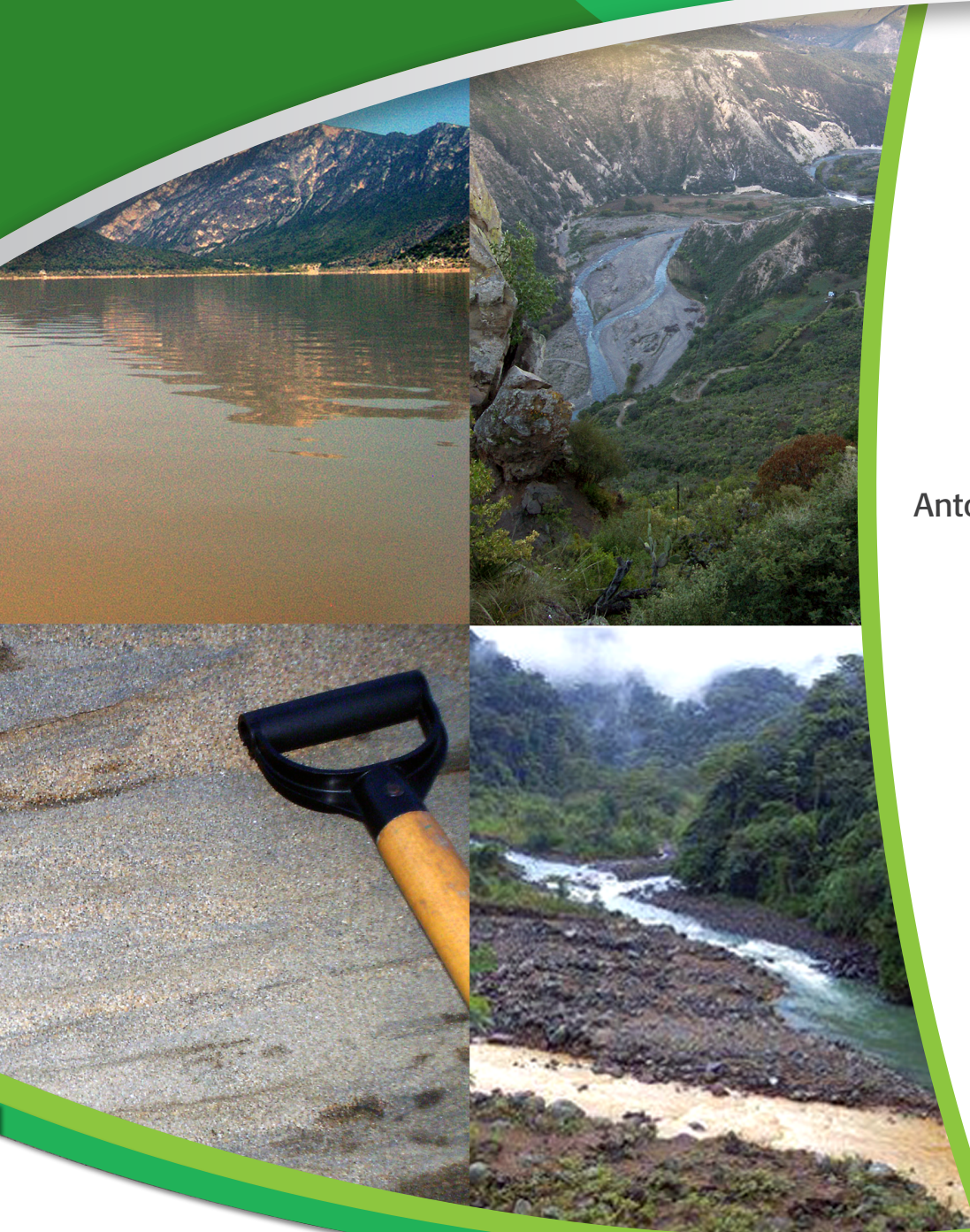




Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

Sedimentología



Alberto Pérez Rojas

Antonio Zoilo Márquez García



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Dr. Salvador Vega León
Rector General

Mtro. Norberto Manjarrez Álvarez
Secretario General

UNIDAD IZTAPALAPA

Dr. José Octavio Nateras Domínguez
Rector de Unidad

Dr. Miguel Ángel Gómez Fonseca
Secretario de Unidad

Dra. Edith Ponce Alquicira
Directora de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Dra. Milagros Huerta Coria
Coordinadora de Extensión Universitaria

Lic. Adrián Felipe Valencia Llamas
Jefe de la Sección de Producción Editorial

Primera Impresión 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA

Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina,
Del. Iztapalapa, C.P 09340, México D.F. Tel.: 5804 4600

Impreso y hecho en México/*Printed in Mexico*

Índice

Prólogo.....	5
Introducción.....	7
Tema I. Propiedades de las partículas sedimentarias	9
Práctica 1. Procedencia de las partículas sedimentarias	9
Práctica 2. Morfología de las partículas sedimentarias	15
Tema II. Análisis Granulométrico	20
Práctica 3. Análisis de tamaño por Tamices	20
Práctica 4. Análisis de tamaño por Método de Pipeta	29
Práctica 5. Análisis de tamaño por Tubo de Sedimentación	36
Tema III. Composición de los sedimentos	41
Práctica 6. Determinación de Materia Orgánica por Ignición	41
Práctica 7. Composición de los sedimentos terrígenos	43
Práctica 8. Composición de los sedimentos carbonatados y biogénicos ..	48
Tema IV. Ejercicios teóricos de Sedimentología Aplicada	53
Ejercicio1. Sedimentos asociados a la anidación de tortugas	53
Ejercicio 2. Análisis de contaminantes en sedimentos (metales pesados) .	56

Prólogo

El presente manual se encuentra estructurado a partir de información proporcionada por obras y autores clásicos sobre los conocimientos básicos de esta ciencia y tiene por objeto la enseñanza y el aprendizaje del manejo de métodos y técnicas más usuales en sedimentología, que podrán ser utilizados por los alumnos durante su formación profesional en diferentes disciplinas. Se incluye una serie de preguntas y lecturas recomendadas que permitan a los estudiantes aplicar la información recabada con ejemplos de situaciones concretas que suceden en ambientes acuáticos y terrestres.

Las dos últimas prácticas consideran la aplicación de la información sedimentológica y su relación con otros parámetros ambientales, en donde el alumno aprenderá a determinar sus relaciones e interpretar los resultados.

Si bien la sedimentología es una ciencia con una historia larga con intervalos de desarrollo de nuevos instrumentos e ideas para la generación del conocimiento de los sedimentos y su origen, los métodos estándares de análisis de las propiedades de las partículas sedimentarias (Carver, 1971; Folk, 1974; Pettijohn, 1975; entre otros) siguen prevaleciendo hasta nuestros días, lo que permite comparar resultados históricos con los recientes e incluso, proyectar hacia el futuro las condiciones medio ambientales que pudieran prevalecer en nuestros ecosistemas naturales debido a las actividades antropogénicas y al calentamiento global.

Introducción

La **Sedimentología** se define como el estudio del transporte y depósito de sedimentos (Leeder, 1999). La sedimentología tiene especial interés en las propiedades físicas (textura, estructuras sedimentarias, composición mineralógica), químicas (condiciones del ambiente ej. óxido-reducción) y biológicas (partículas orgánicas) de los sedimentos. Para ello, se apoya en disciplinas tales como: estratigrafía, mineralogía, geoquímica, oceanografía, micropaleontología, mecánica de fluidos, geoestadística, entre otras.

El papel de la sedimentología como ciencia es el de poder interpretar la historia de los depósitos sedimentarios (Lewis, 1994). Su esfera de acción es amplia y está vinculada tanto al estudio de los procesos que dan origen, transportan, depositan y modifican a los sedimentos, como al de las relaciones espacio-temporales de los ambientes de depósito y sus recursos. Llámese **sedimento** a un depósito de materia sólida en la superficie terrestre transportado por cualquier agente natural (aire, agua, gravedad) en condiciones normales de la superficie terrestre (Krumbein y Sloss, 1969) y cuyo origen depende, en gran medida, de las condiciones físicas y químicas presentes en la transición suelo-atmósfera y suelo-agua.

El estudio de la composición mineralógica de los sedimentos terrígenos, la composición biogénica de los sedimentos calcáreos, de sus texturas o tamaños, así como el análisis estadístico de sus diversos componentes, se lleva a cabo actualmente a través de diferentes técnicas granulométricas, petrográficas y geoquímicas, utilizando diversos métodos estadísticos como los de tendencia central, hasta el de componentes principales, entre otros. Estos estudios de las propiedades de los sedimentos son la base más importante para el conocimiento de la procedencia, transporte y depósito de los mismos; toda vez que, permiten reconocer la naturaleza geológica de los ambientes sedimentarios y su relación con la hidrodinámica y biológica de estos ambientes.

I. PROPIEDADES DE LAS PARTÍCULAS SEDIMENTARIAS

Práctica 1. Procedencia de las partículas sedimentarias

Introducción

Conocer la dinámica de los diferentes procesos que intervienen en la formación de los sedimentos; su fuente de procedencia, el tipo de alteración de las rocas, los mecanismos de transporte y las condiciones de depósito, permite describir las características físicas, químicas y biológicas de los ambientes de depósito y sus variaciones a lo largo del tiempo, con lo que se adquieren evidencias claves para el conocimiento de la evolución de una región (paleogeografía) y el de sus organismos que han y continúan habitando los ambientes sedimentarios.

Además, analizar los elementos de los procesos que conforman a un ambiente de depósito (su geomorfología; naturaleza de los sedimentos; energía del ambiente y componentes biológicos presentes), ayuda a determinar los elementos de respuesta del ambiente, por ejemplo, las estructuras, el tamaño, la distribución y la composición de sus sedimentos.

Dentro de este contexto, la interrelación de los procesos físicos, químicos y biológicos que prevalecen durante el transporte y depósito de las partículas, desempeñan un papel determinante en el tamaño (**textura**) y composición del sedimento; propiedades que permiten la caracterización de los diferentes ambientes sedimentarios, tales como ríos, lagunas, playas, dunas, plataformas continentales y cuencas oceánicas, entre otros. En su momento, las diferencias en las condiciones ambientales pueden influir en mayor o menor grado la biodiversidad y distribución de especies en estos ambientes sedimentarios.

El estudio de los sedimentos concibe el análisis completo de todos y cada uno de sus componentes (clásticos o detríticos, químicos y orgánicos) para obtener así, el máximo de información de cada uno de ellos. Esta información puede ser amplia y diversa dependiendo del origen e historia subsecuente de dichos componentes.

La alteración y erosión de las rocas de los continentes, seguido de su transporte y sedimentación, son partes esenciales del ciclo evolutivo de una roca, ya que son responsables del origen y depósito de sedimentos que pueden llegar a convertirse en nuevas rocas a través de su diagénesis (Fig. 1).

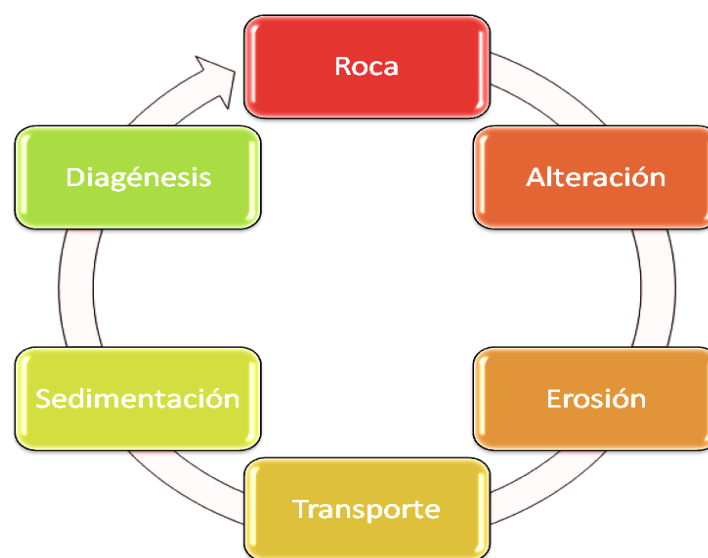


Fig. 1. Ciclo evolutivo de una roca. (Modificado de: Dercourt y Paquet, 1984).

En general, los sedimentos denominados **clásticos** (gr. klastos = roto) o **detríticos** están constituidos por partículas silicatadas, originadas de la meteorización de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias preexistentes. Las areniscas, conglomerados y lutitas comprenden los miembros extremos de las rocas clásticas (Boggs, 2011). Tanto sus texturas como sus estructuras proveen información acerca de las condiciones de transporte y depósito de sus partículas. Además, la composición mineral y los fragmentos de roca facilitan el conocimiento de la naturaleza y localización del área fuente de su procedencia.

Las partículas de sedimentación química/bioquímica, también llamadas **no clásticas** se forman de los productos disueltos de la meteorización que son transportados por ríos hacia los lagos o hacia el mar y/o por la precipitación de materiales biogénicos en donde la evaporación y otras influencias pueden dar como resultado la sobresaturación de las soluciones y consecuentemente la cristalización de minerales de origen autigénico (p. ej. carbonatos). La precipitación puede producirse por la influencia de seres vivos o por procesos puramente químicos como la evaporación en el caso de las evaporitas (p. ej. halita). Los componentes de una roca destruida por meteorización que quedan en el lugar originario forman los sedimentos residuales o remanentes como la laterita (hidróxidos de Fe) y la bauxita (hidróxidos de Al).

El análisis de las partículas sedimentarias clásticas (detríticas) y no clásticas (químicas/bioquímicas) más comunes entre los sedimentos, será motivo de estudio de esta práctica.

Objetivo general

- Reconocer las principales rocas y minerales que dan origen a las partículas clásticas y no clásticas.

Objetivos particulares

- Determinar el origen de muestras de rocas, minerales y partículas sedimentarias.
- Clasificar los grupos de sedimentos (clásticos y no clásticos) por medio de sus propiedades observables.
- Interpretar las condiciones de formación de los sedimentos.

Material y equipo

Material por equipo

- 1 Microscopio estereoscópico
- 1 Lámpara de luz ultravioleta
- 2 Lupas de aumento de 10x y 20x
- 1 Caja de Petri
- 1 Aguja de disección
- 1 Gotero con ácido clorhídrico (al 10%)

Material que será proporcionado por el alumno

- 1 Imán
- 1 Navaja de acero

Metodología

1. Se proporcionará al alumno un determinado número de muestras de rocas, minerales, sedimentos clásticos y no clásticos.
2. Observación y análisis de muestras megascópicas: Examine cada especie mineral y muestra de roca proporcionadas y describa sus principales propiedades físicas (lustre, dureza, raya y crucero o fractura para minerales; tamaño de grano y color para rocas). Utilice el formato adjunto para el llenado de sus datos.
3. Observación e interpretación microscópica: Examine cada muestra de sedimento no consolidado y describa sus principales propiedades (tamaño de grano, color, grado de clasificación, composición mineral y/o presencia de componentes biogénicos). Utilice la siguiente clasificación propuesta por Malpica-Cruz *et al.*, (1993):

I. Partículas clásticas o terrígenas: son aquellas partículas que han sido originadas por la destrucción de rocas o depósitos preexistentes, principalmente por erosión, aunque también pueden ser formados por meteorización y/o por desplazamiento de masas.

I A. Partículas clásticas orgánicas: corresponden a partículas o materiales de origen orgánico como restos de conchas, plantas u otros. A estas partículas se les conoce también como fragmentos orgánicos trabajados o bien bioclásticos re trabajados.

I B. Partículas clásticas inorgánicas: se les conoce con este nombre a las partículas de origen inorgánico que se han formado por la desintegración de otros materiales de origen inorgánico.

Las partículas clásticas inorgánicas se dividen en:

- a) Cuarzos
- b) Feldespatos
- c) Fragmentos de roca
- d) Minerales pesados
- e) Minerales arcillosos

II. Partículas no clásticas: son todas aquellas que no han sido formadas por la desintegración de otros materiales, sino que se han originado por fenómenos químicos o bioquímicos.

II A. Partículas no clásticas orgánicas: se refiere a las partículas originadas por seres vivos que no llegan a formar clastos, generalmente se presentan como unidades orgánicas que al morir pasan a formar parte del sedimento. A su vez estas partículas se dividen en:

Partículas no clásticas orgánicas de:

- a) Carbonato de calcio
- b) Sílice
- c) Carbón
- d) Otros

II B. Partículas no clásticas orgánicas-inorgánicas: se refiere a aquellas partículas no clásticas que forman cuerpos sólidos constituidos por carbonato de calcio inorgánico, pero que han sido formadas en un principio por contribución orgánica (Fig. 2). Se subdividen en:

- a) Pellets fécales
- b) Peloides
- c) Ooides
- d) Oolitas
- e) Pisolitas
- f) Granos revestidos

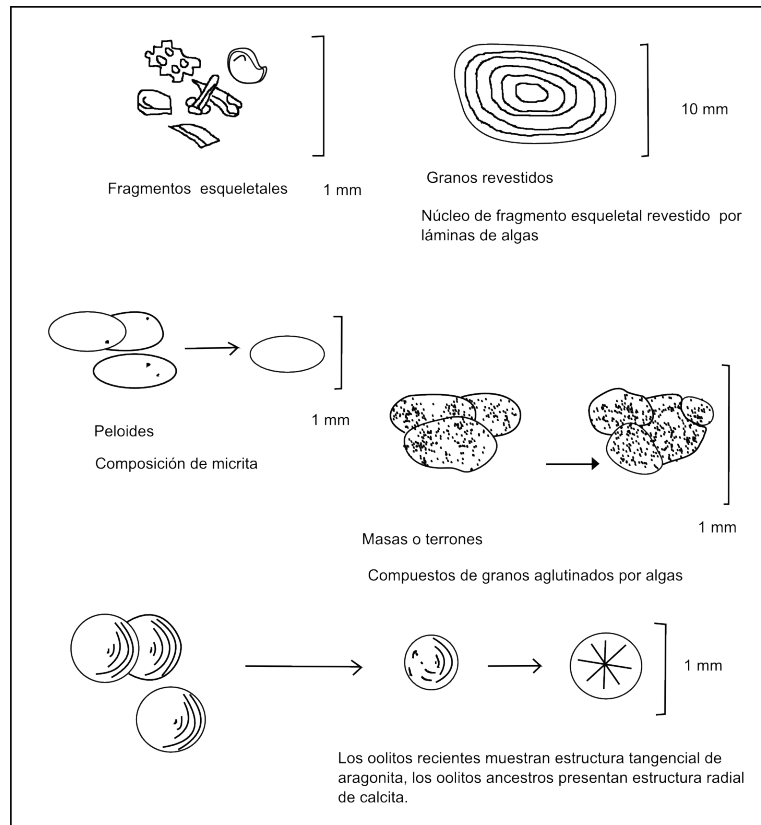


Fig. 2. Algunos de los principales tipos de granos carbonatados. (Tomado de: Selley, 1976).


II C. Partículas no clásticas inorgánicas: están formadas por el agrupamiento de dos o más partículas de origen orgánico o inorgánico, que han asumido transporte dentro de la misma cuenca de depósito. Se subdividen en:

- a) Intraclastos
- b) Agregados

II D. Partículas no clásticas químicas (minerales sedimentarios). Formados por la precipitación química directa y por reacciones bioquímicas. Entre este tipo de partículas quedan incluidos los minerales evaporíticos, por ejemplo: yeso, anhidrita, calcita, halita.

Resultados

1. De acuerdo a sus observaciones, utilice el siguiente formato:



Casa abierta al tiempo

SEDIMENTOLOGÍA

FECHA: _____

Práctica 1: Descripción de las partículas sedimentarias

Número de muestra: _____

Localidad: _____

OBSERVACIÓN MEGASCÓPICA (muestra de mano)

TAMAÑO DE GRANO

LUSTRE

CRUCERO O FRACTURA

COLOR

RAYA

NOMBRE

Número de muestra: _____

OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA (material no consolidado)

TAMAÑO DE GRANO

GRADO DE CLASIFICACIÓN

COMPOSICIÓN MINERAL Y/O BIOGÉNICOS

NOMBRE

COLOR

Cuestionario

1. Con base en los datos contenidos en el formato, deduzca la procedencia y describa los procesos de formación de las muestras de rocas, minerales y sedimentos analizados.
2. Si se incrementan las condiciones de temperatura del mar ¿cómo se verá reflejado en el origen de los sedimentos?
3. Si las lluvias extremas en los ambientes continentales incrementa la tasa de erosión. ¿Cómo se verá afectada la procedencia de los sedimentos?

Bibliografía

BOOGS, S. (2011). *Principles of sedimentology and stratigraphy*. Prentice Hall. USA. 600 p.

DERCOURT, J. y J. PAQUET. (1984). *Geología*. Reverté. Barcelona, España. 423 p.

MALPICA-CRUZ, V. M., J. BARCELÓ-DUARTE, J. P. BARRADAS-JIMÉNEZ, J. C. MOYA-SÁNCHEZ y F. MONROY-SANTIAGO. (1993). *Cuaderno de prácticas: Laboratorio de sedimentología*. Facultad de Ingeniería, UNAM 62 p.

SELLEY, R.C. (1976). *An Introduction to Sedimentology*. Academic Press. New York, USA. 408 p.

Lecturas recomendadas

CARRANZA-EDWARDS, A., E., CENTENO-GARCÍA, L. ROSALES-HOZ y R. LOZANO-SANTA CRUZ. (2001). Provenance of beach gray sands from western Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*. (14): 291-305.

EINSELE, G. (2002). *Sedimentary basins: evolution, facies and sedimentary budget*. Springer Verlag, Berlín.

Práctica 2. Morfología de las partículas sedimentarias

Introducción

Se han realizado numerosos intentos para definir la forma de las partículas sedimentarias y estudiar los factores que intervienen en la forma de los granos (Selley, 1976). La forma de los clastos está controlada, tanto por el tipo de roca madre original, como por su historia geológica subsecuente. Mientras que las rocas como la lutita y el esquistos originan partículas de formas tabulares u ovoides, rocas isotrópicas como la cuarcita y el granito producen partículas de formas subesféricas u ovaladas.

Para describir el aspecto geométrico de una partícula (forma, esfericidad y redondez) es necesario utilizar diversas relaciones geométricas:

Forma: es la medida relativa de las longitudes de los tres ejes ortogonales mayores de la partícula. Las clasificaciones más aceptadas para definir la forma de una partícula son la de Zingg (1935) y la de Sneed y Folk (1958). Ambas se basan en la relación de las tres dimensiones de la partícula: Diámetro mayor (L ó a) -- Diámetro intermedio (I ó b) -- Diámetro menor (S ó c).

Esfericidad (Ψ): es el grado en que la partícula se aproxima a una esfera perfecta. Para sedimentos no consolidados, la esfericidad se puede obtener matemáticamente con base en su volumen (Wadell, 1932), o por medio de sus dimensiones (Sneed y Folk, 1958). Otra forma de estimar la esfericidad de las partículas es utilizando tablas visuales de comparación (Malpica-Cruz *et al.*, 1993).

Redondez (e): se define como la suavidad de los ángulos o esquinas de la partícula. A medida que una partícula clástica adquiere mayor redondez, será más fácilmente transportada. La esfericidad y la redondez son propiedades independientes entre sí.

Las propiedades morfoscópicas descritas constituyen la base fundamental que todo investigador necesita conocer para interpretar las condiciones y procesos que intervinieron en el origen de las partículas terrígenas hasta su depósito, toda vez que las partículas de origen químico y biogénico no representan debidamente los medios de transporte por ser fundamentalmente sedimentos autóctonos.

Objetivo general

- Determinar e interpretar las propiedades morfoscópicas de los sedimentos.

Objetivos particulares

- Medir y analizar las diferentes relaciones geométricas de las partículas sedimentarias.
- Interpretar el significado de la morfología de las partículas sedimentarias.

Material y equipo

Material por equipo

- 1 Microscopio estereoscópico
- 2 Lupas de aumento de 10x y 20x
- 1 Lámpara de luz ultravioleta
- 1 Vernier
- 1 Caja de Petri
- 1 Aguja de disección
- 1 Gotero con ácido clorhídrico (al 10%)

Material que será proporcionado por el alumno

- 1 Imán
- 1 Navaja de acero

Metodología

1. Se proporcionarán muestras de clastos (guijarros, matatenas) y de arenas terrígenas a cada equipo.
2. Defina la forma de las partículas clásticas con base en los esquemas propuestos por Zingg (1935) y por Sneed y Folk (1958) haciendo uso del Vernier (Figs. 1 y 2).

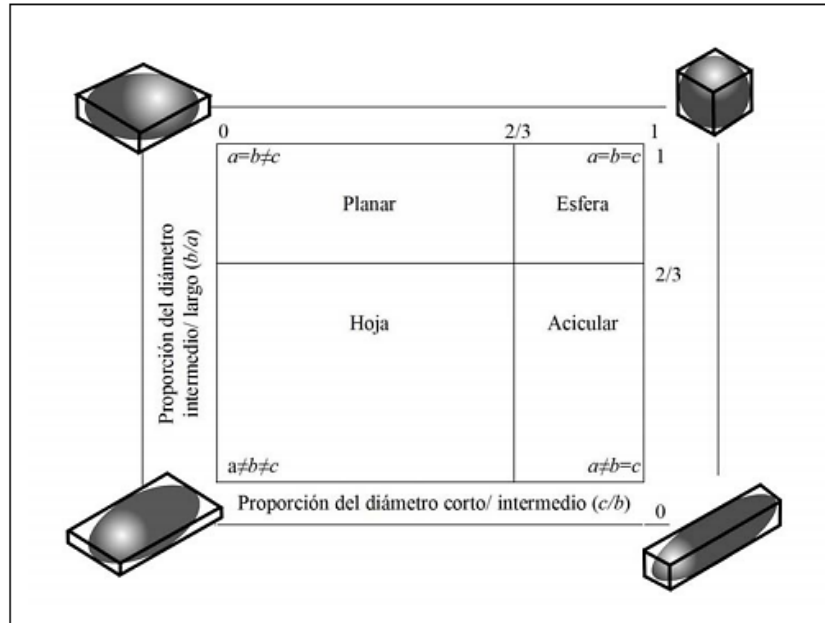
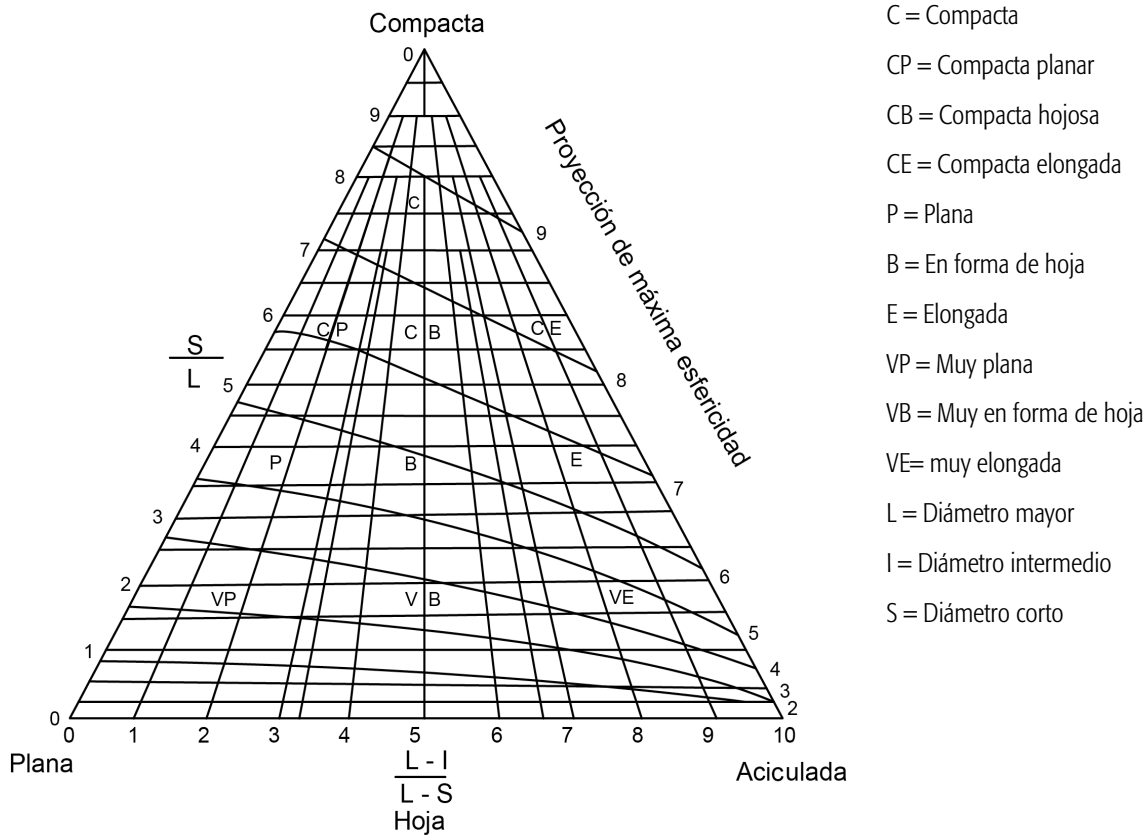


Fig. 1. Formas de los clastos basadas en las proporciones de los diámetros: largo (a) intermedio (b) y corto (c). Zingg (1935). Tomado de: Carreras-Soriano (2008).



- C = Compacta
- CP = Compacta planar
- CB = Compacta hojosa
- CE = Compacta elongada
- P = Plana
- B = En forma de hoja
- E = Elongada
- VP = Muy plana
- VB = Muy en forma de hoja
- VE = muy elongada
- L = Diámetro mayor
- I = Diámetro intermedio
- S = Diámetro corto

Fig. 2. Diagrama triangular de la forma de los clastos de Sneed y Folk (1958) con los límites en función de la proyección de máxima esfericidad. Tomado de Carreras-Soriano (2008).

- Homogeneice y cuartece la muestra de arena terrígena. Coloque 10 granos de arena media en la caja de Petri a lo largo del eje vertical u horizontal dentro del campo ocular del microscopio.
- Defina la forma de las partículas con referencia a los coeficientes de esfericidad y redondez haciendo uso de las figuras de comparación visual de acuerdo a Powers (1953) y Krumbein y Sloss (1969) (Figs. 3 y 4).

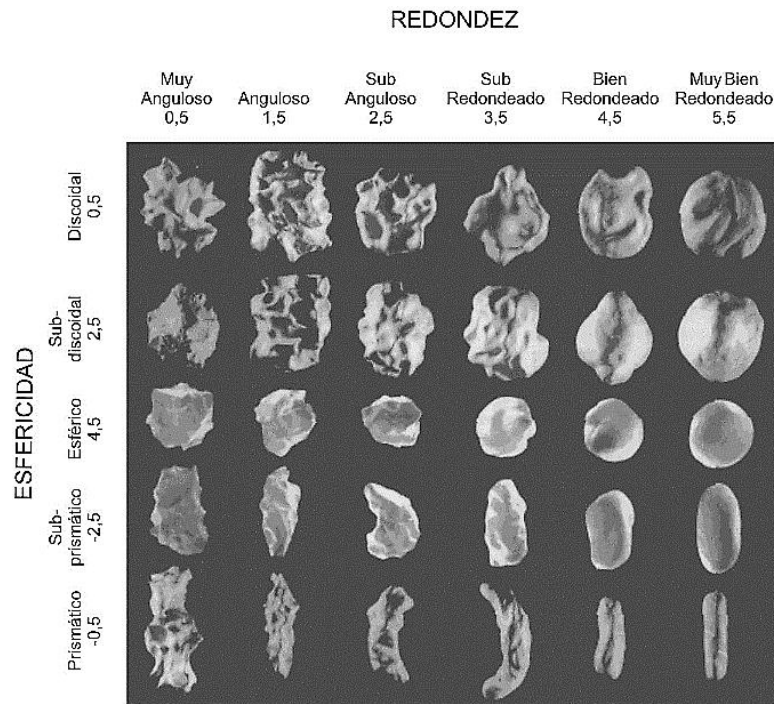


Fig. 3. Comparación visual para estimar la redondez y la esfericidad (Powers, 1953).

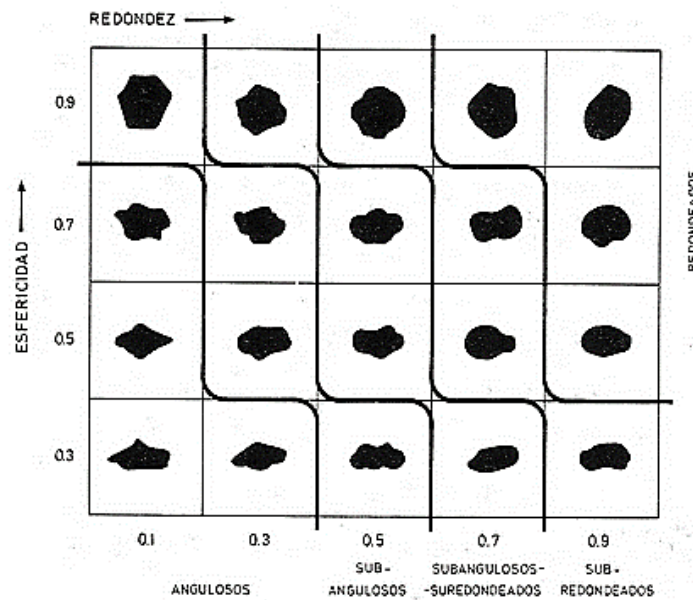



Figura 4. Comparación visual para la redondez y esfericidad (Krumbein y Sloss, 1969).

Resultados

1. De acuerdo a sus observaciones y mediciones llene el formato de propiedades morfoscópicas siguiente:



Casa abierta al tiempo

SEDIMENTOLOGÍA **FECHA:** _____

Práctica 2: Descripción de las partículas sedimentarias

Número de muestra: _____ Localidad: _____

FORMA

Zingg Sneed y Folk

Número de muestra: _____ Localidad: _____

ESFERICIDAD

Sneed y Folk

Número de muestra: _____ Localidad: _____

REDONDEZ

Powers Krumbein y Sloss

Observaciones

2. Aplique el método matemático propuesto por Sneed y Folk (1958) para obtener la esfericidad de las arenas terrígenas por medio de sus dimensiones.

$$\Psi = \sqrt[3]{S^2/LI}$$

3. Desarrolle el método matemático propuesto por Wadell (1933) para obtener la redondez de las mismas y obtenga sus categorías según el cuadro adjunto.

$$e = \frac{\sum \left(\frac{r}{R}\right)}{N}$$

Donde:

r = radio de curvatura de cada arista de la partícula.

R = radio del mayor círculo inscrito de la partícula.

N = número de aristas de la partícula.

Menor a 0.166	Muy anguloso
0.167 a 0.633	Anguloso
0.339 a 0.500	Subanguloso
0.501 a 0.666	Subredondeado
0.667 a 0.833	Redondeado
0.834 a 1.000	Bien redondeado

Cuadro 1. Categorías de redondez para las arenas

Cuestionario

1. Con base en los resultados obtenidos interprete la historia de la morfología de las partículas analizadas.
2. ¿Qué se puede deducir de la presencia de partículas arenosas muy bien redondeadas en un ambiente fluvial?
3. ¿Qué significa tener guijarros y matatenas angulosos en una playa?

Bibliografía

- CARRERAS-SORIANO, L. M. (2008) Criterios de evaluación en base al análisis de la textura de los depósitos volcanoclásticos en el Nevado de Toluca, México. Bole. <http://www.geociencias.unam.mx/~bole/eboletin/tesisCarrera0408.pdf> (3 Sep. 2014).
- KRUMBEIN, W. C. y L. L. SLOSS. (1969). *Estatigrafía y sedimentación*. UTEHA. México 778 p.
- Malpica-Cruz, V. M., J. Barceló-Duarte, J. P. Barradas-Jiménez, J. C. Moya-Sánchez y F. Monroy-Santiago. (1993). *Cuaderno de prácticas: Laboratorio de sedimentología*. Facultad de Ingeniería, UNAM 62 p.
- POWERS, M. C. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of sedimentary petrology*, 23: 117-119.
- SELLEY, R.C., (1976). *An Introduction to Sedimentology*. Academic Press. New York, USA. 408 p.
- SNEED, E. y R. L. FOLK. (1958). Pebbles in the lower Colorado River, Texas: a study in particle morphogenesis. *Journal of Geology* 66: 114-150.

WADELL, H. A. (1932). Volume, shape and roundness of rock particles. *Journal of Geology* 40: 443-451.

WADELL, H. A. (1933). Sphericity and roundness of rock particles. *Journal of Geology* 41: 310-331.

ZINGG, T. (1935). Beitrage zur Schotteranalyse. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* 15: 39-140.

Lecturas recomendadas

MAZZULLO, J. Y KENNEDY, S. K. (1985). Automated measurement of the nominal sectional diameters of individual sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 55: 593-595.

EHRICH, R., S. J. CRABTREE, S. K. KENNEDY Y R. L. CANNON. (1984). Petrography image analysis of reservoir pore complexes. *Journal of Sedimentary Petrology*. V. 54: 1365-1378.

Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de la Plata. 2016.
Sedimentología: trabajos prácticos. Argentina. 56 p.

LEDESMA-VÁZQUEZ, J. 2013. *Manual de prácticas de laboratorio de sedimentología*. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. México. 54 p.

NICHOLS, G. 2009. *Sedimentology and stratigraphy*. Wiley-Blackwell. U. K. 419 p.

SHACKLEY, M. L. 1975. *Archaeological sediments: a survey of analytical methods*. Butterworths. England. 159 p.

II. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Práctica 3. Análisis de tamaño por Tamices

Introducción

Antes de llevar a cabo el estudio de un ambiente sedimentario reciente, es indispensable conocer las propiedades físicas y químicas de los sedimentos, así como los mecanismos de su transporte y sedimentación.

La geomorfología, la naturaleza de la roca madre, las condiciones climáticas que imperan en una región, así como la energía de transporte y depósito, originan diferentes **texturas** que tendrán que ser evaluadas para realizar interpretaciones más reales del ambiente.

Una de las propiedades físicas de mayor significado para conocer las condiciones hidrodinámicas que rigen el depósito de los sedimentos es el tamaño de la partícula (textura), frecuentemente denominada como: arena, limo o arcilla. Igualmente, es importante determinar la distribución de los tamaños en el ambiente, toda vez que son variables que frecuentemente determinan la mayoría de otras propiedades sedimentarias, por ejemplo, las relacionadas con la velocidad de sedimentación, conductividad hidráulica, porosidad y grado de clasificación, entre otras.

Tamaño

Todos los métodos de medidas de tamaño son empíricos debido a que el tamaño no puede ser definido con precisión; aun empleando formas geométricas simples se puede llegar a influir en los resultados (véase práctica 2).

En la tabla 1 se presentan algunas de las definiciones de tamaño de partícula basadas en los métodos que lo analizan:

Tabla 1. Métodos y principios en los que se basa el concepto de tamaño de partícula.

Método de medida	Nombre	Definición
Tamazido	Diámetro del tamiz	Ancho de la abertura del mínimo cuadrado a través de la cual pasa la partícula.
Sedimentación	• Diámetro de caída libre	Diámetro de una esfera que tiene la misma velocidad de caída que una partícula en un fluido de densidad y viscosidad unitaria.
	• Diámetro de Stokes	Diámetro de caída libre en un flujo laminar.
Microscopio	Diámetro nominal	Diámetro de un círculo de la misma área que la proyección de una partícula.

En la actualidad existen técnicas más sofisticadas como el "Contador Coulter", que determina el tamaño de grano sobre la base de las propiedades eléctricas de los granos suspendidos en un líquido, y el "Láser Granulométrico", que analiza el patrón de difracción de un rayo láser creado por las partículas pequeñas (Nichols, 2009); no obstante, los métodos más empleados para medir el tamaño de las partículas utilizan el tamizado y la sedimentación, su combinación permite obtener una determinada curva de distribución. Estos métodos producen un enlace peso-tamaño, mientras que los métodos ópticos dan una relación número-tamaño.

Escala de tamaños

Una escala de tamaños es una división sistemática de un intervalo continuo de clases o grados. Estas clases o grados se refieren solamente al tamaño de la partícula y no están relacionadas de ninguna manera a su composición mineral.

Muchas escalas han sido propuestas para asignar y unificar la distribución de tamaños de partículas, en un principio, los trabajos emplearon la escala propuesta por Udden (1898), la cual toma como punto de partida 2 mm y múltiplos o divisores de $\frac{1}{2}$ ó 2, dependiendo de la dirección del límite de clase. En 1922, C. K. Wentworth modificó las distintas clases de tamaño y les asigna los nombres tal como se conocen en la actualidad (grava, arena, limo, arcilla), empero, esta escala no es útil para el análisis de depósitos bien clasificados, tal como la arena de las dunas, ya que los intervalos de clases son muy amplios.

ESCALA DE TAMAÑO					
		Phi	(m.m)	Micras μ	
		-8	256		
		-7	128		
		-6	64		
		-5	32		LARGA
		-4	16		
		-3	8		
		-2	4		MEDIA
		-1	2		
	GRÁNULO				
		0	1	1000	FINA
	MUY GRUESA				
	ARENA	1	$\frac{1}{2}$	500	GRUESA
	MEDIA	2	$\frac{1}{4}$	250	MEDIA
	FINA	3	$\frac{1}{8}$	125.0	FINA
	MUY FINA	4	$\frac{1}{16}$	62.5	MUY FINA
	GRUESO	5	$\frac{1}{32}$	31.3	
	MEDIO	6	$\frac{1}{64}$	15.6	LIMO
	FINO	7	$\frac{1}{128}$	7.8	
	MUY FINO	8	$\frac{1}{256}$	3.9	
	GRUESA	9	$\frac{1}{512}$	1.95	
	MEDIA	10	$\frac{1}{1024}$	0.98	
	FINA	11	$\frac{1}{2048}$	0.49	
	MUY FINA	12	$\frac{1}{4096}$	0.24	ARCILLA

Tabla 2. Escala de tamaño de partículas Udden-Wentworth en unidades Ø/milímetros. (Tomado de Shepard, 1973).

Posteriormente, Krumbein (1935) propuso una transformación logarítmica con base dos de las escalas Udden-Wentworth, precisando los tamaños en unidades phi (ϕ), evitando el logaritmo negativo multiplicándolo por $(-\phi)$; así $\phi = -\log_2$ diámetro en mm (Tabla 2).

Esta notación tiene la desventaja de que los tamaños mayores a un milímetro se designan con valores negativos y los tamaños menores a un milímetro con positivos; sin embargo, la naturaleza favorece la presencia de tamaños inferiores a un milímetro, por lo que resulta más fácil su manejo estadístico.

Granulometría

El conjunto de métodos que se emplean para determinar el tamaño de partícula de una población de sedimentos recibe el nombre de análisis granulométrico, siendo su distribución de tamaños la representación numérica o gráfica de estos análisis. El método granulométrico que se efectuó en los sedimentos dependerá del tamaño de la muestra original. Los cantos rodados y matatasas se miden directamente con reglas o calibradores especiales. Las partículas del tamaño de la arena se pueden estudiar con tamices y para los granos menores, que corresponden a los limos y las arcillas, se emplean técnicas relacionadas con la pipeta o el hidrómetro.

Los resultados de estos análisis de distribución de tamaños de grano se pueden representar de tres formas: 1) histograma de los porcentajes del peso de cada una de las fracciones de tamaño, 2) curva de frecuencia en ordenadas aritméticas, 3) curva de frecuencia acumulada en papel de probabilidad. En todos los casos, se colocan los tamaños gruesos del lado izquierdo y los tamaños finos a la derecha en el eje de las abscisas. Estos datos y medidas del tamaño de las partículas se emplean en la descripción e interpretación de los ambientes sedimentarios.

Análisis por tamizado

Este análisis es un procedimiento mecánico, por medio del cual, partículas del tamaño de arenas y gravas de una muestra son convenientemente separadas en diferentes clases o grados de tamaño por una serie de tamices sobrepuestos de manera decreciente, de tal forma que la medida de menor tamaño se localiza en el fondo.

Objetivo general

- Determinar el tamaño de las partículas sedimentarias por medio del uso de tamices.

Objetivos particulares

- Asignar el grupo textural de las muestras analizadas.
- Representar gráfica y numéricamente la distribución de tamaños.
- Interpretar el comportamiento hidrodinámico de las partículas en el ambiente.

Material y equipo

Material por equipo

- Tamices o mallas de -2.0ϕ a 4.0ϕ con un intervalo de 0.5ϕ con tapa y plato de fondo
- 1 Vibrador portable
- 1 Balanza analítica o granataria
- 5 Cajas de Petri
- 1 Brocha o pincel de cerdas suaves
- 1 Cartulina blanca
- 2 hojas de papel encerado
- 1 Microscopio estereoscópico

Material que será proporcionado por el alumno

- 20 bolsas de plástico de 7×13 cm aprox.
- 1 Plumón indeleble
- 20 etiquetas chicas

Metodología

1. Seque la muestra a la intemperie o en un horno de secado a 60 ° C.
2. Homogeneice la muestra y cuartéela con el fin de obtener de 50 a 200 gramos (a mayor tamaño de partícula, mayor cantidad de sedimento). Retire las fibras y raíces vegetales, el resto se guarda en su bolsa de colecta original.
3. Coloque los tamices por apertura de malla en orden descendente con el plato de fondo abajo. Utilice como referencia la siguiente información:

4.0 mm = -2.0 Ø	2.83 mm = -1.5 Ø	2.0 mm = -1.0 Ø
1.41 mm = -0.5 Ø	1.0 mm = 0.0 Ø	0.71 mm = 0.5 Ø
0.50 mm = 1.0 Ø	0.35 mm = 1.5 Ø	0.250 mm = 2.0 Ø
0.177 mm = 2.5 Ø	0.125 mm = 3.0 Ø	0.088 mm = 3.5 Ø
0.0625 mm = 4.0 Ø		

4. Vierta la muestra en el primer tamiz, cuidando que no quede retenida en éste. Tape la serie de tamices y colóquelos en el vibrador mecánico asegurándolos con las tuercas.
5. Agite la muestra durante un periodo de 15 a 20 minutos.
6. Coloque sobre la mesa de trabajo la cartulina blanca y por encima una hoja de papel encerado.
7. Vierta cuidadosamente la fracción de cada tamiz sobre el papel encerado, golpeando ligeramente con la mano el bastidor del tamiz. Limpie con brocha o pincel la malla del tamiz sin estropearlo. No intente forzar el paso de los granos a través de las aberturas.
8. Vacíe las fracciones de cada tamiz en cajas de Petri previamente marcadas y pesadas.
9. Obtenga los pesos aproximados a 0.01 gramos. Si se tiene menos de 1.0 gramos en la fracción, debe pesarse con precisión de 0.001 gramos.
10. Anote los pesos de cada fracción en la columna correspondiente dentro de la tabla de resultados.
11. Almacene las fracciones en bolsas de plástico indicando el tamaño y número de muestra.

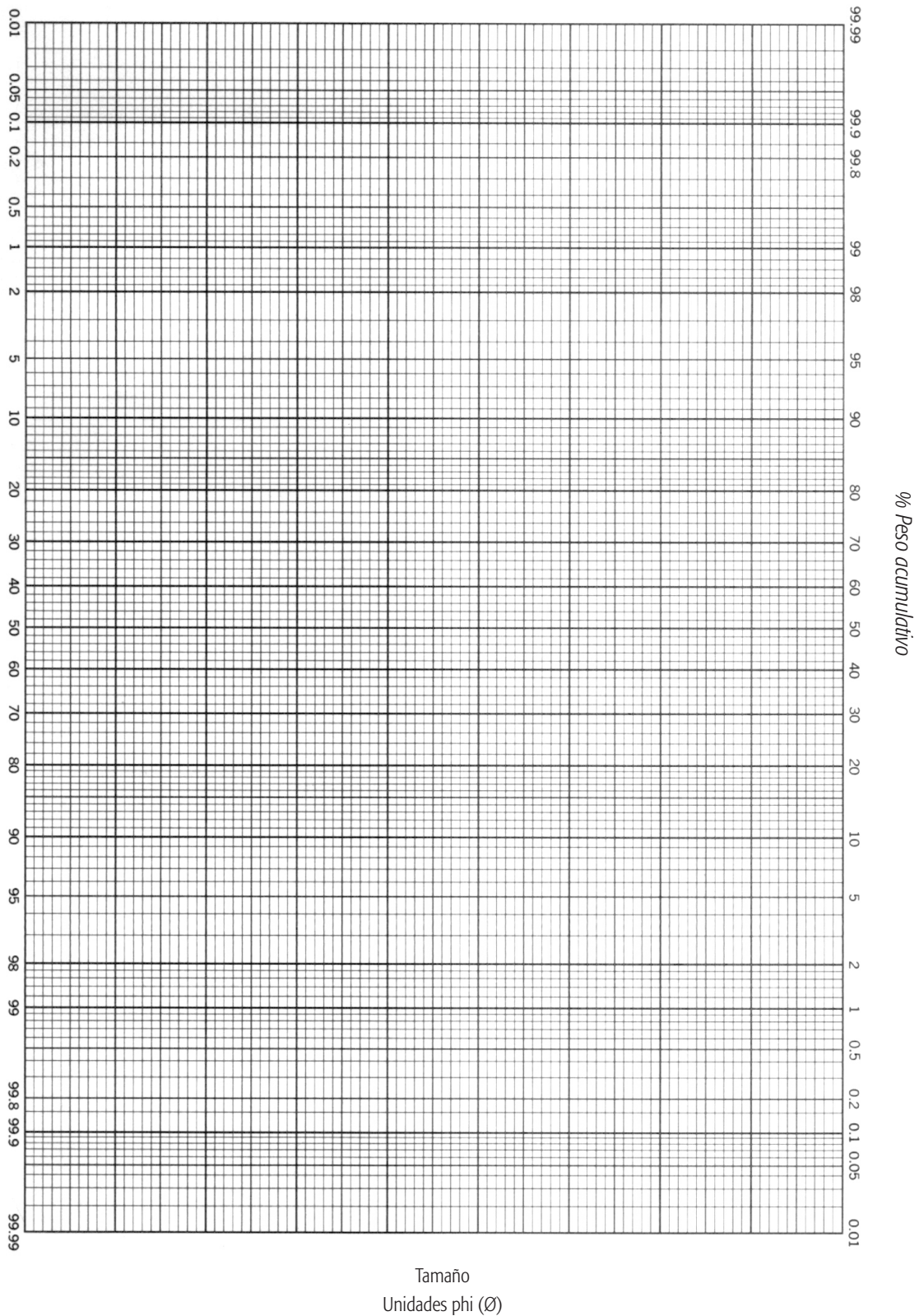
Resultados

1. Con base en sus resultados, calcule los porcentajes individuales y acumulativos en el siguiente formato:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TÁMICES									
No. de Muestra: _____					Procesó: _____				
Localidad: _____					Fecha: _____				
Peso Inicial: _____					Peso Final: _____				
Malla		Milímetros		Micras	Phi	Gramos	% Individual	% Acumulativo	Observaciones
*	**	*	**	**	(Ø)				
		4096			-12				
		1024			-10				
		256			-8				
		64			-6				
		16			-5				
		8			-4				
5	5	4.00	4.27		-2				
6	6	3.36	3.36		-1.75				
7	7	2.83	2.92		-1.5				
8	8	2.36	2.38		-1.25				
10	9	2.00	2.00		-1.0				
12	10	1.68	1.68		-0.75				
14	12	1.41	1.41		-0.5				
16	16	1.19	1.19		-0.25				
18	18	1.00	0.96		0				
20	20	0.84	0.84		0.25				
25	24	0.71	0.71		0.5				
30	30	0.59	0.595		0.75				
35	35	0.50	0.50	500	1.0				
40	40	0.42	0.42	420	1.25				
45	45	0.35	0.354	350	1.5				
50	50	0.30	0.297	300	1.75				
60	60	0.25	0.25	250	2				
70	70	0.21	0.21	210	2.25				
80	80	0.177	0.177	177	2.5				
100	100	0.149	0.149	149	2.75				
120	120	0.125	0.125	125	3.0				
140	140	0.105	0.105	105	3.25				
170	180	0.088	0.091	88	3.5				
200	200	0.074	0.074	74	3.75				
230	250	0.0625	0.0625	62.5	4.0				
270	270	0.053	0.053	53	4.25				
325	325	0.044	0.044	44	4.5				
375	400	0.037	0.38	37	4.75				

*Segun Tamices U.S. Standard **Según Tamices Montinox.

2. Con los porcentajes individuales, construya un histograma de frecuencias con respecto a los tamaños (mm y \emptyset).
3. Con los porcentajes acumulativos, grafique la curva acumulativa con ordenadas de probabilidad respecto a sus tamaños.



4. A partir de la curva acumulativa obtenga los percentiles necesarios para resolver los siguientes parámetros estadísticos granulométricos de acuerdo a Folk y Ward (1957) y compare sus resultados con los límites establecidos.

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS Y FÓRMULA	LÍMITES
Tamaño gráfico. Promedio (MØ) o (Mz) $Mz = (\text{Ø}16 + \text{Ø}50 + \text{Ø}84) / 3$ MdØ = Ø50 mediana	Grava: > de -1.0 Ø (2 mm) Arena: -1.0 Ø a 4.0 Ø (2 a 1/16 mm) Limo: 4.0 Ø a 8.0 Ø (1/16 a 1/256 mm) Arcilla: < de 8.0Ø (1/256 mm) (ver escala de tamaños, tabla 2)
Desviación estándar Gráfica inclusiva $\delta\text{Ø} = \frac{\text{Ø}84 - \text{Ø}16}{4} + \frac{\text{Ø}95 - \text{Ø}5}{6.6}$	Muy bien clasificado: <0.35 Ø Bien clasificado: 0.35 Ø a 0.50 Ø Moderadamente bien clasificado: 0.51 Ø a 0.71 Ø Moderadamente clasificado: 0.72 Ø a 1.0 Ø Mal clasificado: 1.1 Ø a 2.0 Ø Muy mal clasificado: 2.1 Ø a 4.0 Ø Extremadamente mal clasificado: >4.0 Ø
Grado de asimetría Gráfica inclusiva. $Ski = \frac{\text{Ø}84 + \text{Ø}16 - 2(\text{Ø}50)}{2(\text{Ø}84 - \text{Ø}16)} + \frac{\text{Ø}95 + \text{Ø}5 - 2(\text{Ø}50)}{2(\text{Ø}95 - \text{Ø}5)}$	Muy asimétrico hacia finos: +1.0 a +0.30 Asimétrico hacia finos: +0.31 a +0.10 Casi simétrico: +0.11 a -0.10 Asimétrico hacia gruesos: -0.11 a -0.30 Muy asimétricos hacia gruesos: -0.31 a -1.0
Curtosis. $K_G = \frac{\text{Ø}95 - \text{Ø}5}{2.44 (\text{Ø}75 - \text{Ø}25)}$ $K_G = \frac{K_G}{1 + K_G} \quad \text{Transformada}$	Muy platicúrtico: < de 0.67 Platicúrtico: 0.68 a 0.90 Mesocúrtico: 0.91 a 1.11 Leptocúrtico: 1.12 a 1.50 Muy leptocúrtico: 1.51 a 3.0 Extremadamente leptocúrtico: > de 3.0

Cuestionario

1. Con base en los resultados obtenidos interprete las condiciones hidrodinámicas que prevalecieron durante el depósito de sus muestras de sedimento analizadas.
2. ¿Cómo interpretaría la presencia de arenas finas en una época del año y arenas gruesas en otra época del año en un mismo ambiente de playa?

Bibliografía

- FOLK, R. L. Y W. C. WARD. (1957). Brazos river bar: a study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27 (1): 3-26.
- KRUMBEIN W. C. (1935). Thin-section mechanical analysis of indurated sediments. *The Journal of Geology* 43 (5): 482-496.
- SHEPARD, F. P. (1973). *Submarine geology*. 3th ed. Harper & Row. USA. 517 p.
- UDDEN, J. A. (1898). *Mechanical composition of wind deposits*. Augustana Library. USA. 69 p.
- WENTWORTH, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. 30 (5): 377-392.

Lecturas recomendadas

- HOLLISTER, C. D. Y NOWEL, A. R. M. (1991). High Energy Benthic Boundary Layer Experiment, epilogue: *Marine Geology*, 99, 445-460.
- NELSON S. Y ASTORGA M. I. (2010). Textura, materia orgánica y composición química elemental (C y N) de sedimentos marinos superficiales de la zona Puerto Montt a Boca del Guafo (Norpatoña Chilena). *Lat. Am J. Aquat. Res.* 38(1): 1-14 p.

Práctica 4. Análisis de tamaño por Método de Pipeta

Introducción

Las partículas finas poseen características específicas importantes en los ecosistemas acuáticos, toda vez que tienen la capacidad de intercambiar sustancias entre los sedimentos y la columna de agua.

Debido a que los sedimentos conformados por partículas finas (limos y arcillas) no pueden ser medidos por tamices, se han desarrollado varios métodos para su determinación, considerando fundamentalmente el principio de velocidad de sedimentación de partículas de diferentes tamaños. El análisis por método de pipeta ha sido ampliamente utilizado por muchos años, se sustenta en una fuerte base teórica (Ley de Stokes) que garantiza conocer con precisión de 0.1 Ø el tamaño de las partículas (Lewis, 1984).

Ley de Stokes (1851): Una partícula de diámetro cualquiera d y de densidad dada, al estarse depositando en agua, es atraída hacia abajo con una fuerza que depende del volumen de la partícula, de la aceleración de la gravedad y de la diferencia entre la densidad de la partícula y la del fluido. Si la partícula es de diámetro inferior a 0.1 mm (menor a arena muy fina), la resistencia ofrecida por el fluido es proporcional al producto del diámetro por la velocidad de la partícula y por la viscosidad del fluido:

$$v = d^2 (\rho_p - \rho_f) g / 18 \eta$$

Donde:

v = Velocidad de caída (cm / seg)

d = Diámetro de la partícula (cm)

ρ_p = Densidad de la partícula (g / cm³)

ρ_f = Densidad del fluido (g / cm³)

g = Aceleración de la gravedad (cm / seg²)

η = Viscosidad (Poise g / seg x cm)

Igualando estas relaciones para las partículas pequeñas, puede demostrarse que la velocidad de asentamiento (v) es proporcional al cuadrado del diámetro de la partícula (Krumbein y Sloss, 1969):

$$v = C_1 d^2$$

Cabe mencionar que la aceleración de la partícula terminará cuando la densidad de ésta sea igual a la densidad del medio en donde se encuentra.

Objetivo general

Aplicar el principio de diámetro de partícula por medio de sedimentación hidráulica, midiendo los tamaños de limos y arcillas.

Objetivos particulares

- Asignar el grupo textural de las partículas sedimentarias finas por medio del método de pipeta.
- Representar gráfica y numéricamente la distribución de tamaños.
- Interpretar las condiciones que prevalecieron durante el depósito de los sedimentos.

Material y equipo

Material por equipo

1 Tamiz de malla 4Ø (0.0625 mm) inoxidable

1 Balanza analítica

- 1 Cápsula de porcelana de 20 cm de diámetro o 1 charola de disección
- 8 Cajas de Petri
- 1 Vaso de precipitado de 1000 ml
- 1 Probeta de cristal de 1000 ml
- 1 Pipeta volumétrica de 25 ml
- 1 Piceta de 500 ml con agua destilada
- 1 Varilla de vidrio
- 1 Cronometro o reloj segundero
- 1 Agitador con rondana de hule macizo
- 1 litro de agua destilada
- 100 ml de ácido clorhídrico al 10% (HCl)
- 1 g de hexametáfosfato de sodio (peptizador)
- 50 ml de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30%
- Estufa (0 – 200 ° C)
- 1 Termómetro (-20 – 110 ° C)

Material que será proporcionado por el alumno

- 1 Plumón indeleble
- 1 Cinta masking tape

Metodología

Pretratamiento de la muestra

La presencia de coloides y otros materiales muy finos inducen a la floculación de los granos finos en suspensión, por lo que es recomendable remover:

- a) Salas. Se pueden disolver con agua destilada y luego decantar o centrifugar y decantar.
- b) Materia orgánica. Se puede eliminar por medio de Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2 al 30%), se recomienda agregar 25 ml. Después de eliminada, la muestra se calienta por espacio de 20 – 30 minutos para reducir el exceso de H_2O_2 que haya quedado.
- c) Carbonatos solubles. Pueden ser removidos con 10 a 20 ml de HCl al 10%. Se recomienda lavar los sedimentos con agua destilada para eliminar el exceso de HCl. Este pre tratamiento solo se recomienda cuando los carbonatos son un obstáculo en el análisis.

Procedimiento

1. Si el sedimento es fino al tacto en húmedo, homogeneizar la muestra y tomar 15 gramos aproximadamente.
2. Depositela en el vaso de precipitado y agregue peróxido de hidrógeno hasta cubrirla, con el propósito de oxidar la materia orgánica.
3. Cuide la reacción, ya que se puede derramar el sedimento. En tal caso, agregue un poco de agua destilada con la piceta para enfriar la reacción.
4. Al finalizar la oxidación, tamice la muestra usando agua destilada frotando con las yemas de los dedos el sedimento, con el fin de disgregar los grumos de limo y arcilla.
5. Recupere la fracción gruesa retenida en el tamiz (4 Ø) y colóquela en una caja de Petri, previamente pesada y numerada para secarla y pesarla posteriormente.
6. La fracción que pasa la malla límite (4 Ø) se vierte en una probeta de 1000 ml, cuidando no rebasar esta cantidad para evitar decantar.
7. Agite la muestra por 2 minutos y déjela reposar 24 horas con el fin de observar si existe floculación (formación de grumos o agregados). Si es así, decante lentamente evitando derramar sedimento y vuelva a llenar con agua destilada. En

caso de que la floculación persista, agregue 0.5 gramos de hexametáfosfato de sodio (peptizador) y agite nuevamente por 2 minutos.

8. Mida la temperatura de la muestra para conocer la profundidad y los tiempos a la que se debe introducir la pipeta volumétrica (tabla 1).

Tabla 1. Profundidad (cm) de inserción de la pipeta para temperaturas y tiempos determinados (Folk, 1974).

T° C	20 seg 62 4.00 Ø	2.30 seg 32 5.0 Ø	10 min 16 6.0 Ø	20 min 8 7.0 Ø	1 hr 4 8.0 Ø	4 hr 2 9.0 Ø
18	12.5	13	13.3	6.7	5	5
19	12.7	13.3	13.5	6.8	5.1	5.1
20	13	13.7	13.9	7	5.2	5.2
21	13.4	14	14	7.1	5.4	5.4
22	13.8	14.3	14.6	7.3	5.5	5.5
23	14.1	14.7	15	7.5	5.6	5.6
24	14.3	15	15.2	7.7	5.8	5.8
TIEMPO	20''	2'30''	10'	20'	1 h	4 h

9. Agite la muestra durante 2 minutos. Afore exactamente a 1000 ml, e inicie el tiempo de sedimentación de las partículas al momento de retirar el agitador (tabla 2).

Tabla 2. Tiempos de sedimentación para 6 muestras.

Procedencia:			Fecha:				Hora de Inicio:	
			Mta. No.	Mta. No.	Mta. No.	Mta. No.	Mta. No.	Mta. No.
h	m	s	cápsula	cápsula	cápsula	cápsula	cápsula	cápsula
		20	62 μ - 4 \emptyset					
	2	30	32 μ - 5 \emptyset					
	10		16 μ - 6 \emptyset					
	13-15			agitar				
	15	20		62 μ - 4 \emptyset				
	17	30		32 μ - 5 \emptyset				
	20		8 μ - 7 \emptyset					
	25			16 μ - 6 \emptyset				
	26-28				agitar			
	28	20			62 μ - 4 \emptyset			
	30	30			32 μ - 5 \emptyset			
	35			8 μ - 7 \emptyset				
	38				16 μ - 6 \emptyset			
	39-41					agitar		
	41	20				62 μ - 4 \emptyset		
	43	30				32 μ - 5 \emptyset		
	48				8 μ - 7 \emptyset			
	51					16 μ - 6 \emptyset		
	52-54						agitar	
	54	20					62 μ - 4 \emptyset	
	56	30					32 μ - 5 \emptyset	
1			4 μ - 8 \emptyset					
1	01					8 μ - 7 \emptyset		
1	04						16 μ - 6 \emptyset	
1	05-07							agitar
1	07	20						62 μ - 5 \emptyset
1	09	30						32 μ - 5 \emptyset
1	14						8 μ - 7 \emptyset	
1	15			4 μ - 8 \emptyset				
1	17							16 μ - 6 \emptyset
1	27							8 μ - 7 \emptyset
1	28				4 μ - 8 \emptyset			
1	41					4 μ - 8 \emptyset		
1	54						4 μ - 8 \emptyset	
2	07							4 μ - 8 \emptyset
4			2 μ - 9 \emptyset	2 μ - 9 \emptyset				
4	15							
4	28				2 μ - 9 \emptyset			
4	41					2 μ - 9 \emptyset		
4	54						2 μ - 9 \emptyset	
5	07							2 μ - 9 \emptyset

10. Al cabo de 20 segundos introduzca la pipeta a la profundidad adecuada succionando exactamente 25 ml de la suspensión, enjuague la pipeta con agua y agréguela a la caja de Petri con sedimento.
11. Continúe pipeteando la suspensión a los tiempos y profundidades establecidos sin volver a agitar la muestra.
12. Seque las cajas de Petri en el horno a temperatura menor de 60 ° C.
13. Déjelas enfriar y péselas con precisión de 0.0001 gramos.

Resultados

1. De acuerdo con los resultados de su análisis, anote los datos en el formato adjunto y obtenga el porcentaje acumulativo (% Acum) de cada diámetro con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acum} = \frac{A + F - P}{A + F} (100)$$

$$\% \text{ Acum} = (100)$$

Donde:

A= Peso de la arena retenida en el tamiz 4Ø (0.0625 mm)

F= Peso de la primera muestra pipeteada x 40

P= Peso de cada muestra pipeteada x 40

PESO F. GRUESA

PESO PEPTIZADOR

CALCULOS

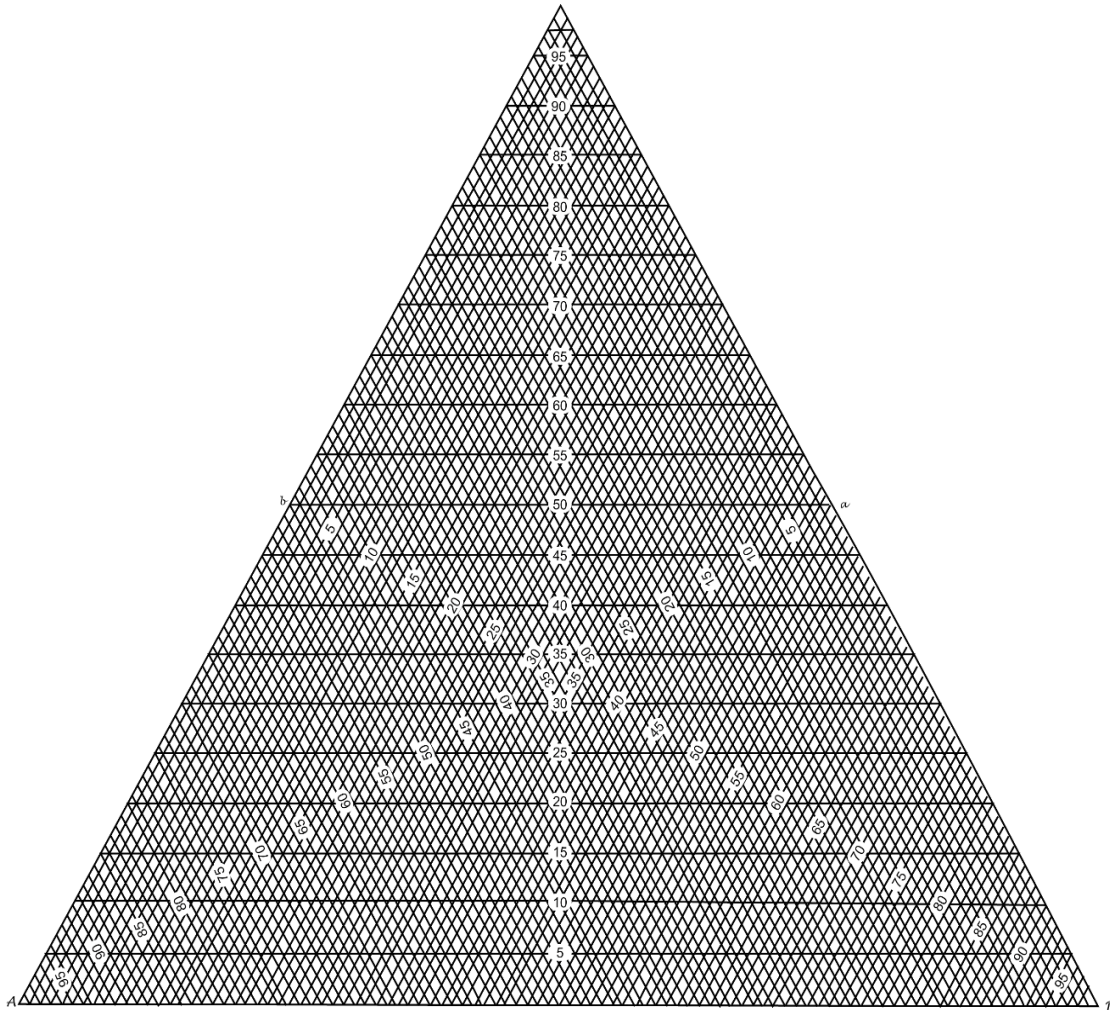
Diámetro en: Ø mm		No. cápsula	Peso cápsula + muestra	Peso cápsula	Peso muestra	Menos peptizador	X40	% Acum
4.00	0.0625 b							
5.00	0.032 b ₁							
6.00	0.016 b ₂							
7.00	0.008 b ₃							
8.00	0.004 b ₄							
9.00	0.002 b ₅							

Arena = %

Limo = %

Arcilla = %

- Construya el diagrama ternario de Shepard (1954) para la clasificación de sedimentos con base en el tamaño de grano y asigne su grupo textural.



- Con los porcentajes acumulativos grafique la curva acumulativa con ordenadas de probabilidad respecto a sus tamaños (ver práctica 3).
- A partir de la curva acumulativa obtenga los percentiles necesarios para resolver las fórmulas estadísticas granulométricas de acuerdo a Folk y Ward (1957) y determine sus resultados con los límites (ver práctica 3).

Cuestionario

- ¿Qué significado energético tiene un sedimento con alto contenido de arcilla en un ambiente de depósito?
- Si la muestra se ubicara al centro del diagrama ¿qué textura le asignaría al sedimento?

Bibliografía

Folk, R. L. (1974). Petrology of sedimentary rocks. Hemphil Publishing Company. Austin, Texas. USA. 182 p.

KRUMBEIN, W. C. & L. L. SLOSS. (1969). *Estratigrafía y sedimentación*. UTEHA. México. 778 p.

LEWIS, D. W. (1984). Practical sedimentology. Van Nostrand Reinhold. USA. 229 p.

SHEPARD, F. P. (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology* 24: 151-158.

STOKES, G. G. (1851). On the Effect of the Internal Friction of Fluids on the Motion of Pendulums. *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* (9): 8-106.

Lecturas recomendadas

PÉREZ ROJAS A., R. TORRES-OROZCO B. Y A. Z. MÁRQUEZ GARCÍA. (1993). Los sedimentos recientes del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Anal Inst. Ciencias del Mar y Limnol.* Vol 20 (1): 67-76.

SHANMUGAM, G. (2008). Deep-water bottom currents and their deposits, En: Rebesco, M. Camerlenghi, A. (Eds.), *Contournites: Developments in Sedimentology*, 59–81.

Práctica 5. Análisis de tamaño por Tubo de Sedimentación

Introducción

Si bien los análisis tradicionales para determinar los tamaños de las partículas finas han sido indistintamente el método de la pipeta y el hidrómetro, el uso del tubo de sedimentación ha recibido mucha aceptación debido a su facilidad de empleo y barata fabricación (Shackley, 1975), además de que se requieren pequeñas cantidades de muestra (de 2 a 10 g).

El tubo de sedimentación comúnmente utilizado es el propuesto por Emery (1938). Este aparato consiste de un tubo de vidrio de 164 cm de largo, con un diámetro interno de 21 mm. La parte inferior del tubo tiene una llave de paso graduada de 10 cm³, con diámetro interior de 7 mm (Fig. 1). Se utiliza para determinar el rango de distribución de arena gruesa (0 Ø) a arena muy fina (4 Ø). Esto se lleva a cabo introduciendo una muestra en la parte superior de la columna de agua del tubo y midiendo la altura del sedimento que se acumula en el fondo del tubo graduado (de 0 a 100 mm).

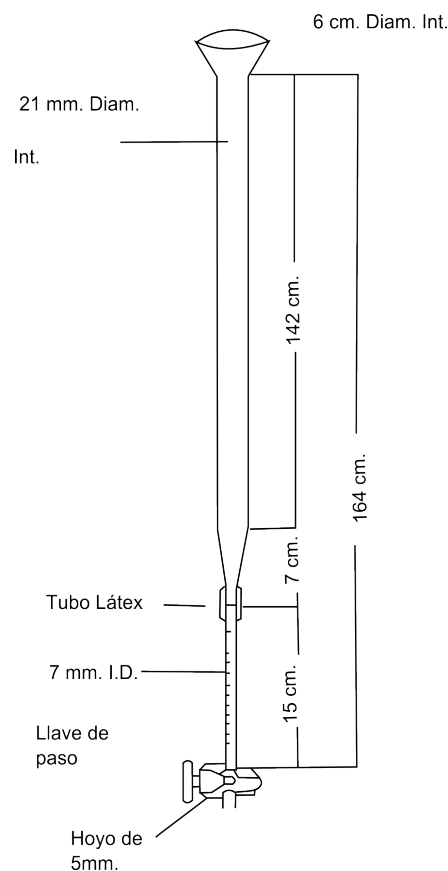


Fig. 1. Tubo de sedimentación Emery

El principio del método se basa en la velocidad de caída de las partículas (Ley de Stokes), acumulándose más rápidamente las partículas de mayor tamaño en el fondo de la llave graduada que las de menor tamaño, a intervalos de tiempo sucesivos. Entre las complicaciones que afectan los tiempos de sedimentación se encuentran la temperatura y el exceso de muestra.

Objetivo general

Determinar el tamaño de partículas arenosas por medio de un método rápido de sedimentación.

Objetivos particulares

- Establecer el rango de distribución de arena gruesa a arena muy fina.
- Representar gráfica y numéricamente la distribución de tamaños.

Material y equipo

Material por equipo

- 1 Tubo de sedimentación Emery
- 1 Balanza analítica o digital
- 1 Tamiz de 1 mm (0.0 Ø) con tapa y plato de fondo
- 1 Vertedor de arena
- 1 Cronómetro o reloj con segundero
- 1 Litro de agua destilada
- 1 Atomizador con alcohol etílico
- 1 Termómetro
- 1 Tapón de hule de 2 cm de diámetro
- 1 Brocha o pincel de cerdas suaves
- 1 Cartulina blanca
- 2 hojas de papel encerado

Material que será proporcionado por el alumno

- 20 bolsas de plástico de 7x13 cm aprox.
- 1 Plumón indeleble
- Etiquetas

Metodología

1. Homogeneice y cuartee la muestra original.
2. Separe la arena muy gruesa (> 1.0 mm) del resto con ayuda del tamiz 0.0 Ø.
3. Obtenga de 3 a 6 gramos de peso y colóquelos en el vertedor de arena.
4. Llene el tubo con agua destilada hasta el tope y tome su temperatura.
5. Seleccione la columna de temperatura correspondiente en la tabla 1 para los tiempos de sedimentación:
6. Coloque el tapón de hule en la parte superior del tubo y vierta la muestra de sedimento sobre él.
7. Rocíe la muestra con alcohol etílico con el propósito de romper la tensión superficial de las partículas.
8. Inicie el conteo de tiempo de sedimentación al mismo instante de la liberación de la muestra.
9. Lea cuidadosamente la altura acumulada de arena en la llave graduada a los intervalos de tiempo requeridos. Registre sus mediciones en la tabla 2 de resultados.

Resultados

1. Con base en las unidades de alturas acumuladas obtenga los porcentajes individuales. Calcule los porcentajes acumulativos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Acum} = \frac{\text{Unidad de altura acumulada}}{\text{Máxima unidad de altura acumulada}} \times 100\% \quad (\text{Cada unidad de altura acumulada})$$

Tabla 1. Tiempo de sedimentación respecto a la temperatura.

TIEMPO Y TEMPERATURA SEDIMENTACIÓN (min y seg)				
26°	24°	22°	20°	18°
13	13	13	13	13
15	15	15	15	15
18	18	18	19	19
24	24	25	26	26
29	29	30	31	31
36	37	38	39	39
40	41	42	43	43
44	46	47	48	49
51	53	54	56	57
55	57	59	1.01	1.03
1.02	1.05	1.09	1.12	1.14
1.12	1.14	1.16	1.19	1.22
1.20	1.23	1.25	1.27	1.32
1.32	1.3	1.38	1.43	1.48
1.58	2.01	2.04	2.10	2.17
2.30	2.34	2.38	2.45	2.54
3.12	3.15	3.20	3.25	3.41
4.02	4.07	4.13	4.23	4.38

2. Con los porcentajes acumulativos grafique la curva acumulativa con ordenadas de probabilidad respecto a sus tamaños (ver práctica 3).
3. A partir de la curva acumulativa obtenga los percentiles necesarios para resolver las fórmulas estadísticas granulométricas de acuerdo a Folk y Ward (1957) y determine sus resultados con los límites (ver práctica 3).

Cuestionario

1. ¿Cuáles son las ventajas y/o desventajas de emplear este método con respecto al de tamizado en seco?
2. ¿Para qué tipo de ambientes sería favorable el empleo del tubo de sedimentación?

Bibliografía

- EMERY, K. O. (1938). Rapid method of mechanical analysis of sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 8 (3): 105-111.
- FOLK, R. L. y W. C. WARD. (1957). Brazos river bar: a study of the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27 (1): 3-26.
- SHACKLEY, M. L. (1975). *Archaeological sediments: a survey of analytical methods*. Butterworth. London. 159 p.
- STOKES, G. G. (1851). On the Effect of the Internal Friction of Fluids on the Motion of Pendulums. *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* (9): 8-106.

Tabla 2. Resultados de análisis por tubo de sedimentación

Localidad										
Colecto		Fecha		Recibida por:			Fecha:			
ANÁLISIS CON TUBO DE SEDIMENTACION										
DIAMETRO EN: Ø mm		TIEMPO Y TEMPERATURA SEDIMENTACION (Min y Seg)					Unidades de Altura y Acum.	% Unidades de Altura	% X Peso 1 mmm	% Total Acumulativo
		26°	24°	22°	20°	18°				
0.0	1.0	13	13	13	13	13				
0.5	0.71	15	15	15	15	15				
1.0	0.50	18	18	18	19	19				
1.50	0.35	24	24	25	26	26				
1.75	0.30	29	29	30	31	31				
2.00	0.25	36	37	38	39	39				
2.125	0.23	40	41	42	43	43				
2.250	0.21	44	46	47	48	49				
2.375	0.19	51	53	54	56	57				
2.500	0.177	55	57	59	1.01	1.03				
2.625	0.16	1.02	1.05	1.09	1.12	1.14				
2.750	0.149	1.12	1.14	1.16	1.19	1.22				
2.875	0.140	1.20	1.23	1.25	1.27	1.32				
3.00	0.1250	1.32	1.35	1.38	1.43	1.48				
3.25	0.1050	1.58	2.01	2.04	2.10	2.17				
3.50	0.088	2.30	2.34	2.38	2.45	2.54				
3.75	0.0740	3.12	3.15	3.20	3.25	3.41				
4.00	0.0625	4.02	4.07	4.13	4.23	4.38				

Lecturas recomendadas

GIRÓ S. y MALDONADO, A. (1985). Análisis granulométrico por métodos automáticos: tubo de sedimentación y sedigraph. Acta geológica hispánica, t.20, 1. Pag.95-102.

SVITSKI, JAMES, P. M. (1991). *Principles methods and application of particle size analysis*. Cambridge University Press, 361p.

III. COMPOSICIÓN DE LOS SEDIMENTOS

Práctica 6. Determinación de Materia Orgánica por Ignición

Introducción

La materia orgánica (MO) se puede definir como el material originado por organismos vivos, con compuestos químicos basados en cadenas de carbono e hidrógeno, con o sin oxígeno, nitrógeno u otros elementos (Kennish, 1986). Se encuentra en los suelos formando parte de tres tipos de compuestos: a) formas muy condensadas de composiciones próximas al carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón de hulla); b) residuos de plantas, animales y microorganismos, alterados y resistentes, denominados humus) y c) residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos (Jackson, 1976).

La MO se encuentra presente (al menos en pequeñas cantidades) en todos los sedimentos, considerándose más abundante en sedimentos de textura arcillosa debido a la capacidad de adsorción que tienen las arcillas. En los ecosistemas acuáticos, su contenido depende del aporte de MO autóctona y de la productividad del ambiente, la MO que persiste a la degradación se incorpora a los sedimentos, en donde más o menos puede ser preservada o sujeta a posterior degradación biológica. La MO es responsable de muchas reacciones clave que contribuyen a la dinámica de los medios sedimentarios, por lo que evaluarla resulta fundamental.

Existen diferentes técnicas analíticas para su evaluación, la determinación de materia orgánica por ignición comprende la medición de la pérdida de peso de la muestra después de realizar una combustión seca del material orgánico; el procedimiento analítico varía ampliamente con respecto a la temperatura y tiempo de combustión. Dean (1974) encontró que las pérdidas por ignición llevadas a 550°C proveen una medida del contenido del material orgánico con una precisión comparable a otros métodos como el analizador de carbono, el cual mide el carbono total como CO₂ por cromatografía de gases (Páez-Osuna *et al.*, 1984).

Objetivo general

- Determinar el porcentaje total de materia orgánica a través de la técnica de pérdida de peso por ignición propuesta por Dean (1974).

Objetivos particulares

- Relacionar el contenido de materia orgánica con la textura del sedimento.
- Analizar el estado que guarda el ambiente sedimentario según el contenido de materia orgánica presente.

Material y equipo

Material por grupo

- 1 Estufa de calentamiento
- 1 Muffla de 100° C a 1100° C
- 1 Balanza analítica con 0.0001g de precisión

Material por equipo

- 1 Desecador (con sílica gel deshidratada)
- 1 Mortero de porcelana
- 2 crisoles de porcelana de 4 cm de diámetro por cada muestra
- 1 Pinza larga

Metodología

1. Homogeneice la muestra.
2. Seque la muestra en la estufa a temperatura máxima de 60° C por una hora.

3. Pulverice la muestra seca en mortero de porcelana hasta obtener de 6 a 10 g.
4. Ponga a peso constante los crisoles de porcelana, calentándolos durante una hora a 100° C. Déjelos enfriar en el desecador y péselos con aproximación de 0.0001 g.
5. Repita el paso 4.
6. Si la diferencia de peso entre los pasos 4 y 5 es inferior a 0.0009 g se considera que el crisol alcanzó su peso constante.
7. Agregue 2 g de sedimento pulverizado al crisol número 1 (C₁) con su réplica y péselos.
8. Incinérelos a 550° C durante una hora.
9. Después de enfriados a temperatura ambiente, pese nuevamente los crisoles (C₂).

Resultados

1. Obtenga la diferencia en gramos ((x) g) restando el peso del crisol 2 después de incinerado (C₂) al peso del crisol 1 (C₁):

$$C_1 - C_2 = (x) \text{ g}$$

2. Obtenga el porcentaje en peso de materia orgánica total (P. MO_t) con base en el siguiente cálculo:

$$P. MO_t = \frac{(x) \text{ g} (100)}{2\text{g}}$$

3. Compare los resultados con los de sus compañeros y discuta la importancia de la materia orgánica en los ambientes de depósito.

Cuestionario

1. Mencione al menos tres fuentes de aporte de materia orgánica a los ecosistemas acuáticos.
2. ¿Qué significado tiene la presencia de sedimentos lodosos con alto contenido de materia orgánica en un ambiente lagunar?
3. ¿Cuál sería la comparación de contenido de materia orgánica entre ambientes acuáticos oligotróficos y eutróficos?

Bibliografía

- DEAN, W. E. (1974). Determination of Carbonate and Organic Matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology* (44): 242-248.
- JACKSON, M. (1976). *Análisis químico de suelos*. Omega. Barcelona. 662 p.
- KENNISH, M. J. (1986). *Ecology of estuaries*. CRC Press. USA. 254 p.
- PÁEZ OSUNA, F., M. L. FONG-LEE Y H. FERNÁNDEZ. (1984). Comparación de tres técnicas para analizar materia orgánica en sedimentos: nota científica. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* (11): 233-239.

Lecturas recomendadas

- CALVA BENÍTEZ L. G., A. PÉREZ ROJAS Y A. Z. MÁRQUEZ GARCÍA. (2006). Contenido de carbono orgánico y características texturales de los sedimentos del sistema costero lagunar Chantuto-Panzacola, Chiapas. *Hidrobiológica*. Vol. 16 (2): 127-136.
- PÉREZ ROJAS A., R., TORRES-OROZCO B., E. MORALES GUTIÉRREZ Y E. PÉREZ MÉNDEZ. (2000). Textura, composición y contenido de materia orgánica de los sedimentos recientes de un lago tropical de México. *Hidrobiológica*. Vol. 10 (1): 41-50.

Práctica 7. Composición de los sedimentos terrígenos

Introducción

Los sedimentos pueden ser clasificados desde varios puntos de vista: descriptivo (color, textura, edad); contenido orgánico (remanentes de organismos carbonatados, silíceos, fosfatados); genético (químicos, orgánicos, residuales, terrígenos, piroclásticos). Las cinco clases genéticas pueden ser separadas, a su vez, en dos tipos: 1) sedimentos alóctonos (aquellos que han sido transportados al ambiente en el cual son depositados) y 2) sedimentos autóctonos (formados dentro del ambiente en que son depositados) (Selley, 1976). Los sedimentos alóctonos constituyen las clases terrígena y piroclástica.

Los sedimentos terrígenos o clásticos son aquellos que han sido originados por la destrucción de rocas o depósitos preexistentes, principalmente por erosión, aunque también pueden ser originados por meteorización y/o por desplazamiento de masas (Malpica-Cruz et al., 1993). Están compuestos principalmente por minerales silicatados del tamaño de la arena y limo grueso (cuarzo, feldespatos, micas, magnetita, minerales pesados, fragmentos de roca).

Cuarzo (SiO_2): es el mineral más abundante en los sedimentos arenosos (50-60%), relativamente fácil de identificar, tanto en muestras de mano, como en láminas delgadas (petrografía); sin embargo, puede llegar a confundirse con el feldespato. Debido a su dureza y estabilidad química, el cuarzo puede resistir varios procesos de reciclamiento. El cuarzo se deriva principalmente de rocas plutónicas félsicas como el granito, rocas metamórficas (cuarzitas) y areniscas antiguas (arcosas).

Algunas veces, las arenas terrígenas ricas en cuarzo son denominadas silicoclásticas, para diferenciarlas de las bioclásticas y de los materiales detríticos piroclásticos.

Feldespatos: Constituyen del 10-20% de los sedimentos arenosos, se derivan de rocas ígneas cristalinas y metamórficas. Con base en su composición química y propiedades ópticas, se reconocen diferentes variedades de feldespatos: feldespatos alcalinos y feldespatos plagioclasas.

Feldespatos alcalinos: su composición química puede variar desde feldespatos potásicos KAlSi_3O_8 , mediante (K, Na) AlSi_3O_8 a feldespatos sódicos $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (ortoclasa, microclina, albita).

Feldespatos plagioclasas: forman una mezcla isomorfa completa de minerales silicatados que varían en composición, desde $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (albita) hasta $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (anortita).

Los feldespatos son menos estables que el cuarzo y más susceptibles a la destrucción química durante la meteorización y diagénesis. Debido a que son menos resistentes a la abrasión que el cuarzo, los feldespatos se redondean con mayor rapidez durante el transporte. En climas moderados, áridos y fríos pueden resistir procesos de reciclamiento.

Minerales arcillosos (minerales secundarios): se originan comúnmente por la meteorización subaérea y la hidrólisis de los feldespatos y otros minerales silicatados, aunque también se pueden formar en medios de sedimentación marina (glauconita). Debido a su estructura cristalina en capas, similar a la de las micas, pertenecen a la familia de los filosilicatos. Su forma laminar y diminuto tamaño les permite almacenar agua que, junto con la materia orgánica y algunos minerales oxidados, forman agregados lodosos difíciles de romper, así como permanecer en suspensión en los fluidos y sólo depositarse cuando el flujo cesa. Los grupos de minerales de arcilla más comunes son illita, esmectitas (montmorillonitas), caolín y clorita.

Minerales accesorios: son aquellos cuya abundancia es del 1-2% en los sedimentos arenosos, incluyen a las micas moscovita (mica blanca) y biotita (mica oscura) y un gran número de minerales pesados como el zircón y el rutilo (densidad mayor a 2.9). Las micas se distinguen de otros minerales por su crucero basal o forma hojosa, pueden proceder de fuentes de rocas metamórficas y plutónicas. Magnetitas y algunos piroxenos y anfíboles pueden estar presentes.

Fragmentos de roca: pedazos de antiguas rocas que aún no se desintegran en sus componentes individuales. Constituyen del 15-20% de los sedimentos arenosos, su procedencia puede ser de cualquier clase de roca, ígnea, sedimentaria o metamórfica (Boggs, 2006).

En esta práctica se pondrá atención en la composición de los sedimentos terrígenos (derivados de la Tierra), por ser los más abundantes en la superficie de la corteza terrestre y por su significado relacionado con su origen o procedencia.

Objetivo general:

- Reconocer los principales minerales que componen a los sedimentos terrígenos.

Objetivos particulares:

- Asignar la clasificación correspondiente a la composición de los sedimentos arenosos.
- Determinar las fuentes rocosas de procedencia de los sedimentos terrígenos.

Material y equipo

Material por equipo

- 1 Microscopio estereoscópico
- 1 Lámpara de luz ultravioleta
- 2 Lupas de aumento de 10x y 20x
- 1 Caja de Petri
- 1 Aguja de disección
- 1 Gotero con ácido clorhídrico (al 10%)

Material que será proporcionado por el alumno

- 1 Imán
- 1 Navaja de acero

Metodología

1. Cuartee la muestra de sedimento terrígeno arenoso.
2. Distribuya un poco de muestra arenosa sobre la caja de Petri y obsérvela bajo el microscopio (de ser necesario apóyese de la lupa de mano, lámpara e imán).

Resultados

1. Estime el porcentaje promedio de cada uno de los componentes minerales con ayuda de la Fig. 1 y llene la tabla anexa.

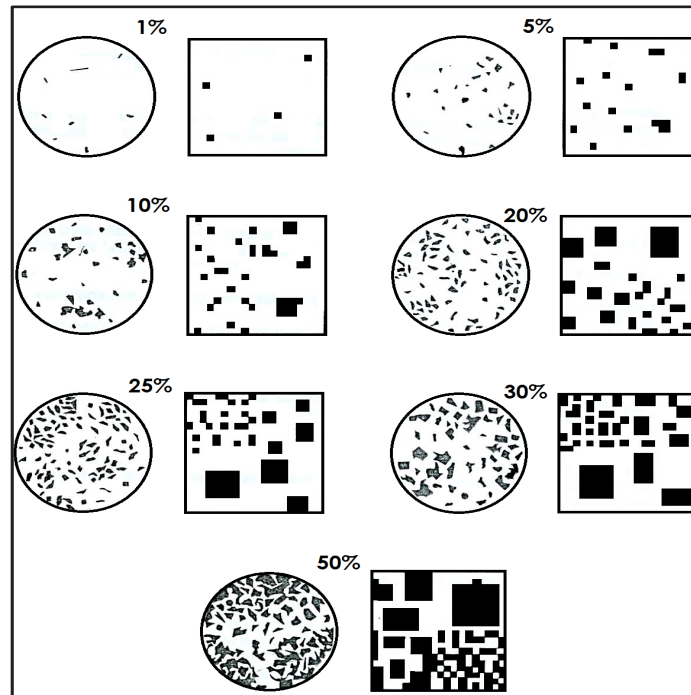
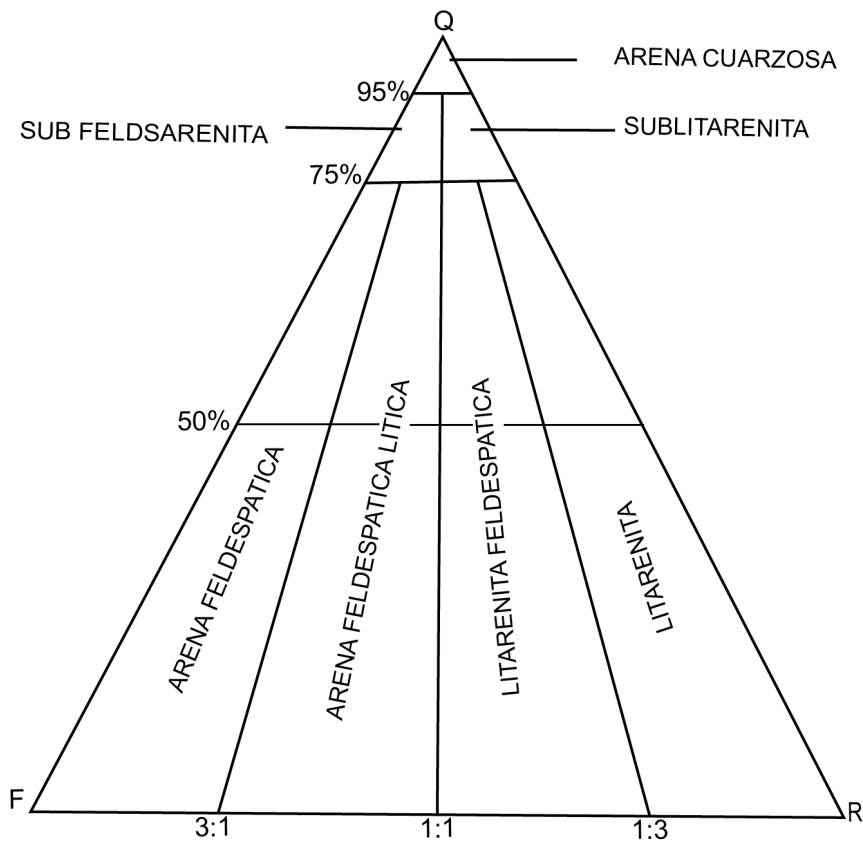


Fig. 1. Carta de comparación de estimación porcentual (Folk *et al.*, 1970).

Minerales	%Cuarzo (Q)	% Feldespatos (F)	Fragmentos de roca (Fr)	% Accesorios (Acc)
1ª Observación				
2ª Observación				
3ª Observación				
% promedio				

2. Asigne la nomenclatura de la muestra de acuerdo al diagrama triangular para la clasificación de arenas (Folk et al., 1970).



Cuestionario

1. Determine la(s) posible(s) fuente(s) de procedencia de los sedimentos analizados e interprete su historia tectónica.
2. ¿Por qué el cuarzo es más abundante en los depósitos arenosos, siendo que los feldespatos son los minerales más comunes formadores de rocas?
3. ¿Cuál puede ser la fuente de procedencia y el modo de transporte de una "felsarenita"?

Bibliografía

- BOGGS, S. (2006). Principles of sedimentology and stratigraphy. Pearson Prentice Hall.
- CARRANZA-EDWARDS, A., E. CENTENO-GARCÍA, L. ROSALES-HOZ y R. LOZANO-SANTACRUZ. (2001). Provenance of beach gray sands from western Mexico. *Journal of South American Earth Sciences* 14:291-305.
- FOLK, R. L., P. B. ANDREWS y D. W. LEWIS. (1970). Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand: *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* (13): 937-968.
- MALPICA-CRUZ, V. M., J. BARCELÓ-DUARTE, J. P. BARRADAS-JIMÉNEZ, J. C. MOYA-SÁNCHEZ y F. MONROY-SANTIAGO. (1993). Cuaderno de prácticas: Laboratorio de sedimentología. Facultad de Ingeniería, UNAM 62 p.
- NICHO, G. (2009). *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley- Blackwell.UK. 419p.

SELLEY, R.C., (1976). An Introduction to Sedimentology. Academic Press. New York, USA. 408 p.

TURCKER, M. E. (2001). Sedimentary Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell Science. U. K. 262 p

Lecturas recomendadas

RUSSELL R. J. (1966). Glossary of terms used in fluvial, deltaic and coastal morphology and processes. Coastal Studies Institute Louisiana State University. Louisiana, 97p.

ROTHWELL, R.C. (1989). Mineral and Mineraloids in Marine Sediments, Elsevier Science Publisher, Nueva York, USA, 279 p.

Práctica 8. Composición de los Sedimentos Carbonatados y Biogénicos

Introducción

Los carbonatos originados por precipitación de minerales disueltos en agua por procesos químicos/bioquímicos son los más abundantes minerales formadores de los sedimentos carbonatados. Los sedimentos carbonatados recientes están compuestos principalmente de aragonita y calcita (CaCO_3). La dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) se encuentra presente en unos cuantos ambientes recientes, por ejemplo, ambientes de supramarea y lagos de agua dulce, pero mucho menos abundante que la aragonita y la calcita. Otros minerales carbonatados importantes son la magnesita (MgCO_3) y la siderita (FeCO_3).

La mineralogía y química de los sedimentos carbonatados puede estar fuertemente influenciada por la composición de los organismos fósiles calcáreos presentes en los sedimentos (Scholle, 1978; Jones y Desrochers, 1992), por ejemplo, la de muchos moluscos tales como pelecípodos, gasterópodos, pterópodos, quitones y cefalópodos, así como algas verdes calcáreas, estromatoporoides, corales escleractínidos y anélidos constructores de esqueletos de aragonita. Equinoides, crinoides, foraminíferos bentónicos, y algas rojas coralinas están compuestos principalmente de calcita rica en magnesio. Algunos organismos secretores de carbonato, por ejemplo, foraminíferos planctónicos, cocolotifóridos y braquiópodos, tienen conchas y testas de calcita baja en magnesio (Boggs, 2006).

De acuerdo a Leighton y Pendexter (1962), los principales tipos sedimentos carbonatados se encuentran en forma de:

I. Granos	(a) Granos detríticos	<ul style="list-style-type: none"> { Litoclastos (frag. de roca, extraclastos) { Intraclastos
	(b) Granos esqueléticos	
	(c) Peloides (Incluye pellets fecales)	
	(d) Grumos o terrones	<ul style="list-style-type: none"> { Granos botroidales compuestos { Terrones de algas
	(e) Granos revestidos	
II. Matriz	<ul style="list-style-type: none"> { Micrita { Arcilla 	Lodo carbonatado (0.03 – 0.04 mm diámetro)
III. Cemento	- Espatita	Material cristalino formado dentro del arreglo sedimentario durante la diagénesis.
IV. Poros		

Objetivo general

- Reconocer los principales minerales y componentes biogénicos de los sedimentos carbonatados.

Objetivos particulares

- Diferenciar los principales grupos biogénicos que componen a los sedimentos carbonatados.
- Asignar la clasificación correspondiente a la composición de los sedimentos carbonatados.
- Determinar las fuentes de procedencia de los sedimentos carbonatados.

Material y equipo

Material por equipo

- 1 Microscopio estereoscópico
- 1 Lámpara de luz ultravioleta
- 2 Lupas de aumento de 10x y 20x
- 1 Caja de Petri
- 1 Aguja de disección

1 Gotero con ácido clorhídrico al 10% (HCl)

Metodología

1. Cuartee la muestra de sedimento proporcionada.
2. Distribuya un poco de muestra sobre la caja de Petri y obsérvela bajo el microscopio (de ser necesario apóyese de la lupa de mano y de HCl).
3. Separe e identifique los principales componentes con ayuda de la siguiente lista:

Componentes biogénicos en los sedimentos:

- a) Bivalvos
- b) Dientes de peces
- c) Ostrácodos
- d) Diatomeas
- e) Foraminíferos
- f) Gasterópodos
- g) Restos de plantas
- h) Espículas de equinodermos
- i) Cocolitos
- j) Fragmentos de conchas o moluscos
- k) Corales
- l) Espículas de esponjas
- m) Materia orgánica
- n) Pterópodos
- o) Bryozoarios
- p) Algas
- q) Radiolarios
- r) Esporas
- s) Remanentes de peces

Componentes inorgánicos:

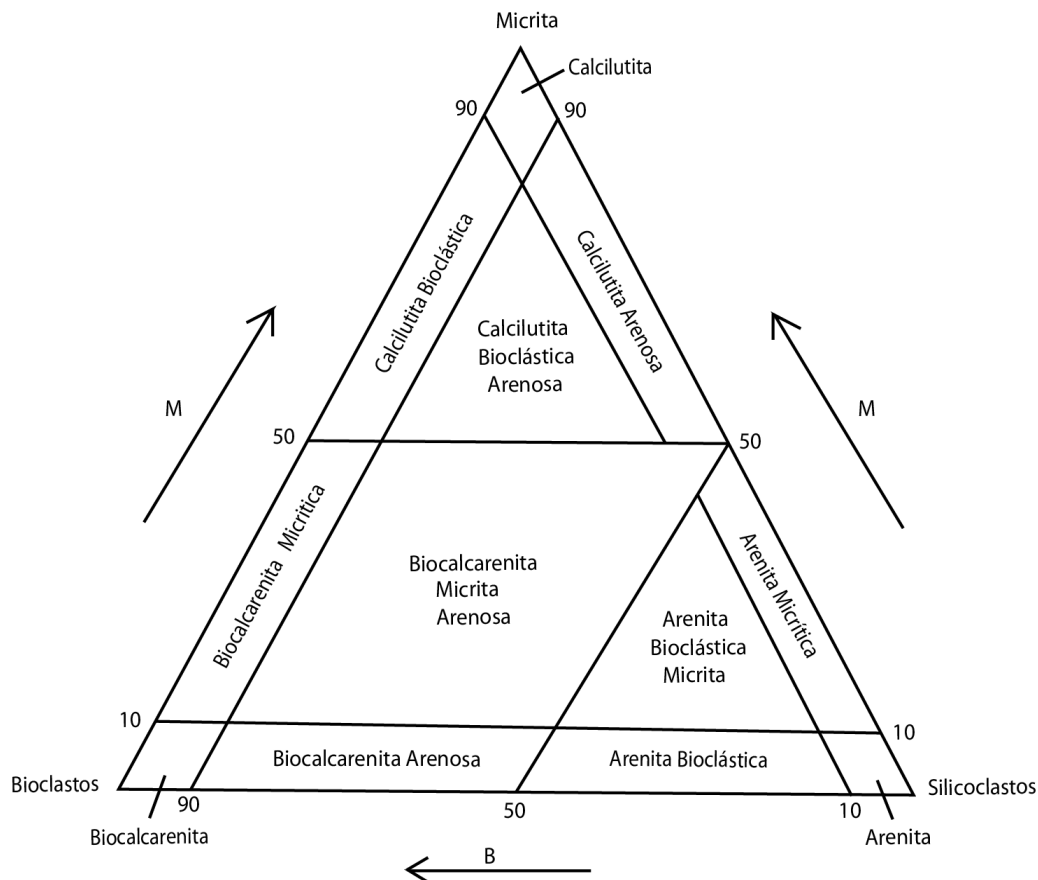
- a) Precipitados químicos
- b) Lodo calcáreo (micrita)

Resultados

1. Cuantifique cada componente y obtenga su porcentaje; utilice el cuadro siguiente:

Muestra #	Lodo %micrita % terrígenos	% Bioclastos	Silicoclastos

2. Clasifique las muestras con base en su composición y abundancia en el diagrama ternario de Lewis (1984):



3. Realice una descripción del ambiente de depósito.

Questionario

1. ¿En qué clase de ambientes de depósito son más abundantes los sedimentos carbonatados biogénicos?
2. ¿En qué tipo de ambientes son más comunes los sedimentos de precipitación química?
3. ¿Qué tipo de sedimentos carbonatados se pueden encontrar en un ambiente de arrecife?
4. ¿Qué significado geológico tiene un sedimento rico en globigerinas?

Bibliografía

BOGGS, S. (2006). Principles of sedimentology and stratigraphy. Pearson Prentice Hall.

JONES, B. AND A. DESROCHERS. (1992). Shallow platform carbonates. En Facies models: Response to sea level change. Walker, R. G. y N. P. James (eds). Geological Association of Canada. p. 277-301.

LEIGHTON, M. W. Y G. PENDXTER. (1962). Carbonate rock types. En Clasification of carbonate rocks. W. E. Ham (Ed.). American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, 33-61.

LEWIS, D. W. (1984). Practical sedimentology. Van Nostrand Reinhold. USA. 229 p.

SCHOLLE, P. A. (1978). A color illustrated guide to carbonate rock constituents, textures, cements and porosities. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 27, 241 p.

Lecturas recomendadas

ADAMS, A. E., MACKENZIE, W. S. (1999): A Colour Atlas of Carbonate Sediments and Rocks under the Microscope. - 180 pages, 330 colour photos, ISBN 3-510-65193-6. Manson Publ.

ARCHER, D. (E), (1996). An Atlas of the distribution of calcium carbonate in sediments of the deep sea, Global Biogeochem. Cycles, 10, 159-174.

BALSAM, W. L. Y BEESON, J. P. (2003). Sea-floor sediment distribution in the Gulf of Mexico: Deep-Sea Research. 50, 1421-1444.

TUCKER, M. E., (2001). Sedimentary Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks. Blackwell Science. V. K. 262.

IV. SEDIMENTOLOGIA APLICADA

Práctica 9. Sedimentos asociados a la anidación de tortugas

Introducción

El ambiente litoral de playa es el hábitat más importante en el ciclo reproductor de las tortugas marinas, ya que en él ocurre la incubación de los huevos y eclosión de las crías. Por lo tanto, estudiar la relación existente entre las variaciones del sedimento de playa y las anidaciones es primordial para la conservación de las tortugas marinas (Montaño *et al.*, 1988).

Las playas son los ambientes de depósito de mayor dinámica en el planeta, que modifican constantemente su morfología adaptándola a las condiciones hidrodinámicas y de energía con que se ven afectadas (Suárez, 1991). No obstante, dichas modificaciones no sólo tienen lugar en la morfología de las playas, sino también en la textura y composición mineralógica de los sedimentos.

Las características de la arena (temperatura, humedad, composición y tamaño de grano) son sumamente importantes toda vez que, el tamaño de grano puede afectar la temperatura y la humedad a la profundidad del nido, pues la conductividad térmica aumenta con el tamaño de partícula (Schaetzl y Anderson 2005).

Una variable importante es la compactabilidad en la arena que disminuye conforme aumenta el tamaño de grano. Es decir, las arenas gruesas al ser más porosas permiten la aireación y pierden fácilmente la humedad dificultando la compactación de las mismas. Es por esto que, al momento de que la hembra anida el nido, puede derrumbarse con facilidad. Por lo tanto, nidos ovipositados en arenas gruesas tendrán menor profundidad que los registrados en arenas medias o finas donde el proceso de excavación es más fácil para las hembras (Glen & Mrosovsky, 2004). Esto ha llevado a sugerir que la selección del sitio de anidación puede ser un proceso complicado y ha provocado especulación sobre las posibles variables microclimáticas que inician los procesos de excavación (Dodd, 1988).

Consecuentemente, el considerar y valorar la importancia que tiene el sedimento para la incubación de los huevos, es un paso clave para la conservación de las diferentes especies de tortugas marinas, ya que de no existir una buena incubación, la producción de neonatos será baja y se terminaran extinguiendo, por lo que esta etapa es clave para la subsistencia de las especies marinas del planeta.

Objetivo general

- Caracterizar y determinar el tipo de sedimento más idóneo para la anidación de la tortuga marina.

Objetivos particulares

- Relacionar la textura de los sedimentos asociados a nidos de tortugas.
- Interpretar y analizar datos proporcionados de temperatura y humedad de sedimentos asociados a nidos de tortugas.
- Interpretar y analizar los datos de composición asociados a nidos de tortugas.

Material y equipo

Equipo de cómputo
Programa "Excell"

Metología

A partir de la siguiente tabla de resultados asociados a 27 nidos de tortugas con datos de textura, humedad, temperatura, composición de sedimentos, y porcentaje de éxito de eclosión de huevos de tortuga, realice lo siguiente:

Resultados

1. Analice los resultados y grafique la relación de los parámetros de sedimentos con el éxito de eclosión.

Nido	Textura de sedimento	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Composición	Eclosión (%)
1	Arena muy gruesa	8.23	28	Biocalcarenita	51
2	Arena media	7.53	27	Feldsarenita	68.6
3	Arena media	2.90	29	Feldsarenita	64
4	Arena gruesa	7.91	27	Biocalcarenita	70
5	Arena gruesa	8.38	28	Biocalcarenita	78.6
6	Arena muy gruesa	8.14	30	Biocalcarenita	68
7	Arena media	7.65	29	Feldsarenita	78.77
8	Arena media	6.49	28	Feldsarenita	64
9	Arena gruesa	1.75	29	Feldsarenita	36.4
10	Arena muy gruesa	6.03	27	Biocalcarenita	65.56
11	Arena muy gruesa	2.62	22.629	Biocalcarenita	63.04
12	Arena muy gruesa	11.54	30	Feldsarenita	67.09
13	Arena media	5.40	29	Biocalcarenita	62
14	Arena muy gruesa	9.68	30	Feldsarenita	66.6
15	Arena media	7.92	29	Biocalcarenita	91.4
16	Arena media	6.89	28	Feldsarenita	76
17	Arena muy gruesa	9.90	29	Biocalcarenita	56.4
18	Arena media	22.15	28	Feldsarenita	74.73
19	Arena media	4.12	28	Feldsarenita	77.37
20	Arena gruesa	15.58	30	Biocalcarenita	65.4
21	Arena media	8.70	29	Feldsarenita	63.5
22	Arena fina	9.66	27	Feldsarenita	54.94
23	Arena fina	7.95	27	Biocalcarenita	68.31
24	Arena gruesa	9.24	30	Biocalcarenita	67.7
25	Arena muy gruesa	8.22	30	Feldsarenita	68.3
26	Arena media	10.28	29	Feldsarenita	72.6
27	Arena gruesa	7.21	30	Biocalcarenita	76.2

- Interprete las gráficas y determine la relación de los parámetros analizados con las preferencias de las tortugas marinas.

Cuestionario

- ¿Por qué las tortugas marinas no utilizan lodos o gravas para la construcción de sus nidos?
- ¿Existe relación de la composición del sedimento con la selección del nido? ¿Por qué?
- ¿Cómo puede afectar el cambio climático al sedimento asociado a los nidos de tortuga?

Bibliografía

- CHÁVEZ, T. G. (2013). Influencia de las variables climáticas sobre la nidificación, éxito de eclosión y proporción de sexos de neonatos de *Chelonia mydas* en isla Cozumel, Quintana Roo México. Tesis Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología Biología Marina. México. D. F. 133p.
- GARCÍA-VICARIO, A. (2008). Impacto de la erosión costera de las playas del litoral de Campeche, México y su efecto sobre la anidación de las tortugas marinas, Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 90p.
- HAYS, G. C., ASHWORTH, J. S., BARNSLEY, M. J., BRODERICK, A. C., EMERY, D. R., GODLEY, B. J., HENWOOD, A., & JONE, E. L. (2001). The importance of sand albedo for the thermal conditions on sea turtle nesting beaches. *Oikos*. 93:87-94p.
- MARQUEZ, A. Z., R. CAMPOS Y B. S. CASTRO. (2010). Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyuca de Benítez, Guerrero. *Hidrobiológica*. 20(2):101-112.
- MAXWELL J. A., MOTARA, M.A., Y FRANK, G. H. (1988). A micro-environmental study of the effect of temperature on the sex ratios of the loggerhead turtle, *Caretta caretta*, from Tongaland, Natal. South Africa. *S. Afr. Jour. Zool.* 32(4):342-350.
- MORTIMER, J. A. (1995). Factors influencing beach selection by nesting sea turtles. In: *Biology and conservation of sea turtles* (Bjorndal, K.A., ed.), Smithsonian Inst. Press. p. 45-52.
- REES, A. F., & D. MARGARITOU. (2004). Beach temperatures, incubation durations and estimated hatchling sex ratio for loggerhead sea turtle nests in southern Kyparissia Bay, Greece. *Testudo*. p. 6, 23-36.

Lecturas recomendadas

- DODD, C.K. (1988). Synopsis of the biological data on the loggerhead sea turtle. *Biological Report* 88 : (14).
- GLEN, F., & MIROSOVSKY, N. (2004). Antigua revisited: the impact of climate change on sand and nest temperatures at a hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nesting beach. *Global Change Biology* 10:2036-2045.
- MONTAÑO, Y., GUTIÉRREZ, M & RAMÍREZ, J. (1988). Análisis de funciones empíricas de eigen en perfiles de playa de Mazatlán, Sinaloa, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*.15 (2):121-128.
- SCHAETZL, R. J. & S. ANDERSON. (2005). *Genesis and Geomorphology*, Cambridge University Press Cambridge, UK 832 p.
- SUÁREZ, C. (1991). Modificaciones naturales y artificiales en las lagunas de Unare y Píritu y sus efectos ambientales. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas. Departamento de Ciencias de La Tierra. Caracas.

Práctica 10. Análisis de contaminantes en sedimentos (metales pesados)

Introducción

En la actualidad gran parte de los cuerpos de agua, desde los océanos, bahías, ríos, estuarios y lagunas costeras del país, encaran serios problemas de contaminación, los cuales pueden producir daños considerables a los organismos que los habitan (Botello-Páez-Osuna, 1986).

Los minerales de los sedimentos contienen en su estructura pequeñas cantidades de elementos metálicos que son liberados al medio ambiente por medio de la meteorización y la erosión, y sus formas químicas son dependientes de las propiedades físico-químicas del ambiente que les rodea. Estas pequeñas cantidades de elementos participan en el balance biogeoquímico de los elementos. Además, los metales de origen industrial que se encuentran en forma disuelta o coloidal llegan a depositarse en los sedimentos siendo los materiales más finos y con mayor cantidad de materia orgánica los que mayor potencial tienen para acumular contaminantes.

Las arcillas, constituidas por partículas menores a 0.004 mm de diámetro, tienen propiedades quimioeléctricas que les permite adsorber sobre su superficie iones metálicos, debido a los efectos químicos que ocasionan los factores ambientales en los sistemas acuáticos, tales como la salinidad; el pH; el potencial redox; la temperatura; el oxígeno disuelto, quedando los elementos metálicos atrapados en los sedimentos y por lo tanto a disposición de los organismos (Förstner y Wittman, 1979).

Debido a la habilidad que tienen los metales pesados para formar moléculas complejas con la materia orgánica, tienden a fijarse en los tejidos de los animales expuestos. Este fenómeno es tal vez uno de los problemas más graves que los metales pesados presentan como contaminantes del medio acuático (Mandelli, 1979).

Objetivo general

- Determinar el potencial que presentan los sedimentos de los diferentes ambientes sedimentarios, para acumular contaminantes como metales pesados.

Objetivo particular

- Analizar e interpretar los parámetros físico-químicos de tres ambientes sedimentarios y contenido de metales pesados.

Material y métodos

Equipo de cómputo
Programa "Excel"

Metodología

Con el tamaño promedio y contaminantes presentes en tres ambientes sedimentarios de la tabla siguiente, realice:

Muestra	Ambiente sedimentario	Mz (phi)	MO %	N mg/g	P mg/g	Fe mg/g	Mn mg/g	Zn mg/g	Ni mg/g	Cu mg/g
1	Río	grava	4.6	0.6	0.8	24.8	0.8	41	23	18
2	Playa	arena	10.7	3.4	2.8	53.5	3.5	111	40	31
3	Lago	limo	24.3	10-7	1.6	41.3	2.5	189	57	59

Resultados

1. Realice las gráficas y análisis de los diferentes parámetros con relación al tipo de sedimento.
2. Determine qué ambiente sedimentario tiene el mayor potencial de contaminación.

Cuestionario

1. ¿Qué clase de sedimento (terrígeno o carbonatado) tiene el mayor potencial para retener contaminantes? ¿Por qué?
2. ¿Qué sucede con los metales pesados en ambientes sedimentarios oxidantes o reductores?
3. ¿Cuáles son las actividades que realizan las bacterias dentro de un ambiente acuático en relación con los contaminantes?

Bibliografía

- BRADL, H. B. (2005). Heavy Metals in the environment. Chapter 1: Sources and origins of heavy metals. Ed. H.B. Bradl.
- BRADL, H. B., KIM, C., KRAMAR, U., STÜBEN, D. (2005). Heavy Metals in the environment. Chapter 2: Interactions of heavy metals.
- GONZÁLES, H., LIERA, L. AND TORRES, I. (1985). Heavy metals distribution in surface sediments and core samples from Havana Bay, Cuba. In: Internatl. Conf. On heavy metals in the environment. T. D. Lekkas (ed.), Athens Vol.2, 424-426.
- KATZ, A. AND KAPLAN, I.R. (1981) Heavy metals behavior in coastal sediments of Southern California: a critical review and synthesis. Mar. Chem.10 (1): 18-38
- LINNIK, M. Y I. ZUBENKO. (2000). Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy metal compounds. Lakes & Reservoirs Research and Management 5:11-21.
- PÁEZ-OSUNA, F. Y OSUNA-LÓPEZ, J, T. (1990). Heavy metals distribution in geochemical fractions of surface sediments from the lower Gulf of California. Anal. Inst. Ciencias del Mar y Limnol. 17(2): 287-298.
- RODRIGUEZ C. (1994). Evaluación de metales en sedimentos, agua y biota de las lagunas Salada, El Llano y La Mancha, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM.

Lecturas recomendadas

- BOTELLO, A. V. Y PÁEZ-OSUNA. (1986). El problema crucial: la contaminación, En: Serie Medio Ambiente. Centro de Ecodesarrollo, Mex. Vol.1: 62-85.
- DOMÍNGUEZ-CASTEÑEDO, N., A. GRANADOS-BARBA, R. ROJAS-LÓPEZ, Y V. SOLÍS-WEISS. (2014). Metales pesados en sedimentos de la plataforma interna en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, In: Botello, A. V., Rendón von Osten, J. A. Benitez y G. Gold-Boucht (eds), 2014. Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV-Unidad Mérida.1174 p.
- FÖRSTNER V. AND WITTMAN G. T. (1979). Metal pollution in the aquatic environment.Springer-Verlang, N.Y.485 p.
- LOOMIS, T. A. (1982). Fundamentos de Toxicología. Editorial Acribia Zaragoza, España.
- Mandelli E. F. (1979).Contaminacion por metales pesados. Rev. Com. Perm. Pacifico Sur. 10: 209-228.

Sedimentología

Se terminó de imprimir en diciembre de 2017,
con un tiraje de 200 ejemplares, más sobrantes para reposición.



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Av. San Rafael Atlixco No.186, Col. Vicentina
C.P. 09340, Del. Iztapalapa, México D.F.
Tel.: (01) 58044600