

El análisis del tamaño de las partículas de un área geológica puede revelar información crítica sobre la formación, la historia y el clima de la región. La caracterización de partículas es una herramienta importante para estudiar los cambios en la geología y el clima a lo largo del tiempo, el modo de formación y los efectos ambientales actuales relacionados con el transporte de contaminación, la erosión y el transporte de sedimentos.

Resumen

856 / 5,000

Los sedimentos son materiales geológicos que se forman en un lugar, se trasladan a otro y se depositan. El estudio de los sedimentos oceánicos y lacustres proporciona una gran cantidad de información sobre la historia geológica de un área en particular. La caracterización de los sedimentos implica una serie de parámetros que incluyen el tamaño, la composición, la forma, la disposición espacial de los granos y el modo de formación (el origen del material).

Los geólogos suelen utilizar la escala de Wentworth (una escala geométrica basada en 1 mm, que disminuye su diámetro en $\frac{1}{2}$). La escala Phi es una modificación de uso común que permite el uso de números enteros simples

para los límites de clase mediante la aplicación de la transformación logarítmica:
 $\phi = -\log_2 d$, donde d es el diámetro de la partícula en milímetros.

La escala de tamaño geométrico ofrece una relación simple con las propiedades físicas del transporte, específicamente la velocidad actual.

Correlación del tamaño de las partículas con el medio ambiente

Los principales factores que controlan la sedimentación son el tamaño de las partículas y las condiciones energéticas del lugar de deposición. Generalmente, el tamaño de partícula de un depósito es proporcional al nivel de energía presente en el momento de la deposición. Así, las playas de alta energía están compuestas de arena gruesa y, por el contrario, las lagunas tranquilas están compuestas de barro fino.

El tamaño del grano y la velocidad actual determinan si una partícula será erosionada, transportada o depositada. El diagrama de Hjulstrom (Figura 1) representa una relación bien conocida entre el tamaño del grano y la velocidad de la corriente.

Estos principios básicos nos permiten medir el tamaño y la densidad del grano de un depósito antiguo e inferir la

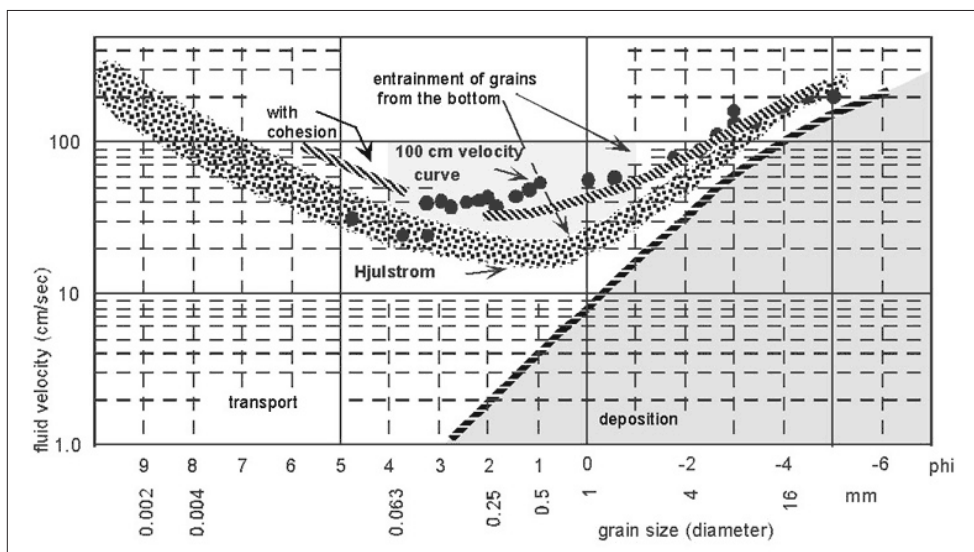


Figura 1. Diagrama de Hjulstrom

energía de el evento de formación para esa área geológica. Por ejemplo, los depósitos en el oeste de Texas y el centro de México tienen su origen en un tsunami de 65 millones de años.

Sedimentos del océano

El estudio de los sedimentos del fondo del océano nos permite conocer información específica sobre la formación de estas áreas. Las plataformas continentales son poco profundas y están cercanas al suministro de sedimentos continentales. Las plataformas marinas profundas están lejos del suministro de sedimentos continentales y la energía de las olas es prácticamente nula.

La expectativa es que, debido a la mayor energía en las aguas poco profundas, el material más grande se moverá a poca profundidad, pero no hacia el océano, por lo que esperaríamos que el tamaño del grano disminuya en alta mar a través de las plataformas. De hecho, la realidad coincide con las expectativas en el sentido de que la mayoría de las plataformas continentales están cubiertas de arena gruesa.

Efectos de la historia geológica

El nivel del mar ha variado en el pasado con el ascenso y descenso de los glaciares continentales. Hasta una milla de hielo cubrió Canadá, Siberia y Escandinavia. El agua de este hielo procedía de los océanos, lo que hizo bajar el nivel del mar. Finalmente, cuando el nivel del mar volvió a subir, se depositó material grueso en las plataformas oceánicas. Este sedimento «reliquia», acumulado en una época anterior y en diferentes condiciones, comprende hasta el 70% de todo el sedimento de la plataforma.

Como estas plataformas estaban cerca del nivel del mar y expuestas a la energía de las olas, otros factores pueden influir. Las fuerzas de marea movilizan el sedimento una o dos veces al día. Las olas también pueden erosionar los sedimentos de la plataforma, permitiendo así el transporte a través de corrientes adicionales. Los ríos que fluyen a través de lo que ahora es una plataforma depositaron arena, grava o deltas, o erosionaron cañones de pendiente, aumentando la deposición en áreas oceánicas profundas.

Sedimentos del lago

Las variaciones del tamaño de los granos en los sedimentos lacustres reflejan cambios en los procesos y la energía del transporte de sedimentos. El tamaño de las partículas está estrechamente relacionado con la turbulencia, la energía de las olas y la proximidad a la costa; El aumento del tamaño de los granos generalmente corresponde a condiciones de mayor energía para la producción o el transporte de sedimentos.

Seguimiento del cambio climático

La variabilidad de los sedimentos en las muestras del núcleo del lago sugiere que la variación del tamaño de los granos en los sedimentos es un indicador eficaz del cambio ambiental en el área. La ausencia de edades precisas para los núcleos puede permitir sólo correlaciones provisionales de las fluctuaciones con los eventos climáticos.

Haciendo suposiciones sobre la tasa de acumulación de sedimentos, se pueden correlacionar diferentes niveles de sedimentos con un período de tiempo. Si esta suposición es válida, los aumentos en el tamaño o contenido de la arena pueden indicar un período de niveles más bajos del lago correspondiente a un período árido o cálido. Por el contrario, las disminuciones en el contenido de arena pueden reflejar períodos de climas húmedos y fríos.

La prevalencia de ostrácodos también se puede utilizar para inferir cambios en el nivel del lago. Los ostrácodos son pequeños crustáceos con cáscara que comúnmente se conservan en sedimentos. Debido a que muchas especies de ostrácodos tienen límites ecológicos estrechos controlados por la temperatura, la salinidad, el oxígeno, los alimentos y otros factores, pueden proporcionar una herramienta importante para la reconstrucción paleoceanográfica.

Formación de sedimentos

Los sedimentos se originan de una de cinco fuentes generales. Cada uno puede identificarse por características químicas y físicas específicas, incluido el tamaño de las partículas.

Los sedimentos territoriales se derivan de la tierra (terra). Las rocas se transforman en pequeñas partículas y son transportadas al océano. Esto se llama erosión. Gran parte se deposita en los deltas de los ríos.

Los sedimentos biogénicos son las conchas y restos esqueléticos de organismos vivos. Sólo se conservan las “partes duras”, normalmente CaCO_3 y sílice. Estos esqueletos dominan el sedimento en muchos lugares.

Los sedimentos autigénicos se forman en el lugar por depósitos hidrotermales en dorsales y respiraderos en medio del océano. El agua circula a través de la corteza, disolviendo minerales y llevando iones disueltos al fondo del océano. Esta agua se enfría y los minerales precipitan, dejando sedimentos ricos en minerales. Los más comunes son los nódulos de ferromanganeso que tienen un gran valor económico potencial (Mn, Co, Ni, Cu y otros metales traza). La mayoría de las erupciones volcánicas producen partículas vulcanógenas (cenizas), pero pueden transportarse a grandes distancias por el viento. Las grandes erupciones pueden afectar los sedimentos a escala global.

Cosmogénicas las partículas se producen a partir de meteoritos fragmentados y productos de sus impactos. Aunque representan una pequeña porción del total, son importantes rastreadores de “acontecimientos”.

Aplicaciones ambientales

El tamaño de las partículas de los sedimentos es un factor principal para determinar la eficacia con la que retienen los contaminantes. Los sedimentos más finos atraparán estos contaminantes durante un período de tiempo más largo. Las partículas más grandes tienen mayores espacios intersticiales, lo que permite que los contaminantes sean eliminados y continúen en la corriente de agua, lo que tiene un efecto continuo en el biosistema.

Un perfil de los sedimentos del fondo del océano o del lago es importante para estudiar las condiciones necesarias para suspender el material del fondo y medir el transporte de sedimentos suspendidos entre diferentes áreas. La modelización precisa del transporte y destino tanto de nutrientes como de contaminantes antropogénicos requiere conocimiento de la concentración y la distribución del tamaño de las partículas suspendidas. Los eventos de resuspensión tienen la capacidad de inyectar cantidades considerables de material particulado (junto con sus nutrientes y/o contaminantes asociados) al agua.

Además, los cambios en la distribución del tamaño pueden ser evidencia de bioorganismos que perturban el sedimento, provocando una degradación del tamaño del sedimento. Esto puede estar relacionado con la cantidad de nutrientes disponibles para los organismos.

Las crecientes cargas de sedimentos que ingresan a lagos y ríos debido a la deforestación y la erosión generalizadas están aumentando la necesidad de comprender los efectos de la composición de los sedimentos afluentes en un biosistema. Se han realizado experimentos para investigar los efectos de la exposición a sedimentos de diferentes tamaños de partículas sobre la supervivencia de la vida vegetal y animal en lagos y ríos.

Se descubrió que las tasas de supervivencia disminuían al disminuir el tamaño de las partículas de sedimento. Esto sugiere que la escorrentía de áreas que producen sedimentos de grano fino tiene mayores efectos perjudiciales sobre el ecosistema y requiere mayor atención.

Análisis de partículas tradicional

Las técnicas tradicionales de medición del tamaño de partículas incluyen tamices para rangos de tamaño más grandes, normalmente por encima de 63 μm (tamaño de malla 230). Los tamices tienen una resolución limitada (número de tamices = número de canales de datos), son lentos y requieren mucho operador, y están limitados para medir clases de tamaño más pequeñas. Para las

fracciones más finas se utiliza pipeta o sedimentación. Esta también es una técnica lenta con una importante dependencia del operador en los resultados.

Ambos se ven afectados por influencias en la forma de las partículas. Las partículas pasan a través de un tamiz en la segunda dimensión más pequeña, por lo que una partícula con forma de aguja se informará como la dimensión más pequeña, no como la longitud. Las partículas planas, como la arcilla, se sedimentarán en una orientación que proporcione la mayor resistencia hidrodinámica, como una hoja que cae. Esto se informará como una partícula mucho más fina que el promedio de todas las dimensiones. Se debe tener cuidado al interpretar los resultados o correlacionar datos históricos con nuevas técnicas analíticas.

Métodos de análisis modernos

Las técnicas analíticas automatizadas modernas utilizadas para dimensionar sedimentos incluyen la difracción láser y el procesamiento de imágenes digitales. Estas nuevas técnicas son rápidas, sencillas, independientes del operador, tienen un alcance mucho más amplio y una resolución mucho más alta con muchos más canales de datos.

La mayor resolución de estas técnicas permite obtener mucha más información de una muestra. Es posible que los pequeños cambios en el modo no sean detectados por tamices muy espaciados, pero se resuelven fácilmente junto con más detalles de la distribución del tamaño total. La velocidad significativamente mayor de estas técnicas permite analizar una cantidad mucho mayor de muestras, proporcionando información más detallada sobre un área de interés.

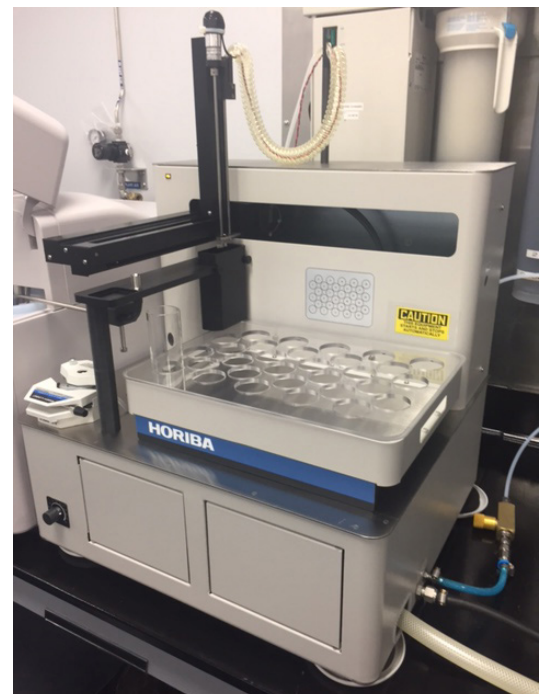


Figura 2. Muestreador automático de lodo LA-960V2

Análisis de difracción láser

La difracción láser mide la luz dispersada por la partícula a medida que pasa a través de la celda de medición. El ángulo de dispersión está relacionado con el tamaño de las partículas. La medición es esencialmente instantánea, aunque los tiempos totales de análisis son del orden de segundos para la mayoría de las muestras. El HORIBA LA-960V2 ha demostrado ser popular para esta aplicación debido a su amplio rango de tamaño (0,01 - 3000 μm), velocidad, estabilidad y facilidad de uso.

Además, el software puede mostrar los resultados directamente en la escala Phi o en canales de tamaño de tamiz para correlacionarlos con datos históricos (Figura 3).

La gran cantidad de muestras necesarias para obtener un perfil completo de un área ha hecho que las opciones de automatización sean populares. El Slurry AutoSampler tiene capacidad para 30 muestras y automatiza

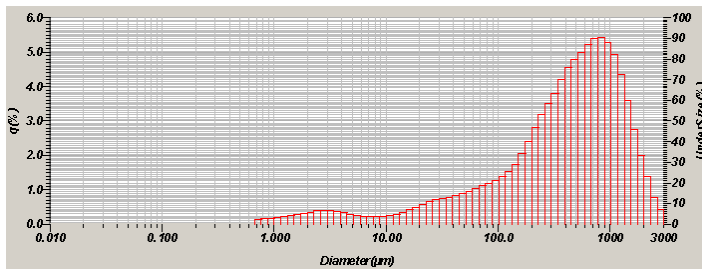


Figura 3. Muestra de sedimento del lago medida en el LA-960V2

completamente la tarea de análisis de muestras. Una vez configurada correctamente, esta automatización también puede mejorar significativamente la reproducibilidad al eliminar cualquier dependencia restante del operador.

Métodos de prueba y preparación de muestras

Dependiendo de la fuente, es posible que sea necesario pretratar las muestras con H₂O₂ al 30 % para eliminar materiales orgánicos o NaOH de 1 molaridad para eliminar sílice biogénica (diatomeas). Las muestras generalmente se dispersan en agua desionizada para su análisis. Los grados más finos con fracciones de arcilla pueden requerir tensioactivo adicional (generalmente hexametáfosfato de sodio al 0,1%) y tratamiento ultrasónico para dispersar los aglomerados.

Debido a la amplia gama de tamaños observados en una muestra determinada, se debe tener cuidado de utilizar una concentración de muestra suficiente en todos los tamaños. Particularmente con los rangos de tamaño de partículas más grandes, el número de partículas será muy bajo en comparación con un volumen o masa equivalente de partículas más pequeñas. Es posible que los valores de transmitancia de luz resultantes no representen la amplitud total de la muestra.

Debe haber suficiente muestra para que, si las partículas grandes se eliminaran y analizaran por separado, hubiera suficiente material para proporcionar suficiente señal del detector para obtener una medición precisa. Esto puede dar valores de transmitancia del láser fuera del rango predeterminado. El desarrollo del método deberá incluir pruebas con diferentes concentraciones de muestra y confirmación secundaria mediante otros métodos, como microscopía o tamizado.

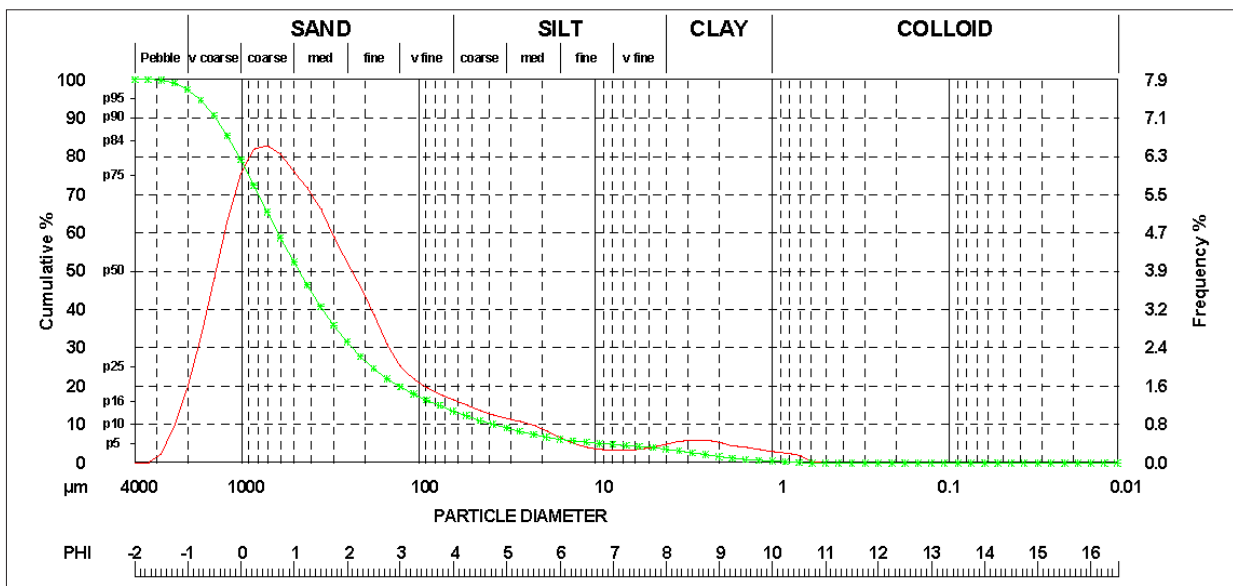


Figura 4. Gráfico de escala Phi del LA-960V2