando. De ellos, sólo los 10 principales son pozos de riego en el valle de San Juan Londó, y cuatro de ellos son de agua potable que es conducida a Loreto.



que la elevación del agua subterránea, el agua salina fluirá al sistema. Por lo tanto, por esta razón y para la conservación de ecosistemas, en este caso de los humedales costeros, parte de la descarga anual debe ser descarga natural comprometida.

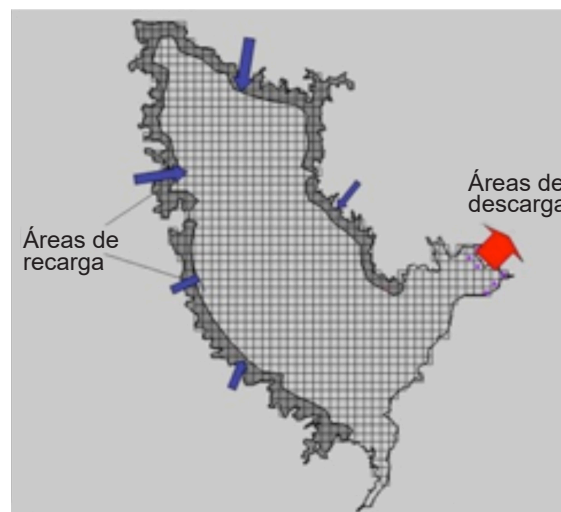
Tabla 3_7. Compilación de la extracción y recarga estimada entre 1978 y 2006 según varios autores.

| Reporte | Año | Extracción anual | Recarga anual | Déficit |
|--|------|--|--|-----------------------------|
| SARH dentro del Programa PIDER. | 1978 | 10.873 Mm ³ /año | 8.00 Mm ³ /año | -2.873 Mm ³ /año |
| Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) | 1986 | 12.5 Mm ³ /año | 10 Mm ³ /año | -2.5 Mm ³ /año |
| Gerencia de Aguas Subterráneas de la CNA en el año 2005. | 2005 | 7 Mm ³ /año | 6 Mm ³ /año | -1.0 Mm ³ /año |
| Universidad de Arizona | 2005 | 4 Mm ³ /año para la zona agrícola de San Juan Londó | 2 Mm ³ /año como recarga máxima | -2.0 Mm ³ /año |
| Lesser et al. 2007 método 1: cálculo del flujo subterráneo mediante secciones "celdas" | 2006 | 6.1 Mm ³ /año | 4.8 Mm ³ /año como recarga total (RT) | -1.3 Mm ³ /año |
| Lesser et al. 2007 método 2: cambio de almacenamiento para el periodo de 27 años | 2006 | 6.1 Mm ³ /año | = 5.3 Mm ³ /año | -0.8 Mm ³ /año |

Lesser et al., concluyeron en 2007 que "En el Acuífero San Juan Londó, no existe disponibilidad de extracción de volúmenes adicionales de agua subterránea, además de que la sobreexplotación local está ocasionando el abatimiento de los niveles de agua subterránea."

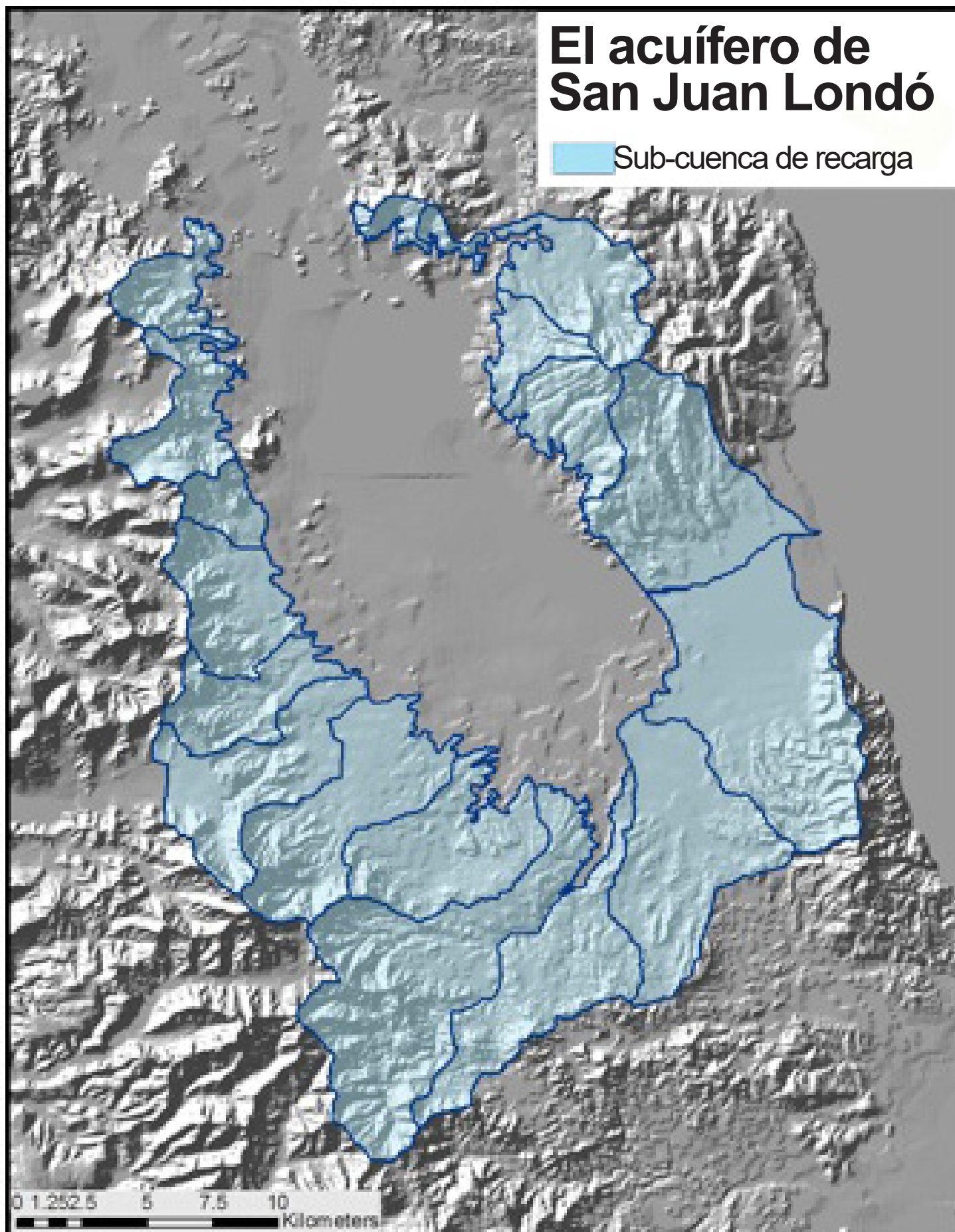
Pero de acuerdo a Maddock et al., (2005), la historia del acuífero de Loreto se está repitiendo en San Juan Londó. La intrusión salina ha estado ocurriendo aproximadamente desde 1999. Se estima que para el año 2025 el acuífero completo podría estar contaminado con agua salada si el uso de agua predicho permaneciera igual.

Cabe señalar que el gran aumento en el desarrollo de bienes raíces y turismo que se ansiaba y esperaba no se materializó debido a la gran recesión que inició en el 2008. Sin embargo, de acuerdo con Páez et al., en 2010 el acuífero continuaba siendo sobreexplotado.



El acuífero de San Juan Londó

Sub-cuenca de recarga



Capítulo 4:

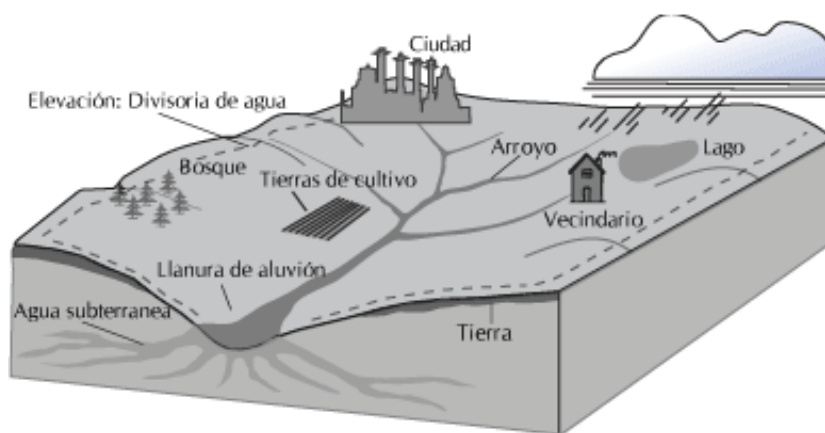
Actividad 4 - Lo que sucede arriba del suelo afecta al acuífero

Antecedentes

Cómo se mueve el agua por la cuenca

En el Capítulo 3: Actividad 1 aprendiste (o repasaste) el ciclo hidrológico o el movimiento del agua entre la atmósfera y la tierra y de vuelta a la atmósfera. El agua se mueve en o a través de unidades de tierra llamadas cuencas. Una cuenca es el área en la que toda el agua que cae o corre drena a una vía fluvial, es decir, un río o arroyo, y luego a un lago o al océano.

También aprendiste que el agua puede infiltrar la tierra, o escurrirse por la superficie. Los patrones para el escurrimiento superficial son **dendríticos**, siendo las “ramas” los caminos del agua que bajan desde las elevaciones más altas de la cuenca y el tronco, la vía fluvial principal.



El agua baja por las laderas con este patrón, por el efecto de la fuerza de gravedad, haciendo más profundos los canales a su paso. Baja rápidamente, tomando velocidad mientras arranca piedras y hasta grandes rocas en su carrera hacia abajo. Este proceso de desgaste de la superficie terrestre por la acción del agua (o del viento, químicos, etc.) se llama **erosión**. El tamaño y cantidad de sedimentos que lleva consigo el agua en movimiento depende de la velocidad de esa agua en movimiento. La velocidad del agua depende de tres variables:

- Profundidad del agua
- Inclinação de la ladera
- Rugosidad de la superficie

El estado de Baja California Sur es el estado de la república con mayor incidencia de ciclones tropicales; cada año, más o menos tres huracanes se acercan o tocan tierra sudcaliforniana. Estos huracanes traen unas lluvias torrenciales a la región de Loreto, que tienen la capacidad de erosionar profundamente las laderas de las elevaciones más altas y llevar una gran cantidad de sedimento hacia abajo al valle relativamente plano de Loreto.

Controles dentro de la cuenca

Bajo condiciones naturales, la retroalimentación negativa dentro del ecosistema es la que controla (frena) la cantidad de erosión. Esta retroalimentación negativa es proporcionada por la vegetación natural, que ayuda a reducir el escurrimiento en la superficie y permite el aumento de la cantidad de agua que finalmente llega al acuífero. Las ramas y hojas de las plantas y las hojas y ramas secas que se juntan bajo ellas hacen que el agua baje más despacio y ayudan a esparcirla. Este proceso da más tiempo para que el agua se infiltre a las raíces y finalmente al manto freático.

Las laderas naturalmente vegetadas y con hojas y ramas secas en la superficie del suelo tienen importantes funciones, ya que:

- Previenen la erosión
- Protegen el suelo evitando que se queme con el sol y reducen la evaporación
- Proporcionan un buen hogar para los organismos que viven en el suelo
- Permiten la recarga del suministro de agua subterránea
- Proporcionan hábitat para la abundante vida silvestre nativa.

Los organismos que viven en el suelo, y que varían desde hormigas hasta hongos, aumentan la aeración y la materia orgánica, permitiendo así más infiltración de agua que las laderas que están poco vegetadas o **yermas**. Las raíces anclan el suelo y jalan agua hacia las capas más profundas.



Destrucción en la cuenca

¿Qué sucede cuando la vegetación natural—que provee la retroalimentación negativa—se reduce o se elimina? Las gotas de lluvia, al caer directamente sobre una superficie desnuda, disgregan el suelo en partículas muy pequeñas. Parte de dichas partículas tapan los poros del suelo formando una selladura superficial. El agua ya no puede infiltrar el suelo y se provoca el escurrimiento superficial con arrastre de partículas disgregadas.

Las partículas del suelo que viajan en las corrientes de agua son depositadas en lugares más bajos cuando la velocidad de escurrimiento es reducida. Esto tiene como consecuencia la deposición de partículas de suelo en lugares indeseados, tales como lagos, represas, ríos, arroyos y caminos. Esto es precisamente lo que sucede en la región de Loreto. La parte baja de la cuenca es una gran planicie que se estrecha conforme se aproxima a la costa. Por la pendiente tan baja, la velocidad de los escurrimientos disminuye significativamente, lo que ocasiona que el área de inundación sea extremadamente grande y que las partículas de arrastre se sedimenten, provocando la divagación de cauces.

Además de la creciente erosión e inundaciones, la pérdida de la vegetación natural en una cuenca hace que se destruya el hábitat para la vida silvestre nativa y que se reduzca de manera importante la recarga de agua en el acuífero.

Erosión en la parte alta de la región Loreto

En la Actividad 3 aprendiste que la parte alta de la región de Loreto ejerce gran influencia en la recarga del acuífero. Esta área está sujeta a la erosión hídrica por las pendientes muy pronunciadas y el tipo de suelo que es fácilmente erosionable. Además la cobertura vegetal que lo protege de manera natural está expuesta a un excesivo pastoreo de ganado caprino y bovino. Esta situación provoca que los escurrimientos tengan un elevado arrastre de sedimentos. Esto mismo ocasiona la degradación del suelo en la parte alta y el cambio de curso de las corrientes agua abajo debido la sedimentación de las partículas arrastradas. Además, el agua que se necesita para rellenar el acuífero se está escurriendo de la superficie hacia la ensenada de Loreto.

Capítulo 5: Una salida de campo en la región de Loreto

Antecedentes



Ningún ambientalista puede poner en tela de juicio la importancia que tiene aprender sobre el medio ambiente natural. Sin embargo, las investigaciones recientes muestran que aprender sobre el medio ambiente natural no es suficiente para motivarnos a tomar decisiones ambientalmente responsables. Aunque la motivación para tomar decisiones ambientalmente responsables es muy compleja y no se ha podido entender en su totalidad, los investigadores concuerdan por lo menos en una cosa: *para tomar decisiones ambientalmente responsables tenemos que desarrollar una relación de solidaridad con nuestro entorno natural.*

¿Cómo creamos este tipo de relación? Por medio del contacto directo con la naturaleza. Cuando los estudiantes (y nosotros), en efecto pasan tiempo en contacto con la naturaleza, aprenden a apreciarla y comienzan a valorar y a cuidar lo que ven. Esto, a su vez, da como resultado que se tomen decisiones más solidarias respecto a los diferentes temas que afectan el medio ambiente. Por esta razón, para PROBEA es muy importante alentar a los maestros a que lleven a sus estudiantes al campo.

Al planear una salida de campo, una de las principales consideraciones a tomar en cuenta es el impacto mismo que pueden causar los visitantes en la zona. Por esta razón, el currículo *De dónde viene mi agua* considera los principios de “No dejar rastro”, establecidos por la Escuela Nacional de Liderazgo al Aire Libre (NOLS por sus siglas en inglés).

La Escuela Nacional de Liderazgo al Aire Libre

(El siguiente material fue tomado y adaptado de la National Outdoors Leadership School, NOLS: <http://www.nols.edu>.)

Toda experiencia de campo en educación ambiental debe contener tres componentes: actividades para antes, durante y después de la salida de campo.

Uno de las principales consideraciones a tomar en cuenta cuando se hace una salida de campo es el impacto mismo que pueden causar los visitantes en la zona. Por esta razón, el currículo *De dónde viene mi agua* considera los principios de “No Dejar Rastro”, establecidos por la Escuela Nacional de Liderazgo al Aire Libre (NOLS por sus siglas en inglés). La NOLS tiene más de 40 años de experiencia en expediciones. El fundador de esta escuela, fundada en 1965, fue Paul Petzoldt. El fundamento de su idea era realizar expediciones largas, enseñar repetidamente destrezas y habilidades para estar en el campo, alimentar bien a los estudiantes y caminar en las montañas para hacerlos líderes expertos. Ahora NOLS es una escuela líder a nivel mundial para hacer grandes expediciones.

El conjunto de habilidades que se desarrollan en el campo llevaron a diseñar un programa llamado No Dejar Rastro (NDR). NDR es un programa internacional que promueve el uso recreativo responsable de las áreas naturales protegidas, o no protegidas, mediante educación, investigación y colaboración entre instituciones relacionadas con actividades al aire libre.

Los principios de “No Dejar Rastro” nos ayudan a elevar nuestra conciencia y afinar nuestro criterio. No son leyes ni reglamentos. Son principios que ofrecen alternativas adecuadas para tomar la mejor decisión en cada situación y en cada medio ambiente para conservar las áreas naturales que

visitamos. Los siete principios tienen bases ecológicas para que el usuario de áreas naturales cuente con la orientación necesaria para tomar buenas decisiones durante su visita.

La educación del visitante es vital para el manejo de las áreas silvestres y el programa de No Dejar Rastro ofrece un esquema sencillo para transmitir los principios éticos y las técnicas requeridas para reducir el impacto en las áreas naturales que visitamos.

A continuación proporcionamos un resumen de los principios básicos del programa NDR. Si usted requiere y/o gusta de mayor información, en la sección de Apéndices podrá encontrar los siete principios completos.

No Dejar Rastro: un resumen de los 7 principios

Principio 1.- Planifique y prepare su viaje con anticipación

Una preparación y planificación adecuada es la base para que la experiencia al aire libre sea segura, agradable y cause el menor impacto en el área a visitar.

Principio 2.- Viaje y acampe en superficies resistentes

Hay algunas superficies que son más propensas al impacto que otras. Es preferible elegir superficies como rocas, pastizales secos, trochas (veredas o caminos abierto en la maleza) establecidas y otras superficies durables tanto para acampar como para caminar, ya que sufren menos impacto que otras, como la arena o pastizales.

Principio 3.- Disponga de los desperdicios de la forma más adecuada

El manejo de desperdicios es uno de los principales retos para disminuir el impacto al área que se visita. Este principio ofrece pautas para el manejo tanto de desperdicios producidos por cocinar y alimentarse, como por los desechos humanos.

Principio 4.- Respete la fauna silvestre

Las áreas silvestres son hábitat de gran número de animales que forman parte integral de éste.

Principio 5.- Minimice el impacto de fogatas

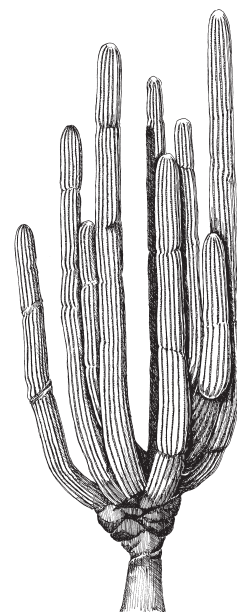
Los incendios son una de las principales amenazas para la conservación de las áreas naturales. Una fogata mal hecha puede ocasionar la destrucción de todo un ecosistema.

Principio 6.- Considere a otros visitantes

Los visitantes de áreas naturales tienen diferentes intereses. En el momento de compartir el área con otras personas es importante que piense si su comportamiento está alterando la experiencia que los otros visitantes están teniendo.

Principio 7.- Deje lo que Encuentre

En áreas naturales hasta la piedra más pequeña tiene una función y significado. Las piedras, conchas, caracoles, semillas y otras cosas que para nuestros ojos puede parecer que no tienen una función, son nutrientes o hábitat para diferentes organismos, o pueden ser reliquias históricas que merecen ser respetadas.



Capítulo 6: Hacia una solución

Actividad 1 - Exploreemos soluciones

Parte A: ¿Qué podemos aprender de las experiencias de otros?

Introducción

En el Capítulo 2: Un Ecosistema sano los estudiantes consideraron las relaciones que se dan entre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema y cómo interactúan y se influyen uno al otro. Iniciaron el proceso de aprender que la explotación humana de los recursos naturales del ecosistema, como el agua y los minerales, afecta la salud del ecosistema y la economía de su comunidad.



En esta actividad los estudiantes explorarán posibles soluciones al reto que enfrenta Loreto con el suministro del agua. Una de las más importantes consideraciones es cómo pueden afectar las soluciones propuestas a su ecosistema y a su sustentabilidad ambiental y económica a largo plazo. Primero, deberán considerar un ejemplo de la explotación humana de un ecosistema para aprender lo que puedan de la experiencia de otros que viven en un ambiente similar.

Antecedentes

¿Qué podemos aprender de las experiencias de nuestros vecinos de La Paz?

La explotación de los recursos pesqueros.

(Por Micheline Cariño)

Diversas especies de peces, moluscos y crustáceos han constituido la base alimenticia de las comunidades costeras desde tiempos prehispánicos hasta la fecha. La pesca artesanal o ribereña se caracteriza por su relativamente bajo volumen de captura, así como por el empleo de artes sencillas de pesca que tienen poco impacto en el ecosistema. Sin embargo, desde el siglo XX la explotación de los recursos pesqueros se ha intensificado debido a su orientación hacia el mercado nacional y mundial. La estructura de la demanda ha orientado el esfuerzo hacia unas cuantas especies (tiburón, camarón, atún, marlín, pez vela) e incluso hacia alguna parte de alto valor comercial de algunas de estas especies (aleta e hígado de tiburón, callo de diferentes moluscos). Esta especialización ha tenido tres graves consecuencias: la desestructuración de las cadenas tróficas, el desperdicio de una parte importante de la biomasa y la intensificación de la pesca. Además, las artes de pesca empleadas y/o el manejo de las pesquerías (intensificación y tecnificación comerciales), suelen tener impactos en el ecosistema marino que van de severos a devastadores.



Por sólo citar un ejemplo mencionaremos la pesca de tiburón. Antes de 1940 la bahía de La Paz era conocida por ser una zona peligrosa pues en sus aguas abundaban varias especies de tiburones. El cuchillo que usaban los buzos para desprender las ostras perleras y otros moluscos también era empleado como arma defensiva ante los ataques de tintoreras. En los '40, tres fenómenos coincidieron para formar la coyuntura que desencadenó la pesca intensiva de tiburones: 1) el agotamiento de los bancos perleros y su devastador efecto en la sociedad y la economía paceñas, 2) la demanda mundial por el codiciado hígado de tiburón, rico en la vitamina A, y que requerían los combatientes de la II Guerra Mundial, y 3) la creciente solicitud de los mercados asiáticos demandantes de la aleta de tiburón, un ingrediente de su cocina. Al cabo de unas cuantas décadas la depredación fue notoria: ya no había tiburones ni para servir como atractivo turístico del buceo, que solía atraer a los visitantes a los ya extintos bancos de tiburón martillo.



Análisis de los circuitos de retroalimentación del ecosistema

Nombre_____

Fecha_____

Título:_____

| | Sistema ecológico | | Sistema económico de Loreto | |
|---------|-------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| Entrada | Producto | Consecuencias | Producto | Consecuencias |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Capítulo 6:

Actividad 1- Exploremos soluciones

Parte B: Retos para proveer de agua potable a Loreto

Antecedentes

Loreto es conocida por su espectacular belleza natural y sus dramáticas montañas que descienden abruptamente a una estrecha franja en la costa este de Baja California Sur. El Parque Nacional Marino Bahía de Loreto fue designado por la Organización de las Naciones Unidas como Sitio Patrimonio Mundial de la Humanidad de la UNESCO. La región es ya un destino turístico y tiene un gran potencial para un mayor crecimiento en el turismo y como área de segundas residencias. De hecho, se reconoce que el único potencial que tiene Loreto a largo plazo para un crecimiento equilibrado y una economía fuerte se basa en el turismo. Esto hace que el medio ambiente natural de Loreto y su suministro de agua limpia sean sus recursos más valiosos. Sin embargo, existen retos para proporcionar un suministro suficiente de agua dulce limpia y conservar la belleza natural de Loreto.



En 2010, Páez et al., revisaron los estudios existentes y además estudiaron el uso del agua de los loretanos, llegando a las siguientes conclusiones:

“El agua dulce para fines urbanos y domésticos es bombeada desde dos pozos designados en la porción sur del acuífero de San Juan Londó a una tasa promedio de 110 L / s. Esto equivale a una extracción anual de 3.47 Mm³ para uso urbano y doméstico. De esta cantidad, los Loretanos utilizan actualmente 513 L / día por habitante, que se traduce en un 65% del agua bombeada. El 35% restante se atribuye a las pérdidas del sistema de distribución debido a las ineficiencias y las fugas de las tuberías. Sin embargo, incluso sin las pérdidas de distribución significativas, 513 L / día supera con creces el volumen de agua necesario para la vida diaria en Loreto, que se estima en 375 L / día por persona. En conjunto, el uso excesivo y las ineficiencias crean una alta demanda de agua urbana y doméstica que resulta en una sobreexplotación significativa del acuífero. Con base en la porción del 60% del agua extraída del acuífero, se calcula que el uso urbano y el uso doméstico contribuye 1.36 Mm³ / año a la más reciente estimación de sobreexplotación del acuífero de 2.26 Mm³ / año”.

Además existen otras inquietudes. Con algo del uso del agua que se re-dirige de la agricultura al turismo, hay una pérdida de recarga inducida por retorno de riego. En 2008, Wurl reporta que los elevados niveles de sulfato, boro, fluoruro y cloro eran resultado de la presencia de aguas termales.

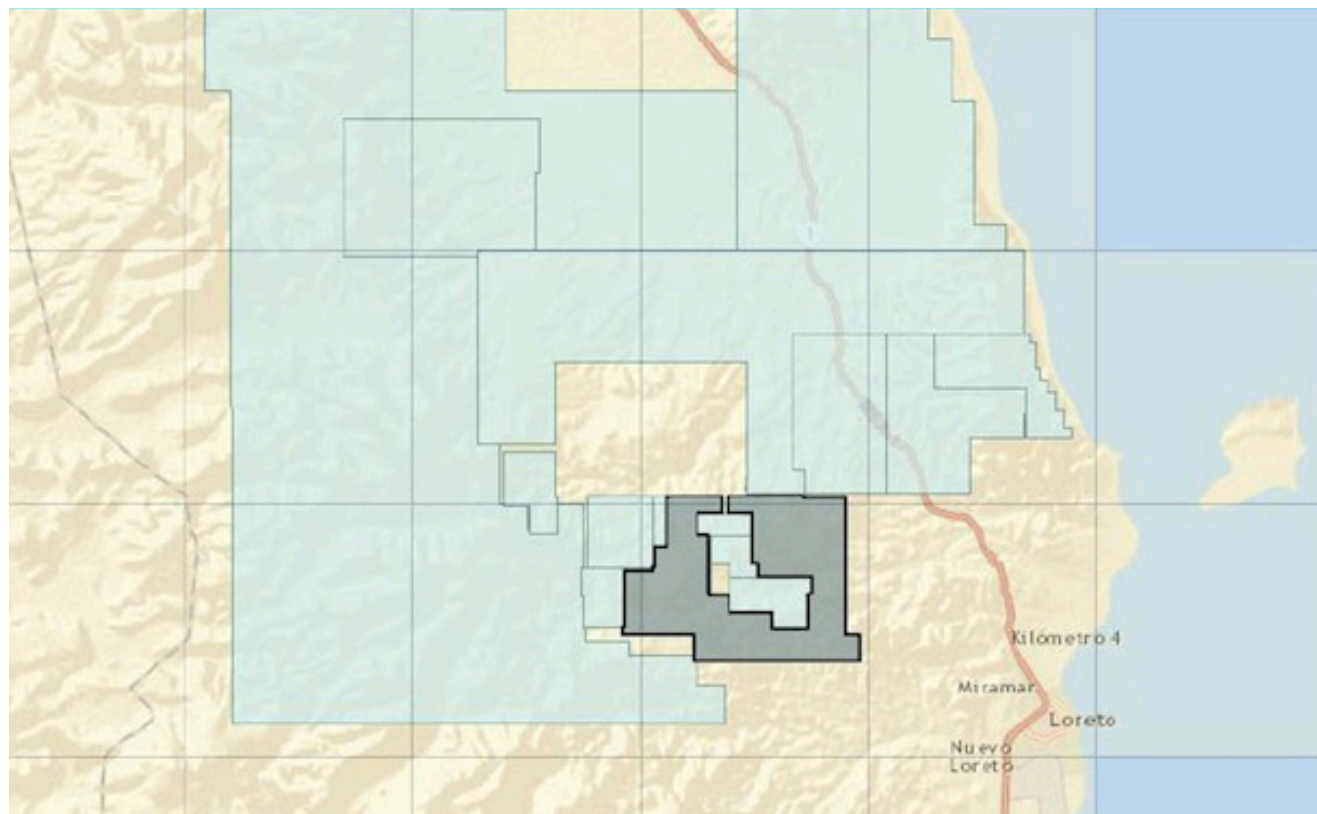
La sobreexplotación del agua subterránea aumenta la concentración de sales que ocurren naturalmente, metales pesados y otros contaminantes, y puede dar lugar a hundimientos físicos del paisaje circundante. El análisis geoquímico sugiere que la intrusión de agua salada geotérmica ya puede estar ocurriendo en el acuífero de San Juan Londó, lo que indica una necesidad urgente de intervención para evitar una mayor degradación. Desde una perspectiva social, las cantidades inadecuadas o la calidad inferior del agua potable pueden afectar la salud, la calidad de vida y el bienestar económico de los loretanos. Estos efectos probablemente aumentarán a medida que la creciente población de Loreto aumente su demanda total de agua. El crecimiento relacionado con el turismo sólo exacerbará las condiciones existentes.

Continuando con Páez...

“Con base en el derecho constitucional mexicano, el gobierno mexicano tiene derechos de propiedad sobre todos los recursos hídricos dentro de sus límites territoriales. Por lo tanto, el agua sólo se puede utilizar o ser asignada por las concesiones otorgadas por el gobierno federal - o bien a las personas, a las empresas privadas, o a estados o municipios para su gestión y entrega... La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se encarga de la gestión y de preservar los recursos nacionales de agua mediante colaboraciones con los estados y municipios.

"La distribución del agua en Loreto es administrada por el Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Loreto (OOMSAPAL), una dependencia pública. OOMSAPAL está encabezado por un gerente del agua nombrado por el presidente municipal... Sin embargo, el nombramiento no depende de la experiencia previa en un puesto de gestión del agua. Al mismo tiempo, Loreto está plagada por el mismo ineficiente sistema de distribución de agua y dificultades administrativas que caracterizan a México en general. Por ejemplo: Loreto pierde aproximadamente un 35% del agua bombeada al sistema de distribución que va del acuífero a los usuarios del agua, sólo el 32% de los clientes reciben factura, y sólo el 60% de los clientes que reciben factura la pagan, lo que equivale a pagos hechos por menos del 20% del total de los usuarios del agua urbanos y domésticos. La falta de experiencia combinada con la falta de continuidad debido a la rotación frecuente de gerentes presentan un gran reto para la gestión del agua en Loreto”.

La minería: una amenaza potencial para el suministro de agua limpia en Loreto y para su belleza natural



Loreto y el área que la rodea son ricas en minerales. Los proyectos de minería que ya se encuentran en operación están extrayendo cobre y oro. En Loreto, las concesiones mineras pasaron de cubrir menos del 2 % de área terrestre en 2010 a 16.46 % en 2014. El mapa de arriba muestra un área del Municipio de Loreto a la que se le han otorgado concesiones mineras. Las áreas en azul son las



áreas concesionadas. Este mapa muestra el área de una de las minas, La Giganta, en gris oscuro. Esta área está localizada en la Sierra de La Giganta y presenta un impacto potencial al medio ambiente que la rodea, incluyendo el acuífero de San Juan Londó. Cubre una superficie de 3,382 hectáreas. Se estima que el tiempo de vida de esta mina es de 50 años, lo cual es típico para otras concesiones también. Sin embargo, realmente el tiempo de vida típico para uno de estos proyectos mineros es más o menos 8 a 15 años debido a las consideraciones de la economía.

La minería presenta algunos posibles riesgos al medio ambiente. Éstos incluyen contaminación por derrames tóxicos; contaminación al aire; contaminación por cianuro y metales pesados – particularmente contaminación por arsénico, ya que la arsenopirita es un elemento de carga mineral primaria– y contaminación al suelo por sulfuros; generación de residuos; infraestructuras abandonadas y erosión y derrumbes entre otros.

Durante el proceso de la minería los minerales se machacan y se muelen con líquido para luego mezclarse con cianuro (el arsénico no se agrega, ya que es un componente natural de los minerales), y otros ácidos y materiales cáusticos. Después, estos minerales se lavan con agua, se secan y se separan; los minerales valiosos se remolcan para ser vendidos y posteriormente se debe disponer de los residuos. Con este proceso quedan tanto residuos en polvo como residuos líquidos. El líquido se almacena en estanques detrás de represas y el polvo se seca al aire libre. Los posibles riesgos incluyen que los estanques filtren ácido al agua subterránea y los polvos tóxicos sean llevados por el viento y luego depositados en los acuíferos por la lluvia. El agua residual se puede almacenar para su reutilización. El riesgo que se presenta es que los tanques de almacenamiento podrían filtrar contaminantes al agua subterránea.



Otro reto importante es que el proceso de la minería utiliza excesivas cantidades de agua, en una región donde el agua es de por sí escasa.

Minería “verde”

Nuevas técnicas mineras, desarrolladas como respuesta a los problemas ambientales causados por las prácticas mineras poco seguras que han resultado en derrames tóxicos en diversos lugares del mundo han tenido avances significativos para lograr operaciones mineras más seguras para los trabajadores y el medio ambiente.

Entre estos cambios se encuentran las obligadas tecnologías de sistemas de procesamiento que también son amigables con el medio ambiente, como el sistema Zero Toxics Discharge que está siendo utilizado con éxito por la planta New Jersey Mill situada en Kellogg, Idaho en los EE.UU. Otros grupos están investigando esquemas menos tóxicos de procesamiento incluyendo un novedoso

procesamiento de extracción de almidón de maíz que se está poniendo a prueba en Northwestern University en los Estados Unidos, así como un procesamiento de clorinación (extracción sin cianuro) que está siendo desarrollado por Dundee Sustainable Technologies, y otras muchas innovadoras opciones de procesamiento de minerales. El objetivo de estas técnicas alternativas de procesamiento es reducir la toxicidad del proceso de extracción del oro, plata, cobre, plomo, cinc y cobalto. A partir del 2015 varias organizaciones de la Península de Baja California están evaluando prácticas alternativas de minería que podrían ponerse en operación en fechas próximas.

Por otro lado, los cambios operacionales a la minería, tales como rellenar pozos abiertos y reconocer la presencia de fracturas que llevan agua, además de ser capaces de ayudar a controlar el flujo de agua subterránea a partir de estas estructuras por medio de la utilización eficaz de las tecnologías de inyección, puede hacer un cambio importante en la operación de las operaciones mineras.

Otra forma de hacer una minería más amigable con el medio ambiente es la minería artesanal. “Impulsar la política de aprovechamiento del potencial geológico de nuestras regiones, en un marco de pleno respeto al medio ambiente y el desarrollo viable económico y social a largo plazo de la vocación productiva minera” es el objetivo que plantea el Programa Estatal de Desarrollo Minero Sostenible de Baja California Sur 2011-2015. Sin embargo, esto requiere de capacitación y financiamiento para los dueños de las tierras.



Capítulo 6:

Actividad 1- Exploremos soluciones

Parte C: En camino a la solución

Antecedentes

Recomendaciones de los investigadores de la región de Loreto

En 2010, Páez et al., propusieron las oportunidades que a continuación se listan para abordar los retos que presenta el agua en Loreto y fomentar la sustentabilidad:

Implementar programas agresivos de conservación. La conservación debe tomar precedencia ante nuevos proyectos de suministro de agua. Éstos deben incluir alguna combinación de educación, vinculación comunitaria e implementación de aparatos domésticos ahorradores de agua.



Reparar la infraestructura afectada. Eliminar la pérdida de agua entre los pozos y los usuarios del agua.

Considerar gravámenes al agua. Los gravámenes que reflejen el uso real del agua pueden motivar la conservación y generar ingresos que se pueden utilizar para mejorar la infraestructura.

Solicitar un estudio exhaustivo del acuífero. Una evaluación exhaustiva proporcionaría una mejor base para determinar el rendimiento sostenible del acuífero de San Juan Londó.

Crear un COTAS para Loreto. Una participación comunitaria formal puede proporcionar tanto una continuidad como un sentido de pertenencia a la hora de la toma de decisiones, y así inspirar un manejo del agua más efectivo.

(COTAS: Desde el año de 1988 se han creado Comités Técnicos de Aguas Subterráneas [COTAS] para el uso sostenible del agua en los acuíferos del país. Al 31 de diciembre de 2011 se habían creado 82 COTAS. En reunión realizada el 21 de abril del presente año, en el Consejo de Cuenca de Baja California Sur, se tiene el acuerdo de consolidar el COTAS de Loreto).

En 2006, Sherwood Designs agregó a la lista de arriba la posibilidad de reciclar agua y remediar los pozos contaminados del acuífero de Loreto. “Para mejorar la recarga, se necesitaría extender los estudios ya realizados sobre el sistema del acuífero de San Juan Londó. El desarrollo de recursos hídricos reciclados requeriría invertir en las plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en la región. Las mejoras requeridas para elevar el tratamiento hasta niveles adecuados para el reciclaje de aguas residuales e instalar el consiguiente sistema de distribución de las aguas tratadas pueden ser muy costosas. Sin embargo, podrían proporcionar un beneficio adicional al reducir las descargas de dichas aguas en el Parque Marino. A fin de determinar el potencial para la remediación de los pozos existentes en Loreto, se necesitaría realizar pruebas en ellos y además evaluar la razón por la cual la operación de los pozos fue suspendida hace aproximadamente 20 años”.

Sherwood Design listó las siguientes actividades posibles para motivar la conservación del agua:

Proporcionar instrucción pertinente en las escuelas públicas acerca del valor de la conservación del agua, como por ejemplo proyectos para la cosecha de agua en las escuelas de México. Para esto se crea un sistema de tuberías en techos y pisos que almacenan el agua en aljibes o cisternas de diversos materiales. Se acondiciona con un sistema de bomba sumergible o bomba de extracción para utilizar el agua en baños y jardines.

- Educar al público en general mediante anuncios de servicio público y comerciales en toda la región.
 - Ofrecer incentivos económicos para el público cuando éste se hace responsable de identificar y reparar fugas en propiedades privadas.
 - Aplicar límites y tarifas para actividades que derrochan agua tales como lavar cocheras y banquetas en vez de barrerlas, regar jardines durante el día, etc.
 - Instituir programas de incentivos económicos para cuentas de tipo comercial para que participen en la conservación y la promuevan en sus prácticas cotidianas.
 - El Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Loreto (OOMSAPAL) debe realizar auditorias y asignar a un miembro de su personal como coordinador de conservación del agua para centralizar los esfuerzos de conservación, haciendo que el programa sea más eficiente y más accesible para el público.
 - Establecer incentivos económicos que se ofrecen mediante un sistema de tarifas escalonadas. Los clientes que consumen menos agua son premiados con precios más bajos.
 - Obligar a OOMSAPAL a realizar auditorias a sus clientes residenciales para hacerles tomar conciencia de su consumo de agua y de la posibilidad de que reciban incentivos o disfruten de menores costos en el consumo del recurso.
 - Exigir que en la jardinería y arquitectura paisajística de espacios públicos y de espacios privados de gran escala se utilicen plantas resistentes a la sequía que sean nativas de la región, de modo que no sea necesario el riego suplementario. Por ejemplo, existe la experiencia de Tucson, Arizona de cambiar las plantas exóticas de alto consumo de agua por plantas nativas. Con este cambio, el organismo operador ahorró 50 % de agua en la ciudad.
 - Ofrecer incentivos para modernizar los aparatos electrodomésticos sustituyéndolos por lavadoras de alta eficiencia, cabezas de regadera de menor gasto e inodoros de flujo ultra bajo, a fin de que tengan menor demanda de agua. Por ejemplo, en 2013 en Loreto, Niparáj y el Municipio de Loreto realizaron un análisis previo y determinaron que el 30% del consumo de agua en el hogar se destina al uso del sanitario. A raíz de este estudio, implementaron un programa de cambio de inodoros de alto consumo (20 litros) por inodoros de bajo consumo (de 3 a 5 litros).
- En un Curso-taller sobre Desarrollo Sostenible organizado por la Licenciatura de Ciencias Políticas y Administración Pública de la UABCS Campus Loreto, varios participantes determinaron que debido a que no hay tandeo de agua, la población de Loreto no tiene la cultura de almacenar agua y las viviendas se construyen sin cisternas ni tinacos. Por lo tanto, una recomendación sería la de **instaurar el sistema de tandeos por sectores en Loreto, previo a una dotación masiva de tinacos a los usuarios**, ya que tener servicio de agua potable 24 horas al día todos los días provoca la sensación de disponibilidad ilimitada de agua; esta sensación evita que el agua se aprecie y se cuide como es debido. El tandeo despertaría una mayor conciencia en la población en cuanto al cuidado del agua, ya que se contaría solamente con el agua que proporciona un tinaco por día.

La Desalinización como solución: ventajas y desventajas

El siguiente texto se tomó de Páez, 2010.

“La desalinización del agua salada es el proceso de retirar la sal, minerales y otros componentes del agua de mar para producir agua potable. Debido a la proximidad de Loreto con el Golfo de California, la desalinización podría proporcionar una cantidad ilimitada de agua. Aunque la posibilidad de un suministro ilimitado de agua es muy atractiva, existen varios inconvenientes relacionados con la desalinización. La tabla de abajo presenta algunas de las ventajas y desventajas.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|--|
| Fiabilidad del suministro: especialmente ventajoso en Loreto ya que los loretanos actualmente dependen de una sola fuente de agua | Costo elevado: los costos promedio por unidad son casi cinco veces mayores que las fuentes tradicionales |
| Menos restricciones al desarrollo: a medida que hubiera más agua disponible, habría más posibilidad de desarrollo | Altas necesidades de electricidad: la osmosis inversa, un método común de desalinización, requiere generalmente entre 4 y 7 kW por metro cúbico |
| Alta calidad del agua producto: cuando el mantenimiento es adecuado, la calidad del agua producto es generalmente alta | Posibles problemas de salud: existen riesgos de contaminación debido a mantenimiento o funcionamiento inadecuado. Además, cuando el mantenimiento o funcionamiento son inadecuados, la calidad del agua producto tiene un alto contenido de minerales |
| Eliminar la sobreexplotación del acuífero: inhibir la contaminación del acuífero de agua dulce de San Juan Londó reduciendo su sobreexplotación | Impacto ambientales negativos: la mortalidad de la entrada de agua de mar, químicos y otros contaminantes descargados con alta concentración de salmuera |
| | Sentido de suministro ilimitado: podría dar como resultado una demanda más alta de agua |
| | Impactos socioeconómicos: causan alto estrés en la economía local |

Hasta la fecha (2015), las desaladoras no han avanzado porque en el Parque Nacional Bahía de Loreto no se permite desechar aguas que hayan pasado por algún proceso (salmuera, agua de rechazo, aguas residuales, entre otros).

Una alternativa u opción para la descarga al mar es construir pozos de inyección de salmueras, un proceso de secado natural y reutilización industrial de las sales. La desventaja serían los costes por este tipo de desalación.

En España las descargas de salmueras se mezclan y diluyen con las aguas tratadas de la ciudad que se envían al mar pero no existen estudios contundentes de todos los efectos negativos de los mismos.

Las exposiciones deberán incluir lo siguiente:

- Una descripción del problema, incluyendo una explicación de lo que son una cuenca y un acuífero.
- Recomendaciones para resolver el problema.
- Un cronograma del plan. Éste es un proyecto a cinco años. ¿Qué va a pasar el primer año, el segundo y así sucesivamente?
- Una justificación para cada recomendación. ¿Cómo va a ayudar? ¿Por qué se recomienda para el año en que se va a implementar?
- Un *Mapa Conceptual del Ecosistema* Nivel 2 que describa la situación presente, y otro que represente los resultados anticipados de su plan.
- Un método visual para presentar su información.
- Una tabla de “Análisis de circuitos de retroalimentación en el ecosistema” utilizando un machote como el que se muestra aquí abajo:

Título del proyecto: _____

| | Sistema ecológico | | Sistema económico de Loreto | |
|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Entrada | Resultado | Consecuencias | Resultado | Consecuencias |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Capítulo 7: Nuestro reto, nuestra oportunidad

Actividad 1- Cómo realizar un diagnóstico del uso del agua en la escuela

Antecedentes

(El siguiente texto se basa en un documento producido por el Maryland Department of the Environment Water Supply Program: <http://www.mde.state.md.us/assets/document/ResAudit.pdf>.)

¿Cuánta agua estamos utilizando en nuestra escuela?



Observar nuestros hábitos con respecto al uso del agua nos puede hacer conscientes de cuánta agua utilizamos y puede ayudarnos a identificar maneras en las que podemos minimizar el uso del agua implementando algunas medidas de conservación. Es posible reducir el uso del agua hasta 30% cuando se implementan sencillas medidas de conservación y sin necesidad de modificar drásticamente nuestro estilo de vida.

¿Cómo podemos conservar agua?

Se pierde mucha agua por las llaves y tuberías de baños, cocinas, bebederos y mangueras. Esto es lo que hay que hacer:

Tuberías

Una tubería que tiene fugas es generalmente bastante obvia. Inspeccione visualmente todas las tuberías de la escuela y busque indicios de marcas de agua en las paredes y techos.

Inodoros

Los inodoros que tienen fugas son comunes y pueden ser una gran fuente de pérdida de agua. Un inodoro puede desperdiciar desde unos pocos hasta 380 litros por día. ¡Esto es más de 138,000 litros por año! A continuación presentamos algunas pistas que le pueden indicar la probabilidad de que algún inodoro de la escuela tenga una fuga:

- Si tiene que menear la manija para que deje de correr el agua del inodoro;
- Si regularmente escucha sonidos provenientes de un inodoro que no se está usando;
- Si un inodoro descarga agua periódicamente (como si se le hubiera jalado a la manija) durante 15 segundos o más sin que nadie haya tocado la manija.

Aún si algún inodoro no muestra ninguno de los indicios arriba mencionados, podría tener una fuga. Estas fugas de agua silenciosas pueden pasar desapercibidas por largos periodos de tiempo, potencialmente desperdiciando miles de litros de agua.

Para rectificar que no haya fugas silenciosas en su inodoro, haga lo siguiente:

- Quite la cubierta del tanque del inodoro y colóquela a un lado;
- Retire todo producto para limpiar el tanque del inodoro y jale la manija para que el agua que haya en la taza del inodoro y en el tanque mismo se vean transparentes;

- Agregue un tinte al tanque (se pueden utilizar capsulas o tabletas para teñir de la ferretería, pero el colorante de alimentos y los polvos para hacer agua de sabor también funcionan bien). Utilice suficiente tinte para que el agua adquiera un tono oscuro.
- Espere 30 minutos (No utilice el inodoro durante este tiempo);
- Si después de 30 minutos el agua del inodoro contiene tinte, entonces es que el inodoro tiene una fuga. (Un inodoro que funciona bien almacena el agua en el tanque indefinidamente sin que nada de agua se descargue a la taza).

Hay dos razones posibles por las que hay fugas en un inodoro: la válvula de descarga y la válvula de ingreso. Para determinar cuál es la válvula responsable de la fuga, marque con un lápiz una línea en la parte interior del tanque a la altura de la línea de agua. Cierre el suministro de agua al inodoro (con la llave que se encuentra detrás del mismo) y espere de 20 a 30 minutos. Si el nivel del agua permanece igual, quiere decir que la fuga está ocurriendo en la válvula de ingreso (la unidad que se encuentra en el lado izquierdo del tanque). Si el nivel del agua baja por debajo de la línea que marcó, quiere decir que la válvula de descarga (la unidad que se encuentra en el centro del tanque) es la que tiene la fuga.

Los mismos estudiantes pueden reparar los inodoros que tengan fuga. Coordine a los alumnos con el jefe de mantenimiento del plantel, determinen qué piezas se necesitan cambiar, visiten su ferretería o centro de mejoras al hogar, compren las partes, cierren el suministro de agua al inodoro y sigan las instrucciones. Con un poco de esfuerzo podrán conservar muchos litros de agua y, al mismo tiempo, reducir su recibo de gasto de agua en la escuela

Llaves del agua

Es fácil identificar una llave de agua que tiene una fuga pero, ¿tiene Ud. idea cuánta agua se desperdicia con lo que aparentemente es una fuga o goteo insignificante? Para saber, cuente el número de gotas por minuto.

Puede utilizar la siguiente tabla para estimar la cantidad del agua que se desperdicia:

Pérdida estimada de agua por goteo

| Gotas por minuto | Agua desperdiciada por mes | Agua desperdiciada por año |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 10 | 164 litros | 2,000 litros |
| 30 | 494 litros | 6,000 litros |
| 60 | 985 litros | 12,000 litros |
| 120 | 1,970 litros | 24,000 litros |
| 300 | 4,925 litros | 60,000 litros |

Las fugas generalmente se pueden eliminar cambiando los empaques gastados, y/o apretando o volviendo a instalar las llaves del agua. Los empaques nuevos o los estuches para reparar las llaves que no tienen empaques se venden en las ferreterías o en centros de mejoras para el hogar.



Modernizar/remplazar llaves del agua

Una vez que se hayan reparado las fugas de agua en la escuela, el siguiente paso es evaluar la eficiencia de las llaves de agua. A menudo un sencillo cambio de llaves puede conservar mucha agua.

Inodoros

La mejor manera de mejorar la eficiencia del inodoro es sustituyendo el inodoro viejo e ineficiente por uno nuevo. Sin embargo, también se puede reducir el uso de agua en inodoros viejos fácilmente y sin gastar mucho dinero, simplemente instalando un dispositivo de desplazamiento. Estos dispositivos funcionan desplazando el agua del tanque reduciendo así el agua que se utiliza por carga. Las ferreterías venden bolsas de plástico o goma que se pueden llenar con agua y colgarse de uno de los lados del tanque, o se pueden colocar unas piedras en un recipiente de leche vacío de medio galón o dos litros, u otro recipiente, y llenarlo con agua.

Los diques para el inodoro funcionan de manera similar, bloqueando un área del tanque del inodoro para disminuir la cantidad de agua por descarga. Otro dispositivo que puede utilizarse es un dispositivo de cierre anticipado que hace que el flotador se cierre más pronto, dejando salir una cantidad menor de agua en cada descarga. No coloque ladrillos en los inodoros ya que se pueden disolver y causar problemas futuros a la plomería.

Glosario

Si no encuentra la palabra de vocabulario correspondiente al capítulo es que dicha palabra está definida dentro del texto mismo del capítulo.

| | |
|---------------------------------------|---|
| <i>Abanico aluvial</i> | Un abanico aluvial o cono de deyección es, en geomorfología, una forma del terreno o accidente geográfico formado cuando una corriente de agua que fluye rápidamente entra en una zona más tendida y su velocidad disminuye, extendiéndose su cauce en abanico, en general a la salida de un cañón en una llanura plana. |
| <i>Acuífero</i> | Formación geológica subterránea compuesta de grava, arena o piedra porosa, capaz de almacenar y rendir agua. |
| <i>Acuífero colgado</i> | Un acuífero en el que un cuerpo de agua subterránea está separado del agua subterránea principal por una capa impermeable (que es relativamente pequeña lateralmente) y una zona no saturada. Los acuíferos colgados son comunes en el sedimento fluvial proveniente del deshielo de glaciares, donde están presentes cristales de barro formados en pequeños estanques de glaciares. También son comunes en secuencias volcánicas deposicionales donde las capas de ceniza intemperizada de baja permeabilidad se encuentra entre basaltos de alta permeabilidad. El agua que se mueve hacia abajo por la zona no saturada es interceptada y se acumula en la superficie de los cristales antes de moverse lateralmente hacia la orilla de ellos y filtrarse hacia abajo al nivel freático o formar un manantial en el costado de una pendiente. |
| <i>Acuífero confinado o artesiano</i> | Un acuífero en el que el agua subterránea se encuentra contenida a presiones más altas que la presión atmosférica por estratos confinantes superiores e inferiores, que fuerzan al agua a subir en los pozos a alturas por encima del acuífero (pozos artesianos). También conocido como acuífero artesiano. |
| <i>Acuífero no confinado</i> | Un acuífero bajo presión atmosférica que está sólo parcialmente lleno de agua. La parte superior del área saturada se conoce como nivel o manto freático. También se conoce como acuífero freático. |
| <i>Acuífero subterráneo</i> | Una capa de roca o sedimento que contiene agua y tiene la capacidad de proveer cantidades utilizables de este líquido; está compuesto de materiales no consolidados como arenas y grava, o roca consolidada como arenisca y piedra caliza fracturada. |
| <i>Agua subterránea</i> | El agua que se encuentra dentro del suelo y de la roca en la zona saturada de un acuífero. |

| | |
|-------------------------------|--|
| <i>Agua superficial</i> | Agua que se encuentra en la superficie terrestre en riachuelos, estanques, marismas, lagos u otros cuerpos de agua. |
| <i>Aguas subterráneas</i> | Toda el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre. Incluye el agua de las zonas saturadas y no saturadas. |
| <i>Área o zona de recarga</i> | La recarga es el proceso que permite que el agua se reponga en un acuífero. Este proceso ocurre naturalmente cuando el agua de la lluvia se filtra a través del suelo o roca hacia el acuífero. La recarga artificial se logra mediante bombeo (llamado inyección) de agua a los pozos, o esparciendo agua en la superficie para que pueda filtrarse al suelo. El área de terreno donde ocurre la recarga se llama área o zona de recarga. |
| <i>Avenida</i> | Creciente impetuosa de un río o arroyo. |
| <i>Bioma</i> | Un bioma es el conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica que es nombrado a partir de la vegetación y de las especies animales que predominan en él y son las adecuadas. |
| <i>Capacidad de carga</i> | El nivel de población que puede soportar un ecosistema sin sufrir un impacto negativo significativo. |
| <i>Ciclónico</i> | Perteneciente o relativo al ciclón y, en especial, a la rotación de sus vientos. |
| <i>Condensación</i> | Paso de una sustancia del estado gaseoso al líquido o sólido. Vaporización. |
| <i>Cono de abatimiento</i> | La depresión en forma de cono del nivel freático que circunda un pozo de bombeo causada por la extracción de agua; un valle en el nivel freático. Debido al bombeo, el agua subterránea cercana al pozo se desvía de la dirección natural del flujo de agua subterránea fluyendo hacia adentro del pozo. |
| <i>Convectivo</i> | Perteneciente o relativo a la convección. La convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por medio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. La convección se produce únicamente por medio de materiales fluidos. Éstos, al calentarse, aumentan de volumen y, por lo tanto, su densidad disminuye y ascienden desplazando el fluido que se encuentra en la parte superior y que está a menor temperatura. Lo que se llama convección en sí, es el transporte de calor por medio de las corrientes ascendente y descendente del fluido. |
| <i>Cuenca hidrológica</i> | Toda el área de tierra y agua dentro de los confines de una línea divisoria de drenaje en la que todo el escurrimiento de la superficie pasa por un canal de salida identificable, tal como un riachuelo o río. |

| | |
|---------------------------|---|
| <i>Dendrítico</i> | Con forma de dendrita. Una dendrita es una prolongación ramificada de una célula nerviosa, mediante la que dicha célula recibe estímulos externos. |
| <i>Descarga</i> | El movimiento de agua subterránea a la superficie hacia un manantial, lago, río u otro cuerpo de agua superficial; o la pérdida de agua subterránea de un pozo de bombeo o fluyente. |
| <i>Descenso del agua</i> | La caída vertical del nivel de agua en un pozo causada por el bombeo de agua subterránea; también, la diferencia que hay entre el nivel del agua antes del bombeo y el nivel del agua durante el bombeo. |
| <i>Endémico</i> | Propio y exclusivo de determinadas localidades o regiones. |
| <i>Energía cinética</i> | La energía cinética de un cuerpo es una energía que surge en el fenómeno del movimiento. Está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde el reposo hasta la velocidad que posee. Una vez conseguida esta energía durante la aceleración, el cuerpo mantiene su energía cinética salvo que cambie su rapidez. Para que el cuerpo regrese a su estado de reposo se requiere de un trabajo negativo de la misma magnitud que su energía cinética. |
| <i>Erosión</i> | Desgaste de la superficie terrestre por agentes externos, como el agua o el viento. |
| <i>Estrato confinante</i> | Una capa de material geológico que impide el movimiento de agua hacia adentro y hacia afuera de un acuífero. Algunos ejemplos de estas capas son: roca ígnea no fracturada, roca metamórfica y esquisto, o sedimentos no consolidados como los diferentes barros. |
| <i>Evaporación</i> | Acción y efecto de evaporar o evaporarse. |
| <i>Evapotranspiración</i> | La pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. |
| <i>Fosa tectónica</i> | Una fosa tectónica o graben es una larga depresión limitada en ambos lados por fallas paralelas levantadas (<i>horst</i>) entre las cuales el terreno se ha hundido por efecto de fuerzas internas. |
| <i>Franja capilar</i> | El área de la zona saturada justo arriba del nivel freático en la que el agua se contiene en el suelo por la tensión de la superficie. |
| <i>Geomorfología</i> | Rama de la geología y de la geografía que estudia el relieve de la Tierra. |
| <i>Halófitas</i> | Plantas que crecen en arenas saladas de desiertos o a la orilla del mar. |

| | |
|--------------------------------|--|
| <i>Intemperizado</i> | Un material que ha sido sometido a procesos de meteorización y/o erosión, es decir, que ha sido afectado por el agua, el viento, el sol y/o el ser humano. |
| <i>Intrusión salina</i> | El proceso por el cual el sobrebombeo de un acuífero crea un desequilibrio en el flujo dentro de un área, que da como resultado que el agua salada invada y contamine el suministro de agua dulce. |
| <i>Litología</i> | Parte de la geología que trata de las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas. |
| <i>Manantial</i> | Un lugar donde el agua subterránea sube de manera natural a la superficie en la intersección del nivel freático y la superficie terrestre. |
| <i>Material no consolidado</i> | Material derivado de la desintegración y erosión de rocas consolidadas en la superficie de la tierra, así como sedimentos depositados por procesos costeros y glaciares. Los materiales no consolidados incluyen, en orden de mayor tamaño el grano, barro, cieno, arena, y grava. |
| <i>Nivel freático</i> | La parte superior de un acuífero no confinado bajo la cual los espacios de los poros están generalmente saturados; el nivel de la zona de saturación en el que la presión es igual a la presión atmosférica. |
| <i>Nutriente</i> | Un producto químico procedente del exterior de la célula y que dicha célula necesita para realizar sus funciones vitales. |
| <i>Parteaguas</i> | La línea en un terreno desde la cual las aguas corrientes fluyen en direcciones opuestas. |
| <i>Permeabilidad</i> | La capacidad que tiene la roca, sedimento, o suelo poroso de transmitir agua subterránea. Es una medida de la interconectividad de los espacios de poros en un material y la relativa facilidad de fluidez de un líquido bajo presión desigual. |
| <i>Poros</i> | Los espacios que se encuentran entre partículas dentro del material geológico (roca o sedimento) ocupado por agua y/o aire. |
| <i>Porosidad</i> | La proporción que hay entre el volumen de vacíos y el volumen de material en el acuífero. Se refiere al grado de cavidades en el material del acuífero que contienen aire o agua. |

| | |
|---|--|
| <i>Pozo artesiano</i> | Un pozo cuya fuente de agua es un acuífero confinado (artésiano). El nivel del agua en los pozos artesianos se encuentra a una altura por encima del nivel freático debido a la presión del acuífero (presión artésiana). El nivel al que se encuentra el agua es la superficie potenciométrica (o de presión) del acuífero. Si la superficie potenciométrica se encuentra por encima de la superficie terrestre, el pozo es un pozo artesiano fluyente. |
| <i>Pozo freático</i> | Un pozo en el que la fuente de agua es un acuífero freático no confinado. |
| <i>Precipitación</i> | Caída de agua sólida o líquida por la condensación del vapor sobre la superficie terrestre. |
| <i>Recarga</i> | El proceso mediante el cual el agua subterránea se absorbe en la zona de saturación. |
| <i>Región hidrológica</i> | Agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares. |
| <i>Roca consolidada/ lecho rocoso</i> | Un término general para la roca sólida que se encuentra debajo de los suelos u otro material superficial; consiste en partículas minerales y/o de roca de diferentes tamaños y formas que han sido soldadas en una masa por el calor y la presión, o por una reacción química. Esta roca debe contener poros interconectados o fracturas que sirven de acuíferos. |
| <i>Roca madre</i> | Se llama roca madre a la que proporciona su matriz mineral al suelo. |
| <i>Sarcocaulé</i> | Plantas que tienen el tallo carnoso. |
| <i>Sarcocrasicaule</i> | Plantas carnosas de tallo grueso y plantas de tallo suculento y jugoso, por lo general de gran talla, con forma de candelabro. |
| <i>Sobreexplotación</i> | Extracción de agua subterránea de un acuífero a una tasa que excede la tasa de recarga de dicho acuífero. Puede llevar a un nivel freático más bajo, intrusión marina/salina y hundimientos. |
| <i>Sotobosque</i> | Parte de bosque o de monte situada por debajo del dosel vegetal principal formado por las especies arbóreas. |
| <i>Subsidencia</i> | El hundimiento o depresión de la superficie terrestre resultado de demasiada extracción de agua subterránea (o la sobreextracción de cualquier líquido que se extrae, tal como el petróleo). Los hundimientos pueden ser causados por subsidencias. |

| | |
|-----------------------------------|---|
| <i>Suelo</i> | Superficie de la Tierra. |
| <i>Superficie potenciométrica</i> | Los niveles de agua en pozos que penetran en un acuífero no confinado (libre) en el que hay flujo horizontal, será igual al nivel del nivel freático adyacente en la formación. Cuando se unen los niveles de los pozos se define un plano de la capa freática o una superficie potenciométrica. Esta superficie móvil no sólo describe el potencial total del agua sino que literalmente es el límite físico superior de la capa freática. |
| <i>Transpiración</i> | Salida de vapor de agua, que se efectúa a través de las membranas de las células superficiales de las plantas, y especialmente por los estomas. |
| <i>Yermo</i> | Terreno inhabitado o que no tiene cultivo ni labor. |
| <i>Zona no saturada</i> | La zona subsuperficial en la que el material geológico contiene tanto agua como aire en los espacios de los poros. La parte superior de la zona no saturada se encuentra típicamente en la superficie terrestre, y es conocida de otra manera como zona vadosa. |
| <i>Zona saturada</i> | La zona subsuperficial en la que todos los poros del acuífero están llenos de agua. |