



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Elaboración de material  
audiovisual para la  
asignatura de  
Sedimentología.**

**MATERIAL DIDÁCTICO**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Geóloga**

**P R E S E N T A**

Elizabeth Guadalupe Ortega Navarrete

**ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO**

Dra. Claudia Cristina Mendoza Rosales



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016**

## Contenido

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | <a href="#"><u>Objetivo</u></a> .....  | 3  |
| II.  | <a href="#"><u>Video del desarrollo de diversos procesos sedimentarios</u></a> ..... | 4  |
| III. | <a href="#"><u>Narrativa del contenido del video</u></a> .....                       | 5  |
| IV.  | <a href="#"><u>Práctica para el uso de la mesa de sedimentación</u></a> .....        | 6  |
|      | Descripción de la mesa de sedimentación.....   | 7  |
|      | Objetivo de aprendizaje .....  | 8  |
|      | Material para práctica.....  | 8  |
|      | Antecedentes .....   | 9  |
|      | Desarrollo.....  | 9  |
|      | Preparativos.....  | 9  |
|      | Formación del delta .....  | 10 |
|      | Limpieza de la mesa al finalizar .....   | 11 |
|      | Cuestionario .....   | 13 |
| V.   | <a href="#"><u>Guía del profesor para el desarrollo de cada práctica</u></a> .....   | 18 |
|      | Objetivo de aprendizaje.....   | 19 |
|      | Material para práctica.....  | 19 |
|      | Antecedentes .....   | 20 |
|      | Definición de delta .....  | 20 |
|      | Clasificación de delta .....   | 21 |
|      | Flujo de descargas de los ríos .....   | 22 |
|      | Geometría: Factores y dimensiones de un delta.....                                   | 22 |
|      | Partes del delta.....  | 23 |
|      | Sedimentología y sucesión estratigráfica.....  | 25 |
|      | Importancia económica.....   | 26 |
|      | Desarrollo.....  | 27 |
|      | Preparativos.....  | 27 |
|      | Formación del delta .....  | 28 |

|  |           |
|--|-----------|
| Limpieza de la mesa al finalizar .....                     | 30        |
| Cuestionario resuelto .....                                | 32        |
| Recomendaciones durante el desarrollo de la práctica ..... | 41        |
| <b>VI. <u>Conclusiones</u> .....</b>                       | <b>42</b> |
| Referencias .....  | 44        |

Los materiales que se presentan a continuación están diseñados para visualizar el proceso de formación de un delta, está dirigido para alumnos y profesores de las carreras de Ingeniería Geológica, Ingeniería Geofísica y otras carreras afines que cursen la asignatura de Sedimentología, que estén interesados en una alternativa al aprendizaje de un ambiente sedimentario, de tal forma que se refuercen los conocimientos que el alumno pueda obtener en el aula, de una manera didáctica.

En particular, la asignatura de Sedimentología en la Facultad de Ingeniería de la UNAM cuenta con un temario que incluye el tema “Ambientes de depósito y facies sedimentarias”, el cual abarca el estudio de los ambientes sedimentarios, entre ellos el ambiente deltaico. Por tal motivo se realizó este trabajo haciendo uso de la mesa de sedimentación, un equipo de simulación de procesos sedimentarios, en el que se desarrolló la formación de un delta a escala, con el propósito de elaborar material didáctico para los alumnos de dicha asignatura. Este modelado permite a los alumnos observar procesos geológicos que no podrían visualizarse en la realidad debido a la lentitud que los caracteriza.

El material está desarrollado para usarse en forma simultánea por los alumnos y el profesor; está conformado por una guía del uso de la mesa de sedimentación para el alumno y otra para el profesor. En esta última se profundiza en los antecedentes para llevarla a cabo y se propone un cuestionario resuelto de manera que sirva para el profesor como guía para la evaluación de dicha práctica, dejándose a su criterio profesional la modificación de las respuestas. Además contiene tanto el desarrollo de la práctica con la mesa para el modelado de un delta, como algunas recomendaciones para que se lleve a cabo de manera satisfactoria, mismas recomendaciones que fueron previamente ensayadas para conseguir el resultado esperado, alrededor de un semestre.

Cabe mencionar que esta práctica no constituye un material por sí solo, pues debe ser usado una vez que se hayan cubierto los temas (antecedentes) relacionados con la práctica a desarrollar. En ambos textos se señalan los antecedentes requeridos para que tanto el alumno como el profesor revisen los conceptos con anterioridad. Se incluye una bibliografía especializada en el tema para aquellos interesados en profundizar en el mismo.

Como una parte complementaria, pero fundamental para la comprensión del tema se elaboraron dos vídeos en los que se muestran todo el proceso de formación del delta, con el fin de que sea didácticamente más claro tanto para la elaboración de la práctica o bien para su uso como material didáctico para la exposición del tema 7.4 Ambientes mixtos, específicamente 7.4.5 Deltas. En él, también se muestra las estructuras formadas, así como distintas vistas del proceso en desarrollo. Los videos estarán disponibles en la página web del Taller de Cartografía [cartografia.fi-a.unam.mx](http://cartografia.fi-a.unam.mx)

Es importante señalar que resulta muy difícil poder recrear todos los agentes y procesos involucrados en la formación de un ambiente sedimentario, incluso para algunos autores es casi imposible, sin embargo no debe de perderse de vista el enfoque complementario y didáctico que caracteriza a esta práctica.

El ámbito de la sedimentología tiene mucha aplicación directa en el terreno económico de nuestro país como son los yacimientos petroleros, yacimientos minerales, estabilidad de costas y en general en la ampliación del estudio de diversos ambientes sedimentarios que abundan en México y el mundo (Malpica *et al.*, 1993).

## I.- Objetivo

La mesa de sedimentación constituye un equipo de simulación de procesos sedimentarios, se trata de un equipo cuyo uso principal es de docencia, que da lugar a la elaboración de prácticas que guíen el uso de ésta. El uso adecuado de la mesa proporcionará a los estudiantes un medio excelente para familiarizarse con los principales procesos del modelado de un delta, que les permita recrear y visualizar los accidentes geológicos que en la realidad son demasiado lentos.

Con esa motivación se elaboró material didáctico con base en el uso de la mesa de sedimentación, equipo de reciente incorporación al laboratorio de Sedimentología de la División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería (DICT-FI). El desarrollo de una práctica que ilustre la formación de un delta con objetivos de aprendizaje claramente establecidos, junto con actividades descritas paso a paso, facilitará tanto alumnos como profesores la consecución del objetivo planteado en el tema correspondiente, fortaleciendo el aprendizaje del tema en cuestión. Además el alumno será capaz de responder el cuestionario propuesto en la práctica, y podrá realizar sus propias conclusiones al respecto.

Objetivos específicos:

- ✓ Elaborar una práctica para el uso de la mesa de sedimentación para los alumnos, que les facilite la manipulación de la mesa, de tal forma que ellos puedan reproducir y ser testigos de la formación de diversos procesos sedimentarios, en particular de la construcción de un delta.
- ✓ Elaborar un guía del profesor para el desarrollo de la práctica en la que se especifiquen los antecedentes requeridos para la realización de la misma, en donde además se agreguen recomendaciones concretas para un resultado satisfactorio de la práctica.
- ✓ Realizar videos durante el desarrollo de la práctica para que se visualice la construcción del delta y los factores involucrados en su proceso de formación. Dichos videos además podrán ser usados para mostrarle a los alumnos las diferentes estructuras formadas.
- ✓ Que los alumnos con ayuda del profesor refuercen los conocimientos de la materia, ayudándose de los materiales antes descritos y solucionando el cuestionario propuesto.

## II.- Video del desarrollo de diversos procesos sedimentarios

Se elaboraron dos videos para mostrar la construcción de un delta en la mesa de sedimentación, ambos filmados con una cámara SONY Handycam® 4K AXP35, que graba en calidad Ultra HD 4K (3840 x 2160) y formato de imagen semi-profesional HDV. Para la edición de los mismos se utilizaron dos programas, *Filmora* un software de edición de video básico que permite agregar texto y efectos, y *ReSpeedr* otro software de edición de video que permite realizar efectos de cámara lenta (slow motion) y secuencia de video acelerada, (*time-lapse*). Los dos software fueron descargados de internet en versión gratuita.

El primer video tiene una duración de 2.19 minutos, en él se muestra el crecimiento de un delta desde una vista estática, donde se aprecia ininterrumpidamente desde el inicio del crecimiento de los lóbulos progradantes hasta su máximo desarrollo, consiguiendo la característica forma de letra griega delta. La totalidad del video se muestra como una secuencia acelerada.

El segundo video consta de 5.38 minutos de duración y contiene distintas tomas en movimiento cuyo propósito es mostrar al mismo tiempo diferentes vistas del proceso y otras estáticas de las estructuras que el crecimiento del delta dejó a su paso. Alternan tomas tanto en avance normal como en avance rápido. Dicho video enfatiza algunos procesos a través de acercamientos (zoom) en pequeñas secciones del delta, así como tomas aéreas de la totalidad del mismo desde puntos de vista diferentes.

Ambos videos estarán disponibles a través de [Geocampo Digital](#), sin embargo en aras de que este material didáctico se encuentre de una manera más accesible y global, se pretende colocarlo en el sitio web de la Red Universitaria de Aprendizaje (RUA) de la UNAM disponible en la siguiente liga. <http://www.rua.unam.mx/>

Se propone también que la División de Ciencias de la Tierra cuente con un canal en el sitio web Youtube para que videos como éste queden a disposición global de cualquier interesado en la materia, tal como sucede en otras universidades del mundo.

### III.- Narrativa del contenido del video

La siguiente narración corresponde al video de larga duración.

**0:00:16** En esta primera toma podemos observar cómo las llaves funcionan como el flujo principal de un río y cómo el sedimento se mueve a través de la superficie.

**0:00:27** En esta imagen vemos la formación de los primeros lóbulos mostrados por las flechas azules. Obsérvese como las llaves erosionan los cúmulos de arena que se encuentran en la parte superior del video simulando los sedimentos que arrastra el río desde el continente. Hacia la parte derecha de la mesa de sedimentación, se puede observar la formación de otro lóbulo.

**0:00:57** En esta toma aérea se observa cómo se construye un nuevo canal erosionando los sedimentos de la planicie y buscando siempre el camino más corto para llegar al mar.

**0:01:17** Conforme pasa el tiempo los lóbulos van creciendo, y ganando terreno hacia el mar, lo que se denomina progradación. Ésta ocurre cuando hay un alto aporte de sedimentos y poca erosión de los lóbulos. **0:01:36** Se observa como los sedimentos se acumulan en las crestas de los lóbulos para luego caer por su propio peso arrastrados por el flujo de agua. **0:02:10** Poco a poco se van visualizando la primera forma del delta.

**0:02:20** En esta toma en movimiento se aprecian los surcos que deja la formación de canales distributarios además de la formación de algunos bordos o diques. **0:02:50** Observe cómo el canal situado al final de la toma es abandonado, dejando con ello una cicatriz erosiva importante.

**0:03:22** Note cómo los canales distributarios activos dan lugar a sucesiones o apilamientos de los lóbulos que conducirán a acumular sucesiones estratigráficas.

**0:03:42** En este momento sólo existe un canal activo debido a la formación de bordos que impide que el flujo se reparta, produciendo como se muestra en la siguiente toma, **0:03:42**, un lóbulo que progresa a una velocidad mayor. **0:04:10** Mire con atención cómo el delta va tomando su forma típica, producto de la reactivación de canales abandonados (**0:04:20**) que hacen que los lóbulos crezcan de igual manera.

**0:04:34** Como resultado final tenemos cicatrices erosivas que indican flujos de agua previos asociados a canales distributarios, además se cuenta con lóbulos claramente establecidos en la desembocadura de estos. Las estructuras ligeramente levantadas respecto al nivel de los canales, pueden ser comparadas con diques o bordos (límites laterales de los canales distributarios) formados en momentos de crecida del río. Obsérvese también como al frente de cada lóbulo se formaron barras de arena paralelas a ellos donde se depositaron los sedimentos más finos (barras de desembocadura). **0:04:57** Finalmente en esta toma frontal se observa una llanura deltaica amplia con cicatrices erosivas que muestran la construcción de varios canales distributarios meandriformes separados por bahías interdistributarias y la formación de marismas o pantanos (representadas por las zonas inundadas).

## IV.- Práctica para el uso de la mesa de sedimentación

# Desarrollo de ambientes sedimentarios: DELTAS

## Descripción de la mesa de Sedimentación.

La mesa de sedimentación es una herramienta valiosa de laboratorio en la enseñanza de los procesos geológicos que puede ser usada en diversas asignaturas tales como Sedimentología, Hidrogeología y Geomorfología que se imparten a los alumnos de las carreras de Ingeniería geológica y geofísica. Ha sido desarrollada para proporcionar un medio que permita explorar y descubrir los principios y procesos geológicos. Puesto que es difícil estar en el campo para ver todo tipo de características geológicas y procesos que puedan proceder a una velocidad visible, la mesa de sedimentación puede ser una herramienta de laboratorio muy importante en el estudio de la geología física. Los experimentos implican observaciones y el registro de datos a partir del cual se pueden extraer conclusiones con relación a los conceptos geológicos y su aplicación en la naturaleza.

La mesa de sedimentación del Laboratorio de Sedimentología corresponde con el modelo *Hidro-Geológico Hubbar* con número de control Z06394M, cuya característica principal es el uso del agua, la cual es el agente de erosión más importante en muchos ambientes sedimentarios. La mesa contiene una charola termoplástica prácticamente irrompible que mide 67 x168 x 16 cm que puede controlarse independientemente por corrientes de flujo (llaves), desde el panel de control. Otra característica importante es su contenedor de agua que se localiza debajo de la bandeja termoplástica en donde la almacena y bombea hacia las llaves una vez que son abiertas.

La unidad completa incluye todos los accesorios que se observan en la figura 1, incluye entre otros una rejilla de trazado, la generadora de lluvia, el generador de olas, acrílicos, palas, y una cubeta de arena que viene junto con la mesa. Con este equipo y los accesorios, se recrean todos los procesos de formación de ambientes.



Figura 1 Mesa de sedimentación y accesorios

## Objetivo de aprendizaje

El alumno reproducirá la formación de un delta a escala, haciendo uso de la mesa de sedimentación y de los accesorios que la componen. Reforzará sus conocimientos en dicho ambiente sedimentario, reconocerá sus partes y los agentes involucrados en su formación. Al final el alumno será capaz de responder el cuestionario propuesto, además podrá realizar sus propias conclusiones al respecto.

## Material para la práctica

- ✓ Mesa de sedimentación
- ✓ Accesorios de la mesa sedimentación: Rectángulos grises de plástico de 15x5cm, palas cortas para arena, manguera de 2m de longitud x 0.5 cm de diámetro
- ✓ Arena (10 kg aproximadamente)
- ✓ Agua (40 Lt)



Figura 2 Material para la práctica

## Antecedentes

- ✓ Definición de delta
- ✓ Clasificación de deltas
- ✓ Tipo de flujos de descarga de los ríos
- ✓ Geometría: Factores y dimensiones de un delta
- ✓ Partes del delta
- ✓ Sedimentología y sucesión de facies
- ✓ Importancia económica

## Desarrollo

### ○ Preparativos

1. Coloque la arena en la mesa de sedimentación haciendo una pendiente con ella muy ligera de aproximadamente  $1^\circ$  a  $5^\circ$ . Cerca de las llaves de la mesa deje un espacio (10-15 cm) con una capa delgada de arena seguida de dos cúmulos de arena con una ranura entre ellos (5 cm) como se muestra en la figura 3. Para lograr lo anterior se recomienda usar los rectángulos grises (accesorios de la mesa). Los cúmulos servirán como fuente de arena para formar el delta.



Figura 3

2. Llene con agua el depósito de la mesa de sedimentación utilizando el agujero alimentador que se encuentra al final de la misma, hasta que quede parcialmente lleno el contenedor que hay debajo de dicho agujero con aproximadamente 40 litros. Después coloque un poco de agua en la charola para simular el mar donde se desarrollará el delta (Figura 4).



Figura 4

3. Revise que las llaves de la mesa se encuentren cerradas y proceda a conectar la mesa a la corriente eléctrica. Una vez encendida, abra las llaves completamente como se muestra en la siguiente figura y espere a que el proceso ocurra (aprox. 20-40 minutos) (Figura 5).



Figura 5

#### ○ **Formación del delta**

El delta se forma por sí solo siguiendo los preparativos antes descritos, sin embargo habrá que cuidar que las llaves tenga un flujo de agua constante, ya que de no ser así toda la estructura podría dar lugar a la formación de uno o solo algunos lóbulos progradantes.

Se puede colocar un acrílico (accesorio opcional de la mesa) a lo largo de la mesa de sedimentación para observar la forma de depósito de las capas de los lóbulos progradantes, donde se puede observar la inclinación natural del sedimento (foreset). Es importante señalar que el agujero que se encuentra al final de la mesa permanece abierto durante todo el proceso de formación, de lo contrario el agua se acumula y puede no formarse el delta.

Durante el proceso de formación se debe estar al pendiente, ya que en ese lapso de tiempo ocurren procesos como creaciones de canales distributarios, abandono y reactivación de los mismos, avulsión, progradación de lóbulos y formación de bordos, que vale la pena apreciar.

El tiempo de formación es variable y dependiente de la cantidad de arena que se use y del flujo de agua de las llaves. Cuando el delta esté formado tendrá que tenerse en cuenta que se trata de un modelado a escala y por lo tanto las estructuras que se forman en la mesa representan estructuras de mayor dimensión e importancia en la realidad. Algunas características a observar son las bahías interdistributarias, las marismas o pantanos, la superposición de lóbulos, los surcos que los canales distributarios dejaron a su paso y en general las partes que conforman al delta. Si se aprecian dichas estructuras la práctica se habrá realizado con éxito.

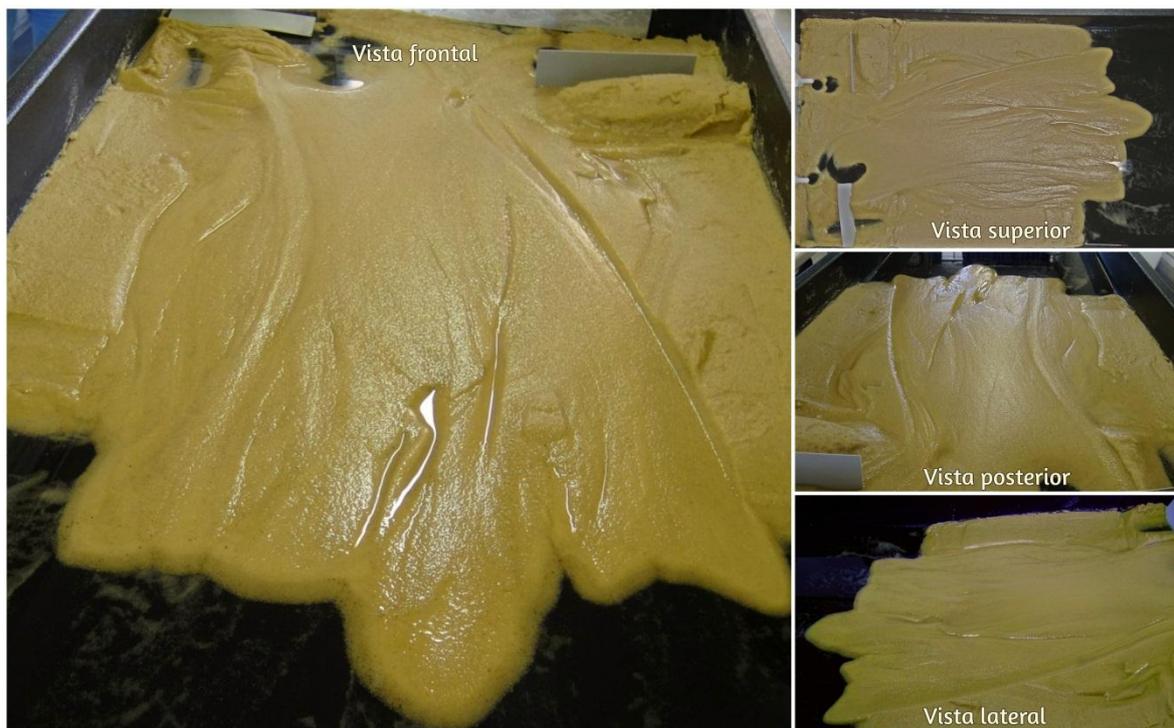


Figura 6

○ **Limpieza de la mesa al finalizar**

4. Para drenar y secar la mesa, conecte la manguera a una de las llaves de la mesa y llévela hacia una cubeta. Una vez que se tenga donde depositar el agua abra la llave y drene toda el agua que hay en el contenedor de la mesa de sedimentación (Figura 7).



Figura 7

5. Cuando se haya drenado el agua en su totalidad desconecte la mesa, y cuando la arena esté seca, remuévala de la mesa de sedimentación y colóquela en una cubeta con ayuda de las palas para arena. Deje la mesa limpia (Figura 8).

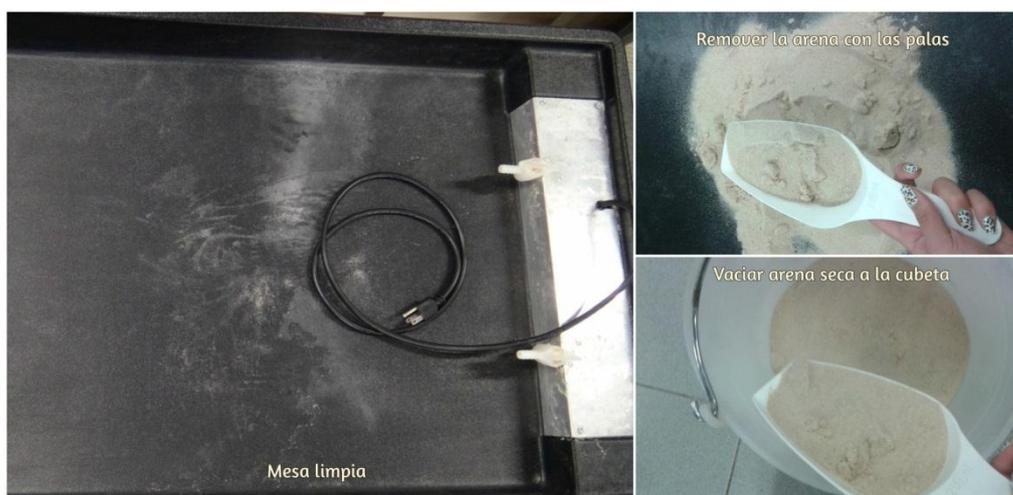


Figura 8

## Cuestionario

1. ¿Qué características podrías predecir de los sedimentos en el prodelta? (Tamaño de grano, estructuras sedimentarias, bioturbación)
2. Separa las facies de llanura deltaica, frente deltaico y prodelta según las características que observes en la siguiente fotografía. Además describe el espesor y litología probable de los estratos por cada facies, dibuja una columna litológica a escala.

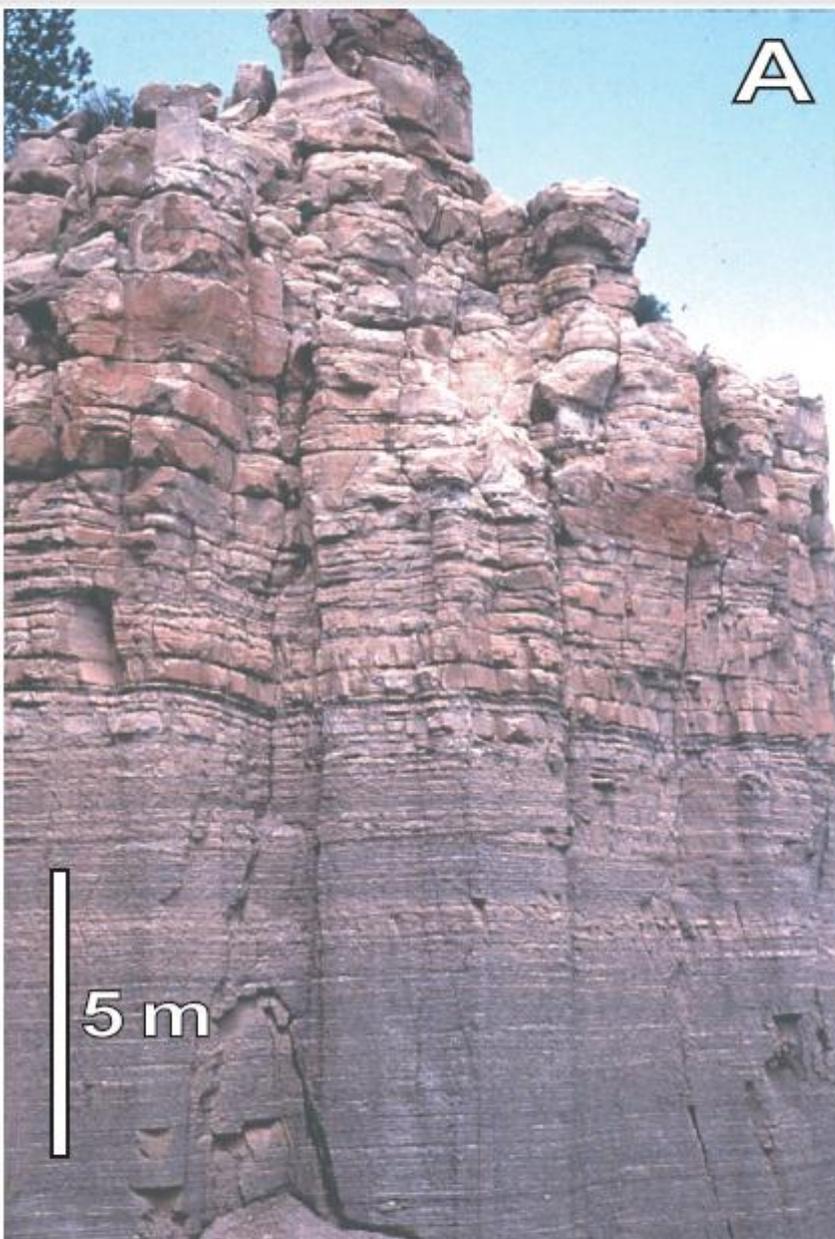


Figura 9. Tomada de Bhattacharya, (2006)

3. Completa el siguiente cuadro de los factores que caracterizan al ambiente de delta

|  |  |
|--|--|
| <b>Tipo de ambiente sedimentario</b>       |  |
| <b>Agente de transporte</b>                |  |
| <b>Marco tectónico</b>                     |  |
| <b>Partes del delta</b>                    |  |
| <b>Sedimentos depositados</b>              |  |
| <b>Estructuras sedimentarias presentes</b> |  |
| <b>Sucesión estratigráfica típica</b>      |  |

4. ¿Cuáles de las características del cuadro anterior crees que no se reproducen en la mesa de sedimentación y que repercusiones se tiene en su formación?
5. Elige la sucesión estratigráfica que mejor represente a un ambiente deltaico.

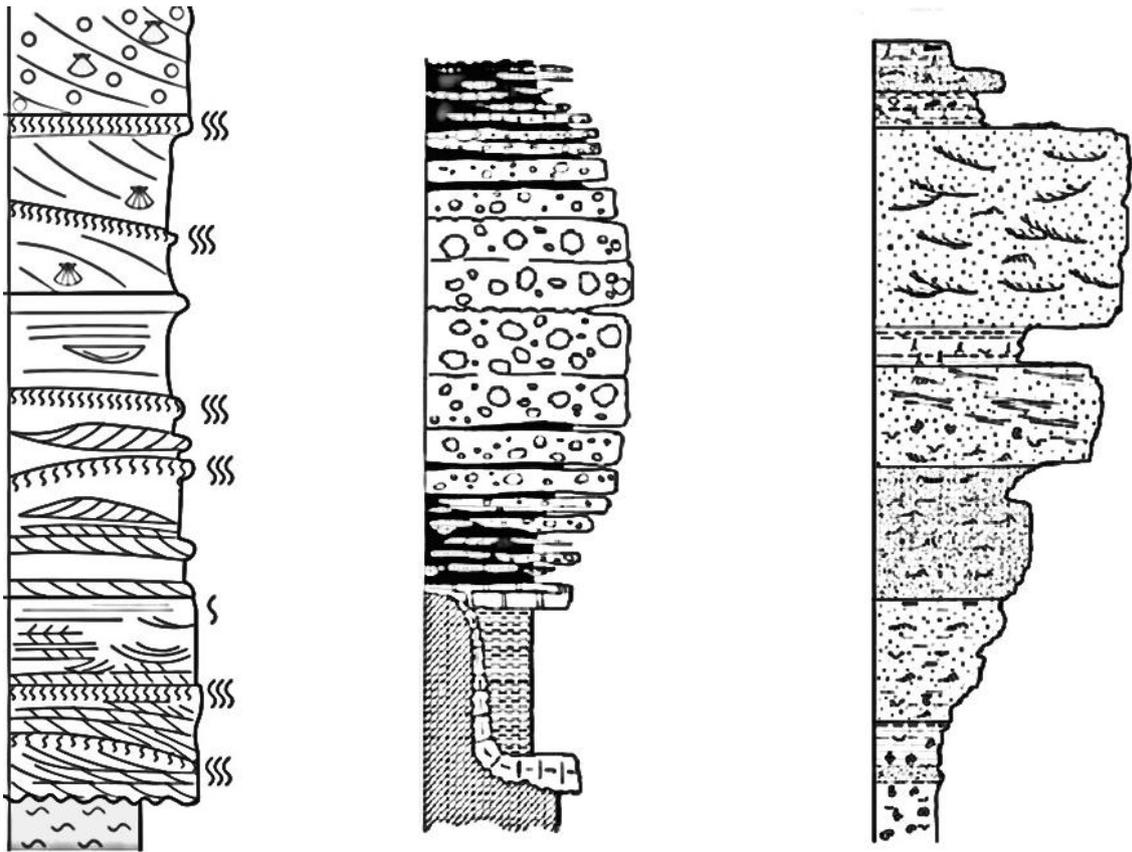


Figura 10. Modificadas de Arche, (2010)

6. Menciona el proceso dominante en la formación de un delta que impera en las siguientes imágenes, a partir de la geometría que presenta.

- A. Delta dominado por olas
- B. Delta dominado por ríos
- C. Delta dominado por mareas

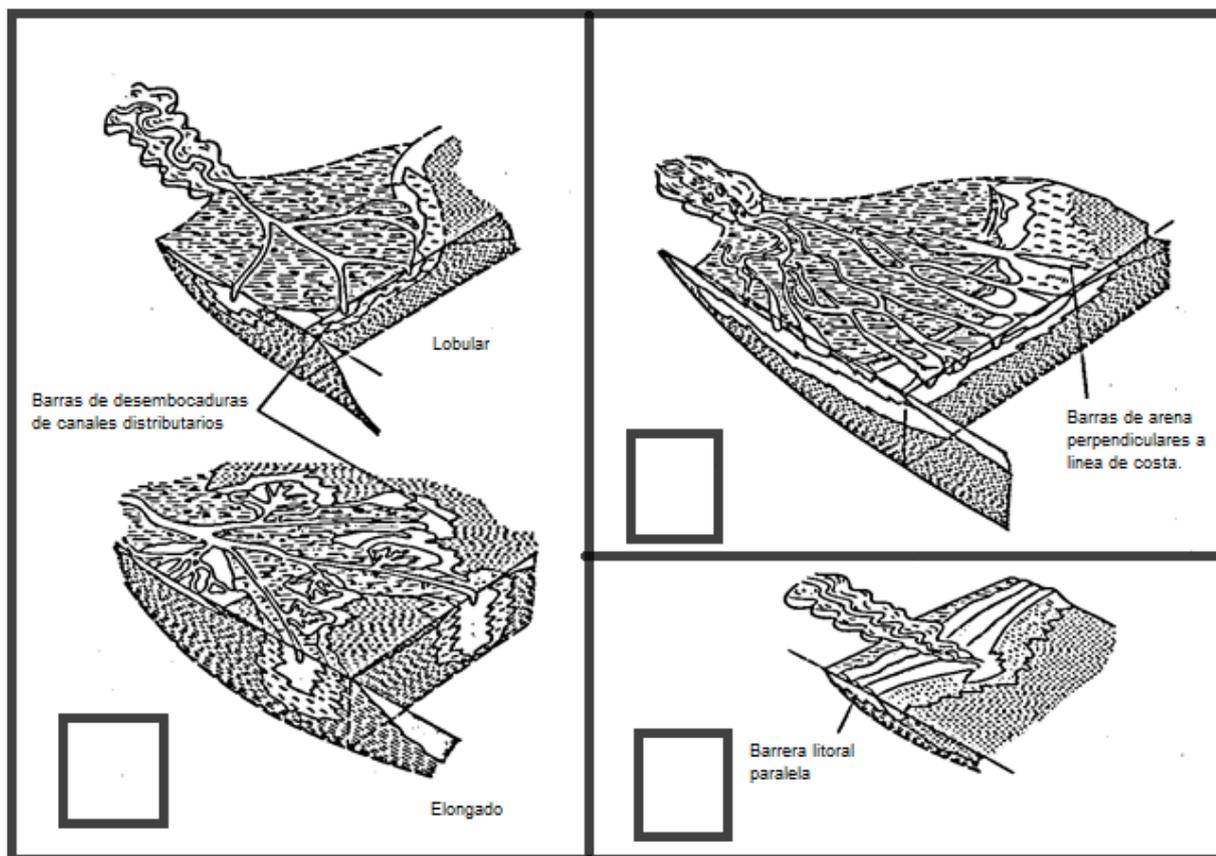


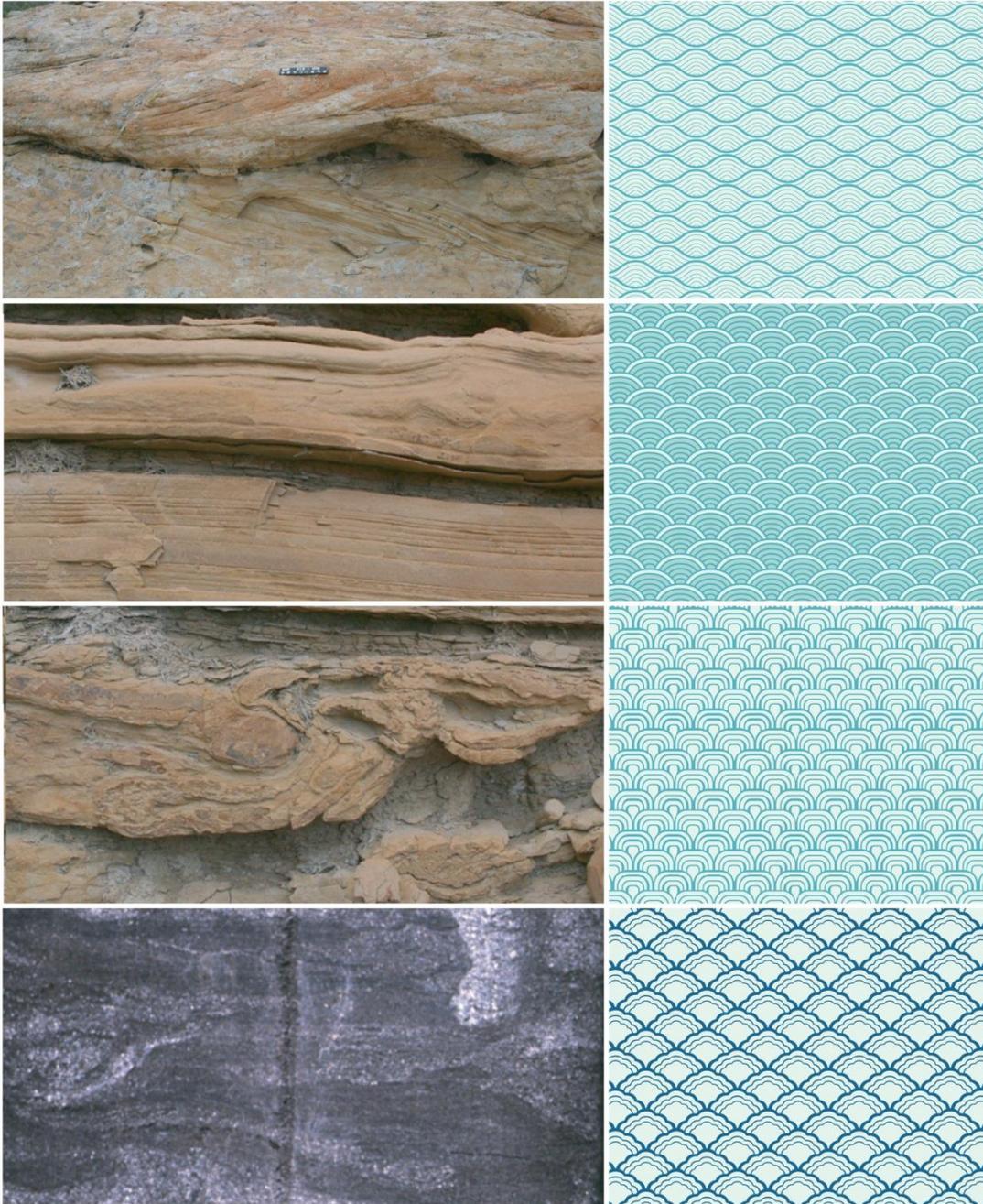
Figura 11. Modificada de Prothero y Schawb, (2004)

7. ¿Qué importancia económica podrías destacar en un depósito de tipo deltaico?
8. Según lo observado durante la práctica, ¿cómo clasificarías el delta formado de acuerdo al proceso dominante en su formación?
9. ¿Qué tipo de flujo de descarga del “río” al “mar” se observó en la práctica? ¿Por qué?
10. Según la definición de Gilbert, basada en la geometría de sedimentación ¿A qué parte del delta corresponden las litologías del siguiente afloramiento?



Figura 12. Tomada de Bhattacharya, (2006)

11. De las siguientes fotografías tomadas de Bhattacharya (2006), describa las estructuras sedimentarias presentes en cada imagen, así como el posible lugar de ocurrencia según las partes del delta.



**Figura 13. Estructuras sedimentarias en un delta**

12. Concluye con un párrafo donde describas la formación del delta en la mesa de sedimentación y su similitudes/diferencias con un delta real.

V.- Guía del profesor para el desarrollo de cada práctica

**Desarrollo de  
ambientes  
sedimentarios:  
DELTAS**

## Objetivo de aprendizaje

El alumno reproducirá la formación de un delta a escala, haciendo uso de la mesa de sedimentación y de los accesorios que la componen. Reforzará sus conocimientos en dicho ambiente sedimentario, reconocerá sus partes y los agentes involucrados en su formación. Al final el alumno será capaz de responder el cuestionario propuesto, además podrá realizar sus propias conclusiones al respecto.

## Material para la práctica

- ✓ Mesa de sedimentación
- ✓ Accesorios de la mesa sedimentación: Rectángulos grises de plástico de 15x5cm, palas cortas para arena, manguera de 2m de longitud x 0.5cm de diámetro.
- ✓ Arena (10 Kg aproximadamente)
- ✓ Agua (40 Lt)



Figura 14. Material para la práctica

## Antecedentes

- ✓ *Definición de delta*
- ✓ *Clasificación de deltas*
- ✓ *Tipo de flujos de descarga de los ríos*
- ✓ *Geometría: Factores y dimensiones de un delta*
- ✓ *Partes del delta*
- ✓ *Sedimentología y sucesión de facies*
- ✓ *Importancia económica*

### **Definición de delta**

Cuando en un lugar de la superficie terrestre se acumulan sedimentos que tienen diferencias físicas, químicas y biológicas con respecto a otros lugares, se habla entonces de *ambiente sedimentario*. En éste, actúan los procesos sedimentarios encargados de transportar y depositar dichos sedimentos (Rodríguez y Arche, 2010). Existen ambientes de tipo continental, marino o mixto, divididos así de acuerdo al lugar en donde se desarrollan.

Uno de los ambientes sedimentarios mixtos más importantes por su complejidad y por su importancia económica son los **deltas**. Se han definido como protuberancias discretas formadas en las líneas de costa donde los ríos entran en océanos, mares semicerrados, lagos o lagunas, y que suministran sedimentos más rápido de lo que pueden ser redistribuidos por otros procesos (Bhattacharya, 2006). Otra definición apunta que los *deltas* son sistemas sedimentarios de geometría generalmente convexa, que destacan en una costa frente a la desembocadura de un río y que se forman cuando el aporte de sedimentos procedentes de un río supera la redistribución de estos sedimentos por parte de procesos marinos tales como olas, corrientes y mareas (Rodríguez y Arche 2010). Una característica de un delta es su carácter progradante hacia el mar, es decir, el continente gana terreno hacia éste, por lo tanto tienen una gran importancia estratigráfica, representando a gran parte de las sucesiones sedimentarias de una cuenca de relleno, misma que le otorga ciertas características especiales a la columna estratigráfica de deltas, de la que se hablará más adelante.

El concepto de delta se remonta a Herodoto (400 a. C.), quien reconoció que la llanura aluvial en la desembocadura del río Nilo tenía la forma de la letra griega "delta" Δ (Bhattacharya, 2006).

### Clasificación de los deltas

Los deltas son producto de una combinación de procesos marinos y procesos fluviales, y han sido clasificados basándose en la importancia relativa de dichos procesos. Así tenemos deltas dominados por ríos, por oleaje, o por mareas.

Un *delta dominado por los ríos* tiene un gran volumen de sedimentos y tiende a ser de forma lobular cuando el suministro de sedimentos es moderado, y elongado cuando el suministro de sedimentos es alto. Si el suministro de sedimentos no puede mantenerse debido al poder erosivo de los procesos marinos, entonces el delta tiende a ser pequeño. Un *delta dominado por las mareas* tiene muchas barras paralelas al flujo de las mareas y perpendiculares a la línea de costa (Prothero y Schwab, 2004). Finalmente un *delta dominado por las olas muestra lóbulos frontales suaves* con márgenes arqueados o con forma de cúspide (Bhattacharya, 2006). De acuerdo con esta clasificación, Galloway (1975) junto con Coleman y Wright (1975) propusieron un diagrama triangular cuyos vértices corresponden con los procesos fluviales, de oleaje y mareales que determinan el tamaño y geometría de los deltas. Así mismo se tomaron como ejemplo los deltas actuales en el mundo y se ubicaron en dicho diagrama de acuerdo al proceso que los domina. Sin embargo existen deltas “intermedios” que son producto de la combinación de los tres procesos antes mencionados, sin ser exclusivamente dominados por uno de ellos (Figura 15). Otros diagramas han sido descritos, agregando nuevas variables al sistema como el realizado por Orton y Reading (1993), adicionando el tamaño de grano de los sedimentos, convirtiéndolo en un diagrama triangular tridimensional.

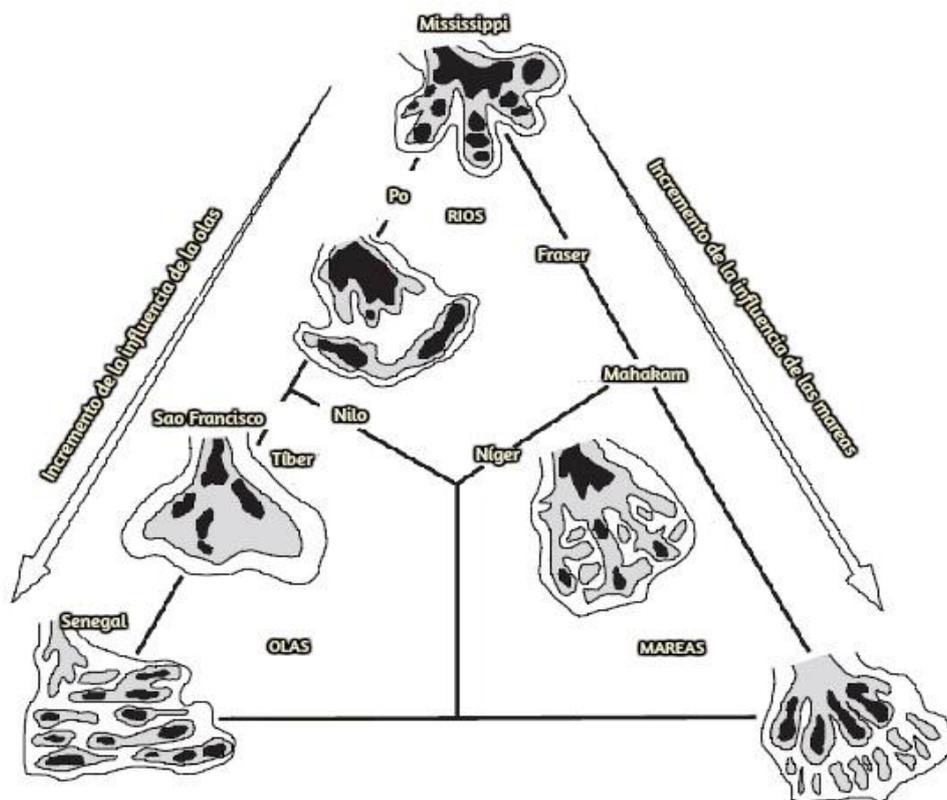


Figura 15. Geometría de los seis cuerpos de arena descritos por Coleman y Wright (1975) construido a partir de la clasificación tripartita de Galloway (1975), tomado de Bhattacharya y Walker (1992). Los puntos negros representan las mayores acumulaciones de arena.

### ***Flujos de descarga de los ríos***

Cuando las aguas del río entran en contacto con el agua del mar se da una desaceleración de los sedimentos debido al cambio de las condiciones hidráulicas. Las aguas del río pueden ser igual de densas, más densas o menos densas que las aguas marinas, denominándose flujo *homopícnico*, *hiperpícnico* e *hipopícnico* respectivamente. En el flujo homopícnico las aguas se mezclan rápidamente en tres dimensiones con una rápida sedimentación, en el *hiperpícnico* una corriente densa puede desplazarse lejos de la desembocadura, por lo que no hará crecer el delta fácilmente e *hipopícnico* donde las aguas de origen fluvial cargadas de sedimentos forman una pluma superficial que se desplaza sobre las aguas de la cuenca receptora.

### ***Geometría: Factores y dimensiones de un delta***

Aparte del aporte fluvial y el retrabajo de los depósitos por mareas y oleaje, existen otros factores que pueden influenciar la forma de un delta, como la geometría y naturaleza de la cuenca receptora, la naturaleza de la cuenca de drenaje, el marco tectónico, la pendiente de la plataforma y el clima. Además, los cambios del nivel del mar relativos (debido al eustatismo y las tasas de subsidencia) influirán en el grado de crecimiento y la destrucción del delta. El tamaño y la composición del sedimento afectan también en la distribución de las facies deltaicas. Dichos factores no son independientes, ya que por ejemplo el tipo de sedimento es función del clima y la cuenca de drenaje, así como la pendiente de la plataforma es función de marco tectónico de la cuenca, etc (Bhattacharya y Walker, 1992).

Por otro lado Bhattacharya (2006) señala que la distribución de facies y la morfología de un delta depende de (1) si el flujo de salida del río es homopícnico, hiperpícnico o hipopícnico, con respecto al cuerpo de agua donde descarga el delta, (2) de la interacción de la pluma del río con los procesos marinos (olas, mareas, tormentas, corrientes oceánicas, y retrabajo biogénico), (3) la posición física del delta en la cuenca, y (4) el grado en que los sedimentos del río son retrabajados por los procesos marinos.

En cuanto al tamaño, los deltas varían mucho, desde cientos de metros hasta cientos de kilómetros. Así tenemos el delta de São Francisco (Brasil) con una llanura deltaica de 734 km<sup>2</sup>, el delta del Mississippi (EUA) con 28.5 km<sup>2</sup> y otros como el delta del río Chachaguála (Honduras) con apenas 6 km<sup>2</sup> de área, por mencionar algunos (Orton y Reading, 1993).

Estas variaciones vienen dadas tanto por las características del sistema fluvial (descarga fluvial, relación carga de fondo/suspensión, precipitación y fluctuación en área de drenaje) como por las características del área de recepción (régimen de olas, tipo y rango de mareas, corrientes geostróficas, profundidad y salinidad de las aguas) (Rodríguez y Arche, 2010).

### Partes del delta

Todo delta posee dos partes bien diferenciadas: una subaérea llamada a) llanura deltaica y otra subacuática, dividida a su vez en b) frente deltaico y c) prodelta. (Rodríguez y Arche, 2010). En vista de sección, los deltas pueden ser divididos en tres zonas con base en la geometría de la sedimentación (Figura 16): *topset*, *foreset* y *bottomset*. El **foreset** está asociado con el frente deltaico porque muestra capas inclinadas (clinoformas bien desarrolladas) que varían desde unos pocos grados hasta el ángulo de reposo del delta de Gilbert (25°). Los sedimentos del **bottomset** se inclinan con menos intensidad siendo  $\ll 1^\circ$  y se asocian al prodelta. Las facies de **topset** son típicamente planas y se forman en la parte proximal del delta, es decir en la llanura deltaica. Estos nombres fueron otorgados por Gilbert, quien hizo el primer estudio de un delta antiguo que descargaba en el lago Bonneville, Utah (Bhattacharya, 2006).

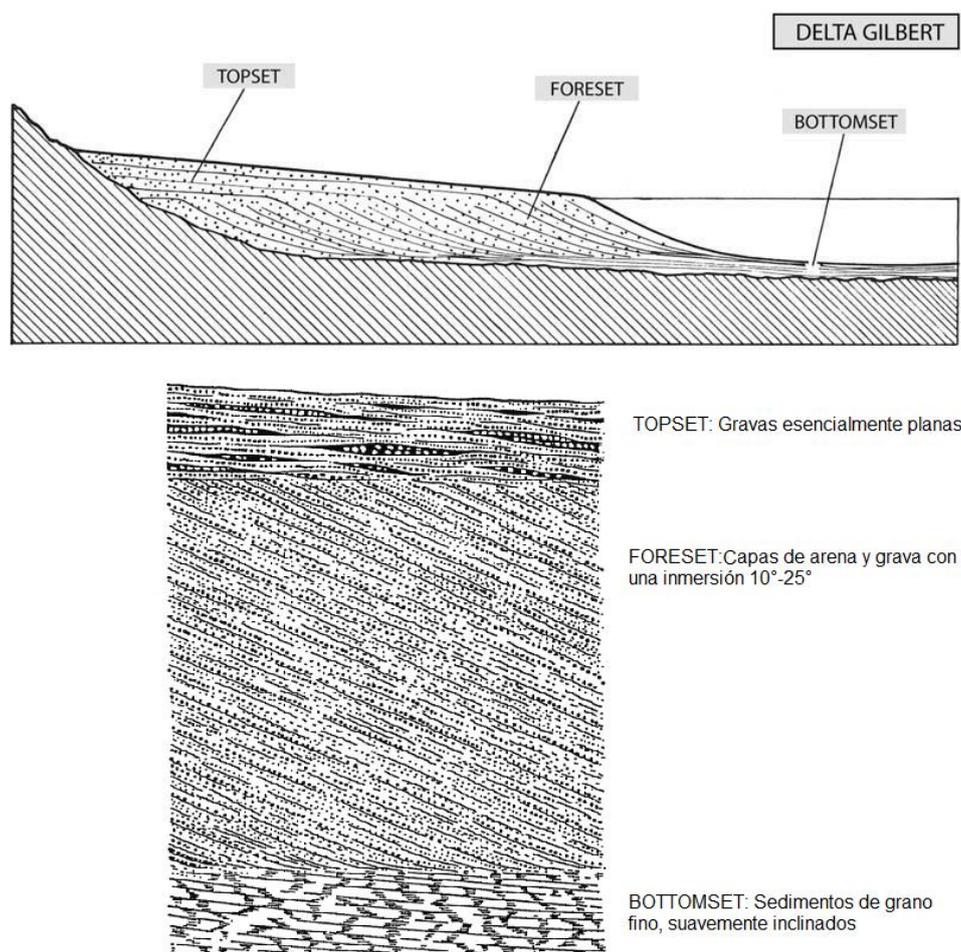


Figura 16. Sección transversal de un delta, según Gilbert (1920), modificado de Bhattacharya, 2006.

A continuación se explicarán las estructuras que identifican a cada parte del delta

a) Llanura deltaica

Corresponde a la parte emergida del delta. Suele dividirse en dos, una superior, donde predominan los procesos fluviales y otra inferior donde se da la interacción de procesos fluviales y marinos (Rodríguez y Arche, 2010). La llanura está definida por la presencia de canales distributarios (Bhattacharya, 2006) así como también por bahías interdistributarias, planicies de inundación (marismas, pantanos) y abanicos de desborde.

Los límites laterales de los canales distributarios los constituyen los levees o *bordos* ligeramente elevados respecto al nivel del canal. Estos bordos se forman, en los momentos de desbordamiento y se conforman de sedimentos gruesos, (Rodríguez y Arche, 2010) tales como gravas y arenas. Procesos de avulsión son frecuentes en canales distributarios.

b) Frente deltaico

Es la parte delantera del delta, corresponde al sitio de mayor depósito en ambientes deltaicos, sobre todo en las desembocaduras de los canales distributarios (Bhattacharya y Walker, 1992). Es la zona de interacción de aguas fluvio-marinas (Bhattacharya, 2006).

La mayor parte del depósito de arena ocurre en la denominada barra de desembocadura, (en la desembocadura de un canal distributario) que sucesivamente pueden construir lóbulos de depósito a escala regional (Bhattacharya, 2006). Por otra parte, la rápida progradación del delta da lugar a cuerpos lenticulares alargados paralelamente a la corriente fluvial denominados barras de arena (Rodríguez y Arche, 2010).

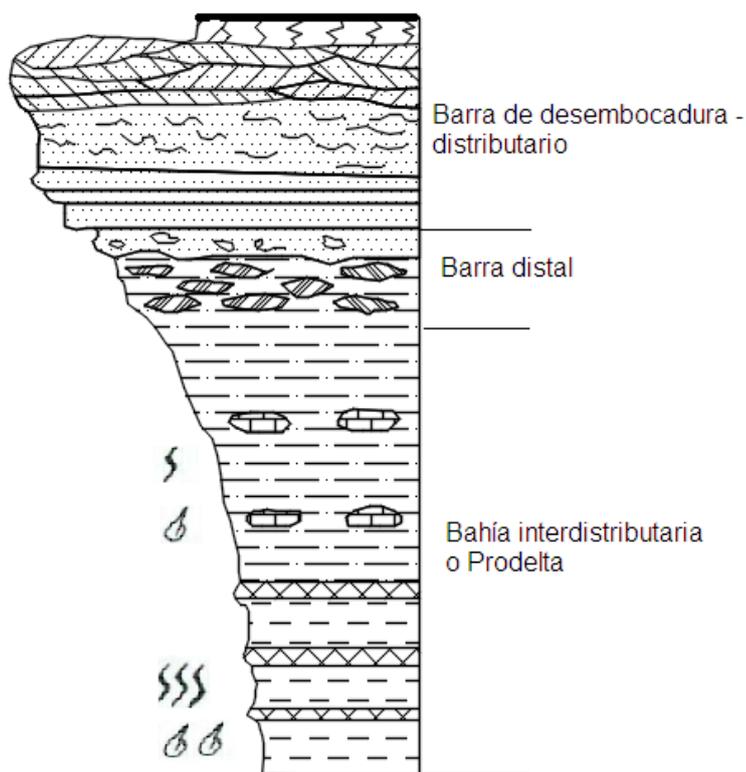
c) Prodelta

Es el área más distal del delta en la que el material fino se deposita por suspensión. Está altamente bioturbada y los materiales que en ella se depositan son de transición a los materiales típicamente marinos (Bhattacharya y Walker, 1992), principalmente arcillas.

### **Sedimentología y sucesión estratigráfica**

La sucesión estratigráfica clásica de un sistema deltaico es una sucesión estrato-creciente, debido a su carácter progradante, por lo que sus sedimentos cambian granulométricamente a texturas más gruesas conforme son más jóvenes. En la base está conformada por lodos y arcillas del prodelta, seguido por arenas de las barras de desembocadura y de los lóbulos que a su vez subyacen a los lodos y carbones de las marismas interdistributarias. (Figura 17)

Carbón  
 Duricreta, arcillosa  
 Arenisca de grano fino a medio, estratificación cruzada festoneada y plana multidireccional  
 Areniscas de grano fino, onduladas  
 Areniscas de grano fino, estratos gradados  
 Areniscas de grano fino, almohadillas  
 Areniscas de grano fino, estructuras flaser y limolitas  
 Lutitas limosas y limolitas con concreciones calcáreas en estratos delgados, bioturbación, fósiles ocasionales.  
 Lutitas arcillosas con bandas de siderita, bioturbada, fosilífera.



Arena | Limo | Arcilla

**Figura 17. Típica sucesión estrato-creciente, tomada de Prothero and Schwab, 2004.**

En cuanto a la sedimentología hay una amplia gama de tamaños que van desde grava y arena hasta arcillas, acumulándose los sedimentos más gruesos en la desembocadura, volviéndose más fina conforme se aleja de la costa. Carbón y materia orgánica pueden ser importantes a nivel local. Hay una amplia variedad de estructuras sedimentarias dependiendo de la intensidad de la corriente y el tamaño de grano. En los canales distributarios se presenta estratificación cruzada y rizaduras, conchas y bioturbación, son comunes. Los lodos del prodelta están finamente laminados (y frecuentemente bioturbados) con capas de arena alternantes y estructuras de deformación como fallas de crecimiento y *slumps*.

Respecto al marco tectónico, los deltas se desarrollan principalmente a lo largo de las llanuras costeras de márgenes pasivas o en términos generales en cuencas cratónicas subsidentes. En realidad es difícil que un delta se forme en una margen activa de subducción continental pues no hay una superficie estable sobre la que se puedan acumular sedimentos, de hecho en este tipo de márgenes usualmente esta cubiertas por sierras que limita el tamaño de la cuenca del río que provee el sedimento deltaico (Prothero y Schwab, 2004).

### ***Importancia económica***

Desde la perspectiva económica, los deltas alojan el 30% de todos los depósitos de gas, petróleo y carbón en el mundo, por lo que nuevos y mejores análisis de modelos de facies se requieren para mejorar la extracción de ellos (Bhattacharya, 2006).

## Desarrollo

Antes de iniciar el proceso es importante aclarar a los alumnos que se trata de un modelado a escala del proceso y cómo tal, tiene algunas limitantes, que irán descubriendo a lo largo de la práctica.

### ○ Preparativos

1. Coloque la arena en la mesa de sedimentación haciendo una pendiente con ella muy ligera de aproximadamente  $1^\circ$  a  $5^\circ$ . Cerca de las llaves de la mesa deje un espacio (10-15 cm) con una capa delgada de arena seguida de dos cúmulos de arena con una ranura entre ellos (5 cm) como se muestra en la siguiente figura. Para lograr lo anterior se recomienda usar los rectángulos grises (accesorios de la mesa). Los cúmulos servirán como fuente de arena para formar el delta. Podemos comparar los elementos presentes en la mesa con la estructura de un delta real para establecer un símil, indicando por ejemplo, de qué manera fungen los cúmulos como fuente de aporte de sedimentos que erosiona el río en el continente o bien las llaves como flujo de agua de un río. (Ver recomendación 1)

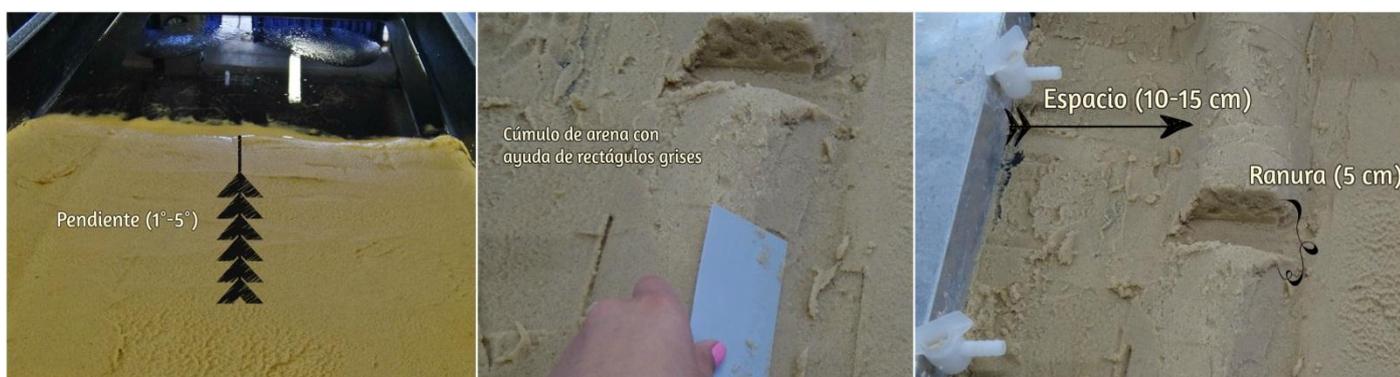


Figura 18.

2. Llene con agua el depósito de la mesa de sedimentación utilizando el agujero alimentador que se encuentra al final de la misma, hasta que quede parcialmente lleno el contenedor que hay debajo de dicho agujero con aproximadamente 40 litros. Después coloque un poco de agua en la charola para simular el mar donde se desarrollará el delta



Figura 19

3. Revise que las llaves de la mesa se encuentren cerradas y proceda a conectar la mesa a la corriente eléctrica. Una vez encendida, abra las llaves completamente como se muestra en la siguiente figura y espere a que el proceso ocurra (aprox. 20-40 minutos) (Ver recomendación 2). Se propone hacer énfasis en cómo el delta gana terreno hacia el mar (prograda) durante su formación.



Figura 20

### ○ **Formación del delta**

El delta se forma por sí solo siguiendo los preparativos antes descritos, sin embargo habrá que cuidar que las llaves tenga un flujo de agua constante, ya que de no ser así toda la estructura podría dar lugar a la formación de uno o solo algunos lóbulos progradantes. Al inicio de la práctica la arena estará seca, por lo que es recomendable mojarla para reducir el tiempo en lo que el agua la humedece.

Se puede colocar un acrílico (accesorio opcional de la mesa) a lo largo de la mesa de sedimentación para observar la forma de depósito de las capas de los lóbulos progradantes, donde se puede observar la inclinación natural del sedimento (foreset). Es importante señalar que el agujero que se encuentra al final de la mesa permanece abierto durante todo el proceso de formación, de lo contrario el agua se acumula y puede no formarse el delta.

Durante el proceso de formación se debe estar al pendiente, ya que en ese lapso de tiempo ocurren procesos como creaciones de canales distributarios, abandono y reactivación de los mismos, avulsión, progradación de lóbulos y formación de bordos, que vale la pena apreciar.

El tiempo de formación es variable y dependiente de la cantidad de arena que se use y del flujo de agua de las llaves. Cuando el delta esté formado tendrá que tenerse en cuenta que se trata de

un modelado a escala y por lo tanto las estructuras que se forman en la mesa representan estructuras de mayor dimensión e importancia en la realidad.

Algunas características a observar son las bahías interdistributarias, las marismas o pantanos, la superposición de lóbulos, los surcos que los canales distributarios dejaron a su paso y en general las partes que conforman al delta. Si se aprecian dichas estructuras la práctica se habrá realizado con éxito.

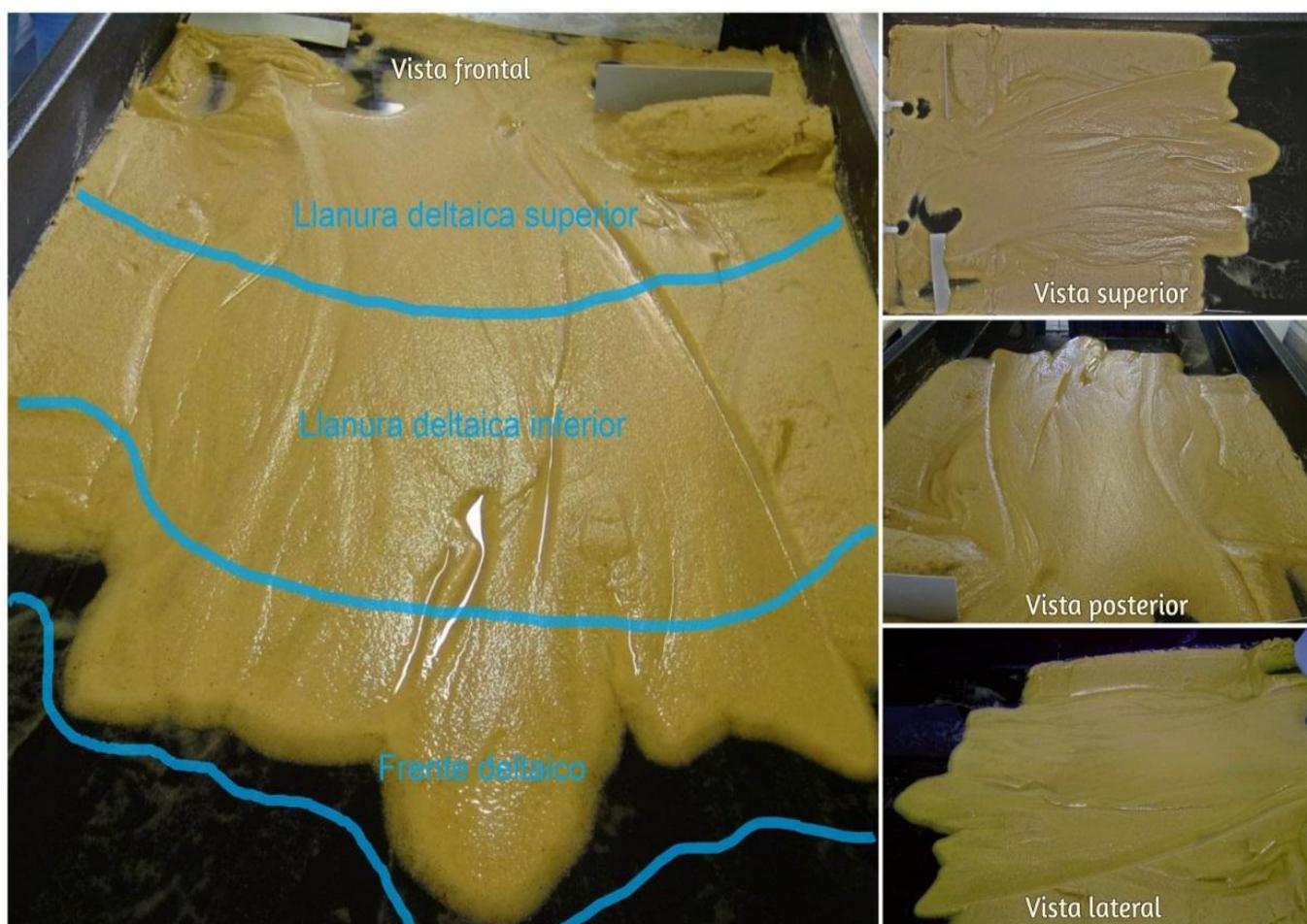


Figura 21



Figura 22. Estructuras formadas: 1. Canal distributivo. 2. Lóbulo 3. Marisma 4. Bahía interdistributaria 5. Bordo 6. Avulsión

○ **Limpieza de la mesa al finalizar**

4. Para drenar y secar la mesa, conecte la manguera a una de las llaves de la mesa y llévela hacia una cubeta. Una vez que se tenga donde depositar el agua abra la llave y drene toda el agua que hay en el contenedor de la mesa de sedimentación.



Figura 23

5. Cuando se haya drenado el agua en su totalidad desconecte la mesa, (Ver recomendación 3) y cuando la arena esté seca, remuévala de la mesa de sedimentación y colóquela en una cubeta con ayuda de las palas para arena. Deje la mesa limpia.

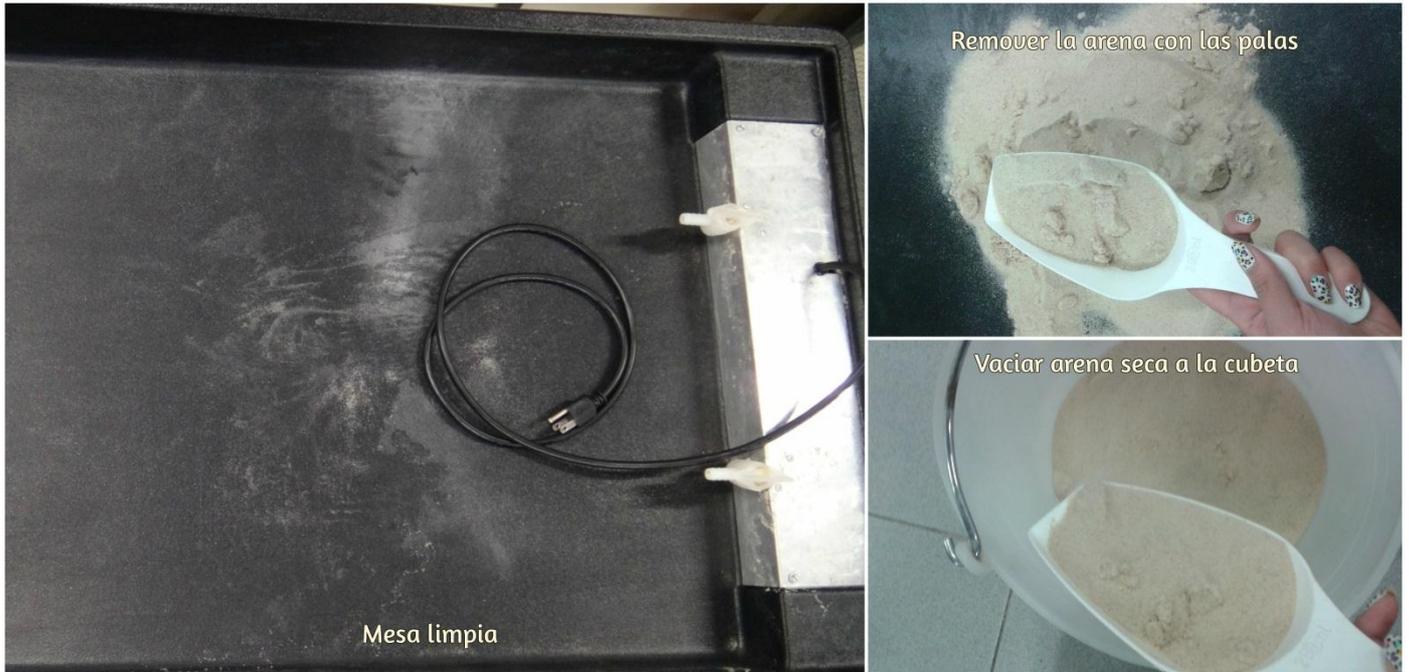


Figura 24

## Cuestionario Resuelto

1. ¿Qué características podrías predecir de los sedimentos en el prodelta? (Tamaño de grano, estructuras sedimentarias, bioturbación)

*Los sedimentos del prodelta son los más alejados de toda la estructura deltaica y se componen de limos y arcillas y se van haciendo más finos conforme se alejan de ésta. Usualmente están laminados y la bioturbación es alta. Presenta alto contenido de materia orgánica.*

2. Separa las facies de llanura deltaica, frente deltaico y prodelta según las características que observes en la siguiente fotografía. Además describe el espesor y litología probable de los estratos por cada facies, dibuja una columna litológica a escala. (siguiente página)

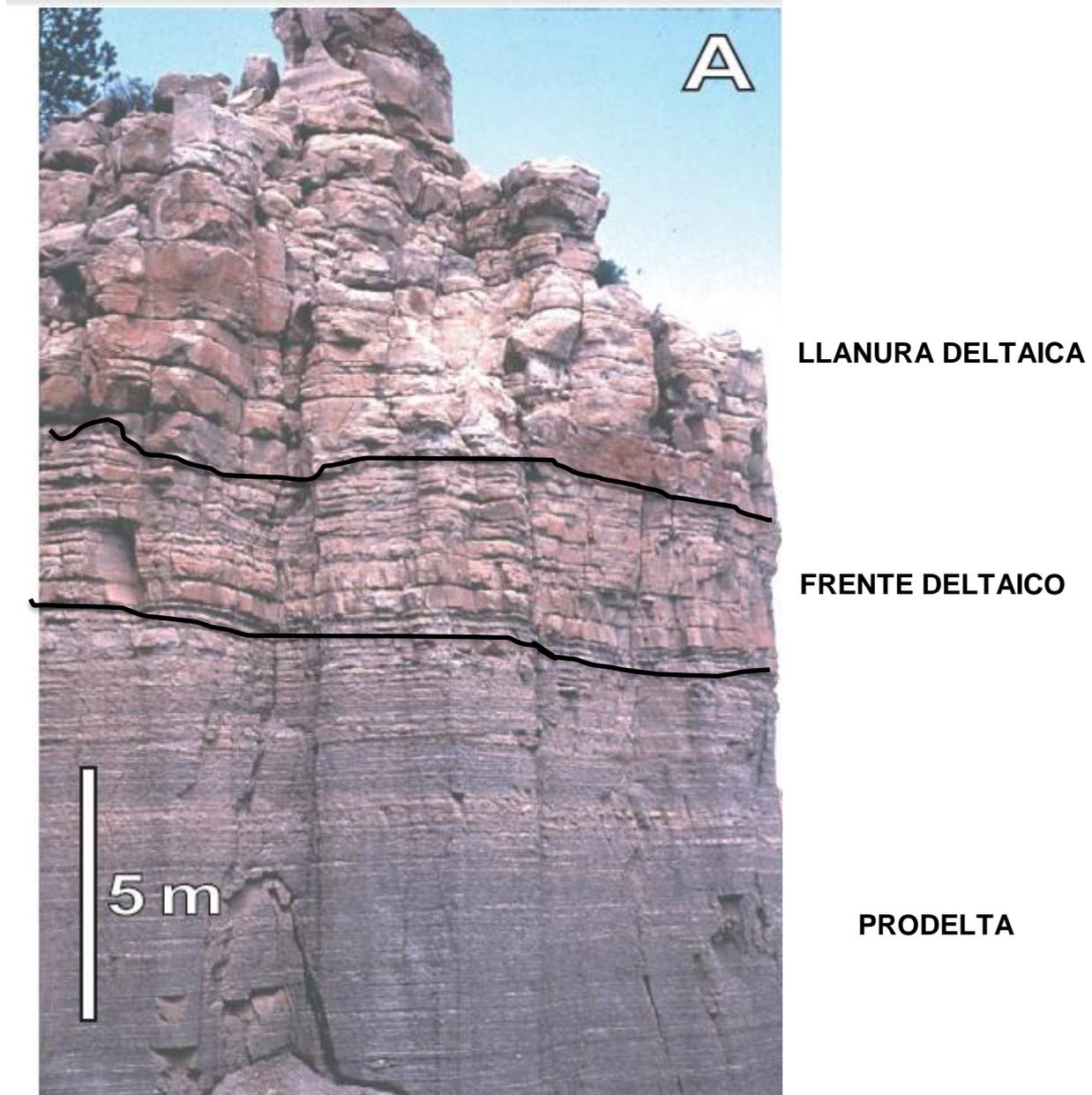


Figura 25. Modificada de Bhattacharya, (2006)

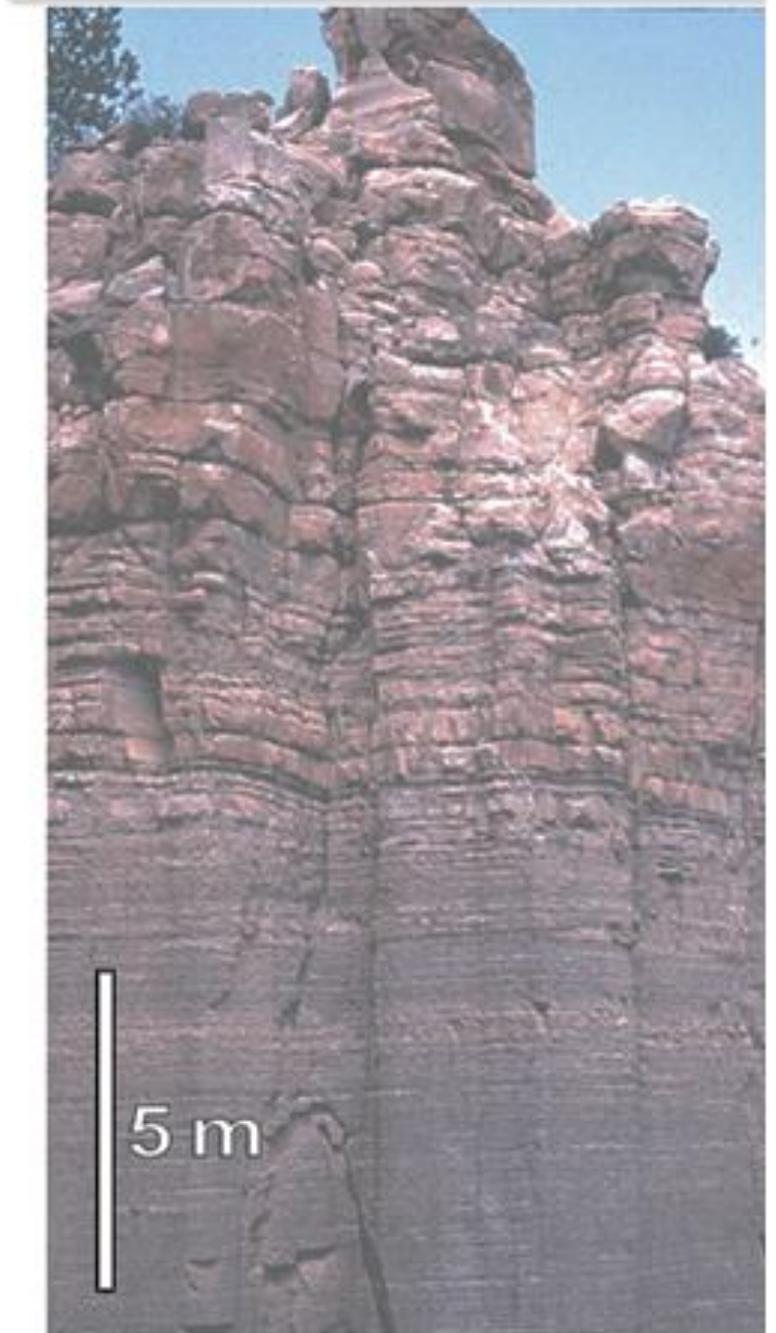
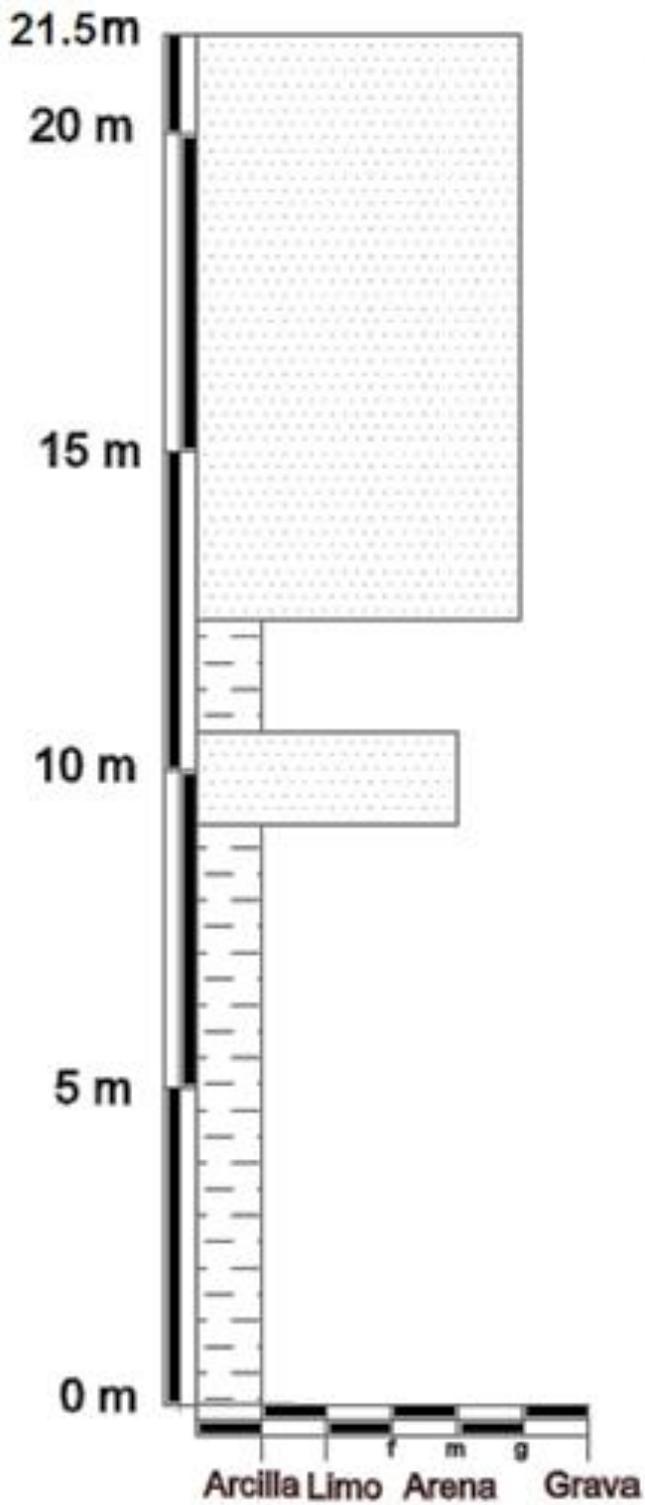


Figura 26. Fotografía con columna litológica a escala.

3. Completa el siguiente cuadro de los factores que caracterizan al ambiente de delta

|  |   |
|--|---|
| <b>Tipo de ambiente sedimentario</b>       | • Ambiente transicional/mixto   |
| <b>Agente de transporte</b>                | • Agua del río que descarga en el mar   |
| <b>Marco tectónico</b>                     | • Margenes pasivos de subsidencia activa  |
| <b>Partes del delta</b>                    | • Llanura deltaica (topset),<br>• Frente deltaico (foreset) ,<br>• Prodelta (bottomset) |
| <b>Sedimentos depositados</b>              | • Gravas-arenas, arenas-limos, limos-arcillas, respectivamente.                         |
| <b>Estructuras sedimentarias presentes</b> | • Estratificación cruzada, rizaduras, laminación paralela, slumps.                      |
| <b>Sucesión estratigráfica típica</b>      | • Sucesión grano y estratocreciente   |

4. ¿Cuáles de las características del cuadro anterior crees que no se reproducen en la mesa de sedimentación y que repercusiones se tiene en su formación?

*El experimento está hecho con un solo tipo de sedimento (arenas) por lo tanto no podemos hablar de distintos sedimentos depositados o bien sucesiones grano-crecientes. Incluso las partes del delta formado no incluyen al prodelta debido a que no tenemos material más fino que viaje y se deposite por suspensión. Además no tenemos subsidencia activa por lo que sería difícil que se acumularan capas de los lóbulos progradantes del delta, dando lugar a una sucesión estrato-creciente.*

5. Elige la sucesión estratigráfica que mejor represente a un ambiente deltaico.

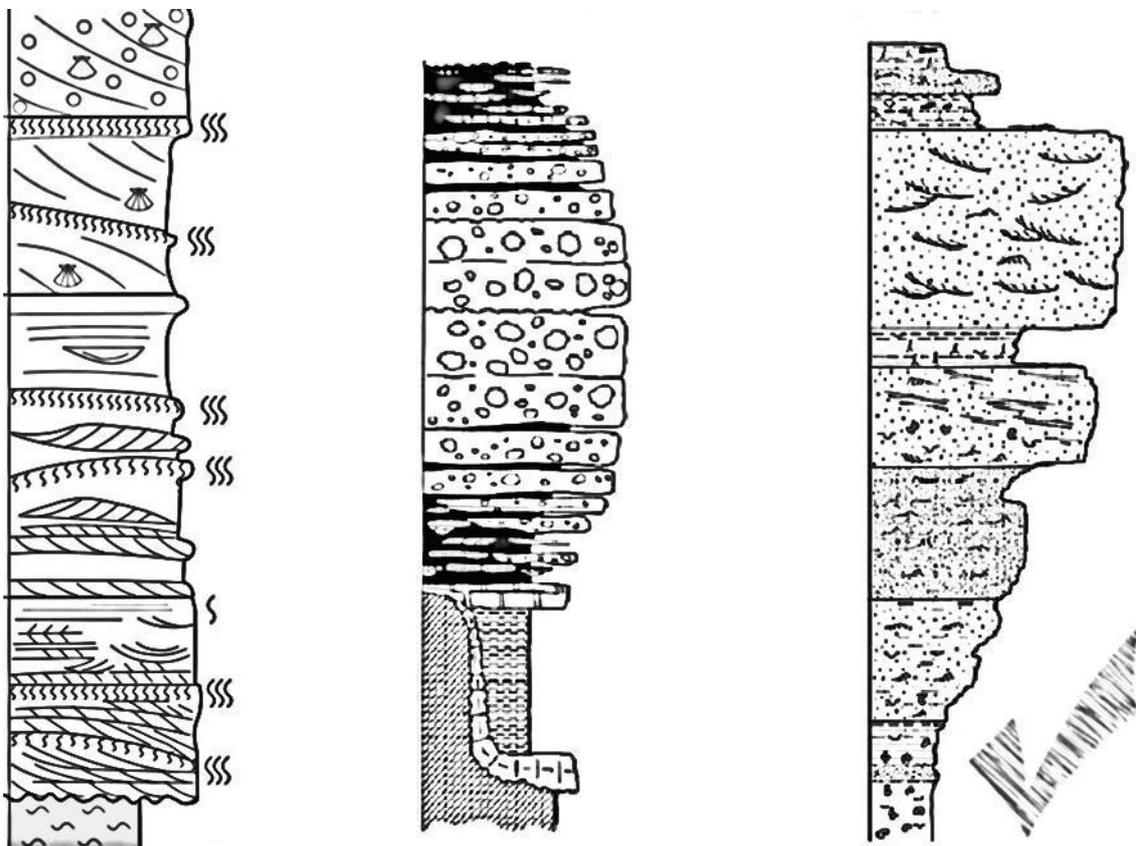


Figura 27. Modificadas de Arche, (2010)

6. Menciona el proceso dominante en la formación de un delta que impera en las siguientes imágenes, a partir de la geometría que presenta.

- A. Delta dominado por olas
- B. Delta dominado por ríos
- C. Delta dominado por mareas

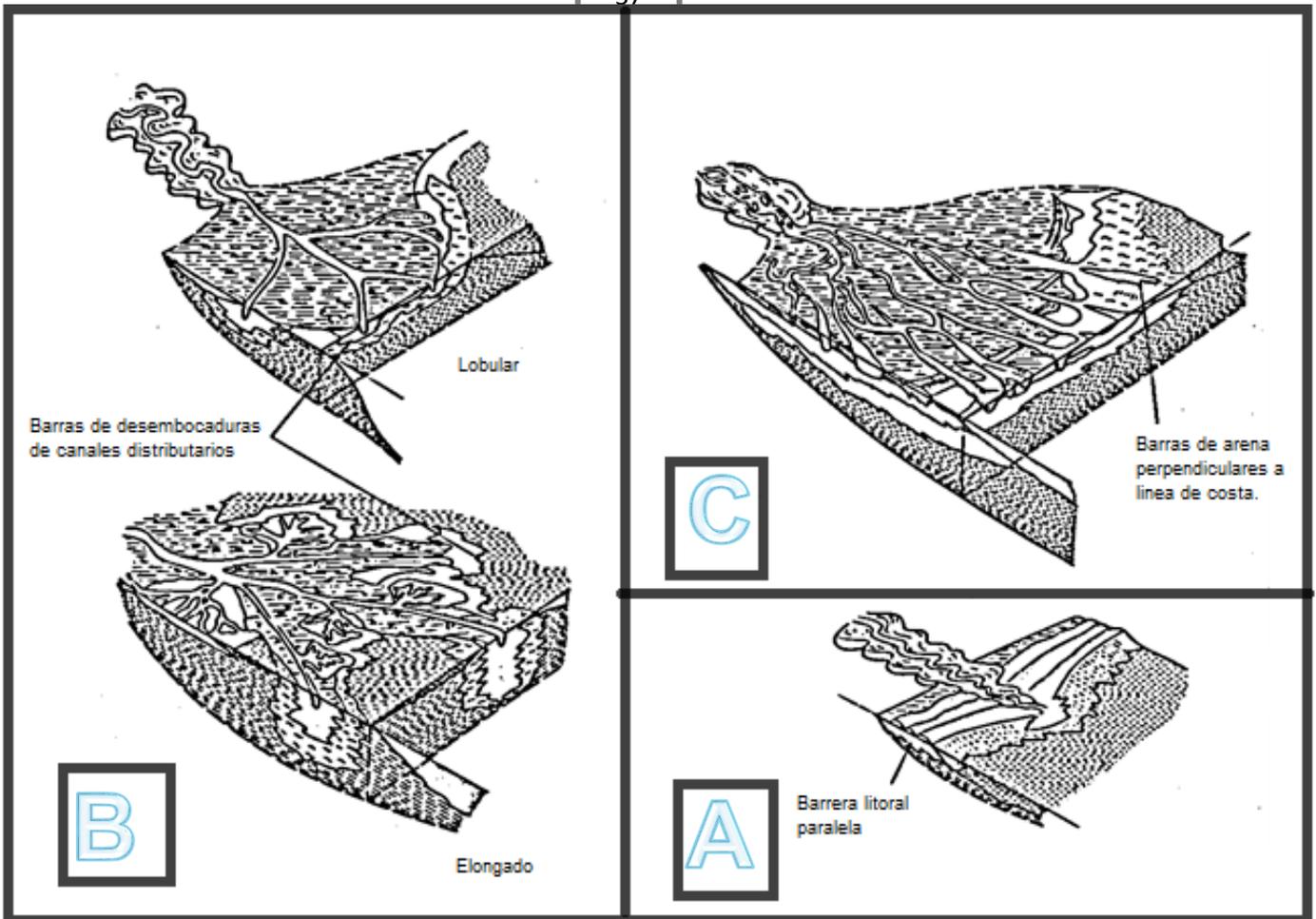


Figura 28. Modificada de Prothero y Schawb, 2004.

7. ¿Qué importancia económica podrías destacar en un depósito de tipo deltaico?

*Las sucesiones deltaicas suelen tener grandes espesores y continuidad lateral de sedimentos además de rocas de diferente granulometría que pueden ser asociadas a la acumulación de hidrocarburos, favorecidos por la presencia en este ambiente de materia orgánica, y trampas estructurales asociadas a la deformación. De hecho se dice que los deltas albergan el 30% de los hidrocarburos en el mundo.*

8. Según lo observado durante la práctica, ¿cómo clasificarías el delta formado de acuerdo al proceso dominante en su formación?

*El delta formado es claramente dominado por ríos ya que ni el oleaje ni las mareas fueron recreados en este experimento. Esto se puede corroborar observando la geometría del mismo, que es de tipo "elongado" debido a que el suministro del sedimento fue alto y constante.*

9. ¿Qué tipo de flujo de descarga del “río” al “mar” se observó en la práctica?  
¿Por qué?

*El agua marina recreada para el ensayo no tuvo una salinidad y por lo tanto densidad diferente, por lo que podría ser tanto hiperpícnico como homopícnico, sin embargo debido a la forma en la que ocurría un rápido depósito de sedimentos cuando las aguas se mezclaban podríamos hablar de flujo homopícnico.*

10. Según la definición de Gilbert, basado en la geometría de sedimentación ¿A qué parte del delta corresponden las litologías del siguiente afloramiento?



Figura 29. Tomada de Bhattacharya, (2006)

*Corresponde al foreset debido a la inclinación de las capas. La litología inclinada sobreyace sobre una litología de grano más fino menos inclinada que puede corresponder al bottomset.*

11. De las siguientes fotografías tomadas de Bhattacharya (2006), decir que estructuras sedimentarias están presentes en cada imagen, así como el posible lugar de ocurrencia según las partes del delta.



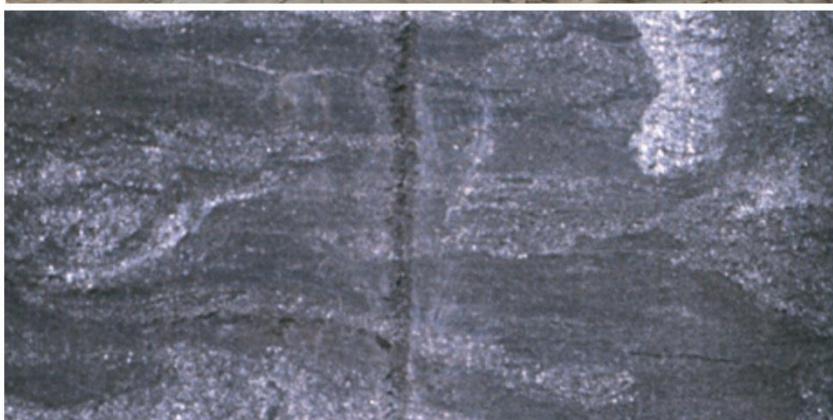
**Estratificación cruzada  
bidireccional en areniscas de  
grano medio.  
Llanura deltaica inferior**



**Laminación paralela  
subyaciendo a ripples en  
areniscas de grano fino.  
Frente deltaico**



**Slump en areniscas con  
lutitas. Transición frente  
deltaico-prodelta**



**Bioturbación en finos.  
Prodelta**

**Figura 30. Estructuras sedimentarias y su posible procedencia.**

12. Concluye en un párrafo donde expliques la formación de un delta en la práctica y su similitudes/diferencias con un delta real.

*Resulta complicado recrear todos los factores en el laboratorio que contribuyen a crear un delta en la realidad, sin embargo se pudieron hacer visualizaciones tangibles como la geometría del mismo, la progradación de los lóbulos, las partes de delta y algunas estructuras formadas (Ver video).*

## Recomendaciones durante el desarrollo de la práctica

1. Para una mejor visualización del proceso de formación del delta, se recomienda no usar toda la arena disponible en la mesa de sedimentación, ya que en los experimentos se observó que los sedimentos sobrepasarán la capacidad de peso de la mesa, además el espacio de la mesa no será suficiente para poder formar el delta. Se sugiere usar la mitad de la reserva de arena (aproximadamente 10 kg de 20 kg disponibles)
2. Los cúmulos de arena deben ser erosionados por las llaves de agua de la mesa de sedimentación. Para disminuir el tiempo del proceso de erosión se recomienda poner los accesorios grises (rectángulos grises) que vienen como accesorios de la mesa sobre ellos como lo muestra la figura siguiente.



Figura 31. Uso de rectángulos grises en la práctica.

3. La mesa debe desconectarse inmediatamente después de que termine el proceso de formación del delta y cuando se deje de drenar el agua ya que de seguir conectada la bomba de agua continua trabajando y produce un calentamiento de ésta.

## VI.- Conclusiones

Los materiales didácticos que se obtuvieron en este trabajo son de dos tipos. Una guía para desarrollar una práctica de laboratorio haciendo uso de la mesa de sedimentación para ilustrar el proceso de formación de un delta controlado por procesos fluviales, que incluye un enfoque para el alumno y otro para el profesor. El otro material didáctico es de tipo audiovisual que ilustra el proceso de dicho proceso de dos formas diferentes, siendo uno de detalle y otro de forma sintética, obteniendo con ello dos videos, los cuales les ofrecen a los estudiantes y profesores un recurso para revisar los resultados obtenidos en la práctica o simplemente para visualizar el proceso.

En cuanto a los resultados de las características del delta formado en la mesa de sedimentación se puede concluir que mostró una geometría tipo letra griega “ $\Delta$ ”, que se formó debido a factores como:

- El alta descarga fluvial producto de la velocidad del agua de las llaves de la mesa sedimentación.
- La abundancia de sedimento proporcionada por los cúmulos de arena, que representan los sedimentos acarreados por un sistema fluvial que erosiona el continente.
- El bajo gradiente de la “plataforma” en la que se depositó el sedimento, representada por la capa de arena de baja pendiente propuesta en el desarrollo de la práctica.
- El tamaño de la cuenca de recepción, dado por las dimensiones de la mesa de sedimentación.

Demostrándose así que la geometría de un delta viene dada tanto por características del sistema fluvial como del área de recepción.

Además dicho delta mostró una geometría de tipo “elongado” ya que fue claramente dominado por ríos. Sin embargo en la realidad difícilmente se encuentran deltas claramente dominados por uno u otro agente de sedimentación ya que tanto olas, ríos o mares predominan en la formación de un delta e incluso se propone que se utilice el término *influenciado*, en vez de dominado.

En cuanto al flujo de descarga, podría hablarse de flujo homopícnico ya que no existen diferencias ni de salinidad o temperatura entre el agua del “rio” y el agua del “mar”, pero sí hay diferencia de la carga de sedimentos, pudiendo ser hiperpícnico, sin embargo debido al rápido crecimiento del delta puede considerarse como flujo homopícnico. En la realidad este tipo de flujo es difícil que

exista ya que pequeñas diferencias de densidad podrían cambiarlo a hiper o hipopícnico.

Como puede observarse en el video, las estructuras formadas incluyen una llanura deltaica amplia formada por surcos que representan los canales distribuidores que forman lóbulos progradantes, bahías interdistributarias entre dichos lóbulos, canales abandonados y reactivados, así como llanuras fangosas o pantanos. Además es visible que la arena más fina se depositó más lejos de la línea de costa, pudiendo representar al frente deltaico, sin embargo el prodelta no es posible encontrarlo debido a que no existe el tipo de sedimento adecuado para que se deposite por suspensión. También se observó perfectamente el carácter progradante de los deltas que aunado a una subsidencia activa podrían reflejar sucesiones grano-crecientes con un edificio fluvial por encima.

Es necesario realizar más ensayos como el propuesto en el presente trabajo con otro tipo de agentes involucrados como por ejemplo oleaje/mareas intensas, y otro tipo de sedimento con diferente granulometría como por ejemplo gravas, o arenas más finas, que permitan crear estructuras y evoluciones diferentes.

Realizar este tipo de prácticas es de gran ayuda para los alumnos que deseen profundizar en el tema, ya que el modelado de un ambiente como éste requiere de recrear condiciones específicas que le permitan reconocer los procesos mecánicos para el análisis de los ambientes sedimentarios y así estar consciente de la dificultad de reconstruir fenómenos que se llevan a cabo en la superficie terrestre.

## Referencias

Arche, A. (2010). *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*, CSIC, (1289 pp) Madrid.

Coleman, J.M. y Wright, L.D. (1975). *Modern river deltas: variability of processes and sand bodies*. En M.L. Broussard, (Ed.), *Deltas, Models for Exploration: Houston*, (pp. 99–149), Houston Geological Society.

Beckway, G. (1998). *Stream Table investigations, laboratory manual for the earth science stream table*, Hubbard Scientific Inc.

Bhattacharya, J.P. y Walker, R.G. (1992). *Deltas*. En R.G. Walker y N.P. James (Eds.), *Facies Models: Response to Sea-Level Change*, (pp. 157–177), Geological Association of Canada, St Johns.

Bhattacharya, J.P. (2006). *Deltas*. En H.W. Posamentier y R.G.Walker (Eds.), *Facies Models Revisited*. (pp. 237-292), SEPM Special Publication No. 84.

Galloway, W.E. (1975). *Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems*. En M.L. Broussard, (Ed.) *Deltas, Models for Exploration: Houston, Texas*. (pp. 87–98.)Houston Geological Society.

Malpica, V.M., Barceló J., Barradas J.P., Moya, J.C., Monroy, F., (1993). *Cuaderno de prácticas laboratorio de sedimentología*, FI UNAM, (62 pp).

Orton, G. y Reading, H.G. (1993). *Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size: Sedimentology*, (pp. 475–512), v. 40.

Prothero, D.R. y Schwab, F.L. (2004). *Sedimentary geology: an introduction to sedimentary rocks and stratigraphy*, (3ª impresión.) (pp. 169-196) W.H. Freeman and Company New York.

Rodríguez, J.P. y Arche, A. (2010). *Deltas*. En A. Arche (Ed.), *Sedimentología. Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*, (pp. 561-614), CSIC, Madrid.

Editor de fotos en línea <https://www.befunky.com/es/>

Editor de video Filmora video editor (por Wondershare)

Editor de video ReSpeedr (por proDAD)