

del libro al castellano, mediante una ayuda económica modesta recibida de la Agency for International Development (A.I.D.) y la National Science Foundation (NSF).

Con entusiasmo desbordante fue recibida la noticia en el seno de los profesores de esta Escuela. De inmediato se distribuyó el trabajo entre diez profesores. Se convino en no modificar el texto original, con excepción de las equivalencias al sistema métrico decimal y de agregar un suplemento especial para Venezuela al final de cada unidad, con sus correspondientes referencias. De esta manera, el libro será de utilidad en cualquier país de habla castellana ya que sólo se requerirá de las preparaciones de los suplementos especiales, en cada caso.

Los trabajos de traducción y preparación del texto en castellano, con sus correspondientes suplementos, estuvieron a cargo de los profesores que a continuación se indican:

Luis Aguilera Lafaya, Unidades 11 y 12; Roberto Alvarez, Unidad 7; Oswaldo De Sola, Unidades 9 y 10; Alfonso Kroboth, Unidades 6, 19 y 20; Gilberto Liévano Posada, Unidades 5, 13, 22 y 23; José Más Vall, Unidad 14; Manuel Méndez Arocha, Unidad 8; Nicolás G. Muñoz Jiménez, Unidades 4 y 17; Frances Ch. de Rive-ro, Unidades 15, 16, 18 y 21; Julio

A. Rodríguez Alemán, Unidades 1, 2 y 3.

Los trabajos de mecanografía y dibujo y corrección de pruebas estuvieron a cargo del siguiente personal:

Maritza Pulido Santana, Secretaria-Jefe; Sonia Cárdenas, Secretaria; Vicente Callejas, Dibujante; Astrid de Schirmer, Secretaria; Cecily de Petzall, Geólogo corrector.

A los integrantes de ambos grupos expresamos nuestro agradecimiento más caluroso por su preocupación sincera en todas las etapas de esta labor.

Este libro contribuirá a orientar a los jóvenes estudiantes hacia la disciplina geológica, que está llamada a jugar un papel extraordinario en el desarrollo de Venezuela. La industria reclama cada día más, el autoabastecimiento de materias primas. Los geólogos están llamados a explorar, ubicar y ubicar esos recursos que formarán las bases de una industria sana y capaz de crear cargos estables para los contingentes de jóvenes que cada año acuden al mercado de trabajo.

Esperamos que este libro sirva de estímulo a todos los profesores de bachillerato con vocación de servicio y sensibilidad social, a fin de que puedan cumplir a cabalidad su encomiable labor formativa de nuestra juventud estudiosa.

TRADUCCION DE LA UNIDAD 9 DEL "GEOLOGY AND EARTH SCIENCES SOURCEBOOK"

EL AGUA, SUS YACIMIENTOS Y EL TRABAJO QUE REALIZA

Las aguas libres y movibles de la tierra, los océanos, lagos, ríos, glaciares, agua entre los poros de las rocas y suelos y vapor de agua en la atmósfera, son parte de un sistema interrelacionado conocido como la hidrosfera. El movimiento del agua dentro de un ambiente y de uno a otro ambiente provee la energía y el mecanismo para muchos aspectos de los procesos geológicos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación. Este movimiento de agua, llamado el ciclo hidrológico o el ciclo del agua, puede ser considerado como comenzando en el océano, moviéndose hacia el cielo, luego a la tierra y finalmente regresando al océano.

El agua puede hacer muchas paradas intermedias en su regreso al océano. El agua subterránea puede suministrar agua a lagos y ríos o puede recibir suministros de ellos (Fig. 9-2). Los glaciares pueden alimentar ríos y formar lagos. También parte de las aguas superficiales y subterráneas pueden ser transferidas por evaporación a la atmósfera, antes de que alcancen al océano.

Parte del agua se infiltra en la tierra y se mueve hacia abajo, hasta alcanzar una profundidad por deba-

jo de la cual los poros están llenos. Esto crea una zona en la cual las rocas están saturadas con agua. El nivel superior de esta zona saturada, la mesa de agua o nivel freático, fluctúa en profundidad de lugar a lugar y de tiempo en tiempo. Debajo del nivel freático, el agua se mueve por gravedad u otra diferencia de presión hacia los lugares de descarga tales como manantiales, ríos o pozos. A medida que el agua subterránea se mueve hacia abajo en la tierra, puede disolver materias minerales que pueden precipitarse bajo ciertas condiciones. Generalmente, ocurren simultáneamente precipitaciones y soluciones. Esto remueve materias minerales de cerca de la superficie y las concentra a cierta distancia debajo de la superficie. Este proceso descendente puede invertirse y el agua subterránea puede moverse hacia arriba, llevando material disuelto a la superficie o cerca de ella.

La mayor parte del agua que no absorbe o chupa la tierra, fluye sobre la superficie, donde se concentra en arroyos y ríos. La habilidad de las corrientes de agua superficiales para desgastar, erosionar, transportar y sedimentar material meteorizado hace de las aguas un importante es-

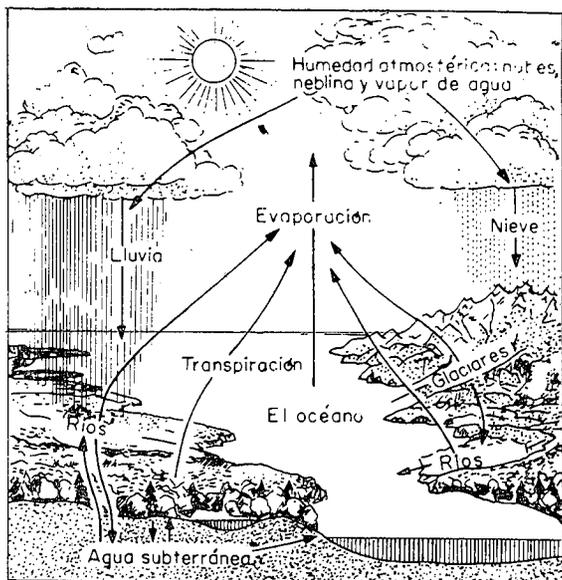


Fig. 9-1

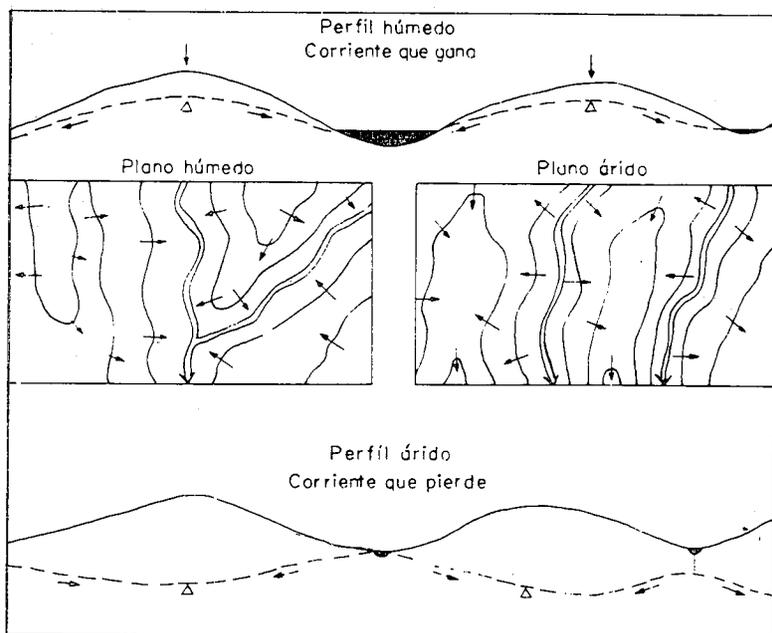


Fig. 9-2

ción) y la zona de suelos y rocas debajo del nivel freático (Zona de saturación).

ciados con la evaporación, condensación y precipitación deben mencionarse aquí. Debe dedicarse algún tiempo al tema de la meteorología y climatología. Esto ofrece una excelente coyuntura con la física y la geografía (véase la Unidad 7, **Ciencia de la Atmósfera**).

3. El ciclo del agua es muy complejo y está afectado por muchos retardos. Las complejidades pueden ser prologadas por unas discusiones sobre la transpiración de las plantas, acción capilar en los suelos, sublimación, evaporación durante la precipitación y otras. (Fig. 9-3). Los retardos en completar el ciclo son lagos, glaciares, témpanos, etc. Sería de valor indicar aquí los volúmenes de agua presentes en los océanos, sobre los continentes, en tales formas como lagos, aguas subterráneas, en la atmósfera y en la forma de suelos congelados y hielos glaciales.

La precipitación que no se evapora sobre la tierra puede escurrirse, acumularse en lugares bajos o infiltrarse.

Las diferentes interrelaciones deben ser señaladas aquí. Sería acertado considerar cuestiones tales como: ¿Afectan a la escorrentía y a la infiltración la porosidad y permeabilidad de los suelos? ¿Poseen algún efecto la temperatura y forma de la precipitación?

¿Qué hay acerca de la duración e intensidad de la precipitación? ¿Cómo puede formarse una ciénaga en regiones áridas? ¿La vegetación tiene algún efecto sobre la precipitación, se escurrirá o se infiltrará? ¿Qué papel juega la composición del suelo en el escurrimiento vs. infiltración? Se pueden obtener datos de cantidad, tipo y estación de lluvias de varios lugares para relacionarlos con las reservas de agua. Son posibles las demostraciones con el modelo de ríos (véase en la Unidad 17, **Sedimentología**, los planos para la construcción del modelo de ríos). ¿Cómo puede el hombre controlar la escorrentía y la infiltración? ¿Por qué desearía controlar estos procesos? Esta puede ser una buena ocasión para la presentación de prácticas de conservación de suelos.

ción) y la zona de suelos y rocas debajo del nivel freático (Zona de saturación).

ciados con la evaporación, condensación y precipitación deben mencionarse aquí. Debe dedicarse algún tiempo al tema de la meteorología y climatología. Esto ofrece una excelente coyuntura con la física y la geografía (véase la Unidad 7, **Ciencia de la Atmósfera**).

3. El ciclo del agua es muy complejo y está afectado por muchos retardos. Las complejidades pueden ser prologadas por unas discusiones sobre la transpiración de las plantas, acción capilar en los suelos, sublimación, evaporación durante la precipitación y otras. (Fig. 9-3). Los retardos en completar el ciclo son lagos, glaciares, témpanos, etc. Sería de valor indicar aquí los volúmenes de agua presentes en los océanos, sobre los continentes, en tales formas como lagos, aguas subterráneas, en la atmósfera y en la forma de suelos congelados y hielos glaciales.

La precipitación que no se evapora sobre la tierra puede escurrirse, acumularse en lugares bajos o infiltrarse.

Las diferentes interrelaciones deben ser señaladas aquí. Sería acertado considerar cuestiones tales como: ¿Afectan a la escorrentía y a la infiltración la porosidad y permeabilidad de los suelos? ¿Poseen algún efecto la temperatura y forma de la precipitación?

¿Qué hay acerca de la duración e intensidad de la precipitación? ¿Cómo puede formarse una ciénaga en regiones áridas? ¿La vegetación tiene algún efecto sobre la precipitación, se escurrirá o se infiltrará? ¿Qué papel juega la composición del suelo en el escurrimiento vs. infiltración? Se pueden obtener datos de cantidad, tipo y estación de lluvias de varios lugares para relacionarlos con las reservas de agua. Son posibles las demostraciones con el modelo de ríos (véase en la Unidad 17, **Sedimentología**, los planos para la construcción del modelo de ríos). ¿Cómo puede el hombre controlar la escorrentía y la infiltración? ¿Por qué desearía controlar estos procesos? Esta puede ser una buena ocasión para la presentación de prácticas de conservación de suelos.

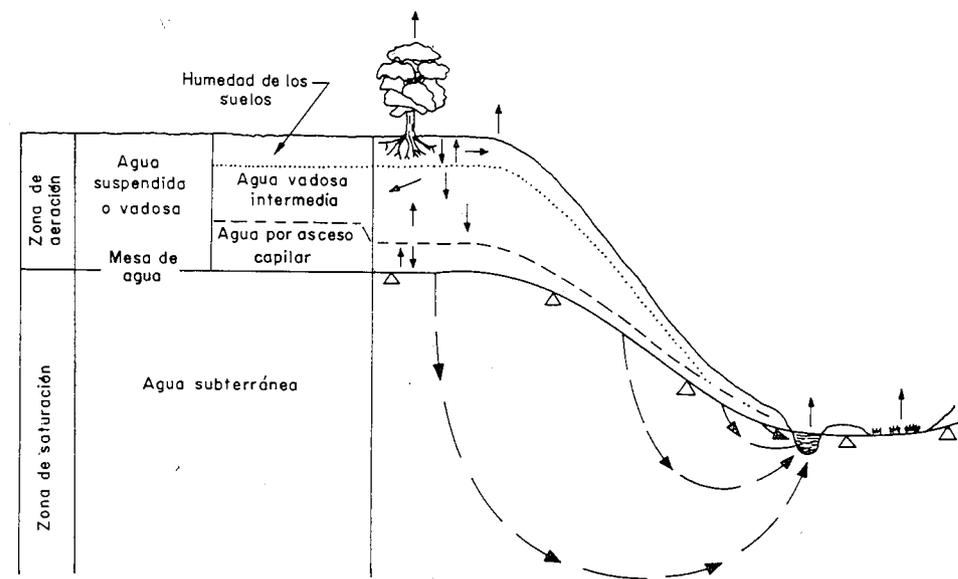


Fig. 9-3

La humedad de los suelos y las aguas subterráneas se mueven hacia abajo, a través del espacio poroso de los suelos y rocas. La acción capilar causa un movimiento de ascenso. A medida que el agua subterránea se mueve, disuelve y precipita materia mineral.

Al menos seis aspectos de la humedad de los suelos y el agua subterránea son de valor discutirlos en esta ocasión:

1. Esta sería la oportunidad de aplastar la concepción errónea de que los fluidos, como el agua y el petróleo, ocurren debajo de la superficie de la tierra, como lagos o ríos. En algunas áreas cavernosas se han desarrollado ríos subterráneos que fluyen a través de las cavernas, pero el agua subterránea ocupa el espacio intersticial (poros) de los suelos y rocas y se mueve a través de pequeñas grietas y de las aberturas intergranulares.

2. Se puede demostrar el embebiamiento de aguas a través del espacio poroso por medio de dos tubos de vidrio rellenos de arena fina y soportados verticalmente sobre un plato llano. Vierta agua en un tubo. El agua se moverá a través de la arena del tubo hacia el plato. En el segundo tubo el agua ascenderá por acción capilar (véase: **Demostraciones, proyectos y experimentos**).

3. El movimiento hacia abajo del agua produce la **mesa de agua**. La mesa de agua (o **nivel freático**) es una superficie debajo de la cual las rocas están saturadas con agua. No es necesario que la mesa de agua esté nivelada. La regularidad o irregularidad de la superficie de la mesa de agua está relacionada con la superficie del terreno y el tipo de material debajo de ella. El agua se mueve cuesta abajo de la mesa de agua hacia los puntos de descarga. La profundidad de la mesa de agua es una función de las rocas infrayacentes, la topografía y el suministro de agua. La ubicación de pantanos y lagos está relacionada con la posición de la mesa de agua. Las llamadas mesas de agua emperchadas pueden ocurrir debido a lentes de material impermeable que descansan sobre la mesa de agua regional. Se pueden usar diagramas de la configuración de la mesa de agua en áreas de diferente topografía. Por ejemplo, muestre cómo puede formarse un pantano o un lago. También muestre una mesa de agua emperchada. ¿Cuál será la configuración de la mesa de agua en un valle de un río que ha sido erosionado en una roca relativamente homogénea?

4. El importante aspecto de la permeabilidad puede ser demostrado por medio de un diagrama de un pozo artesiano, el cual se construye simplemente (Fig. 9-4).

5. El trabajo más importante que efectúa el agua subterránea probablemente es la solución, transporte y precipitación de material mineral. Por este proceso la acción de los suelos y el agua subterránea causan la cementación del material no consolidado. Calcita y sílice pueden ser movidas de esta manera y redepositadas como cemento. En las zonas de calizas, la solución por las aguas subterráneas puede formar cavernas que gradualmente se rellenan de material depositado, como estalactitas y estalagmitas, debido a la calcita precipitada. La lixiviación de los suelos se debe a esta característica del agua.

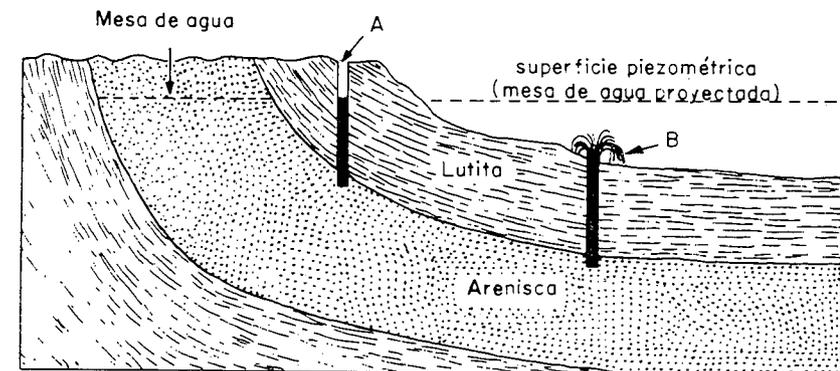


Fig. 9-4

Depósitos de caliche se forman sobre la superficie por la secuencia de solución, acción capilar y precipitación superficial. Este efecto puede ser mostrado por una simple demostración descrita en **Demostraciones, proyectos y experimentos**.

6. ¿Cómo es el abastecimiento de agua de su comunidad? Visite el acueducto y averigüe cuáles son los problemas de la fuente, almacenamiento, conservación y uso del agua en la región. ¿Qué problemas futuros se anticipan y qué pasos se están dando para la demanda futura de agua? ¿El agua es dura o suave? ¿Qué causa la dureza o suavidad del agua? Si el agua es dura, ¿se han dado pasos para contrarrestarla?

Los ríos alargan, ensanchan y deprimen sus valles.

Los mapas topográficos son extremadamente útiles para ilustrar el efecto de los ríos en las vecindades adyacentes (véase Unidad 19, **Mapas topográficos**, y la Unidad 20, **Mapas geológicos**). Obsérvese sobre estos mapas los diversos tipos de modelos de drenaje en diferentes topografías. El alargamiento de los valles hacia las cabeceras (erosión regresiva) puede ilustrarse con una secuencia en tiempo de fotografías de un área de erosión activa que suple a un río importante. El aumento en los zanjones de las tierras ha sido investigado en varias partes del país y existe

material de referencia. La erosión hacia las cabeceras puede ilustrarse también con la regresión constante de las cataratas del Niágara.

El alargamiento del valle de un río se ejecuta también por la formación de deltas. Un ejemplo excelente de esto es el delta del río Mississippi, el cual se extiende en el Golfo de México. Información sobre el crecimiento del delta se puede obtener del U.S. Corps of Engineers.

El ensanchamiento y depresión del valle del río puede observarse por medio de mapas topográficos. Por ejemplo, obsérvese la topografía en las inmediaciones del Mississippi inferior. Nótese que el valle es mucho más ancho que el mismo río. También observe los meandros del río y vea cómo están relacionados con el ancho del valle. El Cañón del Colorado, que fue cortado por el río Colorado, es un excelente ejemplo de la erosión vertical de las aguas corrientes. Compare y contraste los ríos Mississippi y Colorado. En general, hay muy buenas ilustraciones y material explicativo relativo a las cataratas, meandros, gargantas, planos de inundación, etc., en libros de texto corrientes de Geomorfología y Geología Física. También son posibles las demostraciones con el modelo de ríos.

La tasa y cantidad de erosión depende de muchos factores.

Algunos factores importantes que afectan la erosión deben ser presentados. La competencia de un río es muy importante (el máximo tamaño de grano nos da una medida simple del poder de transporte del río o competencia). Esta depende de la cantidad de agua en el río, su velocidad y profundidad. Un río grande con alta velocidad es capaz de llevar una carga mayor que uno pequeño. Esto no dice, sin embargo, que los ríos grandes son siempre agentes más eficaces de la erosión. La forma del cauce y la pendiente del río también serán efectivos en la competencia del río. Debido a que la mayor parte de la erosión es debida a la abrasión por

la carga del río, el tipo de material que el río lleva es muy significativo. Esto puede variar desde material grueso, relativamente duro, tal como el cuarzo, hasta minerales de arcilla de granos muy finos. Debido a que la erosión puede ser considerada como la devastación de la tierra, la cantidad de material en solución es de importancia considerable. En algunas áreas la precipitación se concentra en cortos períodos de tiempo. En otras localidades la lluvia está bien distribuida a través del año. Considerando este factor solamente, los ríos de una región con 500 mm de lluvia en un mes, probablemente causarán más erosión que en un área donde los 500 mm estuvieran distribuidos en todo el año. La roca sobre las cuales fluyen los ríos también afecta la erosión. Su dureza o compactación, fracturación y otras propiedades semejantes, afectarán la capacidad erosiva del río.

Los mapas topográficos y geológicos pueden ser empleados ventajosamente para ilustrar las variaciones en la erosión. De estos mapas se puede examinar la topografía vs. tipos de rocas. La pendiente de los ríos también puede ser calculada. El desarrollo del relieve y configuración topográfica puede ser preconizado para las regiones húmedas y áridas. Muchos libros de texto poseen ilustraciones excelentes del ciclo fluvial de varias regiones.

Deberían investigarse modelos de erosión en general y en detalles.

1. Para ilustrar los efectos de la erosión de los ríos, pueden usarse mapas topográficos, comparando las características de los valles de ríos de dos regiones diferentes que han sufrido la erosión fluvial. El estudio de un valle fluvial y sus relaciones con la topografía adyacente en diferentes lugares a lo largo de su curso, también ilustrará varias fases de la historia erosiva de un río y su cuenca. Al hacer tales comparaciones, algunas de las cosas que deben tenerse en cuenta son: la

Las aguas corrientes remueven material y lo redistribuyen desde las elevaciones altas a las bajas. Tal erosión tiende a nivelar la región, pero la nivelación completa raras veces es alcanzada.

pendiente del río, la forma del valle y su ancho, si el curso del río es recto o con meandros, el ancho de las divisorias del río, las pendientes de las divisorias del río, las distancias entre las divisorias, la abundancia de lagos y pantanos, el relieve máximo del área y la aspereza o lo mojado del relieve.

2. Considerando cuestiones referentes a las características específicas de un río se puede entender mejor algunas acciones del agua corriente. ¿Cuáles son las condiciones necesarias para la formación de una catarata? ¿Cómo cambia una catarata a medida que el río la erosiona? ¿Qué se entiende por un perfil gradado de un río y qué controla este perfil? ¿Cómo se desarrolla el perfil transversal del valle de un río y cómo varía aguas abajo y en diferentes ríos? ¿Puede usted contrastar el paisaje de una región árida y de una húmeda? ¿Cuál es el efecto del clima en la erosión? ¿Por qué se forman los deltas? ¿Qué procesos están envueltos en su crecimiento? ¿Podría usted explicar por qué no se encuentran deltas en la boca de todos los ríos? ¿Qué se entiende por base de erosión? ¿Cómo puede desarrollarse una base temporal para un sistema de drenaje particular?

Los lagos ocupan las depresiones de la tierra y tienen varios orígenes.

Movimientos de la corteza, tales como bloques de fallas o combaduras, actividad fluvial, socavación o represado glacial, actividad volcánica, derrumbes, y las islas en barrera (cordones litorales) que incluyen lagunas, son todos medios por los cuales se pueden formar lagos y sus cuencas. Los Grandes Lagos, el Gran Lago Salado, los lagos de los valles tectónicos del Africa (Rift Valleys), el lago Crater, y los lagos en herradura del río Mississippi demuestran varios modos de origen y diferentes historias.

Se pueden usar conjuntamente mapas topográficos, geológicos y paleogeográficos con la discusión para mostrar el origen e historia de algunos lagos.

Los lagos se destruyen cuando las pérdidas de agua exceden a las entradas.

Los lagos se destruyen por la sedimentación.

La mayoría de los lagos naturales en las latitudes septentrionales son el resultado de la glaciación. Enseñe la formación de los lagos glaciados por el desarrollo del avance y retirada del hielo (véase la Unidad 10, **Glaciares**). Los Grandes Lagos y las áreas adyacentes muestran la mayoría de los tipos de lagos glaciados, tales como aquellos debido a depósitos de morrenas irregulares, bloques de hielo fundido, represado por sedimentación y socavación.

Lagos en herradura o yugo de buey (**oxbow**) son característicos del fondo de los valles en algunas áreas. Puede ser ilustrada la formación de tales lagos por los meandros abandonados de un río.

El Gran Lago Salado y el mar Caspio son ambos grandes cuerpos de aguas saladas interiores. ¿Cómo pueden formarse estos mares interiores salados?

Este balance puede ser cambiado por condiciones climáticas o por erosión del desagüe de un río. Por medio de mapas paleogeográficos compare los Grandes Lagos originales y el lago Bonneville con los Grandes Lagos y el Gran Lago Salado de hoy día. ¿Cómo difieren estas dos áreas en su historia postglacial? El antiguo lago Bonneville puede ser comparado con el antiguo lago Agassiz. ¿Por qué son tan diferentes los depósitos del fondo de estos dos lagos? El lago Erie puede ser usado como ejemplo de la erosión de la salida de un río. ¿Cómo puede calcularse aproximadamente el tiempo de drenaje del lago Erie? ¿Cómo puede estimarse el nivel al cual el lago sería drenado? Estas dos preguntas requieren un conocimiento de la tasa de retirada de las cataratas del Niágara, la longitud del río desde la catarata al lago y la estructura o actitud de las rocas infrayacentes.

Al menos tres aspectos de la sedimentación de las cuencas de los lagos deben ser considerados.

1. Es esencial entender algo de los procesos de erosión, transporte y sedimentación. Los ríos llevan una carga de sedimentos (azolves) en suspensión o arrastrada por el fondo. Para lograr esto es necesario la energía. Explique cómo el nivel de energía decrece cuando un río entra a un lago, causando la sedimentación de su carga. La sedimentación en el lago Mead y en el embalse Elephant Butte Reservoir son ejemplos excelentes de esto. Una demostración con el modelo de ríos puede usarse para mostrar la sedimentación en los lagos (véase la Unidad 17, **Sedimentología**).

2. Algunos lagos poseen tasas de sedimentación mayores que otros. Debe señalarse la razón de esto. Compare la carga de los ríos, tipo de material en el área de la cuenca, cubierta vegetal en la misma y la pendiente del río.

3. Materiales orgánicos y minerales removidos de la tierra y la vida (biota) del lago se acumulan en los sedimentos del fondo. Este material refleja la historia del lago. Restos biológicos, por ejemplo, pueden indicar cambios de temperaturas. Mediante el estudio de las partículas sedimentarias se pueden observar cambios en la escorrenfía.

Los lugares donde la superficie de la tierra está siempre saturada, se denominan pantanos, ciénagas o esteros. Ellos se encuentran en muchos tipos de ambiente, desde húmedos a áridos, desde los trópicos hasta los árticos, adyacentes a otras aguas superficiales o lejos de ellas. Se requiere un conjunto especial de condiciones para producir tales características en cada conjunto de circunstancias físicas.

1. Use mapas topográficos y secciones transversales (véase la Unidad 19, **Mapas topográficos**) en los cuales la mesa de agua está indicada, para destacar cómo la topografía y las aguas subterráneas pueden causar pantanos y ciénagas aun cuando no existan aguas superficiales (tales

Las ciénagas y los pantanos tienen muchos orígenes.

como ríos o lagos). Esto es común en áreas glaciadas y en regiones litorales donde la tierra ha sido sólo ligeramente levantada.

2. Los pantanos y ciénagas frecuentemente están situados sobre los deltas y adyacentes o detrás de los diques naturales o artificiales. La sedimentación es la causa de su desarrollo en ambos casos. Los deltas se construyen por la acumulación de sedimentos hasta el nivel del lago o del mar. Estos sedimentos están saturados de agua. Los depósitos naturales altos de las crecidas o los diques marginales hechos por el hombre, confinan el río a un canal angosto y los depósitos del fondo elevan comúnmente la superficie del río por encima de la cota de las tierras adyacentes.

3. La construcción en las costas de islas en barrera a través de la boca de unas bahías, las protege del mar. La sedimentación ocurre en la bahía y se desarrollan ciénagas.

4. El Artico es una región de escasa precipitación; sin embargo, contiene muchos pantanos. La condición especial es la presencia de suelos congelados permanentemente. Esto evita que la limitada precipitación se pierda por infiltración en la tierra.

Se considera que las cuencas oceánicas se formaron durante el primer desarrollo de la tierra.

El primer problema encontrado aquí es la razón de la separación de la superficie de la tierra en los pisos oceánicos bajos y los altos continentes. La topografía de la tierra puede mostrarse en una curva de frecuencia para ilustrar los dos niveles dominantes (Kuenen, **Marine Geology**, 1950, pág. 163; ver las referencias). Lo siguiente debe ser considerado para presentar un concepto aceptado corrientemente: la distribución de los tipos de rocas sobre la tierra; la gravitación de la tierra; la velocidad de las ondas sísmicas. El concepto de la contracción de la manzana (como lo presentan algunos textos elementales y secundarios), no se considera ya válido. Pri-

mero explique cómo el enfriamiento de un magma puede causar la separación de los minerales livianos y pesados (véase la Unidad 2, **Las rocas**). Se piensa que este proceso ha formado la corteza terrestre y la ha separado en dos partes (véase la Unidad 6, **Geología estructural y formación de montañas**). La parte liviana (denominada **sial**) flota sobre las rocas pesadas (denominadas **sima**). Así los continentes, que están constituidos mayoritariamente por sial, permanecen altos sobre las cuencas oceánicas, las cuales son principalmente o totalmente sima. Este concepto se denomina **Isostasia** (véase la Unidad 6, **Geología estructural y formación de montañas**). ¿Qué evidencias se tienen para sostener este punto de vista? La distribución de los tipos de rocas, la gravitación y los resultados del estudio de las ondas sísmicas le dan soporte. Use como ejemplo el área del océano Pacífico (el Atlántico y el océano Indico son más complejos). Trace las cadenas de montañas que rodean el océano Pacífico. Ellas separan de manera general las rocas livianas continentales (sial) de las rocas más densas suboceánicas (sima). Todas las islas del Pacífico medio, están compuestas de las rocas más densas. Señale que las lecturas de gravedad para el océano y los continentes son aproximadamente las mismas. Ya que existen dos tipos de rocas, se piensa que los continentes flotan sobre las rocas infrayacentes más densas.

Finalmente, explique cómo las ondas sísmicas superficiales se trasladan en la corteza terrestre. Mientras más densa sea la roca más rápida será la velocidad (véase la Unidad 5, **Terremotos y el interior de la Tierra**). Ahora trace un terremoto desde la punta de Sudamérica hacia el norte, digamos las islas Hawaianas y hacia el norte, a alguna ciudad a igual distancia en el continente. ¿Cuál de los sitios recibirá primero la sacudida? Si las rocas debajo del océano Pacífico son más densas que las rocas que constituyen los continentes,



El agua que llena los océanos es considerada ahora por muchos científicos como proveniente del enfriamiento de los magmas de rocas.

Una vez se pensó que el piso de las cuencas oceánicas era monótonas llanuras planas pero ahora se sabe que contiene muchas características fisiográficas prominentes.

Los océanos han cambiado sus límites en los tiempos geológicos.

entonces Hawai debería sentir la sacudida primero. Y, en efecto, la siente primero.

Varias consideraciones de esta manera pueden contribuir hacia un entendimiento de un desarrollo lógico de la formación de las cuencas oceánicas y los continentes. Ellos se originaron probablemente durante la formación de la misma corteza terrestre. La distribución de los océanos puede ser discutida; sin embargo, es un tema muy controvertible.

Se citan muchas evidencias que soportan la idea de que el agua de la hidrósfera proviene del enfriamiento de los magmas de la tierra primitiva. Como ejemplo dé algunos datos de las emanaciones volcánicas. El cráter Halemaumau del volcán de Kilauea, en Hawai; el 67 por ciento por volumen de los gases son vapor de agua. Katmai; 99 por ciento, agua. El agua es el constituyente más común, aunque su contenido varía con cada volcán. Esta agua todavía se está sumando a la hidrósfera; se ha estimado que cerca de $\frac{1}{4}$ de km^3 de agua nueva (juvenil), se añade cada año por actividad volcánica.

Las cartas batimétricas y las ilustraciones de los textos pueden usarse para mostrar las diversas características por debajo de la superficie de las aguas. Mesas marinas, cadenas de montañas, cañones submarinos, trincheras y la plataforma continental y su escarpa son ejemplos (véase el diagrama generalizado en la figura 9-8).

Mapas paleogeográficos pueden usarse para mostrar la extensión de los mares anteriores. Muchos de estos mares fueron epicontinentales (esto es, tanto sobre los continentes, como en las cuencas oceánicas). Tales mapas pueden ser usados también para ilustrar las fluctuaciones de nivel del mar durante la época Pleistocena.

La sal en los mares parece provenir mayormente de la meteorización y erosión de la tierra.

El primer paso en el suministro de sal al mar es la meteorización de las rocas y suelos (véase la Unidad 8, **La meteorización**). Los ríos últimamente llevan los sólidos y productos disueltos de la meteorización al océano. Este proceso ha estado en operación desde el más temprano tiempo o edad geológica, y puede estar lentamente incrementando la concentración de los elementos disueltos en el agua del mar. En el presente, la salinidad promedio de los océanos es de alrededor de 35 partes por mil. Contrasta la concentración de los elementos principales en el material disuelto en el agua del mar con aquellos en el agua de los ríos y especialmente con los mismos elementos en las rocas.

La tabla que sigue indica el porcentaje de los elementos importantes en el material disuelto en el agua del mar y de los ríos, en contraste con los porcentajes de esos elementos en las rocas.

Elemento:	Agua de mar (%)	Agua de río (%) *	Rocas (%)
Cloro	55	6	Trz.
Sodio	30	3	4
Magnesio	3	3	3
Potasio	2	1	3
Calcio	1	20	5
Hierro, Aluminio	Trz.	3	23
Silicio	Trz.	11	59

* No incluye CO₂, SO₄, etc.

Si la sal del mar viene de la meteorización de la tierra, ¿cómo puede explicarse las diferencias de composición entre las aguas del mar, las aguas de los ríos y las rocas?

No existe suficiente cloro en las rocas para responder por su abundancia en el mar. Se piensa que el cloro viene de los gases volcánicos (todos los volcanes contienen cloro en sus vapores). El sodio viene de la meteorización y ha permanecido en solución porque los compuestos de sodio son extremadamente solubles en agua.

Los sedimentos en el fondo del océano vienen de la erosión de la tierra y de la vida marina.

El silicio, el hierro y el aluminio, son todos abundantes en las rocas y solubles en las aguas de los ríos, pero relativamente insolubles en el agua del mar. Así, ellos vienen a ser parte de los depósitos del fondo en vez de permanecer en solución. El calcio es muy soluble en las aguas de los ríos pero es removido del mar principalmente por la biota. Las plantas y los animales usan enormes cantidades de calcio.

Explique la erosión, transporte y precipitación de los sedimentos. Para mostrar la gran cantidad de sedimentos acarreados al mar cada año, dé datos de la carga de sedimentos del río Mississippi, el cual drena alrededor de los dos tercios de los Estados Unidos. La mayoría de los sedimentos transportados así, son depositados sobre la plataforma continental. El material fino es depositado en el mar profundo. Cada año todos los ríos del mundo acarrearán cerca de 12 km³ de sedimentos al océano. Si se extendieran éstos parejamente sobre el fondo de la totalidad del mar, se necesitarían mil años para obtener una capa de 3 centímetros de espesor (algo más que una pulgada). Para ilustrar esto muestre mapas de los tipos y distribución de los sedimentos oceánicos. Note aquí que los sedimentos biológicos son muy importantes en el océano. Ejemplo de esto son los lodos de diatomeas y de foraminíferos, los sedimentos de carbonato de calcio en las Bahamas y en otras áreas marinas. Sedimentos biológicos pueden comprarse en las casas de suministros biológicos con propósitos de exhibición.

Los sedimentos se han acumulado en los océanos a través de los tiempos geológicos.

Profundidades y tasas de sedimentación estimadas en varias partes de los océanos pueden encontrarse en las fuentes anotadas en las referencias. En general, mientras más cerca se encuentre la tierra (y el suministro de material sedimentario) más rápida será la tasa de sedimentación.

Los sedimentos y las formas biológicas que incluyen, reflejan la historia de la Tierra.

La Luna, el Sol y la Tierra controlan las mareas.

Las calizas coralinas fueron formadas en aguas llanas y calientes. Las lutitas oscuras con pirita fueron formadas en ambientes reductores, donde se acumuló materia orgánica.

Las mareas no se deben simplemente a la atracción gravitacional de la Luna. Los siguientes puntos deben destacarse:

1. La Luna y el Sol causan mareas.
2. La Luna tiene un efecto mayor que el Sol, ya que está más cerca de la Tierra.
3. Cuando hay una marea alta sobre un lado de la Tierra que da la cara a la Luna, hay también otra en el lado opuesto (esto se puede explicar por atracción gravitacional y fuerza centrífuga).

Cresta de la onda después de $\frac{1}{4}$ de período

Movimiento de la cresta

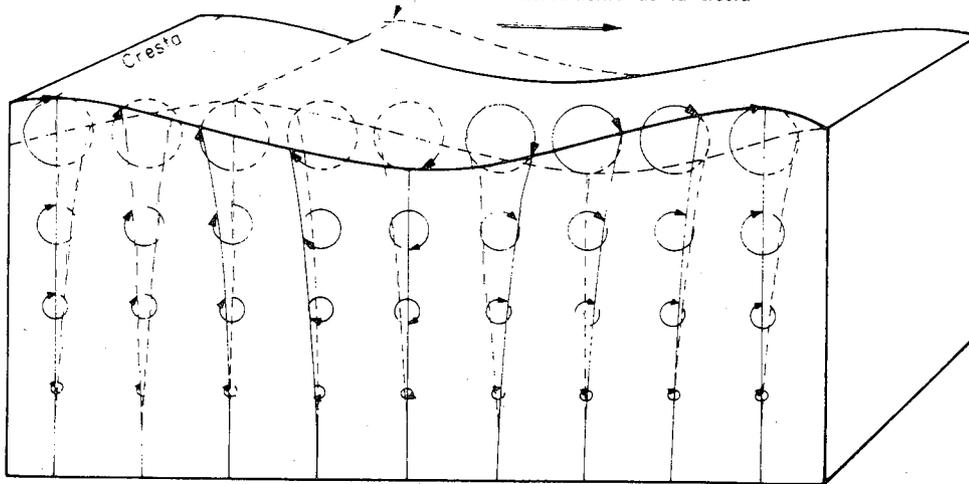


Fig.9-5

4. Las mareas más altas ocurren cuando la Luna y el Sol caen en línea recta con la Tierra, y las más bajas cuando están en ángulo de 90° .

5. Explique la razón de por qué la misma fase de la marea llega en un punto dado 50 minutos más tarde cada día.

6. La Luna no se mueve alrededor de la Tierra en el plano ecuatorial, causando la desigualdad de las mareas (véase la discusión sobre mareas en la Unidad 13, **Astronomía**).

La forma de la Tierra, incluyendo la topografía subacuática, tiene un marcado efecto en las mareas. Este efecto puede demostrarse estudiando bahías con distintas configuraciones; nótese la diferencia en los datos de mareas entre la boca y la cabecera de una bahía (se sugiere la bahía de Fundy, datos de marea disponibles del U.S. Coast and Geodetic Survey). También se dispone de películas sobre mareas.

Las olas son causadas por el viento.

Una explicación de cómo se forman las olas está en regla. No es suficiente decir por el viento. ¿Cómo forma el viento las olas? Considere la velocidad del viento, su duración y la distancia sobre la cual el viento sopla (**fetch**). Esto se puede ilustrar por datos reales de la altura de las olas de tormenta contra la altura de la ola durante la calma. El **fetch** puede ilustrarse comparando las olas de una bahía con las del océano. Defina la terminología de las olas, tales como altura, longitud, período y frecuencia.

Hay más de un tipo de olas.

Explique el desarrollo de olas de oscilación y olas de traslación y el movimiento de las partículas en cada caso (véase la figura 9-5).

Las olas cambian cuando se acercan a la costa.

Se desarrollan dos cambios comúnmente:

1. El movimiento de las ondas oscilatorias se extiende hacia abajo, hasta una profundidad igual a la mitad de la longitud de la onda. A medida que la ola se acerca a la tierra se afecta su carácter por interferencia del allanamiento del fondo con el movimiento orbital del agua. El avance de la ola se retarda debido al roce entre el movimiento de la ola y el fondo. Esto causa un acortamiento de la longitud de onda y un aumento de su al-

tura. Por último, la ola se rompe. Explique y demuestre esto usando un estanque de rizaduras (véase **Demostraciones, proyectos y experimentos**).

2. Al acercarse a la costa las olas se refractan (o doblan) y especialmente hacia los lugares más llanos, en vez de hacia los hondos cercanos a la costa. Esto es verdadero tanto en áreas costeras con costas rectas como en las de costas en bahías entre promontorios, particularmente cuando el fondo litoral es llano en correspondencia con los promontorios (compare las figuras 9-6 y 9-7). Explique esto y demuéstrelo por diagramas y usando el estanque de rizaduras (véase **Demostraciones, proyectos y experimentos**, 5). Primero use como modelo una ola que se acerca a una costa suave paralelamente.

Continúe con una situación más compleja, tal como una bahía o un promontorio.

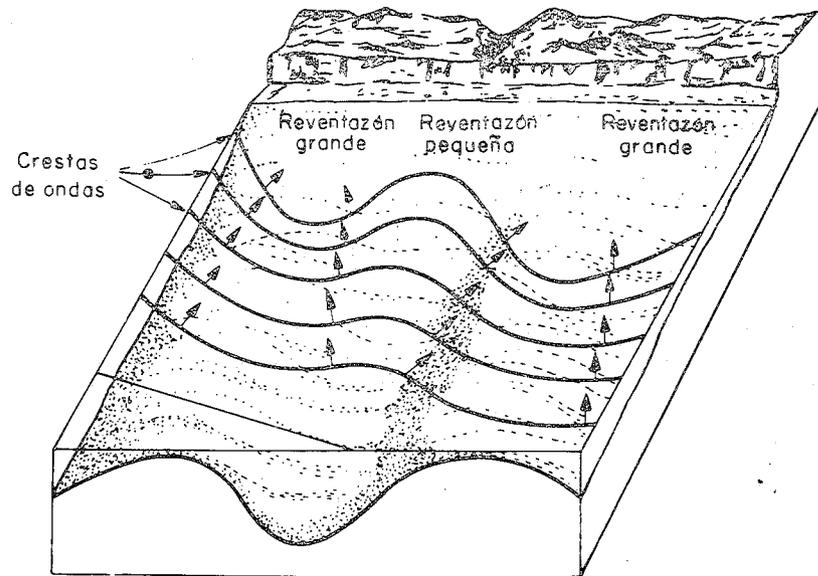


Fig 9-6

Las olas erosionan y transportan material alterando la costa.

Explique la reventazón (las olas que se rompen). Ejemplo del movimiento de grandes peñones, etc., durante las tormentas se puede obtener de **Referencias**. Las olas que se acercan a las costas crean corrientes. ¿Qué es una corriente litoral? ¿Cómo mueve ella arena? ¿Qué es el depósito de playa? Exhiba ilustraciones y fotografías de varias características fisiográficas de las costas.

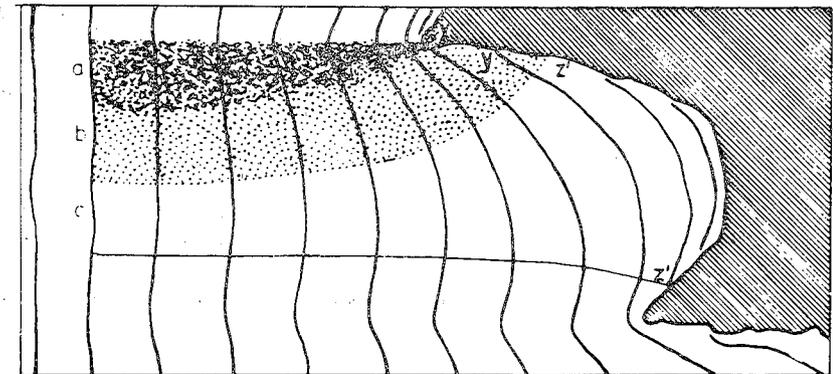


Fig 9-7

Las corrientes se forman por el viento y se modifican por la rotación de la Tierra y la configuración de la Tierra.

Las corrientes oceánicas se desarrollan por el viento. La rotación de la Tierra causa el llamado efecto Coriolis, el cual desvía la corriente hacia la derecha en el Hemisferio Norte y hacia la izquierda en el Sur. Explique y demuestre el efecto Coriolis (véase **Demostraciones, proyectos y experimentos** en la Unidad 7, **Ciencia de la Atmósfera**). Existen cartas para mostrar a los estudiantes dónde están situadas las principales corrientes oceánicas. Compare el modelo de las corrientes con los anillos de vientos mundiales. Note la forma de las corrientes en el Hemisferio Norte y en el Sur.

El efecto de la configuración de las masas de tierra puede señalarse examinando la trayectoria de la Corriente Ecuatorial Norte, Corriente de Florida y la del Golfo.



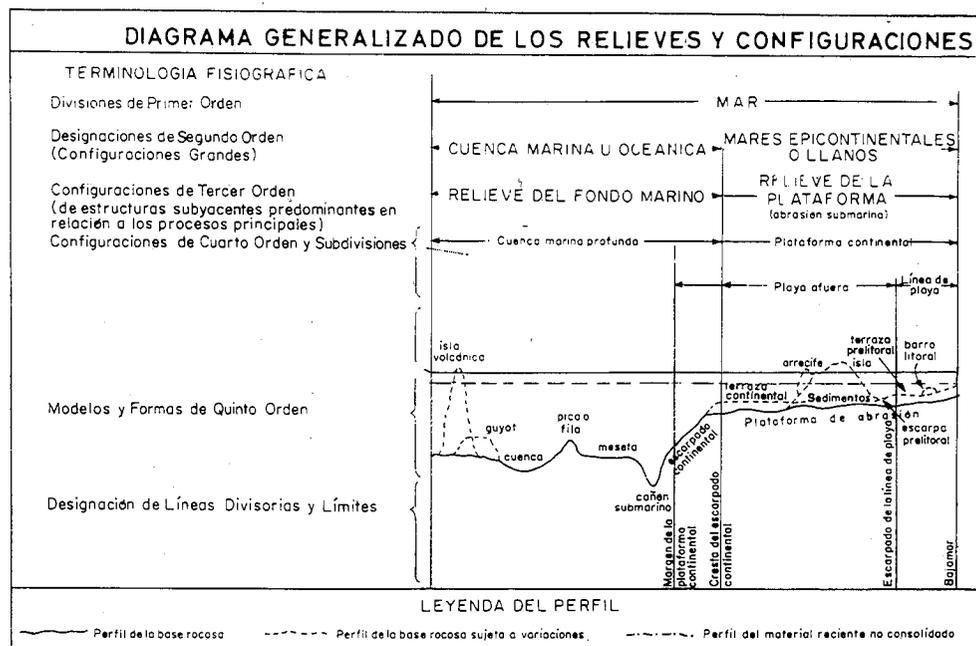


Fig. 9-8a

En el mar se forman corrientes de densidad.

El intercambio polar-tropical y algunos movimientos desde la plataforma continental hacia el mar profundo revelan las variaciones de densidad.

1. Las aguas polares se intercambian con las tropicales por medio de corrientes de densidad. La energía solar calienta las aguas tropicales y éstas se expanden, volviéndose livianas. Las aguas polares se enfrían, se contraen y se hunden. Esto crea un intercambio entre las regiones polares y las tropicales, con las aguas frías del fondo moviéndose lentamente hacia el ecuador. Esto puede ser demostrado (véase la Unidad 7, **Ciencia de la Atmósfera**).

2. Las olas pueden agitar los sedimentos del fondo sobre la plataforma continental y causar que las aguas del fondo se vuelvan más densas y fluyan pendiente abajo. Esto puede ser demostrado.

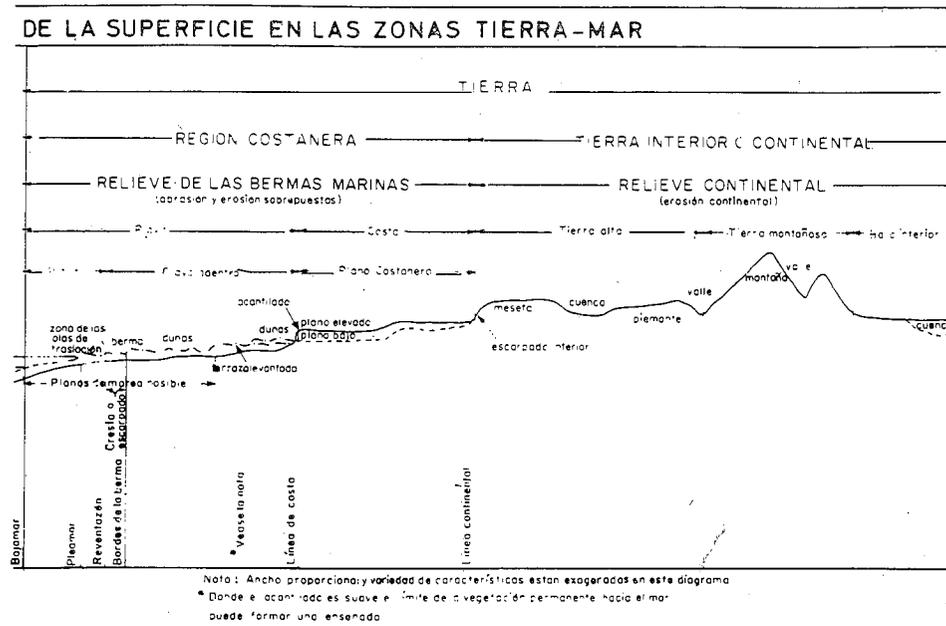


Fig. 9-8b

Un viento continental puede hacer fría al agua cercana a la costa.

3. Algunas corrientes oceánicas se deben a densidades causadas por diferencia en salinidad. Así, una corriente permanente fluye por el fondo, derramándose por el estrecho de Gibraltar desde el mar Mediterráneo, anormalmente salado, hacia el océano Atlántico.

El proceso de flujo hacia arriba (**upwelling**) significa el ascenso de aguas profundas. Haga un diagrama para mostrar cómo un viento continental moverá al agua superficial mar adentro. Las aguas profundas subirán para reemplazarla. Por el efecto Coriolis también puede ocurrir un flujo ascendente cuando soplan vientos que no sean hacia el mar. ¿Cómo? Señale cómo el flujo ascendente trae arriba aguas profundas que son ricas en sustancias nutritivas (regeneradas de los sedimentos del fondo). Esto promueve abundante vida animal y vegetal.

Los océanos han regulado el clima a través de los tiempos geológicos.

El efecto que los océanos tienen sobre los climas continentales puede ser demostrado comparando las direcciones prevalentes de los vientos con las proximidades del océano y las corrientes oceánicas, y comparando la temperatura y precipitación en áreas de igual latitud. La importancia de la topografía puede ilustrarse comparando un área montañosa y unos planos costaneros extensos. Áreas sugeridas: Labrador, Inglaterra, Noroeste y Noroeste de los Estados Unidos.

PREGUNTAS Y PROBLEMAS SUGERIDOS

1. Note las diferencias en carácter del curso inferior y la boca, de los valles de los ríos Mississippi y San Lorenzo. ¿Puede usted dar alguna explicación de tales diferencias?
2. ¿Por qué el Mississippi no corta un cañón tal como el Gran Cañón del Colorado?
3. Los rasgos terrestres llamados diques o **sills** (diques mantos), ¿pueden tener alguna relación con el perfil longitudinal desarrollado por un río?
4. ¿Por qué el agua clara es menos efectiva que la turbia en desgastar y remover suelos o material rocoso de la superficie de la tierra? Nombre tres maneras en que el agua transporta los acarreos.
5. Discuta las condiciones bajo las cuales el agua deposita los acarreos.
6. ¿Qué es el nivel de base de un río? ¿Es el mismo para todos los ríos? Explique la diferencia entre nivel de base y perfil longitudinal de un río.
7. ¿Por qué las tierras de los deltas y planos de inundación son

tan bajas y de poco relieve (irregularidades superficiales)?

¿Por qué tales terrenos son frecuentemente valiosos para la agricultura pero se les considera peligrosos para las casas?

¿Por qué los diques naturales son generalmente los rasgos más altos del terreno? ¿Por qué las adiciones hechas por el hombre a los diques marginales no son totalmente exitosas para corregir las dificultades de vivir en los planos de inundación y los deltas?

8. Explique las relaciones entre el ciclo hidrológico y el aspecto económico de la generación de energía.
9. ¿Por qué las aguas vienen a ser cada vez un problema mayor, aun en áreas húmedas, con el incremento de crecimiento de la población urbana e industrial?
10. ¿Por qué existen pozos temporales y otros más permanentes como fuentes de agua? ¿Puede usted explicar y dibujar diagramas para mostrar por qué algunos pozos fluyen por sí solos? ¿Por qué algunos de tales pozos fluyen sólo temporalmente? ¿Son ellos de algún

valor adicional como fuente de suministro de agua?

11. ¿Qué pasa con el material descargado a los mares y océanos?
12. ¿Qué proyectos y actividades relativamente recientes están contribuyendo a aumentar el conocimiento de los océanos, sus cuencas y sus riquezas potenciales?

PROBLEMAS GEOLOGICOS SIN RESOLVER

1. Los efectos del transporte sobre las características físicas y químicas de los sedimentos no se han entendido totalmente.
2. Aunque no es un problema completamente geológico, la correcta utilización y conservación de las aguas superficiales y subterráneas se cuentan entre los principales problemas que confronta el mundo entero. Del mismo modo, la desalinización de los mares para el uso humano plantea problemas que sólo han sido resueltos parcialmente hoy.
3. Muchas de las reacciones fisicoquímicas relacionadas con

el agua subterránea no se han entendido totalmente.

4. El conocimiento y medida del movimiento y almacenamiento de agua en las rocas no es completo.
5. El origen de los cañones submarinos no se conoce.
6. La formación de barras e islas en barrera es tema polémico.
7. Las trazas de elementos en la composición del agua marina y las reacciones bioquímicas en el océano no están totalmente entendidas.
8. La naturaleza y potencialidad de alimentos, minerales y otros recursos de los mares y océanos están sólo ligeramente conocidos. Los desarrollos futuros necesitan de la colaboración de esfuerzos de las ciencias de la Tierra, Biología y muchas otras ciencias.

DEMOSTRACIONES, PROYECTOS Y EXPERIMENTOS

1. **Modelo de ríos.** Este aparato puede ser tan simple o tan complicado como se desee, siempre que una corriente de agua pueda diri-

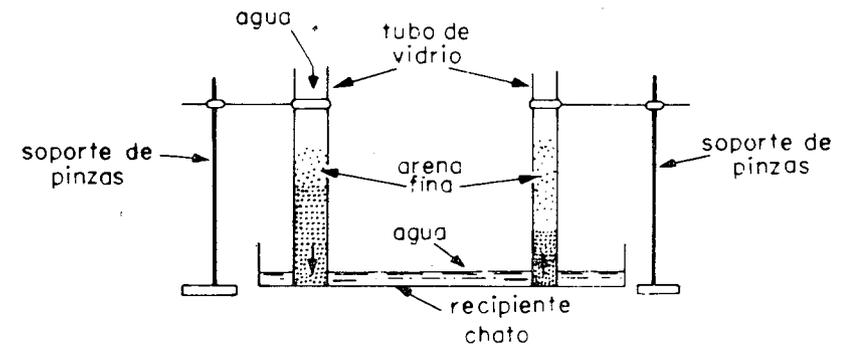


Fig 9-9

girse sobre pendientes de arena o suelos (véase **Demostraciones, proyectos y experimentos** en la Unidad 17, **Sedimentación**).

2. Infiltración y acción capilar por el agua subterránea. Llene dos tubos de vidrio (de aproximadamente 2,5 cm de diámetro y 30 de largo) hasta la mitad de arena fina seca (véase la figura 9-9). Soporte verticalmente los tubos con pinzas, de manera que sus fondos estén en una bandeja o plato llano o acuario. Derrame agua en uno de los tubos. El agua se infiltrará hacia abajo a través del espacio poroso de la arena, moviéndose hacia el plato y ascendiendo parcialmente en el otro tubo por acción capilar.

3. Acción capilar, solución y precipitación por el agua subterránea. Ponga una mezcla de arena fina seca y sal de mesa en el fondo de un pequeño acuario hasta una profundidad de 3 a 5 cm. Cubra esta capa con unos 5 cm de arena limpia (sin sal). Inserte en una esquina del acuario, un tubo de vidrio con un embudo soportado por una pinza. Asegúrese

que el tubo alcance a la capa con sal. Coloque una lámpara calórica en el otro lado del acuario. Derrame agua por el tubo de vidrio. El tubo deberá sacudirse ligeramente para que el agua descienda (Fig. 9-10). Observe el lado del acuario y se podrá ver el agua moviéndose a través de la arena. Ponga suficiente agua para que pueda verse en el fondo del acuario una capa saturada de 2 a 3 cm de espesor. Encienda la lámpara y déjela prendida por varias horas. En la vecindad de la lámpara el agua se elevará en la arena por acción capilar, trayendo en solución la sal. El calor causará la evaporación del agua y la sal se precipitará cerca y en la superficie. Pruebe la arena cercana a la lámpara para ver si está salada. En la naturaleza el sol causa el mismo efecto que la lámpara de calor en el experimento.

4. Corrientes de densidad. En el mar o en los lagos se pueden formar corrientes por diferencias en densidad. Esta diferencia puede estar causada por una mayor concentración local de material en suspensión o

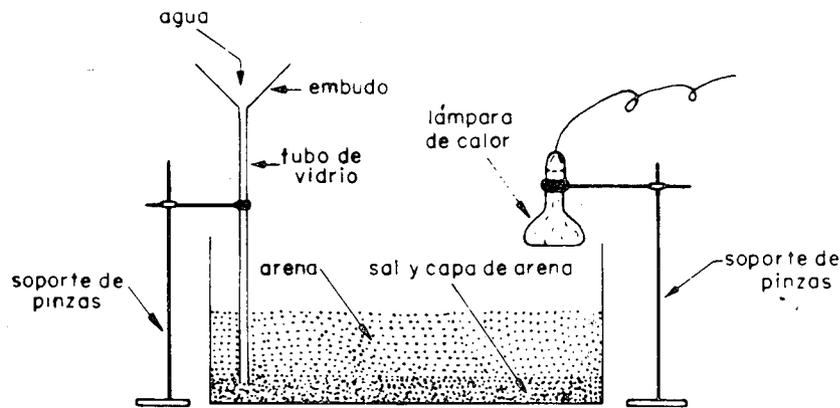


Fig 9-10

en solución. Estas corrientes se pueden demostrar. Coloque un par de guías de flujo en un acuario. Las guías están hechas por dos secciones de vidrio plano colocadas en unas ranuras en una madera, como se mues-

tra en el diagrama de la figura 9-11. Las dimensiones de la madera deben ser las mismas interiores del acuario. Después de colocar las guías de vidrio plano colocadas en unas ranuras en una madera, selle los bordes de la madera y de los vidrios

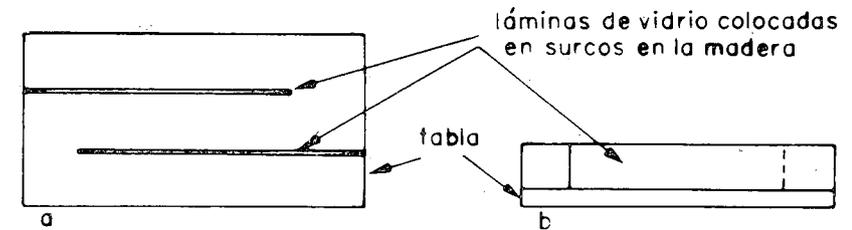


Fig 9-11

contra los del acuario con mastique ordinario. Probablemente es una buena idea sellar los vidrios en las ranuras también. Incline hacia arriba un extremo del acuario con un bloque y llénelo con agua hasta casi el tope

de las guías, pero no por encima. Mezcle barro en una taza y derrámelo en el compartimiento donde la guía está sellada, contra el lado del acuario en el lado levantado (véase el diagrama de la figura 9-12). Se

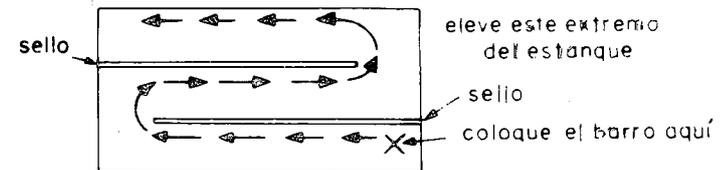


Fig 9-12

establecerá una corriente que fluirá cuesta abajo en un compartimiento; retornando y dando una vuelta, fluirá otra vez hacia abajo en el último compartimiento. Vacíe el estanque y repita la demostración, sustituyendo el lodo por una solución de sal de mesa. Coloree la solución con colorantes de comida para que pueda verse la corriente.

5. Construcción de un estanque de rizado (ondas). El estanque de rizado descrito más abajo fue desarrollado por el Comité de Estudios de Ciencias Físicas de los Estados Unidos, en su esfuerzo por mejorar el material de enseñanza en los cursos de física del bachillerato. Los planos de construcción y la mayoría de las discusiones incluidas aquí son

modificaciones de la **Guía de Laboratorio**, nº 1, edición preliminar, 1958, del Comité de Estudios de Ciencias Físicas y de su subsecuente **Guía de Laboratorio para la Física**, D.C. Heath, 1960. El estanque de rizaduras incluye una bandeja de fondo de vidrio, un dispositivo vibratorio, llamado generador de ondas, para producir rizaduras continuas sobre la superficie del agua y una fuerte fuente de luz arriba o debajo del estanque. La figura 9-14, ilustra la forma general del aparato.

La bandeja del agua. La bandeja del agua es una caja llana con un fondo de vidrio, la cual contendrá agua hasta 3 cm de profundidad.

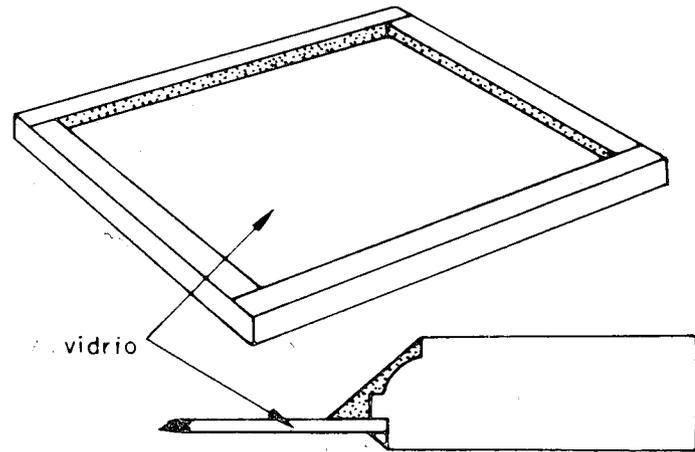


Fig. 9-13

ra 9-13. Este ángulo no es crítico, pero definitivamente es deseable una pendiente para minimizar las indeseables reflexiones de ondas desde los lados de la bandeja. Es también ventajoso tener una superficie inclinada algo áspera. Esto tiende a romper las ondas incidentes, disipando

Profundidades mayores de 3 cm no son necesarias. Un marco de ventana de alrededor de 50 x 50 cm es ideal para este propósito. El marco también puede ser construido especialmente y el vidrio de ventana sellado en él. Debido a su mayor profundidad, el lado interior del marco de ventana deberá usarse para contener el agua. Este lado de la ventana usualmente no está sellado y requerirá una preparación para hacerlo estanco entre el vidrio y el marco de madera. Este sello puede ser hecho fileteando con mastique, haciendo un ángulo de aproximadamente 45° con el vidrio, como se sugiere en el esquema de la figu-

su energía para que las reflexiones no sean tan grandes.

La bandeja de agua se puede montar de varias maneras. Las consideraciones principales son que debe estar nivelada para mantener la misma profundidad de agua sobre toda la superficie y que esté sólida-

mente apoyada para evitar vibraciones o volcamientos accidentales. También debe ser montada de manera que el generador de ondas no

produzca vibraciones en el marco de la bandeja. Se sugiere el montaje mostrado en la figura 9-14.

Fuente de luz. Es de gran impor-

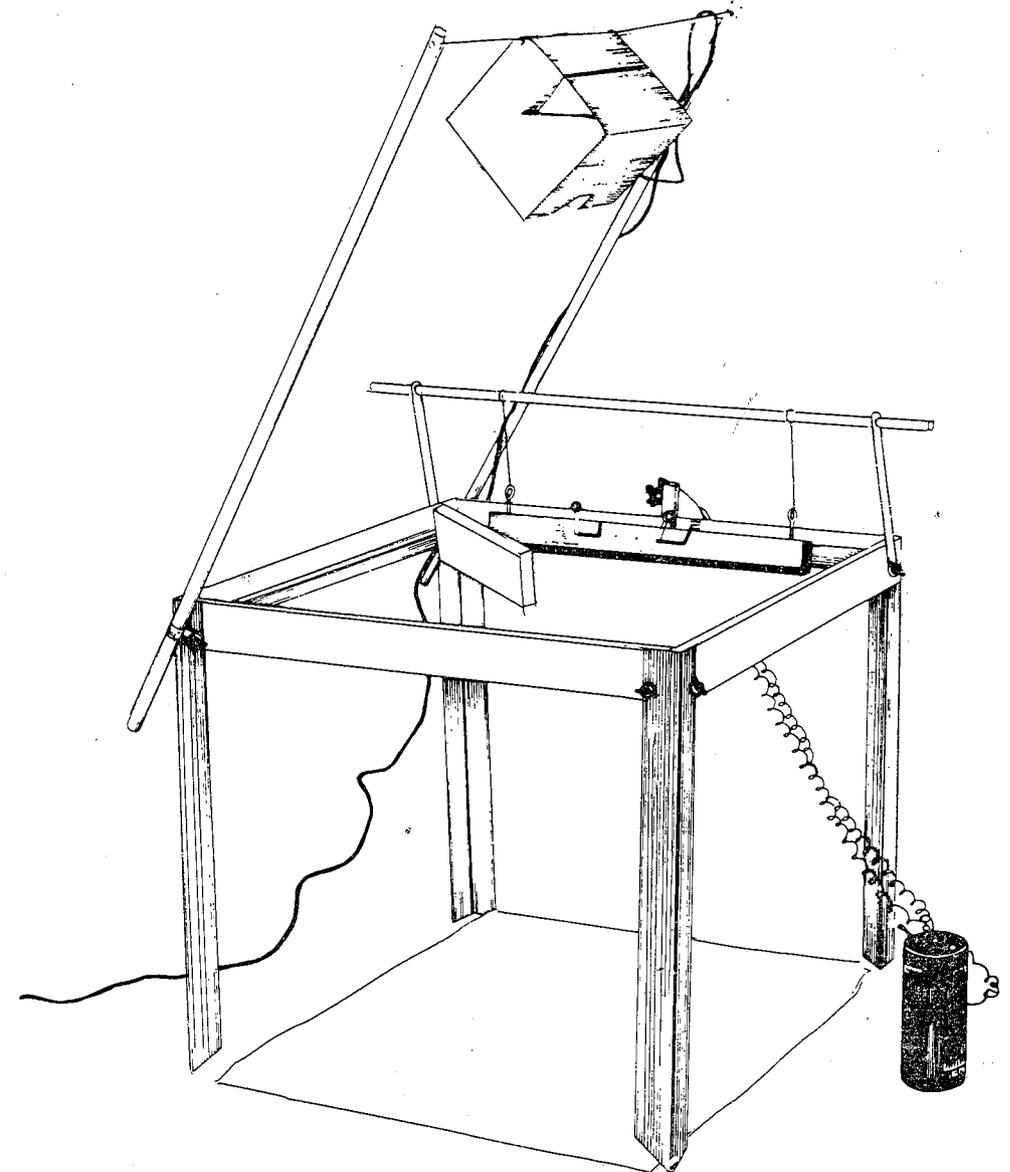


Fig. 9-14

tancia que la luz provenga de una fuente en forma de punto o de una fuente tan pequeña como físicamente sea posible. Un bombillo eléctrico ordinario esmerilado, aunque brillante, no será satisfactorio debido a que no podría enfocarse nítidamente para lograr una imagen clara de las rizaduras del agua en la pantalla. La experiencia ha demostrado que una fuente de luz muy satisfactoria es un bombillo eléctrico de 100 a 150 vatios, de vidrio claro, que tenga su filamento arreglado en

línea recta, tal como el bombillo Sylvania, tipo A-21 de 120 voltios y 100 vatios. Este tipo de lámpara debe ser montado de manera que la línea del filamento esté dirigida directamente hacia la superficie de la bandeja del agua. La proyección de tal filamento en la bandeja de agua, en efecto, es una muy pequeña pero brillante fuente. La figura 9-15, sugiere una abertura para la lámpara para confinar su luz al estanque y para reducir cualquier dispersión alrededor del cuarto.

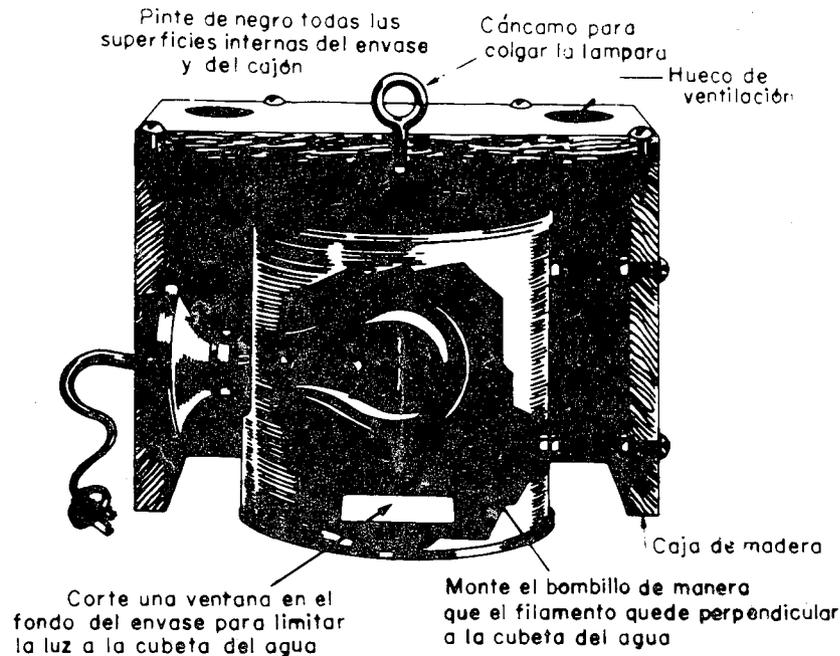


Fig 9-15

Una lámpara trasera de automóvil tiene un filamento muy pequeño y puede ser ensayado como una alternativa. Las imágenes que forma son claras, pero no tan brillantes como un bombillo de 100 vatios. Este tipo de lámpara requerirá un trans-

formador que suministre 6-6 12 voltios, según el caso. Usted sabrá también que mientras más lejos esté la fuente de luz de la bandeja, más nítidas serán las imágenes. Una distancia de 1,5 a 2,0 m sobre la bandeja será satisfactoria. La fuente de

luz puede estar montada sobre la bandeja de agua y una pantalla de papel blanco puede extenderse sobre el piso, debajo. Para que la clase entera pueda verlo, la fuente de luz puede colocarse en el suelo y ser dirigida hacia arriba, para proyectar las rizaduras en el techo. Para esto es necesario oscurecer la sala.

En ocasiones puede ser útil proyectar la imagen sobre una pantalla en la pared. Esto puede hacerse con la luz de un proyector de películas dirigida por espejos.

Requerimientos del generador de ondas. El generador de ondas es un artefacto vibratorio que envía rizaduras continuas a través de la superficie del agua. Se debe arreglar como un artefacto separado cuyo ri-

zador puede ser descendido sobre el borde de la bandeja de agua, para agitar el agua, pero no debe nunca tocar la bandeja. Es deseable que el generador de ondas esté en un soporte separado del de la bandeja. Los experimentos de ondas requerirán la generación de ambas ondas, circulares y rectas.

Las ondas rectas cruzarán el agua como una serie de rizaduras rectas paralelas al plano de partida. Ellas se producen por vibración de una barra que hace contacto con el agua a lo largo de toda su longitud. Las ondas rectas, como las ilustradas por la figura 9-16, se usan para examinar las características de refracción, difracción y reflexión y sus semejantes.

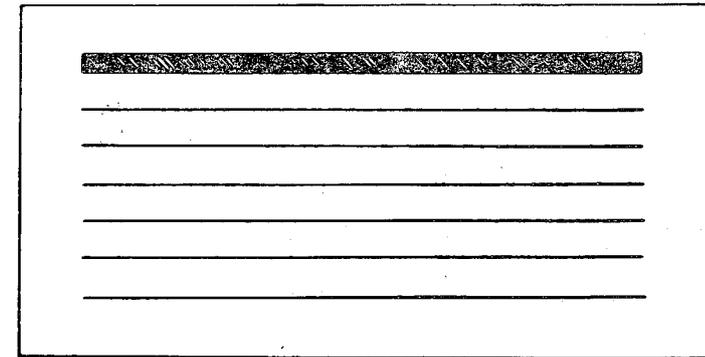


Fig 9-16

Ensamblaje del generador de ondas. El generador de ondas se construye como se muestra en la figura 9-17.

Antes de juntar las partes, moje la barra larga de madera y déjela secar; líjela para lograr una superficie lisa en el lado del frente que tocará el agua. Mojando la madera las fibras se elevarán, y lijándola se re-

moverán las que sobresalen y pudieran causar luego irregularidades en las ondas de agua.

Atornille la pinza de ropa de manera que sobresalga hacia arriba, del lado de la barra con los dos huecos para los ganchos de suspensión. Puede ser necesario separar las dos mordazas de la pinza de ropa para atornillarla, debajo, a la barra.

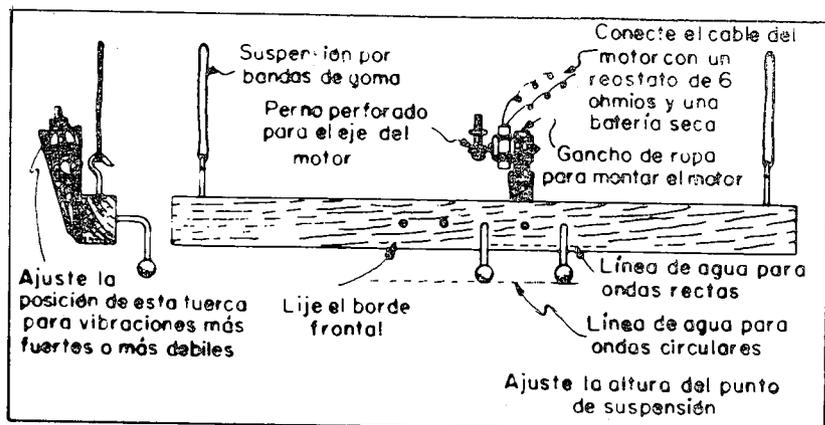


Fig 9-17

Conecte alambres de cobre aislados y flexibles a los cables del motor y enróllelos para mayor flexibilidad.

Enrosque las tuercas en un perno de 2,5 cm perforado, de modo que una tuerca esté arriba del hueco perforado y la otra debajo. Anexe el perno al eje del motor, apretando la tuerca cercana a la cabeza del perno contra el eje. Esto sostendrá en sitio firmemente el perno. La posición de la otra tuerca, puede ajustarse en el perno para controlar la amplitud de la barra.

Note que la pinza de ropa está descentrada; apriete el cuerpo del motor entre las mordazas de la pinza, de manera que el perno quede en el centro de la barra larga.

Atornille los ganchos en el tope de la barra. Por conveniencia, el generador de ondas puede estar suspendido por cuerdas amarradas a bandas de goma. El generador se eleva o baja moviendo las barras del soporte para que enrolle o desenrolle la cuerda.

En general, la dimensión de este artefacto no es crítica. Sin embargo,

el movimiento actual de las partes que agitan el agua debe limitarse a 1,6 mm (1/16 de pulgada). Movimientos más violentos que estos pueden romper la tensión, lo que daña la suavidad de las olas. Acuérdesse de este movimiento máximo cuando arme su aparato. Movimientos violentos suelen crear ondas de alta curvatura que arrojan sus imágenes fuera de foco en la pantalla.

Sugerencias para la operación. No se desanime si su primer intento para producir ondas claras no es muy exitoso. Hay varios ajustes que usted puede hacer.

Primero, asegúrese que su fuente de luz, estanque de ondas, generador de ondas y pantalla están en las posiciones adecuadas y estables. Deje caer una sola gota de agua sobre la superficie quieta del agua de la bandeja. La sola expansión de la onda debe verse en la pantalla, como una línea circular brillante y nítida (o posiblemente varias líneas) de luz, seguida por bandas oscuras. Si la línea brillante no es nítida, asegúrese que el filamento de la lámpara está apuntando directamente hacia

el centro aproximado de la bandeja del agua.

Prenda el motor del generador de ondas y ajuste su velocidad para dar rizaduras de alrededor de un centímetro de separación. Si el modelo no tiene la vigorosa y nítida línea de luz que usted obtuvo con la sola gota de agua, las rizaduras posiblemente no tienen una amplitud suficientemente alta. Trate de bajar el rizador, de manera que se hunda más en el agua. Posiblemente habrá varias velocidades definidas a las cuales se obtendrán rizaduras mejores que en otras. Trate de encontrar la mejor cambiando la velocidad sobre todo su rango. Verá que la longitud de onda es inversamente proporcional a la velocidad (frecuencia) de vibración, y que el motor muy acelerado hará rizaduras que pueden estar muy cerca y no ser útiles para las observaciones.

Algunas veces encontrará que las rizaduras aparecen como claras líneas de luz, pero son inestables o se rompen. Esto probablemente significa que la amplitud de la vibración a esa velocidad particular es muy grande y el rizador tiende a romper la superficie del agua. Reduzca la amplitud de la vibración (esto es muy distinto que cambiar la frecuencia). La amplitud puede controlarse ajustando la distancia radial de la tuerca en el perno rotatorio.

6. Demostración de refracción de ondas y concentración o disipación de la energía de las olas en la costa

Materiales. Estanque de rizaduras, generador de rizaduras, agua, lámpara y objetos que simulen una línea de costa (costa suave, cabo o promontorio y bahía).

Procedimiento. 1. Explique cómo se refractan las ondas a medida que se acercan a la costa.

2. Demuestre la refracción con el estanque de rizaduras. Coloque en el lado opuesto al generador de ondas la costa suave simulada.

Genere las rizaduras y observe su encorvamiento. Haga lo mismo para un promontorio y bahía simulados.

3. Muestre por un diagrama cómo se dobla una ola y qué significa. Use una copia del de la figura 9-18 (A para cabos y promontorios, y D para bahías).

- A medida que el frente de ondas se acerca al promontorio (A) se refracta. Los números 1 al 6 representan la ola avanzando hacia la costa. Por la entrada a una bahía también se refractan las olas (D). Los números 1 al 8 representan la misma ola entrando y expandiéndose en la bahía.
- Dibuje 5 puntos (a al e), sobre el frente de ondas 1, como se indica en B (o los estudiantes pueden hacer esto individualmente). Dibuje 4 puntos (a al d) sobre el frente de ondas 1, como se indica en E.
- Desde cada uno de sus puntos en el frente 1 (B) dibuje líneas perpendiculares al frente de ondas. Haga esto para cada localidad del frente de ondas (1 al 6) y conecte las líneas, como en C. Mida la línea abcde y a'b'c'd'e'. Haga lo mismo para la bahía y mida las líneas abcd y a'b'c'd' (F).
- La línea abcde representa la energía en la ola a medida que se acerca al promontorio. La lí-

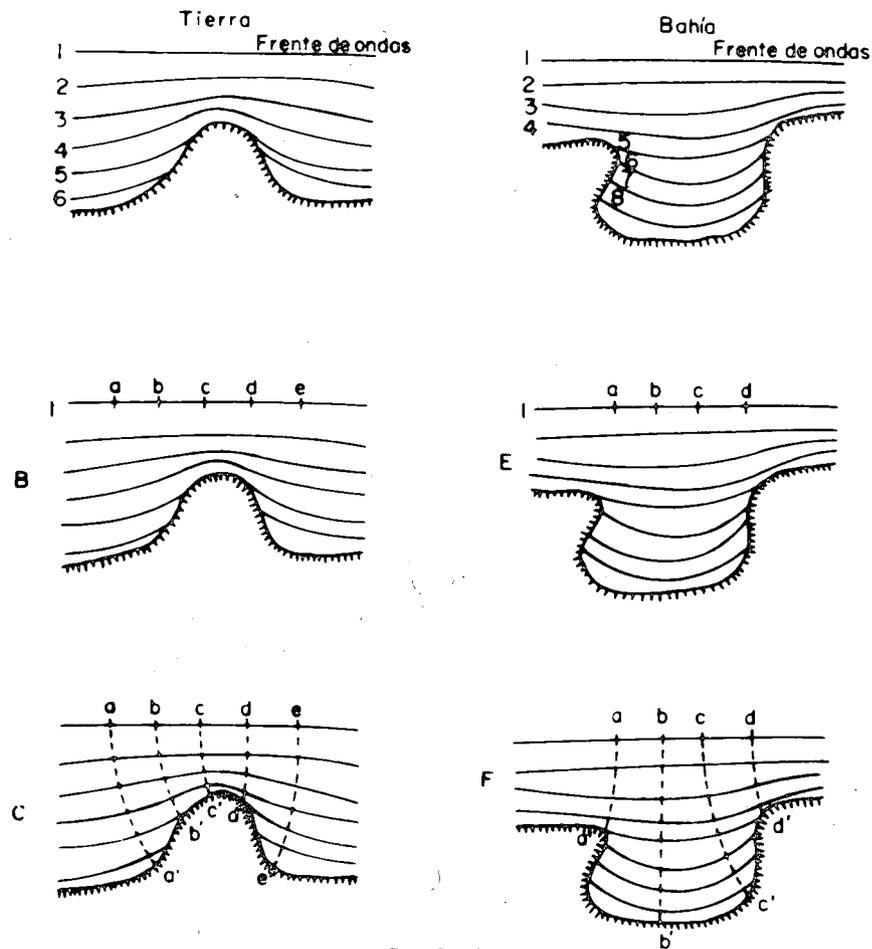


Fig 9-18

nea **a'b'c'd'e'** es la misma onda. ¿Su energía se concentra o se disipa? La línea **abcd** representa la energía de la ola a medida que se acerca a la bahía. La línea **a'b'c'd'**, es la misma ola. ¿Su energía se concentra o se disipa?

e) La refracción de las olas ocurre cada vez que la ola toca el fondo; así, la topografía del fondo

puede causar la refracción. ¿Qué forma tomará una ola si avanza sobre un cañón submarino? ¿Sobre una fila submarina?

Los servicios militares se aprovecharon de esto durante la Segunda Guerra Mundial. Las fotografías aéreas pueden ser usadas para determinar la profundidad del agua antes de enviar lanchas de desembarco.

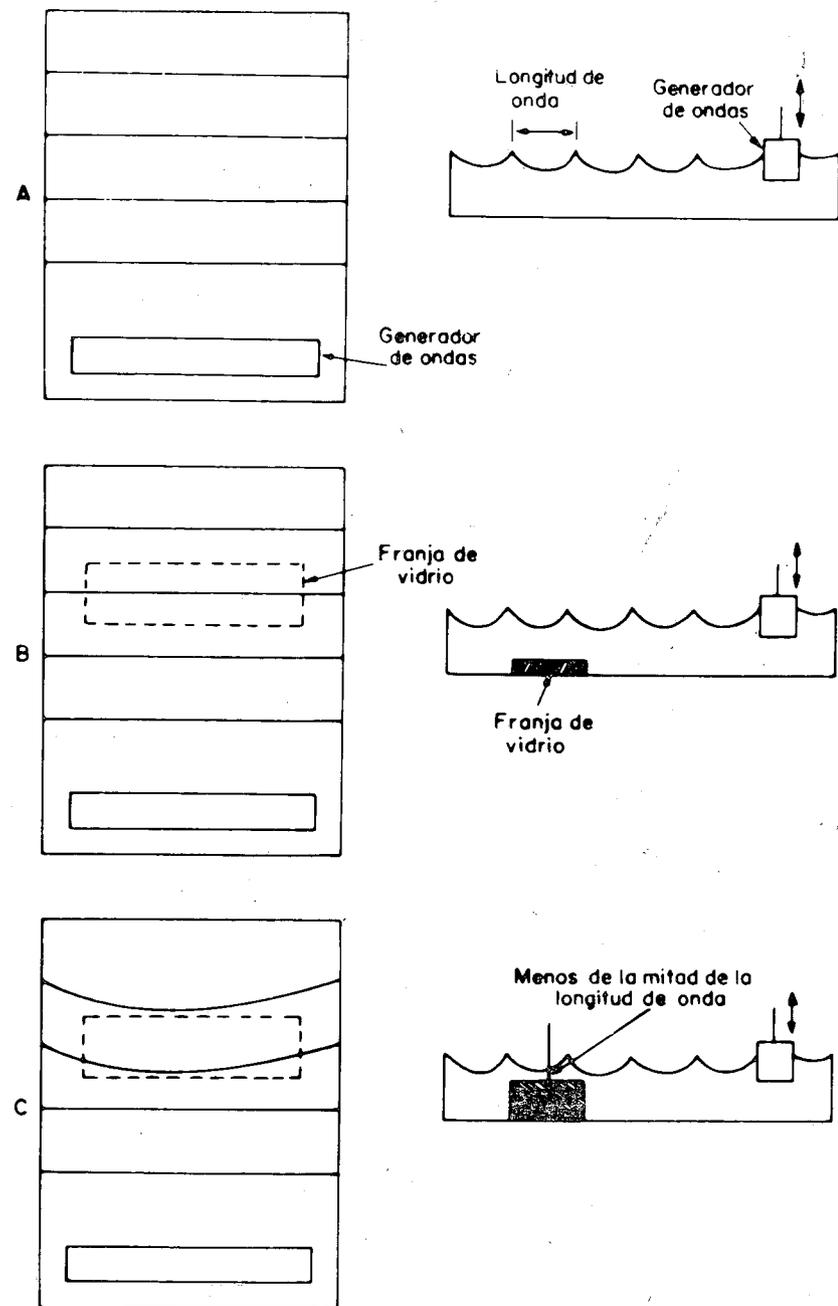


Fig 9-19

7. Demostración de la profundidad del movimiento ondulatorio

Materiales. Estanque de rizaduras, generador de rizaduras, agua, lámpara, papel, lápiz, listones de vidrio de 15 cm de longitud y 2,5 cm de ancho y alrededor de 6 mm de espesor.

Procedimiento. 1. Genere rizaduras y mida su longitud, marcando simultáneamente el papel en dos o más crestas de ondas reflejadas (A). (Fig. 9-19).

2. Ponga el listón de vidrio en el fondo del estanque en el lado opuesto (B). Los 15 cm de longitud deben ser paralelos a las crestas de las rizaduras. Continúe colocando listones de vidrio uno encima del otro hasta que interfiera el patrón de ondas reflejadas (C). (Se refracta alrededor de los extremos de los listones de vidrio).

3. Mida la profundidad del agua sobre los listones de vidrio. Debería ser aproximadamente la mitad de la longitud de las rizaduras. Esta demostración indica que el movimiento ondulatorio no toca el fondo en las aguas profundas, pero lo hace cuando las olas se acercan a la costa.

MATERIAL DIDACTICO *

Varias casas suministran material de enseñanza para esta unidad. Algunas de las ofertas mejor preparadas y comprensibles son de Ward's Natural Science Establishment, Inc. Véase también la lista de **Material didáctico** de la Unidad 1, **Minerales**, y la Unidad 2, **Rocas**.

* Las direcciones de las suministradoras de material didáctico están anotadas en una sección separada al final del libro.

Colección de rocas

Colección de Geología Dinámica MC 350A de Ward's, ofrece 36 muestras, incluyendo ejemplos de material transportado por los ríos.

También Ward's dispone de un gran número de conjuntos de organismos marinos recientes y fósiles.

Modelos geomorfológicos

La Ward's ofrece un conjunto de 25 modelos geomorfológicos llamados Shaler-Davis Series C-4703, al precio de 300 dólares o al menor costo con menores partes componentes, para uso en la enseñanza de Geología Física. La Serie C, con 6 modelos, trata de la erosión fluvial y la formación del paisaje; la Serie D, con 4 modelos, sobre construcción y erosión de zonas costeras; la Serie E, con 2 modelos, trata de arrecifes de coral.

También se dispone de un conjunto menos detallado de 20 modelos, Serie C-4705, por cerca de la mitad del precio o, modelos individuales a algo más de 10 dólares cada uno. Numerosas características de los terrenos representados en los modelos están identificadas, clasificadas y descritas en un librito llamado **La Tierra Cambiante**. La lista completa de estos modelos aparece en el Catálogo de Geología Ward's.

Películas

El ciclo del agua. (Water cycle). Blanco y negro, 10 minutos, **Enciclopedia Británica**. Ilustraciones del ciclo del agua. Circulación del agua en la Tierra y en la atmósfera.

El trabajo de las aguas corrientes. (Work of running water). Blanco y negro, 10 minutos, **Enciclopedia Británica**. El efecto del agua corriente como agente de erosión. Se usan modelos y escenas aéreas.

El trabajo de los ríos. (Work of the Rivers). Blanco y negro, 15 minutos. **Enciclopedia Británica**. Usa modelos y dibujos animados para explicar las características del proceso de erosión fluvial.

Agua subterránea. (Ground water). Blanco y negro, 11 minutos, **Enciclopedia Británica**. Las características y procesos del agua subterránea. Ilustrada con dibujos animados.

Cavernas de calizas. (Limestone Caves). Color, 11 minutos. Película Coronet. Ilustra la solución y precipitación por el agua subterránea particularmente aplicada a la formación de cuevas y depósitos de cuevas, tales como estalagmitas y estalactitas.

Las Bahamas; donde las calizas crecen hoy. (The Bahamas, where limestones grow today). Color, 40 minutos, Humble Oil and Refining Company. Para la venta. Préstamos gratis en Texas, Nuevo México, Louisiana, Alabama, Mississippi y California. Un film excelente y dramático en uno de los pocos lugares del mundo donde calizas de alguna importancia se están depositando hoy.

Diapositivas

Un conjunto de 435 diapositivas de 35 mm en colores (catálogo #LW 105), incluyendo muchas ilustraciones de formas desarrolladas por el agua. Obtenible de la Ward's Natural Science Establishment Inc. Se pueden comprar individualmente las diapositivas de este conjunto.

REFERENCIAS

Se anotan primero las referencias predominantes para el profesor con aquellas similares consideradas de valor como referencias estudiantiles marcadas (RE). Esta está seguida por una lista de referencias para los alumnos.

Referencias para el profesor

Carson, R. L.: **The Sea Around Us** (El mar a nuestro alrededor), Oxford University Press, New York, 1951; Simon and Schuster, New York, 1958. Extremadamente leíble, bellamente presentado para el hombre corriente. Las inexactitudes menores que aparecen no aminoran la utilidad general del libro (RE).

Cotton, C. A.: **Landscape as Developed by the Processes of Natural Erosion** (El paisaje como producto de los procesos naturales de la erosión). 2nd. ed. Wiley, New York, 1949. Discute los ríos y lagos en relación con su trabajo, clasificación y depósitos.

Daly, R. A.: **Floor of the Ocean** (El piso del océano). University of North Carolina Press, Chapel Hill, 1942. Cubre las dimensiones del océano, los tipos de rocas y estructuras subyacentes, el relieve del piso oceánico, depósitos sedimentarios, terrazas continentales, y muchas otras características oceánicas. Buenas ilustraciones.

Dapples, E. C.: **Basic Geology for Science and Engineering** (Geología básica para la ciencia y la ingeniería), Wiley, New York, 1959. (Existe una traducción castellana). Da un excelente tratamiento al complejo agua-suelo y a las aguas subterráneas.

Foster, E. E.: **Rainfall and Runoff** (Precipitación y escorrentía). Macmillan, New York, 1948. Da un tratamiento técnico a la ciencia de la Hidrología en lo relacionado con la precipitación y escorrentía.

King, T.: **Water: Miracle of Nature** (El agua, milagro de la naturaleza), Macmillan, New York, 1958. Un libro de lectura general, excelente acerca de todos los aspectos del agua en la tierra.

Kuenen, P. H.: **Marine Geology** (Geología marina), Wiley, New York, 1950. Un texto corriente para las universidades sobre los aspectos físico, químico y geológico de los océanos.

Kuenen, P. H.: **Realms of Water** (Los reinos del agua), Wiley, New York, 1955. Uno de los mejores textos referente a todos los aspectos del ciclo del agua; muy ameno (RE).

Leopold, L. B., y Langbein, W. B.: **A Primer on Water** (Primicias sobre el agua). U.S. Government Printing Office, Washington 25, D.C., 1960.

Martin, H. M.: **Ne-saw-jo-won**, Wm. Feather, Cleveland, Ohio, 1939. Una discusión del área de los Grandes Lagos desde el Pre-Pleistoceno hasta el presente: sus rocas e historia; características de sus costas; formación de los lagos por los glaciares (RE).

Meinzer, O. E.: **Ground Water in the United States** (Las aguas subterráneas en los Estados Unidos), USGS Water Supply 826-D, U.S. Government Printing Office, Washington 25, D.C., 1939, pp. 157-229. Referencia básica sobre las condiciones del agua subterránea, fuentes, utilización, investigaciones, literatura. Algo técnico.

Meinzer, O. E.: **Hydrology** (Hidrología), Dover (reimpreso), New York, 1949. Libro de referencia que trata de casi todos los aspectos del agua. Grupo de artículos (algunos técnicos) escritos por expertos.

Meinzer, O. E.: **The Occurrence of Ground Water in United States, with a Discussion of principles** (La ocurrencia de las aguas subterráneas en los Estados Unidos, con una discusión de los principios), USGS Water Supply Paper 489, U.S. Government Printing Office, Washington 25, 1923. Una de las primeras referencias básicas, algo técnica, sobre algunos aspectos de las aguas subterráneas.

Meinzer, O. E.: **Outlines of Ground Water Hydrology, with definitions** (Apuntes de Hidrología del agua subterránea con definiciones), USGS Water Supply Paper 494, U.S. Government Printing Office Washington 25, D.C., 1923. Referencia básica breve de términos y conceptos del agua subterránea (RE).

Physical science study committee: **Physics** (Física). Volumen 2, **Optics and Waves** (Óptica y Ondas), Cambridge, Massachusetts, Edición preliminar, 1958.

Physical science study committee: **Physics Laboratory Guide**, N° 1 (Guía de laboratorio, N° 1) Cambridge, Massachusetts, edición preliminar, 1958.

Physical science study committee: **Laboratory Guide for Physics** (Guía de Laboratorio para Física). D.C. Heath, Boston, 1960.

Pincus, H. J.: **Science of the Sea for Current Science and Aviation** (Ciencia del mar para la ciencia corriente y la aviación), American Education Publications, Columbus, Ohio, 1952. Treinta y dos páginas ilustradas. Con-

tiene la discusión de muchos problemas concernientes al océano; una descripción de los métodos de estudio del océano; una discusión de las mareas, olas y corrientes, etc. (RE).

Thomas, H. E.: **The Conservation of Ground Water** (La conservación de las aguas subterráneas), McGraw-Hill, New York, 1951. Un libro general que trata del agua subterránea, sus usos y su conservación en los Estados Unidos. Un tratamiento competente de un asunto en controversia.

Tolman C. F.: **Ground Water** (Aguas subterráneas), McGraw-Hill, New York, 1937. Un texto universitario comprensible sobre las aguas subterráneas en todos sus aspectos. Contiene una extensa bibliografía. Incluye un glosario de términos técnicos referentes a las aguas subterráneas.

U.S., Department of Agriculture: **Water** (Agua). U. S. D. A. Yearbook, U.S. Government Printing Office, Washington, 1955, pp. 1-218. Tratado enciclopédico del agua, particularmente desde el punto de vista del ambiente humano. Especialmente útil como una introducción a alguno de los procesos de las aguas superficiales y las aguas subterráneas (RE).

U.S. Geological Survey, **Water Supply Paper Series**, U.S. Government Printing Office, Washington. Una serie de publicaciones que trata de todos los aspectos de las aguas superficiales y subterráneas; algunos cubren condiciones en la escala nacional; otros conciernen condiciones regionales o locales. Muchos de los artículos son técnicos; sin embargo, muchos pueden ser usados por el público en general. Una lista de publicaciones disponibles se puede obtener escribiendo a la Government Printing Office (RE).

Referencias para el alumno

Curtis, M. I.: **The Story of Our Earth** (La historia de nuestra tierra). Lyons and Carnahan, Chicago, 1956. Especialmente pp. 21-38. Una presentación fácil de leer, no técnica, con excelentes ilustraciones.

Fenton, C. L., y Fenton, M. A.: **Earth's Adventures** (Las aventuras de la tierra), John Day, New York, 1942, pp. 59-70, 78-102, 110-115. Libro fácil de leer para las personas jóvenes. Excelentes ilustraciones, no técnico.

Parker, B. M.: **Science Experiences-Elementary School** (Experimentos científicos para la Escuela Elemental), Row, Peterson, Evanston, Illinois, 1952. El libro contiene una serie de proyectos para los estudiantes en el campo de la ciencia física. Una sección tiene proyectos sobre tópicos como la evaporación del agua, tensión superficial del agua, y acción capilar.

Schneider, H., y Schneider, N.: **Rocks, Rivers, and the Changing Earth** (Rocas, ríos y la cambiante Tierra), William R. Scott, New York, 1952, pp. 5-85. Incluye proyectos fácilmente ejecutables por los estudiantes.

White, A. T.: **All about our Changing Rocks** (Todo acerca de nuestras cambiantes rocas). Random House, New York, 1955, pp. 17-24, 31-34. Libro altamente simplificado y fácil de leer. Ilustrado.

SUPLEMENTO PARA VENEZUELA

Datos de las cantidades de lluvia de 233 estaciones seleccionadas, se pueden encontrar en la Publicación Técnica N° 1, 1962, publicada por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Datos climatológicos pueden obtenerse de los boletines bimestrales del Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas, Ministerio de la Defensa, o de los **Anuarios Climatológicos** publicados por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Para las demostraciones de los modelos de drenajes pueden usarse los mapas topográficos en escala 1:100.000, publicados por la Dirección de Cartografía Nacional, marcados con los números siguientes:

Hoja "El Socorro", N° 7042 - Drenaje dendrítico.

Hoja "Santa Fe", N° 7346 - Drenaje enrejado.

Para la demostración de meandros y planos de inundación use la hoja "Barinas", N° 6141.

La hoja "Sinamaica", N° 5841, muestra el estuario del río Limón que se prolonga a la hoja "Maracaibo Norte", N° 5848.

En la hoja "Coro", N° 6250, se ve el delta del río Mitare. También debe usarse un mapa físico de Venezuela para mostrar la magnitud del delta del Orinoco.

Para explicar los ciclos de erosión del valle de un río, puede usarse la hoja "Socopo", N° 6040.

En Venezuela existen varias decenas de lagos excavados por el hielo en la Cordillera de Los Andes, tales como Lagoa Verde, Mucubají, etc.

Un lago de origen tectónico es el de Valencia en la Cordillera de la Costa, mostrado en la hoja "Lago de Valencia", N° 6646.

En la hoja "Boca de Anaro", N° 6139, se observan numerosos lagos formados por los meandros abandonados de los ríos (lagos en herradura).

Las lagunas de Unare y Tacarigua están formadas por barras marinas en costas levantadas. Estas pueden estudiarse en las hojas "Píritu", N° 7146, y "San José de Río Chico", N° 7046, respectivamente.

En el libro **El desecamiento del Lago de Valencia**, de Alberto Böckh, publicado por la Fundación Mendoza, 1956, se discute extensamente las causas de su desecamiento y salinización y está ilustrado con un mapa que muestra sus límites y desagüe natural en otras épocas. Ejemplos de ciénagas extensas son los esteros y tremedales de los Llanos Occidentales, donde los ríos grandes corren más elevados que el nivel de las sabanas vecinas (ríos Apure, Arauca, etc.). Para las explicaciones pueden usarse las hojas "Barinas", N° 6141, y "Boca de Anaro", N° 6139.

También hay ciénagas extensas al sur del Lago de Maracaibo, por razones similares.

En el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, puede adquirirse el Mapa Batimétrico de Venezuela, N° FE000076, en escala 1:2.000.000, en el cual se puede estudiar la extensión de la plataforma continental, fosas como la de Cariaco y otras características del fondo de los mares.

Mapas con la extensión de los mares en el territorio venezolano en otras épocas geológicas, se encuentran publicados en el excelente libro: **Venezuela y sus recursos**, de Levy Marrero, 1963.

En la publicación **Registro Fluviométrico 1940-54**, de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, existen datos de las cantidades de sedimentos acarreados anualmente por numerosos ríos venezolanos.

Un mapa con la distribución de los sedimentos que se están depositando actualmente en el Golfo de Venezuela, se encuentra en el trabajo de Zeigler, J. M., y Pérez Mena, R. L., 1959, publicado en el tomo II de la **Memoria del III Congreso Geológico Venezolano**.

Datos sobre mareas, alturas de la ola de tormenta y promedio en diversas partes del país, pueden obtenerse del Instituto Nacional de Canalizaciones y de la Dirección de Puertos del Ministerio de Obras Públicas.

En los atlas mundiales generalmente existen mapas con las corrientes marinas y el patrón de los vientos mundiales que pueden usarse para las explicaciones.

BIBLIOGRAFIA PARA VENEZUELA

Böckh, A. (1958): **El desecamiento del Lago de Valencia**. Caracas, Ed. Fundación Eugenio Mendoza, 246 pp.

Branson, E. B., y Tarr, W. A. (1959): **Elementos de Geología**. Edición española preparada por Federico Portillo García, Aguilar, Madrid.

Chariguin, M. M. (1964): **Geología General**. Traducción directa del ruso por Andrés Fierro Menu. Ediciones Grijalbo S. A., Barcelona-México, D.F.

Delgado Palacios, G. (1925): **Aguas minerales de Venezuela**. IV Congreso Venezolano de Medicina, celebrado en Caracas del 6 al 11 de diciembre de 1924, **Mem.** Vol. 2, pp. 38-64.

De Sola, Oswaldo (1960): "Evaluación del Acuífero de Guarenas". **Rev. del Colegio de Ingenieros de Venezuela**, N° 289.

Doe, Earlston: "Algunos aspectos hidrográficos del lago de Maracaibo". **El Farol**, N° CLXXII (1957, Sept.-Oct.), pp. 30-34, Caracas. Estudio de la salinidad del lago de Maracaibo y sus efectos corrosivos.

Douglas, John G. (1938): "Reservas de agua dulce de la región costanera del Distrito Bolívar, Estado Zulia". **Bol. Geol. y Min.** (Venezuela). Vol. 2, Nos. 2-4, pp. 82-102, 5 láms.

Emmons, W. H., Allison, I. S., Stauffer, C. R., Thiel, G. A. (1963): **Geología. Principios y Procesos**. 5ª edición. Traducción de Francisco Alvarez Ros y José Huidobro Gascón. McGraw-Hill Book Company, Inc.

Ernst, Adolfo (1891): **Aguas minerales de Venezuela**. Ministerio de Obras Públicas. Bol. N° 43, p. 4.

Gessner, F. (1953): "Investigaciones hidrográficas en el lago de Maracaibo", **Acta Científica Venezolana**, Vol. 4, N° 5, pp. 173-177.

Holmes, A. (1962): **Geología Física**. Traducción de la 8ª edición inglesa [1951] por Rafael Candel Vila y Joaquina Comas de Candel. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.

Jahn, Alfredo (1931): "Una importante contribución a la hidrografía de la Guayana venezolana", **Rev. Col. Ings. de Venezuela**, Vol. 8, n° 84, pp. 655-668, 2 mapas, figs.

Marrero, Levy (1963): **Venezuela y sus recursos**. Cultura Venezolana, S. A. Caracas.

Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Recursos Naturales Renovables, Publicaciones periódicas.

Ministerio de la Defensa, 1951-55, Servicio de Meteorología: **Atlas Climatológico Provisional de Venezuela**.

Ministerio de la Defensa, Servicio de Meteorología, Publicaciones periódicas de datos climatológicos.

Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Publicaciones periódicas y mapas geológicos.

Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, Publicaciones periódicas sobre precipitación, climatología y fluvimetría.

Navarro, H. (1951): "Futuro tratamiento de las aguas que abastecerán a Caracas". **Rev. Colegio de Ingenieros de Venezuela**, N° 178, pp. 15-18.

Otero, A. Germán, Beaujón, F. M., Prado, J. L., y Jiménez, C. N. (1939): "Fuentes termomi-

nerales de Venezuela. Fuentes de las Trincheras", **Rev. de Fomento** (Venezuela), N° 12.

Otero, A. Germán, Prado, J. L., y Jiménez, C. N. (1942): "Fuentes termominerales de Venezuela. San Juan de los Morros". **Rev. de Fomento** (Venezuela), N° 44, pp. 23-39.

Read, H. H. (1952): **Geología**. Traducción de Francisco Rived. Fondo de Cultura Económica, México - Buenos Aires.

Rod, E. (1959): "Cueva del Guácharo", **Bol. de Geol.** Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Vol. V, N° 10, Caracas.

Röhl, Eduardo, (1935): "Análisis químico de la sal marina y aguas madres de las salinas de Araya de Venezuela". **Bol. Soc. Venezolana de Ciencias Naturales**. Vol. 3, N° 22, pp. 73-84.

Sellier de Civrieux, Jean Marc (1950): "Estado actual del problema de las coloraciones observadas en aguas ecuatoriales de Venezuela". **Bol. Acad. Ciencias Físicas, Mat. y Nat.** Caracas, Vol. 13, N° 40, pp. 19-36.

Zeigler, J. M., y Pérez Mena, R. L. (1960): "Distribución de sedimentos en el Golfo de Venezuela", **Memoria III Congreso Geológico Venezolano**, Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Publicación Especial N° 3, Caracas, tomo II pp. 895-902.