



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Material didáctico para el
aprendizaje de los procesos
eólicos en Sedimentología.**

MATERIAL DIDÁCTICO

Que para obtener el título de

Ingeniera Geóloga

P R E S E N T A

Stephany Alejandra Gómez Zenteno

ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO

Dra. Claudia Cristina Mendoza Rosales



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

Contenido

I.- Introducción.....	1
II.- Objetivo	2
<i>Objetivos particulares</i>	2
III.- Práctica de Laboratorio	3
<i>Práctica de laboratorio para el desarrollo de procesos eólicos y transporte de partículas.</i>	3
<i>Guía del profesor para el desarrollo de la práctica de procesos eólicos y transporte de partículas.</i>	10
<i>Material Audiovisual</i>	30
IV.- Conclusiones	31
V.- Referencias.....	32

I.- Introducción

El presente trabajo es una guía práctica para el desarrollo y reconstrucción de un modelo de procesos eólicos a escala, pensada para ser utilizada en la asignatura de Sedimentología que cursan actualmente los alumnos de las carreras de Ingeniería Geológica e Ingeniería Geofísica, en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

El material está desarrollado como una opción didáctica, que apoye en la mejor comprensión de los temas que se exponen en clase.

Se realizó a partir de ensayos en una mesa de sedimentación, la cual es un equipo que simula y ejecuta diversos procesos sedimentarios a escala, en un tiempo en el que puedan ser observados, mismos que en la realidad resultan demasiado lentos para poder ser estudiados.

En la práctica, se pudo observar que al igual que en la naturaleza, ciertos ambientes y procesos, requieren de factores muy específicos (variedad en el tipo y tamaño de sedimento, velocidad y cambios en la dirección del viento, entre otros), es por ello, que la selección de éste ambiente en particular, se debe en mayor grado a las condiciones que pueden llegar a reproducirse en el laboratorio.

El material didáctico elaborado consiste en dos guías para el uso de la mesa de sedimentación y para la reproducción de los procesos eólicos a escala, una para el alumno y otra para el profesor. El cuestionario que se propone en la guía del profesor, se encuentra resuelto, a fin de que oriente en la evaluación del aprendizaje, sin embargo, puede ser modificado por el profesor de acuerdo a su criterio.

El material incluye también, dos videos, los cuales muestran el proceso de modelado de los procesos eólicos, mismos que serán puestos para su difusión en el sitio web Geocampo Digital <http://cartografia.fi-a.unam.mx/>, para que sirvan como auxiliar audiovisual en la práctica.

II.- Objetivo

Mejorar los resultados académicos de los estudiantes de la asignatura Sedimentología en las carreras de Ingeniería Geológica y Geofísica, con base en el uso de una mesa de sedimentación en la cual, se simulen los procesos y modelos de sedimentación de los ambientes eólicos, a una escala donde es factible observar características específicas.

Objetivos particulares:

- ❖ Elaborar una práctica de laboratorio para la reproducción de un proceso eólico, para mejorar su comprensión por parte de los alumnos.
- ❖ Elaborar una guía para el profesor, donde puedan resolverse dudas sobre el manejo y uso adecuado de la mesa de sedimentación, donde se proponen también los antecedentes necesarios y un cuestionario resuelto para la evaluación de la misma.
- ❖ Elaboración de dos videos:
 - 1) Proceso de formación de rizaduras.
 - 2) Transporte de sedimento por acción del viento.

III.- Práctica de Laboratorio

Práctica de laboratorio para el desarrollo de procesos eólicos y transporte de partículas.

Objetivo de aprendizaje

El alumno reproducirá un modelo a escala de procesos eólicos; para explicar los factores que condicionan la sedimentación en un ambiente eólico.

Material para la práctica

- a) Mesa de sedimentación
- b) Distribuidor de arena, palas de diferentes tamaños para transportar la arena, brochas para esparcir la arena, arena de fina a media (10 kg), acrílico transparente (inferior) de (10 x 75 cm)
- c) Acrílico en forma de caja de (100 x 50 x 50 cm), acrílico superior de (100 x 50 cm)
- d) Ventilador.

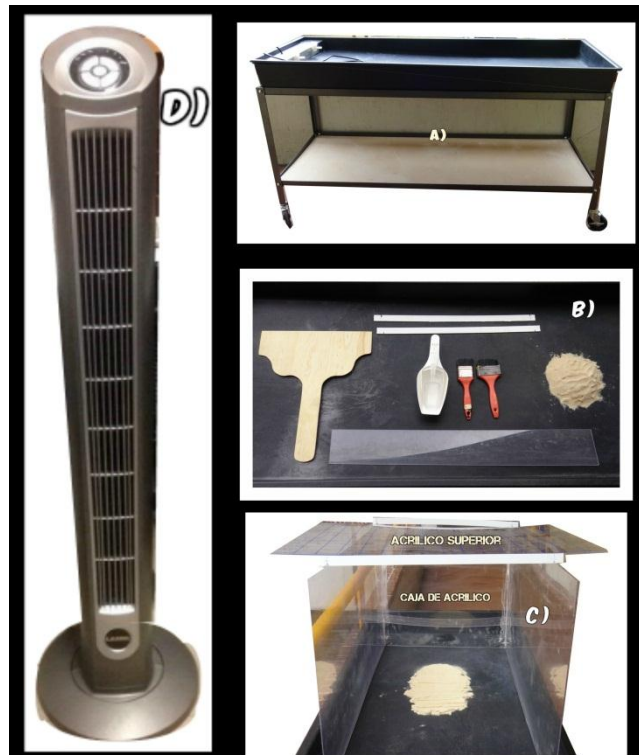


Figura 1: Material para la práctica

Antecedentes teóricos

El alumno conocerá:

- ❖ Definición del ambiente eólico.
- ❖ Mecanismos de transporte de partículas: tracción, saltación y suspensión.
- ❖ Principales procesos relacionados a la actividad erosiva del viento: abrasión y deflación.
- ❖ Depósitos eólicos: rizadura, duna, draa, mantos de arena (sand.sheets), interduna, loess.

PROCEDIMIENTO

Preparación de la mesa de sedimentación

1. Colocar la arena en la mesa de sedimentación con ayuda de las palas



Figura 2

2. Esparcir la arena de manera uniforme, sin ocupar más de $\frac{3}{4}$ del espacio total de la mesa.

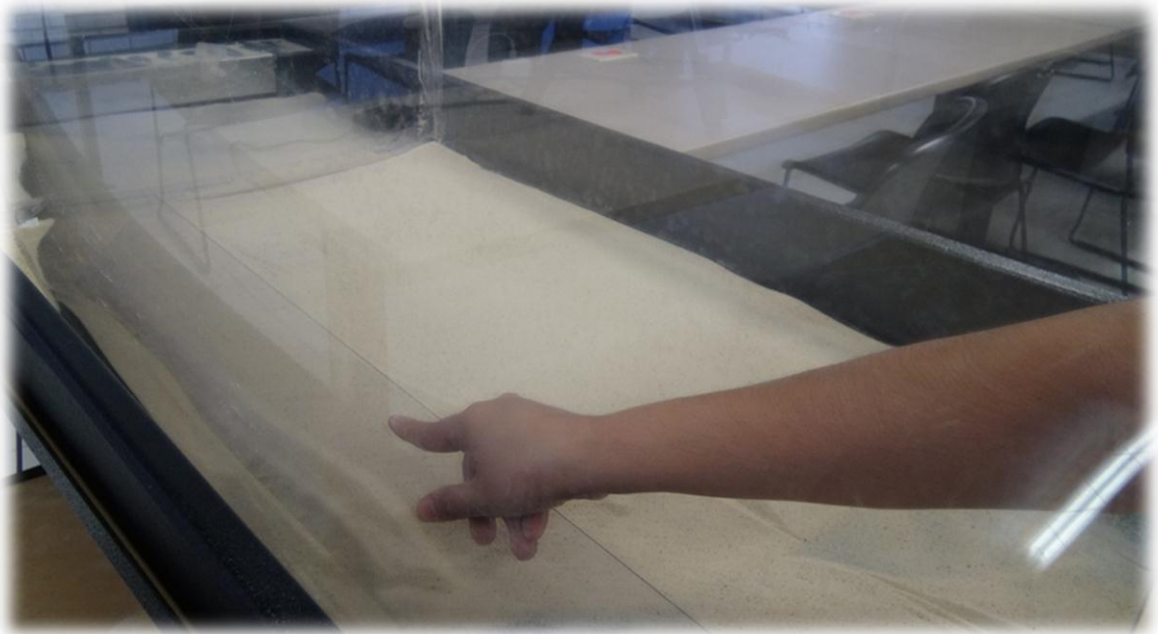


Figura 3

3. Colocar el acrílico en forma de caja alrededor de la arena, quedando el espacio abierto del lado opuesto a las llaves de paso



Figura 4

[6]

4. Colocar los acrílicos superior e inferior, alrededor de la arena colocada previamente en la mesa, estos se colocan con el fin que la pérdida de arena sea la mínima. Para el acrílico superior, se colocará a la mitad del acrílico que cierra la caja.
5. Utilizar las brochas para hacer un montículo de arena como se observa en la Figura 4.
6. Colocar el ventilador de forma horizontal encima de la mesa.



Figura 5

7. Conectar el ventilador a la toma de corriente y accionarlo en el nivel máximo.

*DESARROLLO**Transporte y erosión de partículas por acción del viento*

Para el ensayo de transporte y erosión, la arena deberá ser colocada casi en su totalidad en la parte más cercana al generador de viento como se muestra en la Figura 6.



Figura 6

El ventilador se accionará en su nivel máximo; el tiempo de observación máximo, será de 5 minutos.

De ser necesario, se suministrará más arena en la misma zona donde se colocó de manera inicial, para esto, se deberá interrumpir el flujo del viento, esto se realiza, porque en ocasiones las partículas se mueven con mayor velocidad dependiendo del ángulo formado entre el ventilador y la mesa, y el suministro de sedimentos se ve afectado a los pocos minutos de comenzado el ensayo.

Se recomienda observar los diferentes mecanismos de transporte desde la parte lateral de la mesa.

Generación de rizaduras

Para la generación de *rizaduras* con la mesa preparada, se accionará el ventilador en un nivel intermedio.

El lapso en que se debe dejar accionado el ventilador deberá oscilar entre los 15 y 30 minutos. Se recomienda no cambiar el ángulo en que fue puesto el ventilador, ni el nivel del generador del viento, pues retrasa el proceso.

Una vez pasado el tiempo sugerido, desconectar el ventilador.

Al finalizar el procedimiento, el alumno observará y describirá las estructuras formadas.



Figura 7: Vista general al finalizar el ensayo

Cuestionario

1. Defina un ambiente eólico, así como, los elementos básicos para su desarrollo y reconocimiento.
2. Mencione y explique los principales procesos relacionados con la actividad erosiva del viento.
3. ¿Cuáles son las estructuras sedimentarias dominantes en los ambientes eólicos? Explique cada una de ellas.
4. Esquematice tres tipos de duna, así como, las características y agentes más importantes.
5. Para determinar un probable origen eólico, ¿qué características texturales debe tener una arenisca?
6. Identifique el tipo de rizaduras formadas y describa los factores que condicionaron su geometría.
7. Considerando los posibles mecanismos de transporte, ¿cuál o cuáles se pudieron observar?
8. ¿Qué diferencias y/o similitudes encuentra entre un ambiente eólico real y el ambiente que generó a escala en el laboratorio?

Guía del profesor para el desarrollo de la práctica de procesos eólicos y transporte de partículas.

Objetivo de aprendizaje

El alumno reproducirá un modelo a escala de procesos eólicos; para explicar los factores que condicionan la sedimentación en un ambiente eólico.

Antecedentes teóricos

El alumno conocerá:

- ❖ Definición del ambiente eólico.
- ❖ Mecanismos de transporte de partículas: tracción, saltación y suspensión.
- ❖ Principales procesos relacionados a la actividad erosiva del viento: abrasión y deflación.
- ❖ Depósitos eólicos: rizadura, duna, draa, mantos de arena (sand.sheets), interduna, loess.

Ambiente eólico:

Selley (1970) define ambiente sedimentario como un lugar en concreto de la superficie terrestre donde se acumulan los sedimentos, y que se diferencia física, química y biológicamente de las zonas adyacentes. (Arche, 2010, p.17). En éste, se llevan a cabo procesos sedimentarios encargados de transportar y depositar sedimentos. Podemos clasificarlos como ambientes de tipo continental, marino y mixto, el ambiente eólico se encuentra dentro de los tipos continentales.

Aproximadamente el 30% de la superficie terrestre se caracteriza por tener climas áridos o semiáridos, pero solo el 20% de ésta superficie es cubierta por arena. Los procesos

eólicos ocurren preferentemente en las regiones áridas, debido a la baja precipitación, escasas de vegetación y la facilidad del viento para transportar y acumular los sedimentos (Mountney, 2006).

Así pues, el viento es el agente morfogénico más importante en las zonas áridas.

Geográficamente tienen una distribución variable, y no se restringen por latitud, longitud o elevación. Cabe mencionar que aunque el desierto es el ejemplo por excelencia de los ambientes eólicos, la acción eólica no se encuentra restringida a esta área, cualquier lugar de la superficie terrestre con condiciones adecuadas para el transporte de sedimentos podrán ser zonas aptas, por ejemplo la línea de costa.

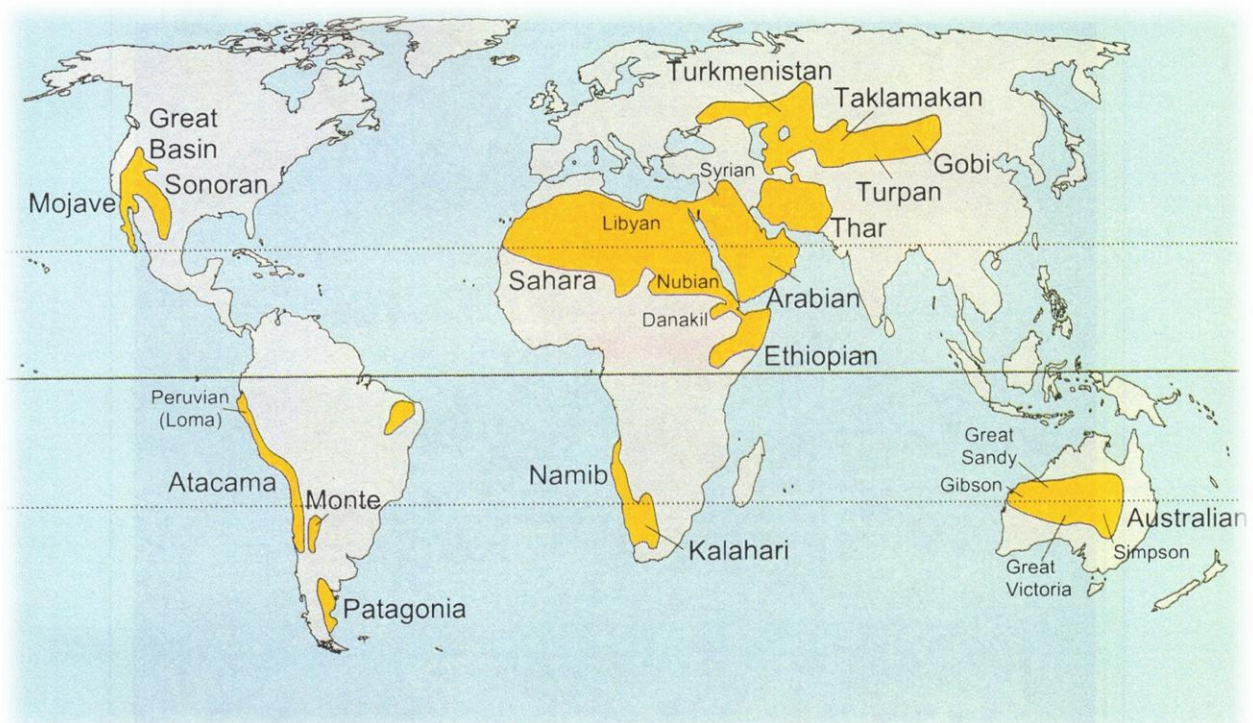


Figura 8: Distribución mundial de los climas desérticos. Tomado de Mountney (2006).

Debido a su importancia económica, los ambientes eólicos actuales son estudiados para reconocer e interpretar sus análogos antiguos, esto debido a que son reservorios importantes de hidrocarburos, como se demuestra en los yacimientos de gas en el Mar del Norte (Collinson, 1986).

También los sistemas eólicos son localmente importantes como almacén de uranio epigénético (Galloway & Hobday, 1982).

Transporte de sedimentos por el viento:

Los mecanismos de transporte de sedimento por acción del viento, son similares a los transportados por el agua, pero se diferencian en la densidad y viscosidad del medio (Davis, 1992).

El viento es mucho menos efectivo como agente de erosión en comparación con el agua, pero mucho más efectivo como medio de transporte para las arenas, limos y arcillas. El viento transporta los sedimentos de tres formas: tracción, saltación y suspensión (Boggs, 2006).

La **saltación** es el tipo de transporte en el que un fluido (en este caso el viento) alcanza una velocidad suficiente para romper la inercia de la partícula y la impulsa cierta distancia; mientras la velocidad del fluido no cese, se repetirá en cadena. Las partículas que se transportan por saltación nunca viajan lejos de la superficie, rara vez exceden el metro de altura.

La **tracción** se encuentra fuertemente ligada a la saltación, pues cuando una partícula en saltación golpea a otra de mayor tamaño y más pesada, le transfiere energía suficiente para hacerla rodar.

El reducido grado de meteorización química de los desiertos proporciona solo pequeñas cantidades de arcilla, es por ello que el limo es la mayor parte de la carga que se encuentra en suspensión en el ambiente eólico. La **suspensión** es la elevación y

soportamiento en el medio de las partículas durante el transporte, debido al tamaño y la diferencia en la densidad del medio.

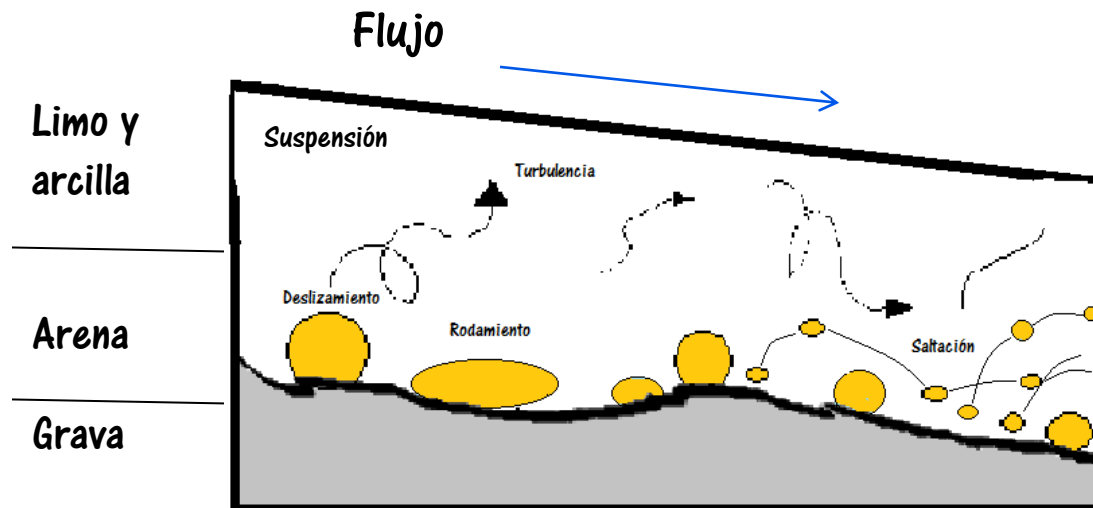


Figura 9: Mecanismos de transporte, tomada de Mendoza & Campos (2011).

Erosión eólica:

La abrasión y la deflación son los principales procesos relacionados con la erosión eólica.

En las regiones desérticas, así como a lo largo de las playas, la arena que es transportada por el viento corta y pule las superficies rocosas expuestas.

La **abrasión** es el desgaste mecánico de material coherente y ocurre por el impacto de partículas, principalmente de arenas, las cuales son aceleradas por el viento. La saltación de arenas es el agente más eficaz de abrasión (García-Hidalgo, et al., 2010).

Los “ventifactos” (a menor escala) y los “yardangs” (a mayor escala), son los resultados más comunes producidos por la abrasión eólica. Los **ventifactos** muestran la cara de la roca que fue expuesta al viento, y que la dejó pulida, picada y con bordes angulosos. Si el viento no sopla de manera constante en la misma dirección, se tienen entonces varias superficies facetadas.

Un **yardang** es una cresta aerodinámica esculpida por el viento con una orientación paralela a la del viento predominante. Cada yardang suele medir menos de 10 metros de altura y unos 100 metros de longitud, pero los hay mucho mayores que pueden medir hasta 90 metros de altura y más de 100 kilómetros (Tarbuck & Lutgens, 2010).

La **deflación** es el levantamiento y remoción de sedimentos arenosos y/o más pequeños, dejando atrás las partículas más grandes. La deflación deja resultados como las depresiones de deflación y los pavimentos desérticos.

Las **depresiones de deflación** son controladas por nivel freático local, como su nombre lo indica son depresiones que pueden ir desde pequeños agujeros de pocos metros de diámetro y profundidad, hasta grandes depresiones que se extiendan varios km de diámetro. Los **pavimentos desérticos** son creados a medida que la deflación va reduciendo la cantidad de sedimento (arena y limo), y comienzan a quedar granos demasiado gruesos para ser transportados, quedando una superficie “regular”.

Depósitos eólicos:

- ❖ **Loess:** Son depósitos formados por sedimentos del tamaño de limo regularmente son homogéneos, no estratificados y sin consolidar.
Los sedimentos son transportados en suspensión por acción del viento y cubren la topografía preexistente.

- ❖ **Mantos de arena (sand sheets):** Son acumulaciones de arena de morfología irregular, fundamentalmente planas, que cubren como un manto las irregularidades de la topografía original. Los mantos arenosos comprenden hasta un 40% de la sedimentación en los ambientes eólicos (García-Hidalgo, et al., 2010)
Representan regularmente una transición entre depósitos de dunas e interduna y depósitos no eólicos (Ahlbrandt & Fryberger, 1982).

Dentro de las estructuras sedimentarias principales en este tipo de depósito, se encuentra la estratificación paralela y/o cruzada, con ángulos moderados de 0° a 20° (García-Hidalgo, et al., 2010).



Figura 10: Manto de Arena moderno. Tomado de Mountney (2006).

- ❖ **Rizaduras, Dunas y Draas:** La arena que se transporta por saltación, genera depósitos donde la superficie superior es ondulada. De acuerdo a la escala, morfología, orientación relativa respecto al viento, se reconocen tres depósitos principales (Mountney, 2006).

Las **Rizaduras** son pequeñas ondulaciones formadas por la acción de una corriente ya sea de agua o viento, orientadas perpendicularmente a la dirección del mismo. En cuanto a las dimensiones, tendrán una longitud de onda de centímetros y hasta 3 metros con una altura de hasta 20 cm, aproximadamente.



Figura II: Rizaduras. Tomado de Mountney (2006).

La **Duna**, es quizá la estructura más representativa de los ambientes eólicos, son colinas o lomas cuya orientación dependerá de la dirección y la velocidad del viento, la disponibilidad de sedimento, así como, de la vegetación que se encuentre presente. Se forman cuando la arena previamente transportada choca contra un obstáculo y se va depositando hasta que los cubre. Presentan una cara de barlovento suave, con pendiente que no rebasan los 20° aproximadamente, y el sotavento o cara de deslizamiento presentara una pendiente mucho más inclinada alrededor de 35° . Las dunas tienen normalmente una forma asimétrica, en cuanto a dimensiones, las dunas presentan longitudes de onda de hasta 300 metros y una altura variable desde pocos metros hasta kilómetros como lo muestra la duna más alta del mundo con 1230 metros de altura, ubicada en el Noroeste de Argentina,

La estructura sedimentaria dominante en el interior de la duna es la estratificación cruzada a gran escala.

La clasificación de estos depósitos puede deberse a distintos factores, aunque los elementos más utilizados son la morfología general de la duna y la posición de las caras del sotavento respecto a la dirección del viento.



Figura 12: Duna en forma de estrella. Tomado de Moutney (2006).

Los **Draas** son ondulaciones de orden superior, teniendo una longitud de onda hasta de 3 km (García-Hidalgo, et al., 2010).



Figura 13: Draas. Tomado de Moutney (2006).

- ❖ **Áreas interdunares:** Las áreas interdunares son extensas zonas de hasta decenas de kilómetros cuadrados que se desarrollan entre las dunas individuales y contienen muy poca arena. La estratificación presenta ángulos menores a los 10° (Boggs, 2006).



Figura 14: Áreas Interdunares. Tomado de Mountney (2006).

Material para la práctica

- a) Mesa de sedimentación
- b) Distribuidor de arena, palas de diferentes tamaños para transportar la arena, brochas para esparcir la arena, arena de fina a media (10 kg), acrílico transparente (inferior) de (10 x 75 cm)
- c) Acrílico en forma de caja de (100 x 50 x 50 cm), acrílico superior de (100 x 50 cm)
- d) Ventilador.

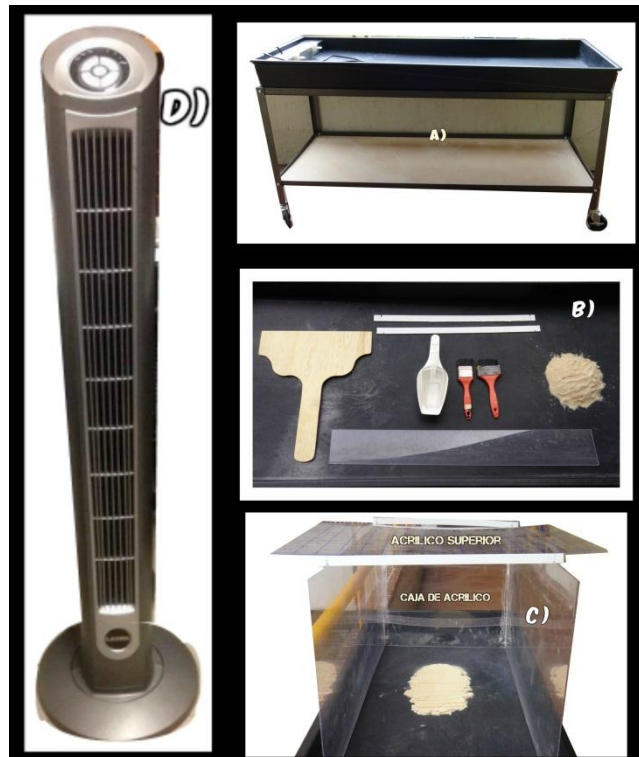


Figura 15: Material para la práctica.

PROCEDIMIENTO

Preparación de la mesa de sedimentación

1. Colocar la arena en la mesa de sedimentación con ayuda de las palas



Figura 16

2. Esparcir la arena de manera uniforme, sin ocupar más de $\frac{3}{4}$ del espacio total de la mesa.

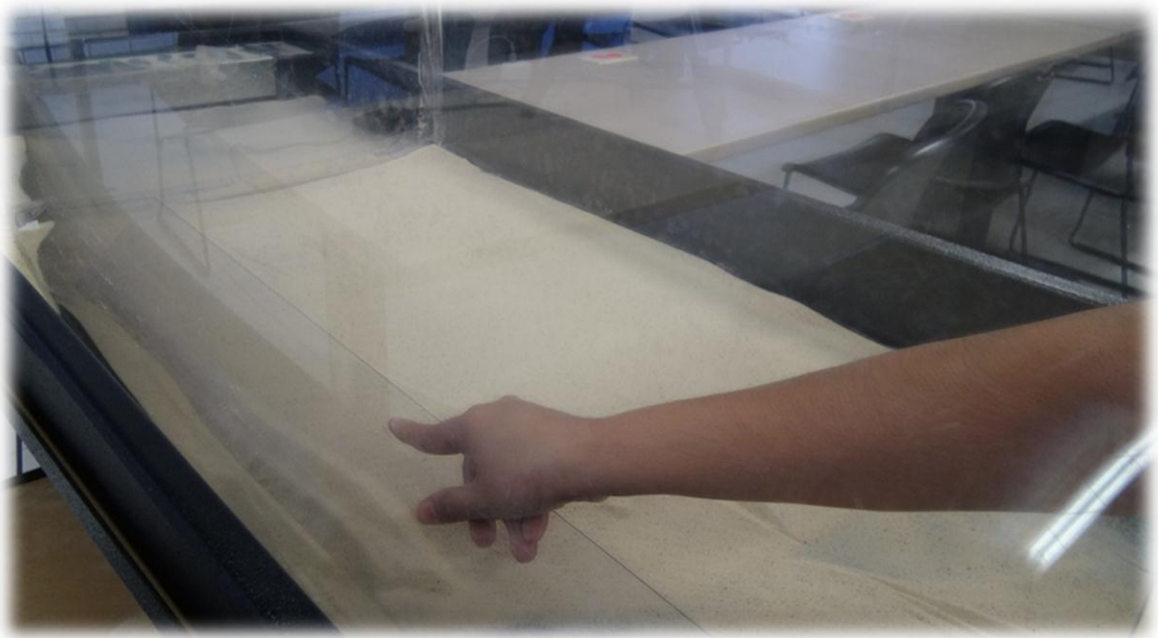


Figura 17

3. Colocar el acrílico en forma de caja alrededor de la arena, quedando el espacio abierto del lado opuesto a las llaves de paso



Figura 18

4. Colocar los acrílicos superior e inferior, alrededor de la arena colocada previamente en la mesa, estos se colocan con el fin que la pérdida de arena sea la mínima. Para el acrílico superior, se colocará a la mitad del acrílico que cierra la caja.
5. Utilizar las brochas para hacer un montículo de arena como se observa en la Figura 18.
6. Colocar el ventilador de forma horizontal encima de la mesa.



Figura 19

7. Conectar el ventilador a la toma de corriente y accionarlo en el nivel máximo.

DESARROLLO

Transporte y erosión de partículas por acción del viento

Para el ensayo de transporte y erosión, la arena deberá ser colocada casi en su totalidad en la parte más cercana al generador de viento, como se observa en la Figura 15.



Figura 20

El ventilador se accionará en su nivel máximo; el tiempo de observación máximo, será de 5 minutos.

De ser necesario, se suministrará más arena en la misma zona donde se colocó de manera inicial, para esto, se deberá interrumpir el flujo del viento, esto se realiza, porque en ocasiones las partículas se mueven con mayor velocidad dependiendo del ángulo formado entre el ventilador y la mesa, y el suministro de sedimentos se ve afectado a los pocos minutos de comenzado el ensayo.

Se recomienda observar los diferentes mecanismos de transporte desde la parte lateral de la mesa.

Generación de rizaduras

Para la generación de *rizaduras* con la mesa preparada, se accionara el ventilador en un nivel intermedio.

El lapso en que se debe dejar accionado el ventilador deberá oscilar entre los 15 y 30 minutos. Se recomienda no cambiar el ángulo en que fue puesto el ventilador, ni el nivel del generador del viento, pues retrasa el proceso.

Una vez pasado el tiempo sugerido, desconectar el ventilador.

Al finalizar el procedimiento, el alumno observará y describirá las estructuras formadas.



Figura 21: Vista general al finalizar el ensayo

Cuestionario Resuelto

1. Defina un ambiente eólico, así como, los elementos básicos para su desarrollo y reconocimiento.

Los ambientes eólicos son aquellos donde el agente más importante de transporte y depósito será el viento. No se encuentra restringida geográficamente a áreas desérticas, cualquier lugar de la superficie terrestre donde el viento pueda transportar sedimentos adecuados para el depósito posterior, son zonas aptas para la acción eólica, como las costas, no obstante los desiertos son los ejemplos por excelencia de estos ambientes.

Para desarrollarse los ambientes eólicos dependerán de diversos factores, como el clima, régimen del viento, carencia de vegetación, disposición de sedimentos (arena-limo) y áreas donde éstos puedan ser depositados

2. Mencione y explique los principales procesos relacionados con la actividad erosiva del viento.

Abrasión: es el desgaste mecánico de material coherente y ocurre por el impacto de partículas, principalmente de arenas, las cuales son aceleradas por el viento. La saltación de arenas es el agente más eficaz de abrasión (García-Hidalgo, et al., 2010).

Deflación: es el levantamiento y remoción de sedimentos sueltos, dejando atrás sedimentos de mayor tamaño (Tarbuck & Lutgens, 2010)

3. ¿Cuáles son las estructuras sedimentarias dominantes en los ambientes eólicos?

Explique cada una de ellas.

Estratificación cruzada: Estratificación que se relaciona con la dirección del flujo de la corriente, y con el ángulo de apoyo del sedimento.

Rizaduras asimétricas: ondulaciones de orden menor, causadas por el flujo del viento y dispuestas perpendicularmente a él. Su forma será asimétrica, debido al carácter unidireccional del viento.

4. Esquematice tres tipos de duna, así como, las características y agentes mas importantes.

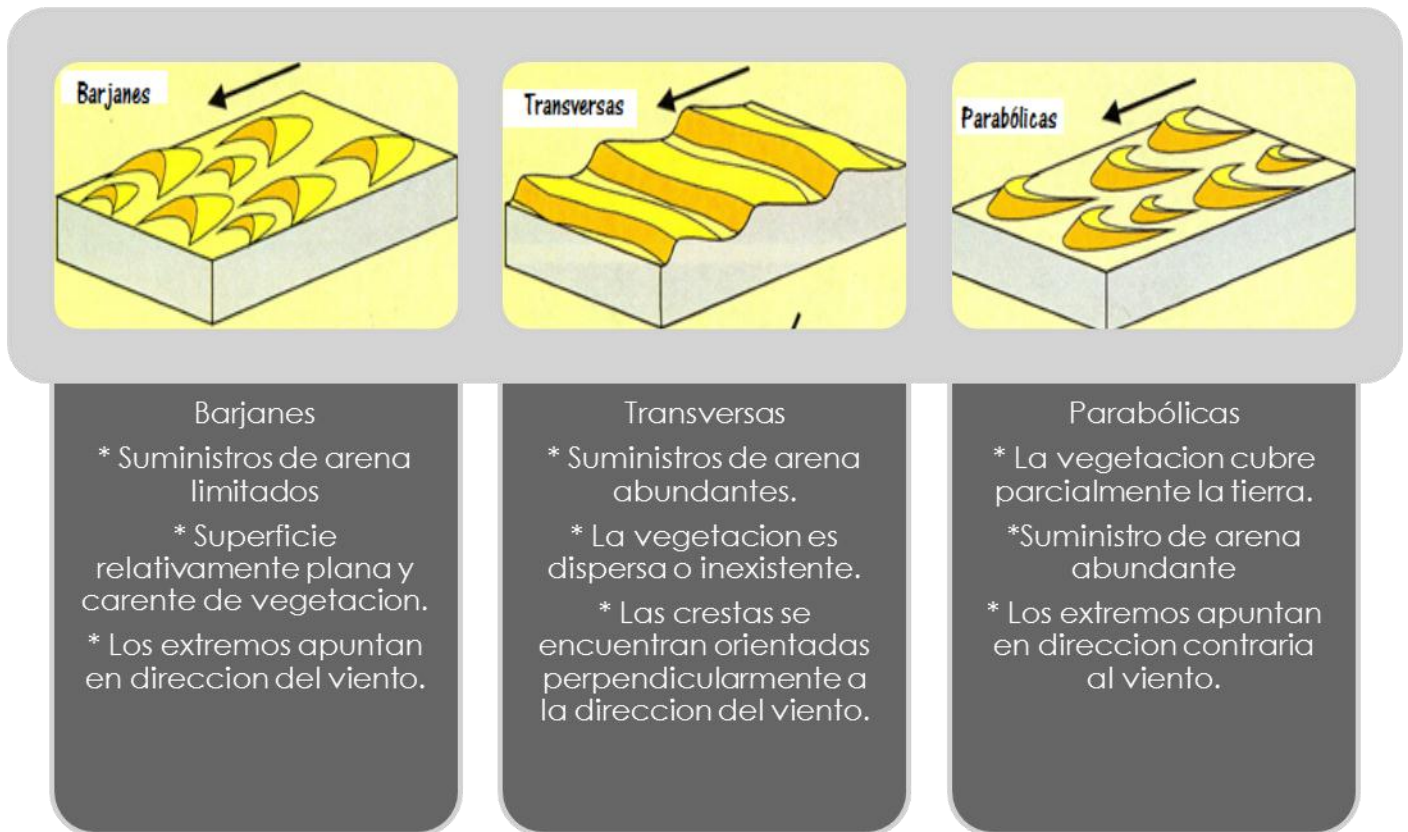


Figura 22: Tipos de Dunas. Tomado de Mounthey (2006).

5. Para determinar un probable origen eólico, ¿qué características texturales debe tener una arenisca?

Una arenisca con alto grado de clasificación en el tamaño de grano, con alta redondez y esfericidad, la ausencia de arcillas y la superficie pulida de los granos, indicarían un origen eólico.

6. Identifique el tipo de rizaduras formadas, mida la longitud de onda y describa los factores que condicionaron su geometría.

De acuerdo a la estructura que resulta al finalizar la práctica, se observa que se forman rizaduras asimétricas, esto debido principalmente al carácter unidireccional del flujo y a la velocidad del mismo, la longitud de onda de las mismas es en promedio de 25 cm.

Si se observa como un modelo a escala, representa un campo de dunas Transversas.

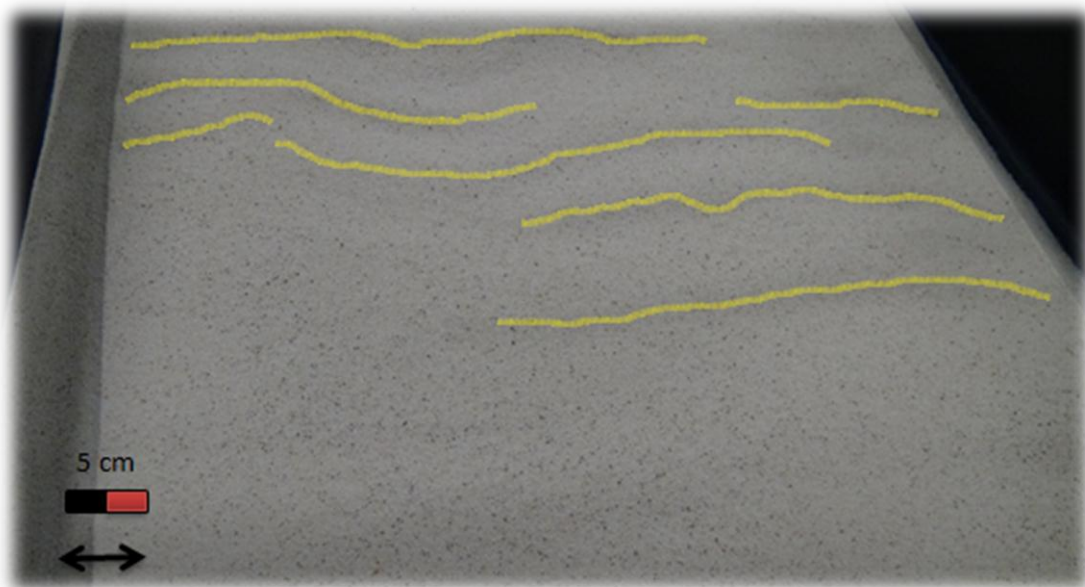


Figura 23: Rizaduras formadas durante el ensayo.

7. Considerando los posibles mecanismos de transporte, ¿cuál o cuáles se pudieron observar?

Pueden ser observados dos tipos de mecanismos de transporte: tracción y saltación.

8. ¿Qué diferencias y/o similitudes encuentra entre un ambiente eólico real y el ambiente que generó a escala en el laboratorio?

Es complicado reproducir todos los factores del mundo real en un modelo a escala, sin embargo es posible recrear la formación de rizaduras, que en mayor escala correspondería a dunas. Manteniendo el enfoque de modelo a escala, se pudo formar el campo de rizaduras, que de manera análoga en la realidad correspondería con un campo de dunas transversales. En este caso fue así, porque mantuvimos un flujo constante y en una sola dirección del viento; en la vida real, el viento no se comporta de forma unidireccional y constante.

Recomendaciones para el desarrollo de la práctica

Las sugerencias en el desarrollo de la práctica se realizan con base en la experiencia lograda a lo largo de seis meses de ensayos, no obstante, cada alumno y/o profesor, puede modificar algún elemento de acuerdo a su consideración.

A continuación se enlistan una serie de recomendaciones para el profesor.

1. La cantidad de arena sugerida 10 kg, es suficiente para la generación de rizaduras, se observó que al colocar más, no se obtenía ningún cambio visible, por lo tanto no se considera necesario.
2. Los acrílicos fueron diseñados para el experimento, pues al no existir una barrera como tal, la arena era despedida totalmente fuera de la mesa de sedimentación, teniendo pérdidas considerables del suministro de sedimento. Por ello se recomienda usarlos.
3. Aun con los acrílicos, la arena es transportada hacia afuera de la mesa, por ello, se recomienda la recolección de la misma al finalizar el experimento, para reducir las mermas en el material disponible.
4. El ángulo en que se posiciona el ventilador es importante, durante el desarrollo de la misma práctica, alumno y profesor podrán darse cuenta que variar el ángulo agilizará o alentará el proceso de erosión, la idea es encontrar el ángulo adecuado mediante ensayo y error donde se mantenga un flujo constante de transporte, se sugiere observar los videos.
5. El tiempo sugerido para cada ensayo es un promedio, pero nuevamente durante los ensayos, la duración era muy similar, observándose que prolongando el intervalo no se obtenía un cambio notable, por el contrario si el lapso era mucho menor las estructuras no alcanzaban a desarrollarse.

Material Audiovisual

Se elaboraron dos videos para mostrar procesos eólicos en la mesa de sedimentación.

Para la edición se utilizaron tres programas, Filmora que es un software que agrega audio, texto y efectos, y que podemos encontrar como software de descarga libre. After Effects y Premiere, ambos de Adobe, sirvieron para realizar efecto de cámara rápida y recorte de los mismos.

En el primer video se muestran los mecanismos de transporte de partículas por acción del viento, se pueden observar dos de los tres tipos de mecanismos, tracción y saltación. Se compone de una serie de videos que fueron cortados y editados para su mejor apreciación, se observa principalmente desde una vista lateral, el tiempo que transcurre es el tiempo real en que se observaba el ensayo.

El segundo video es un arreglo de diferentes tomas en ángulos lateral y frontal principalmente, para mostrar procesos eólicos y la formación de rizaduras. Se muestra alternancia de tomas en avance rápido y tomas en avance normal, al comienzo de cada una se indica con una nota que tipo de avance es.

Además se incluye la narración correspondiente en cada uno de los videos a manera de orientar al espectador.

Este material quedará disponible para ser utilizado por profesores que así deseen hacerlo, de igual manera se tiene para su difusión en la página del Taller de Cartografía.

IV.- Conclusiones

El presente material didáctico fue elaborado para mejorar el aprendizaje de los alumnos de la materia de Sedimentología, el material obtenido es una guía práctica para el desarrollo de procesos eólicos en el laboratorio de sedimentología (apoyados por una mesa de sedimentación), una guía para el alumno con las indicaciones necesarias para que pueda usar la mesa y desarrollar los procesos eólicos, además de un cuestionario donde pueda plasmar los conocimientos obtenidos, la guía del profesor es similar aunque de una manera desarrollada, resolviendo las dudas sobre uso y manejo de la mesa de sedimentación y desarrollo de los ensayos, además del cuestionario resuelto.

Se tiene también el material audiovisual de procesos eólicos, está compuesto por dos videos uno de mecanismos de transportes por acción del viento y otro sobre la generación de rizaduras, son una guía visual, donde alumno y profesor, y en general cualquier persona interesada en profundizar sobre los conocimientos de procesos eólicos, puedan ver como es realizado el ensayo en el laboratorio y teniendo la certeza que pueden volver a ser reproducidos.

En cuanto a los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se generaron rizaduras de tipo asimétrico, aunque también podemos llamarlas dunas transversas si queremos tener un contexto a escala.

Se obtuvieron rizaduras asimétricas, debido en gran parte al carácter unidireccional del viento y la velocidad constante del mismo, así como, del aporte del sedimento que aunque no fue abundante fue suficiente para el desarrollo de las mismas.

Se debe mencionar que de tener oportunidad de realizar los ensayos con distintas variantes, como el cambio en la dirección del viento, debería hacerse, pues enriquece los conocimientos y la experiencia que pueden tener los alumnos, reproduciendo procesos sedimentarios a escala.

El material didáctico es un avance considerable en la forma de enseñar Sedimentología a los alumnos de Ingeniería Geológica y Geofísica de la Facultad de Ingeniería.

V.- Referencias

- Ahlbrandt, T. S. & Fryberger, S. G. (1982). Introduction to Eolian Deposits. En Scholle, P. A. & Spearing, D. (Eds.), *Sandstone Depositional Environments*. (pp. 11-47). Tulsa: AAPG.
- Arche, A. (Ed.). (2010). *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Boggs, S. Jr. (2006). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. 4ª ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Brookfield, M. E. (1992). Eolian Systems. En Walker, R. G. & James, N. P. (Eds.), *Facies Models: Response to Sea-Level Change*. (pp. 143-156). Ontario: Geological Association of Canada.
- Collinson, J. D. (1986). Deserts. En Reading, H. G., *Sedimentary Environments and Facies*. (pp. 95-112). 2ª ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Davis, R. A. Jr. (1992). *Depositional System: an introduction to Sedimentology and Stratigraphy*. 2ª ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Galloway, W. E. & Hobday D. K. (1983). *Terrigenous Clastic Depositional Systems: Applications to Petroleum, Coal, and Uranium Exploration*. New York: Springer-Verlag.
- García-Hidalgo, J. F., Temiño, J. & Segura, M. (2010). Ambientes eólicos. En Arche, A. (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. (pp. 53-72). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Mountney, N. P. (2006). Eolian Facies Models. En Posamentier, H. W. & Walker, R. G. (Eds.), *Facies Models Revisited*. (pp. 19-83). Tulsa: Society for Sedimentary Geology.

Prothero, D. R. & Schwab F. (2004). *Sedimentary Geology: an introduction to sedimentary rocks and stratigraphy*. 2ª ed. New York: W. H. Freeman.

Mendoza, C. C. & Campos, E. (2011). Procesos de Transporte. En Silva, G. & Mendoza, C. C. (Eds.), *Manual para el Trabajo Geológico de Campo*. (pp. 210-213). Ciudad de México: Facultad de Ingeniería, UNAM.

Tarbuck, E. J. & Lutgens F. K. (2010). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la Geología Física*. 8ª ed. Madrid: Pearson Prentice Hall.