

# MEMORIA FINAL<sup>1</sup>

## Compromisos y Resultados

### Proyectos de Innovación y Mejora Docente

#### 2021/2022

Identificación del proyecto	
Código	sol-202100203474-tra
Título	<b>Creación de material didáctico virtual para el estudio de la Física aplicada a la Oceanografía</b>
Responsable	<b>Irene María Laiz Alonso</b>

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	
Título:	Elaboración de material didáctico digital para guiar en el proceso de enseñanza - aprendizaje en el área de la física aplicada en la oceanografía
Actividades previstas:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Diseño de distintos experimentos donde se traten contenidos relacionados con la enseñanza de la oceanografía física (estratificación, flotabilidad, generación de ondas, etc.).</i></li> <li>- <i>Pruebas en el laboratorio para la puesta a punto de los experimentos diseñados.</i></li> <li>- <i>Diseño de cada uno de los vídeos y su contenido. Se espera obtener al menos 4 vídeos (estratificación, flotabilidad, ondas, riesgos costeros).</i></li> <li>- <i>Elaboración de vídeos, en español y en inglés, en donde se puedan ver los mencionados experimentos junto con la explicación de los fenómenos observados.</i></li> <li>- <i>Montaje y edición de los vídeos.</i></li> </ul>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<p><i>Con respecto al primer objetivo, se han realizado distintos vídeos relacionados con los siguientes contenidos: (i) estratificación: por un lado, se ha trabajado el concepto de la temperatura en el océano, así como la distinta distribución de la salinidad en el mismo; (ii) flotabilidad: se ha trabajado con distintos estados de flotabilidad y explicado cómo se diseña un fondeo oceanográfico; (iii) ondas: ondas de gravedad y conceptos teóricos de ondas; (iv) riesgos costeros: aumento del nivel del mar.</i></p> <p><i>Para la preparación de los vídeos, se ha tenido presente el programa docente de las distintas asignaturas en las cuales se podrá utilizar este material audiovisual. Debido a la demora en la obtención del tanque para el cual se obtuvo financiación en el presente proyecto de innovación (finales de noviembre de 2021); los vídeos se encuentran en proceso de montaje y edición.</i></p>

Objetivo nº 2	
Título:	Elaboración de guías para la reproducción de los experimentos por parte de los alumnos

<sup>1</sup> Esta memoria no debe superar las 6 páginas.

Actividades previstas:	- <i>Diseño y elaboración de guías, en español y en inglés, en las que se detallen los materiales necesarios y pasos a seguir para que los alumnos puedan trabajar de forma autónoma los distintos conceptos estudiados. Se elaborará una guía por vídeo.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Se han elaborado dos documentos en español con una introducción teórica, abordando los conceptos mencionados anteriormente (densidad, estratificación, flotabilidad, etc). Además, se han elaborado 7 guiones, correspondientes a 7 vídeos, con una explicación de los pasos a seguir en casa por el alumnado que desee replicar los experimentos. Se adjuntan como anexo (en español e inglés) y se pueden descargar del Google Drive <a href="https://drive.google.com/drive/folders/1-Wx-L1daTQycvek2uMLA0erkW-98WJO">https://drive.google.com/drive/folders/1-Wx-L1daTQycvek2uMLA0erkW-98WJO</a></i>

Objetivo nº 3	
Título:	Utilización de los vídeos como apoyo a la docencia
Actividades previstas:	<i>En aquellas asignaturas específicamente impartidas por el profesorado involucrado en el presente proyecto, se mostrarán los vídeos en clase, dentro del tema correspondiente, como apoyo a la explicación teórica.</i> <i>- Además, los vídeos estarán disponibles para que cualquier profesor del Departamento de Física Aplicada pueda utilizarlos en sus clases y se les animará a que lo hagan.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Una vez que los vídeos estén montados y editados, se compartirán con el profesorado implicado en la docencia relacionada. Además, estos serán albergados en un repositorio para que cualquier persona pueda acceder a ellos.</i>

Objetivo nº 4	
Título:	Evaluación del impacto en la mejora de los resultados de aprendizaje de los estudiantes
Actividades previstas:	<i>- Se elaborará una encuesta virtual de satisfacción enfocada a evaluar el grado de satisfacción de los alumnos con los vídeos desde el punto de vista de mejora en la comprensión de conceptos teóricos. Esta encuesta se hará disponible para todas las asignaturas en las que se utilicen los vídeos.</i> <i>- Además, en aquellas asignaturas específicamente impartidas por el profesorado involucrado en el presente proyecto, se valorarán también los resultados obtenidos en las encuestas oficiales de satisfacción del alumnado y se comparará la tasa de éxito de dichas asignaturas con las de cursos anteriores.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Las encuestas han sido diseñadas y se utilizarán, al igual que los vídeos, en el presente curso.</i>

Objetivo nº 5	
Título:	Difusión y transferencia de resultados
Actividades previstas:	<i>- Los vídeos y guías elaborados (en español e inglés) se harán disponibles a través de la página web oficial de SEA-EU, y se dará difusión entre las distintas universidades, para que cualquier docente de la Alianza pueda utilizarlos como recurso docente.</i> <i>- La iniciativa se presentará en congresos internacionales de investigación educativa (ICERI, AIDIPE, EDULEARN, etc).</i> <i>- Se publicarán los resultados obtenidos en revistas internacionales de investigación educativa indexadas en la Web of Science.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	<i>Cuando los vídeos estén disponibles en el repositorio se enlazarán a la página de SEA-EU junto con los guiones y se dará difusión a los mismos.</i>

*Respecto a la difusión de este trabajo en futuros congresos docentes, estamos a la espera de que se abran los procesos de inscripción de ICERI 2023 y EDULEARN 2023 (ambos previstos para julio).*

2. Adjunte las tasas de éxito<sup>2</sup> y de rendimiento<sup>3</sup> de las asignaturas implicadas y realice una valoración crítica sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de estos indicadores.

Asignatura <sup>4</sup>	Tasa de Éxito		Tasa de Rendimiento	
	Curso 2020/21	Curso 2021/22	Curso 2020/21	Curso 2021/22
<i>Informe crítico sobre la evolución de las tasas de éxito y rendimiento</i>				
Pendiente de realizar				

3. Incluya en la siguiente tabla el número de alumnos matriculados y el de respuestas recibidas en cada opción y realice una valoración crítica sobre la influencia que el proyecto ha ejercido en la opinión de los alumnos.

Opinión de los alumnos al inicio del proyecto				
Número de alumnos matriculados:				
Valoración del grado de dificultad <i>que cree que va a tener</i> en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
Opinión de los alumnos en la etapa final del proyecto				
Valoración del grado de dificultad <i>que ha tenido</i> en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo

<sup>2</sup> Tasa de éxito = Número de estudiantes aprobados / Número de estudiantes presentados.

<sup>3</sup> Tasa de rendimiento = Número de estudiantes aprobados / Número de estudiantes matriculados.

<sup>4</sup> Incluya tantas filas como asignaturas se contemplen en el proyecto.

En el caso de la participación de un profesor invitado				
<i>La participación del profesor invitado ha supuesto un gran beneficio en mi formación</i>				
Nada de acuerdo	Poco de acuerdo	Ni en acuerdo ni en desacuerdo	Muy de acuerdo	Completamente de acuerdo
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión de los alumnos				
Pendiente de realizar				

4. Marque una X bajo las casillas que correspondan en la siguiente tabla. Describa las medidas a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo.

Compromiso de compartición / difusión de resultados en el entorno universitario UCA adquirido en la solicitud del proyecto				
1. Sin compromisos	2. Compromiso de impartición de una charla o taller para profesores	3. Adicionalmente fecha y centro donde se impartirá	4. Adicionalmente programa de la presentación	5. Adicionalmente compromiso de retransmisión o grabación para acceso en abierto
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud				
Los materiales se grabarán y estarán disponibles de forma abierta a quienes lo soliciten como complemento a la docencia. Además, los vídeos estarán también disponibles en la página web de SEA-EU, cuyo personal técnico involucrado en el presente proyecto, se encargará de darle difusión entre las universidades que forman la alianza.				
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo				
Los vídeos están actualmente en proceso de edición. Una vez finalizados, se procederá a hacerlos disponibles.				

## MEMORIA FINAL

### Gestión Económica

## Proyectos de Innovación y Mejora Docente

### 2021/2022

Este documento sólo tendrán que completarlo aquellos responsables de proyectos a los que se les concedió financiación económica.

Identificación del proyecto	
Código	sol-202100203474-tra
Título	Creación de material didáctico virtual para el estudio de la Física aplicada a la Oceanografía
Responsable	Irene María Laiz Alonso

Justifique el gasto ejecutado y adjunte las copias de las facturas correspondientes en el campo que se indica en la plataforma de la Oficina Virtual.

Concepto y justificación	Proveedor	Coste con IVA
Fabricación de tanque de metacrilato transparente para realizar los experimentos	<b>AQUATIC BIOTECHNOLOGY S.L</b>	242 €
	<b>TOTAL</b>	242 €

JG2021/30160 DATOS GENERALES DE LA FACTURA											
CIF/NIF del Emisor: ESB72182587			Serie: FVe21-			Número de Factura: 054					
Emisor (nombre, dirección...) Persona Jurídica Residente <b>AQUATIC BIOTECHNOLOGY S.L.</b> <b>C/ Doctor González de la Cotera 15. Pol. Ind. Salinas de Levante 11500</b> <b>EI Puerto de Santa María Cádiz ESP</b> Datos de contacto: 956547838 info@aquaticbiotechnology.com			Fecha de Emisión: 2021-11-22			Clase de factura: OO					
			Fecha Operación:			CIF/NIF del Receptor Q1132001G					
			Receptor (nombre, dirección...)			Persona Jurídica Residente en la Unión Europea					
			<b>UNIVERSIDAD DE CÁDIZ</b> <b>Av/ República Saharaui</b> <b>11510 Puerto Real CÁDIZ ESP</b>			Órgano Gestor: U00500030 Unidad Tramitadora: GE0003812 Oficina Contable: U00500136 Órgano Proponente: 20VIRPI175					
Divisa de pago: EUR			Núm. Expediente: 2021/00016515			Núm. Pedido: PV21-1834					
DATOS ECONÓMICOS DE LA FACTURA											
Detalle											
Descripción	Cantidad (c)	Precio Unitario (pu)	Importe Total (it=c*pu)	Descuentos (d)	Recargos (r)	Importe Bruto (ib=it-d+r)	Impuestos Repercutidos (%)	Impuestos Retenidos (%)			
Fabricación tanque según medidas proporcionadas por el cliente (60x18x12cm) . Material: metacrilato transparente.	1	200€	200€	0€	0€	200€	IVA: Impuesto sobre el valor añadido 21%				
Totales				Datos de pago			Información adicional				
<b>Importe Bruto (IB)</b>	<b>200€</b>			Forma de pago: 04 Vencimiento: 2021-12-22 Cuenta:							
Importe Descuentos (D)	€										
Importe Recargos (R)	0€			IBAN: ES8900491862442310105281 BIC-SWIFT:							
<b>Importe Bruto antes de impuestos (IBX=IB-D-R)</b>	<b>200€</b>										
Impuestos Repercutidos (IRP)	42€										
Impuestos Retenidos (IRT)	0€										
<b>Total Factura (TF=IBX+IRP-IRT)</b>	<b>242€</b>										
Subvenciones (S)	€										
Anticipos (A)	€										
<b>Total a Pagar (TP=TF-S-A)</b>	<b>242€</b>										
Suplidos (SU)	€										
Gastos Financieros (GF)	€										
Importe de Retención (IR)	€										
<b>Total a Ejecutar (TE=TP-IR+SU+GF)</b>	<b>242€</b>										

# Estratificación: Variación de la densidad con la temperatura y la salinidad.

## Introducción teórica:

### Magnitudes, unidades y medidas

Al igual que las demás ciencias, la Oceanografía Física se fundamenta en **observaciones experimentales y mediciones cuantitativas**. Es decir, que para describir un fenómeno natural en el océano debemos tomar medidas de varios aspectos de la naturaleza. Cada una de esas medidas se asocia con una cantidad física, como por ejemplo la longitud o la masa de un objeto.

Así, podemos definir **magnitud** (o cantidad) física como cualquier propiedad de los cuerpos o fenómenos que se puede medir o cuantificar, es decir, a la que podemos asignar un valor numérico. Ejemplos de magnitudes: la temperatura, la longitud, la masa (lo que solemos llamar peso), etc.

De igual forma, **medir** una magnitud consiste simplemente en asignarle un valor numérico que represente el número de veces que esa magnitud contiene a una cantidad patrón que conocemos como **unidad**. Ejemplo: si medimos la longitud de un folio con una regla y decimos que mide 30 cm, lo que estamos diciendo es que en un folio caben 30 segmentos de 1 cm cada uno.

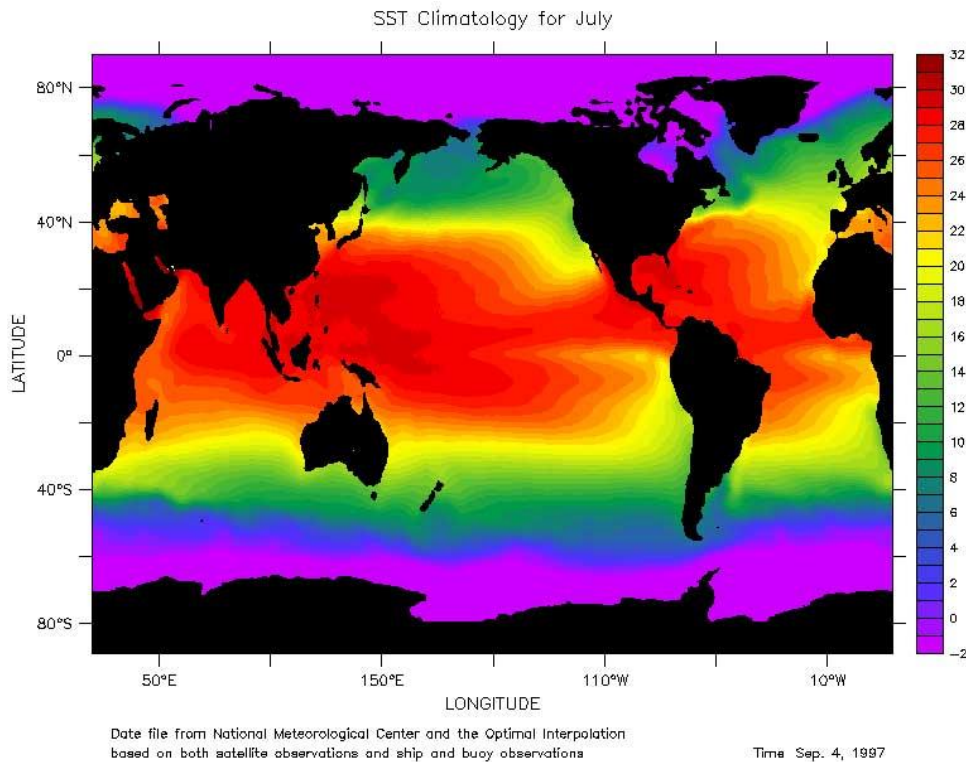
Las magnitudes se dividen en dos tipos, las fundamentales y las derivadas:

- Las **magnitudes fundamentales** son las que no dependen de otras, se pueden medir directamente y nos sirven para definir las demás magnitudes. Ejemplos: la longitud, la masa, el tiempo y la temperatura.
- Las **magnitudes derivadas** son las que se pueden definir a partir de otras mediante una ley física (es decir, mediante una fórmula). Ejemplos: la velocidad, el volumen de un objeto, la densidad, etc.

Algunas de las magnitudes más importantes que necesitamos medir para estudiar el océano son la temperatura, la salinidad y la densidad.

### Temperatura

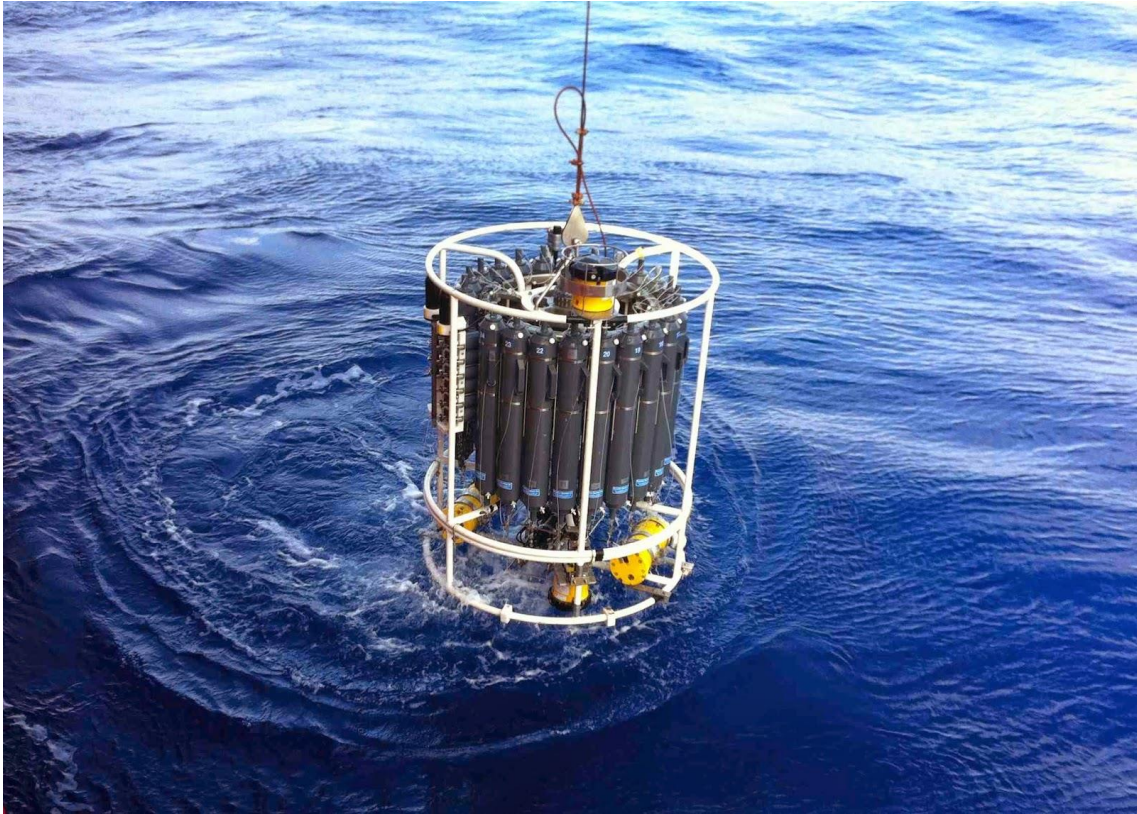
En el mar, la temperatura varía con la profundidad, pero también de un sitio a otro, en función de la temperatura atmosférica. Así, en las zonas polares, donde hace mucho frío todo el año, encontramos las aguas más frías de todos los océanos. Como vemos en la gráfica, a medida que nos vamos acercando al Ecuador, la temperatura superficial del océano va aumentando.



Además, a pequeña escala, la temperatura del agua del mar también varía de una zona a otra. ¿Os habéis fijado que el agua en Valdelagrana está mucho más calentita que en Cortadura? ¿o que en la playa de Bolonia está mucho más fría?

Antiguamente, para poder medir la temperatura por debajo de la superficie del mar, se usaban unos termómetros especiales conocidos como “termómetros de inversión”. Uno de sus principales problemas es que solo permitían medir la temperatura a una única profundidad cada vez. Hoy en día se utilizan unos sensores muy precisos para medir la temperatura, que se pueden bajar hasta grandes profundidades (más de 3000 m), y que además nos permiten medir continuamente a lo largo de todo el recorrido, de tal forma que podemos obtener una gráfica que se conoce como “perfil de temperatura”. Este sensor, conocido como CTD por sus siglas en inglés (“Conductivity, Temperature, Depth”), suele instalarse en una estructura metálica llamada “roseta”, como la que vemos en la figura:



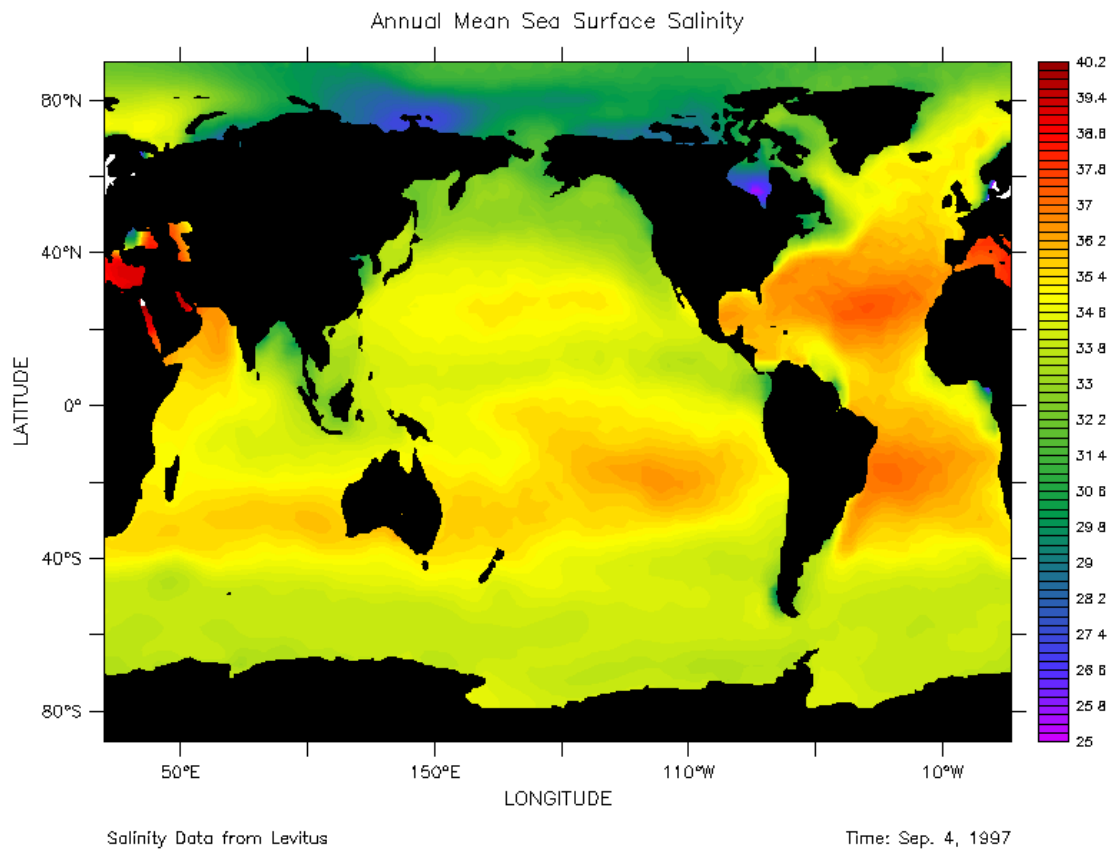
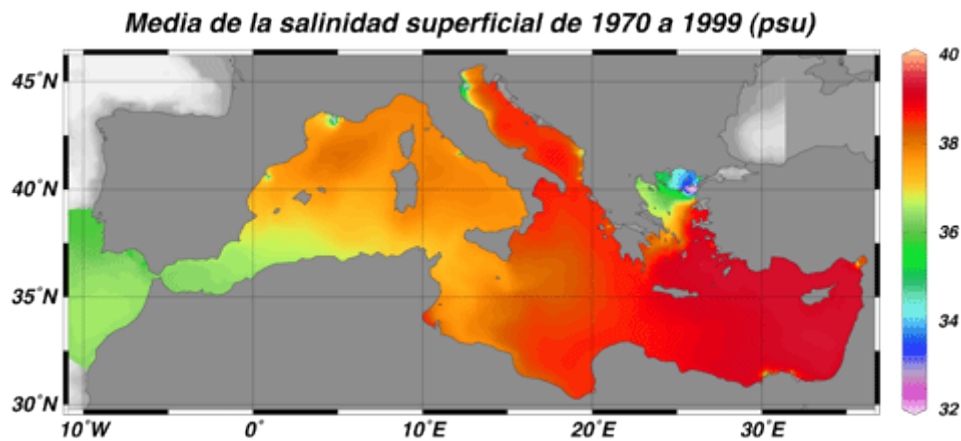


Además del CTD, en la roseta suelen instalarse otros instrumentos que nos permiten por ejemplo medir la velocidad de la corriente en cada nivel de profundidad, etc. Las botellas grises que véis se llaman botellas “Niskin” y se utilizan para tomar muestras de agua a distinta profundidad. Además del cable que sujeta la roseta, ésta lleva otros cables de transmisión que están conectados a un ordenador del barco, de tal forma que podemos ver las gráficas de temperatura, velocidad de la corriente, etc, en tiempo real.

## Salinidad

Otra variable que se mide con el CTD es la salinidad. La salinidad es la magnitud que nos dice qué concentración de sal hay disuelta en el agua. La salinidad media en el mar es de unos 35 g/kg. Generalmente, los mares cálidos y templados, como el Mar Mediterráneo, tienen mayor salinidad porque hay más evaporación, mientras que en los mares más fríos la salinidad es menor porque hay menos evaporación (ver figuras).

¿Sabéis por qué es más salado el Océano Atlántico que el Océano Pacífico?



Igual que pasaba con la temperatura, la salinidad en el océano también varía con la profundidad, como veremos más adelante.

## Densidad

La densidad es una magnitud que nos da la proporción que existe entre la masa de una sustancia (lo que coloquialmente llamamos peso) y el espacio que ésta ocupa, es decir, su volumen.

La densidad de un objeto sólido se calcula simplemente dividiendo la masa del objeto entre su volumen:

$$\rho = m / V$$

¿Es la densidad una magnitud fundamental o derivada?

¿Cómo calcularíais la densidad de una bola de plomo?

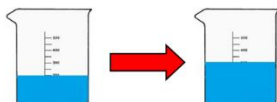
Nota: volumen de una esfera,  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

¿Qué es más densa, una esfera de plomo u otra de madera de igual diámetro?

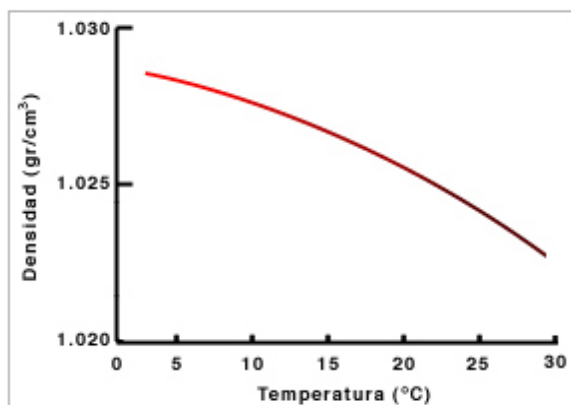
Volumen de un prisma de base circular (para los eppendorf):  $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$

La densidad del agua pura (agua destilada), que no contiene nada de sal, es de 1 kg/l (ó 1000 g/cm<sup>3</sup>). Pero en el mar no es tan fácil conocer la densidad, ya que depende, además de la salinidad, de la temperatura y, en menor medida, de la presión.

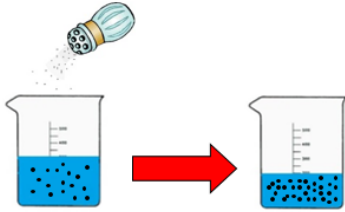
- Así, a medida que aumenta la temperatura, la densidad disminuye. Esto se debe a que al aumentar la temperatura del agua, las moléculas se mueven a mayor velocidad, haciendo que aumente el volumen.



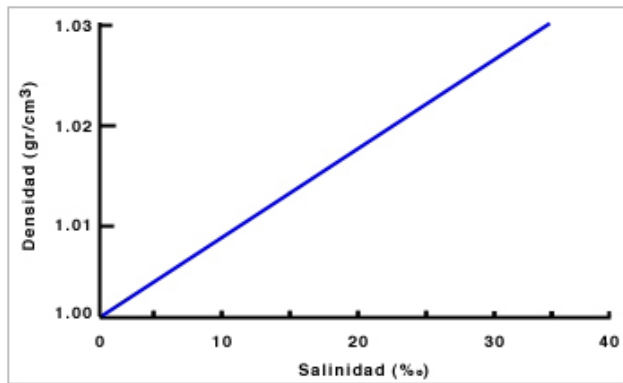
En esta gráfica vemos cómo, para una misma salinidad, al aumentar la temperatura va disminuyendo la densidad:



- Por otro lado, para una misma temperatura, cuanto mayor sea la salinidad, es decir, cuanto mayor sea el contenido de sal, mayor será la densidad.



En esta gráfica vemos cómo, para una misma temperatura, al aumentar la salinidad va aumentando la densidad:



- La presión atmosférica influye menos en la densidad porque el agua es incompresible, aunque a grandes profundidades (varios miles de metros), sí se nota más su efecto.

Así, es fácil saber que en un mar muy salado y muy frío la densidad del agua será mayor que la de un mar más cálido y menos salado. **¿Pero qué creéis que ocurre si aumentamos mucho la temperatura y también aumentamos mucho la salinidad?** Como la temperatura es la que acaba ganando, la densidad terminaría disminuyendo.

Hay muchas formas de medir la densidad del agua, pero, cuando trabajamos en un barco, lo que medimos directamente es la temperatura y la salinidad a distintas profundidades con un CTD. Después, y con la ayuda de un ordenador, calculamos la densidad en cada nivel de profundidad mediante unas ecuaciones muy complicadas que dependen de la temperatura, la presión y la salinidad.

### Experimentos:

1. Conseguir dos capas de agua de distinta densidad, en función de la temperatura
2. Conseguir dos capas de agua de distinta densidad, en función de la salinidad
3. Conseguir tres capas de agua de distinta densidad, en función de la salinidad
4. Dibujar los perfiles de temperatura, salinidad y densidad

# Distribución de la densidad en el océano en función de la profundidad: Conceptos de flotabilidad y estabilidad

## Introducción teórica:

### Flotabilidad

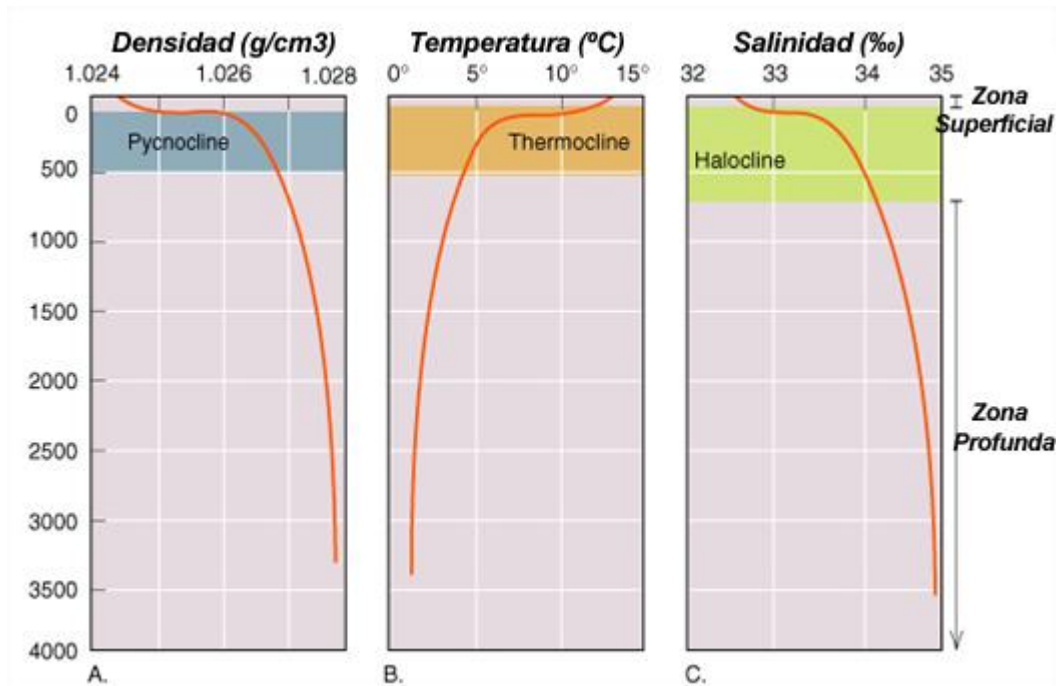
Todos hemos puesto alguna vez un objeto que flota sobre el agua y hemos intentado hundirlo. [¿Qué ocurre si intentamos sumergir una pelota en el agua?](#) Notaremos que para poder hundirla necesitamos realizar una cierta fuerza, mayor cuanto más grande sea la pelota. Esto es un ejemplo claro del **principio de Arquímedes** que establece que: "todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de sustentación hacia arriba (conocida como empuje) igual al peso del fluido desalojado". La fuerza resultante es igual a la diferencia entre el peso del objeto y el peso del fluido desplazado y, por lo tanto, es proporcional a la diferencia de densidad entre el objeto y el fluido. Si la pelota está hinchada con aire, como la diferencia de densidad entre el agua y el aire es muy grande, la fuerza de restauración es también muy grande.

$$\text{Empuje} = m \times g = \rho \times g \times V$$

Esto también explica por qué es más fácil flotar en agua salada que en agua dulce, o por qué es tan fácil flotar en el Mar Muerto, un mar interior que tiene una elevada concentración de sales y, por lo tanto, una densidad muy alta, por lo que esa fuerza de empuje será también muy grande.

En los océanos o mares, las aguas más densas son las que están en el fondo, mientras que las menos densas son las que están en superficie.

En el siguiente gráfico podemos ver cómo varían con la profundidad la densidad, la temperatura y la salinidad. Fijaos que en cada perfil encontramos una capa de agua donde, en muy poca profundidad, varía mucho la densidad, la temperatura y la salinidad. Estas capas se llaman, respectivamente, pycnoclina, termoclina y haloclina. La pycnoclina representa una "barrera natural" que separa las distintas masas de agua en función de su densidad.



Esto nos lleva a definir los conceptos de “estabilidad” e “inestabilidad”. ¿Qué ocurre si sumergimos algo en agua (un objeto o incluso “un trocito” de agua)? Si la densidad de ese objeto o de esa parcela de agua es igual a la densidad del fluido (agua) que la rodea, decimos que ese objeto es **estable**. Es decir, se queda quieto en la misma posición. Si intentamos moverlo arriba o abajo con un pequeño empujoncito, el objeto tendería una y otra vez a volver a su posición original. Si, por el contrario, la densidad de ese objeto (o parcela de agua) es diferente a la densidad del agua que la rodea, ese objeto no se va a quedar quieto, sino que se moverá hacia arriba o hacia abajo “buscando” agua con la misma densidad. En este caso se dice que el objeto es **inestable**. Aunque nosotros intentemos devolver al objeto a su posición original, éste se volverá a desplazar hasta que encuentre agua con su misma densidad.

### Experimentos:

1. Conseguir dos capas de agua de distinta densidad, en función de la salinidad
2. Diseñar 3 boyas con distinta flotabilidad: superficie, interfaz, fondo
3. Calcular la densidad de cada boya: medir el diámetro y la masa de la bola de corcho, medir el diámetro del *ependorf* y su altura, pesarlo con el plomo.
4. Añadir “nutrientes” a la capa superficial y la de fondo y ver el comportamiento antes y después de hacer turbulencia.

## Guion 1: Estratificación - Variación de la densidad con la temperatura

### Material necesario:

- Tanque rectangular con dos compartimentos
- 2 tanques rectangulares normales
- Botellas de plástico vacías de 2 litros
- Agua del grifo
- Colorante alimentario azul
- Hielo picado
- Calentador de agua
- Termómetros digitales

### Procedimiento:

- Con ayuda de las botellas de 2l, echamos 4 litros de agua del grifo en el tanque donde se ha montado el calentador de agua, hasta que la resistencia se haya cubierto.
- Enchufamos el calentador y lo encendemos a 40°C
- Llenamos una botella de 2 litros de agua del grifo, le añadimos unas gotitas de colorante azul y agitamos bien hasta que todo el colorante se haya mezclado. Antes de echar el colorante es conveniente calentar el tubo con las manos durante aproximadamente 1 minuto.
- Echamos el agua teñida en el otro tanque normal y le añadimos hielo
- De vez en cuando, vamos comprobando la temperatura del agua en cada tanque, hasta que hayamos conseguido que el agua caliente esté a unos 39°C y el agua fría a 18°C
- A continuación, vamos echando agua fría en uno de los compartimentos con ayuda de un vaso de precipitado, a la vez que echamos agua caliente en el otro compartimento (el agua caliente debemos cogerla con la jarrita de vidrio para no quemarnos).
- A continuación levantamos suavemente el separador hasta sacarlo totalmente del tanque. ¿Qué observas? ¿Dónde se ha situado el agua fría y por qué?
- ¿Serías capaz de dibujar el perfil de temperatura del tanque? ¿Y el de densidad?

## Guion 2: Estratificación - Variación de la densidad con la salinidad

### Material necesario:

- Tanque rectangular con dos compartimentos
- Botellas de plástico vacías de 2 litros
- Agua del grifo
- Sal
- Colorante alimentario azul
- Báscula

### Procedimiento:

- Llenamos una botella de 2 litros de agua del grifo. Ésta será el agua dulce.
- En otra una botella de 2l, pesamos con la balanza 280 gramos de sal (podemos ayudarnos de un embudo hecho de papel), luego la llenamos de agua, le añadimos unas gotitas de colorante azul y agitamos bien hasta que todo el colorante se haya mezclado y toda la sal se haya disuelto. Antes de echar el colorante es conveniente calentar el tubo con las manos durante aproximadamente 1 minuto. Ésta será el agua salada.
- A continuación, vamos echando poco a poco el agua dulce en uno de los compartimentos a la vez que echamos el agua salada en el otro. Debemos hacerlo con cuidado para no generar turbulencia.
- A continuación levantamos suavemente el separador hasta sacarlo totalmente del tanque. ¿Qué observas? ¿Dónde se ha situado el agua salada y por qué?
- ¿Serías capaz de dibujar el perfil de salinidad del tanque? ¿Y el de densidad?



## Guion 3: Variación de la densidad con la salinidad – Conceptos de flotabilidad y estabilidad

### Material necesario:

- Tanque rectangular con dos compartimentos
- Botellas de plástico vacías de 2 litros
- Agua del grifo
- Sal
- Colorante alimentario azul
- Pelota de goma
- Bolas de corcho
- Hilo de laboratorio y aguja
- Envases de plástico (*eppendorf*)
- Bolitas de plomo
- Tijeras

### Procedimiento:

- El primer paso es conseguir una estratificación de dos capas como habíamos hecho en la actividad 2.
- A continuación colocamos la pelota de goma en la capa superficial. *¿Qué observas?*
- *Si intentas hundir con el dedo la pelota, ¿qué ocurre cuando la sueltas y por qué?*
- Ahora vamos a diseñar 3 boyas de diferente densidad utilizando para ello las bolas de corcho, que harán la vez de **boya**, el hilo de laboratorio, que hará la vez de **cabo**, y los envases *eppendorf* y las bolitas de corcho, que harán la vez de **muerto**. *¿Sabes qué es un muerto y qué función tiene? ¿Sabes para qué se usan las boyas oceanográficas?*

Diseño de las boyas: vamos a diseñar 3 boyas, una que flote en la superficie, otra que se hunda hasta el fondo y otra que flote en la interfaz entre las dos capas de agua.

- Lo primero que vamos a hacer es pesar la bola de corcho en la balanza de precisión y medir su diámetro de con el calibre. *¿Qué densidad tiene? Recuerda pasar todas las medidas al Sistema Internacional, antes de hacer los cálculos.*
- Después medimos el diámetro de la base y la altura de un *eppendorf* con el calibre y calculamos su volumen (en el Sistema Internacional), asumiendo que es un prisma de base circular.
- **Ya estamos listos para empezar a montar las 3 boyas:** con ayuda de la aguja, pasamos un trozo de hilo a través de cada bola de corcho, haciendo un nudo en la parte superior para que el hilo no se salga, y dejando un trocito más o menos largo de hilo en la parte inferior, que vamos a utilizar para atar el *eppendorf*.
- Echamos algunas bolitas de plomo dentro de cada *eppendorf*, lo cerramos bien y, con cuidado, vamos depositando cada boya en el tanque. *¡Recuerda que una boya tiene que flotar en la superficie, otra en la interfaz y la otra tiene que hundirse hasta el fondo!* Si no has conseguido esto a la primera, saca las boyas del agua y vete echando o quitando bolitas de plomo hasta que lo consigas.

## Guion 4: Conceptos de flotabilidad, estabilidad y turbulencia

### Material necesario:

- Tanque rectangular con dos compartimentos, con las dos capas de agua hechas según el guion 2
- Agua del grifo teñida
- Agua de mayor densidad
- Pipeta

### Procedimiento:

- Añadimos poco a poco unas gotitas de agua de grifo teñida a la capa superficial y la de fondo. ¿Qué observamos?
- Generamos turbulencia (soplando, con los dedos, etc). ¿Qué observamos?
- Añadimos unas gotitas de agua de densidad intermedia en superficie, primero con mucho cuidado y después más rápido. ¿Qué observamos?

## Guion 5: Concepto de densidad, estabilidad y nivel del mar

### Material necesario:

- Tres vasos de precipitado
- Agua del grifo
- Agua densa
- Secador
- Hielo azul
- Rotulador
- Vaso pequeño lleno de arena y cerrado herméticamente (será nuestro “continente”)

### Procedimiento:

- Echamos agua del grifo en uno de los vasos de precipitado y marcamos el nivel del agua
- Echamos agua salada en otro vaso hasta alcanzar el mismo nivel de agua. Lo marcamos.
- En el tercer vaso, colocamos el “continente” y echamos agua salada hasta alcanzar el mismo nivel de agua. Lo marcamos.
- Añadimos 2-3 cubitos de hielo en cada vaso y calentamos suavemente con el secador sin generar turbulencia.
- Comparamos los dos vasos que contienen el mismo tipo de agua (uno con “continente” y otro sin). [¿Qué le puede ocurrir al nivel del mar debido al calentamiento global?](#)
- Comparamos el vaso que contiene agua dulce con el que contiene agua salada sin “continente”. [¿Qué observamos?](#)

## Guion 6a: Ondas de gravedad. Velocidad de las ondas y profundidad de la columna de agua.

### Material necesario:

- Tanque rectangular
- Regla o cinta métrica
- Material para hacer marcas en el tanque (por ejemplo: rotulador o cinta adhesiva de color)
- Cronómetro

### Procedimiento:

- Medimos la longitud de nuestro tanque rectangular.
- Llenamos nuestro tanque con agua hasta cubrir una altura de 3 cm.
- Generamos una onda en nuestro tanque. Para ello simplemente elevaremos el tanque, con cuidado de no derramar el agua, por uno de los lados unos cm por encima de la mesa, y a continuación volvemos a posarlo en la mesa o sobre la superficie en la que estamos haciendo el experimento.
- Con ayuda del cronómetro, vamos a contar el número de vaivenes que durante 10 segundos es capaz de realizar el agua contenida en el tanque. Es decir, vamos a registrar el número de veces que la perturbación que hemos generado rebota hacia delante y hacia atrás.
- Repetimos el experimento ahora llenando el tanque hasta una altura de 8 cm.
- ¿Cómo podemos transformar esta información en una medida de la velocidad de las ondas?
- ¿Qué diferencias se observan entre el primer y segundo experimento (3 y 8 cm)?

## Guion 6b: Ondas de gravedad. Generación de una onda interna.

### Material necesario:

- Tanque rectangular con dos compartimentos
- Botellas de plástico vacías de 2 litros
- Agua del grifo
- Sal
- Colorante alimentario azul
- Báscula

### Procedimiento:

- Llenamos una botella de 2 litros de agua del grifo. Ésta será el agua dulce.
- En otra una botella de 2l, pesamos con la balanza 280 gramos de sal (podemos ayudarnos de un embudo hecho de papel), luego la llenamos de agua, le añadimos unas gotitas de colorante azul y agitamos bien hasta que todo el colorante se haya mezclado y toda la sal se haya disuelto. Antes de echar el colorante es conveniente calentar el tubo con las manos durante aproximadamente 1 minuto. Ésta será el agua salada.
- A continuación, vamos echando poco a poco el agua dulce en uno de los compartimentos a la vez que echamos el agua salada en el otro. Debemos hacerlo con cuidado para no generar turbulencia.
- A continuación, levantamos suavemente el separador hasta sacarlo totalmente del tanque. ¿Qué observas?
- Entre las dos masas de agua de distinta densidad, se ha generado lo que en oceanografía conocemos como "interfaz". ¿Qué movimiento se observa en la "interfaz" generada entre las dos masas de agua?

## Activity 1: Stratification - Density variation with temperature

### Material:

- Rectangular tank with two compartments
- 2 normal rectangular tanks
- Empty plastic bottles (2 litres)
- Tap water
- Blue food colouring
- Crushed ice
- Water heater
- Digital thermometers

### Procedure:

- With the help of the 2l bottles, we pour 4 litres of tap water into the tank where the water heater is placed, until the resistance has been covered.
- Plug in the heater and turn it on at 40°C.
- Fill a 2-liter bottle with tap water, add a few drops of blue colorant and shake well until all the colorant is mixed. Before pouring the dye it is convenient to heat the tube with the hands for approximately 1 minute.
- Pour the dyed water into the other normal tank and add ice.
- Frequently, we check the temperature of the water in each tank, until we have achieved that the hot water is about 39°C and the cold water is 18°C.
- Next, we pour cold water into one of the compartments with the help of a beaker, while pouring hot water into the other compartment (the hot water should be taken with the glass beaker so as not to burn ourselves). It is very important that one of the students presses down slightly on the separator before starting to pour the water and keeps it pressed down until the water is finished, as this will ensure that the tank is completely watertight.
- Then gently lift the separator until it is completely out of the tank. What do you observe? Where has the cold water been placed and why?
- Would you be able to draw the temperature profile of the tank and the density profile?

## Activity 2: Stratification - Density variation with salinity

### Material:

- Rectangular tank with two compartments
- Empty plastic bottles (2l)
- Tap water
- Salt
- Blue food colouring
- Balance

### Procedure:

- We fill a 2 litre bottle with tap water. This will be the fresh water.
- In another 2 litre bottle, we weigh with the balance 280 g of salt (we can help ourselves with a funnel made of paper), then we fill it with water. We add a few drops of blue food colouring and we shake well until all the colouring has been mixed and all the salt has been dissolved. Before pouring the colorant it is convenient to heat the tube with the hands for approximately 1 minute. This will be the salt water.
- Next, we are pouring little by little the fresh water in one of the compartments at the same time that we pour the salty water in the other one. We must do this carefully so as not to generate turbulence. It is very important that one of the students presses down slightly on the separator before starting to pour the water and keeps it pressed down until the water is finished, as this will make the tank completely watertight.
- Then gently lift the separator until it is completely out of the tank. What do you observe? Where has the salt water been placed and why?
- Would you be able to draw the salinity profile of the tank? And the density profile?

### Activity 3: Density variation with salinity - Concepts of buoyancy and stability

#### Materials:

- Rectangular tank with two compartments
- Empty plastic bottles (2l)
- Tap water
- Salt
- Blue food colouring
- Rubber ball
- Cork balls
- Laboratory thread and needle
- Plastic containers (eppendorf)
- Lead balls
- Calibre Measurement Tool
- Balance
- Calculator
- Pencil and paper
- Scissors

#### Procedure:

- The first step is to get a two-layer layering as we had done in activity 2.
- Then we place the rubber ball on the surface layer. What do you observe?
- If you try to sink the ball with your finger, what happens when you release it and why?
- Now we are going to design 3 buoys of different density using the cork balls, which will act as buoys, the laboratory thread, which will act as a line, and the eppendorf containers and the cork balls, which will act as deadweight. Do you know what deadweight is? and what its function is? Do you know what oceanographic buoys are used for?

Buoy design: we are going to design 3 buoys, one that floats on the surface, one that sinks to the bottom and one that floats at the interface between the two layers of water.

- Firstly we are going to weigh the cork ball on the precision balance and measure its diameter with the calibre. What is its density? Remember to convert all measurements to the International System before doing the calculations.
- Secondly, we measure the diameter of the base and the height of an eppendorf with the calibre and calculate its volume, assuming it is a prism with a circular base.
- Thirdly, we are ready to start assembling the 3 buoys: with the help of the needle, we pass a piece of thread through each cork ball, making a knot at the top (so that the thread does not come out), and leaving 2-3 cm of thread at the bottom, which we will use to tie the eppendorf.
- We put some lead balls inside each eppendorf, close it and carefully place each buoy in the tank. Remembering that one buoy has to float on the surface, one on the interface and the other one has to sink to the bottom! If you have not achieved this on the first try, take the buoys out of the water and keep dropping or removing lead balls until you get it.
- Once you have achieved your goal, carefully untie each eppendorf and weigh them on the balance. Can you calculate the density of each eppendorf and the total density of each buoy? Compare the results and comment on whether it is what you expected and why.



## Activity 4: Concepts of buoyancy, stability, and turbulence

### Materials:

- Rectangular tank with two compartments (with two stratification layers as in Activity 2)
- Tap water (coloured)
- Dense water
- Pipette

### Procedure:

- The first step is to get a two-layer layering as we had done in activity 2.
- Use the pipette to carefully add a few drops of coloured tap water on the surface and bottom layers. What can you observe?
- Generate turbulence (e.g., by blowing into the tank or with your fingers). What can you observe?
- Use the pipette to carefully add a few drops of dense water on the surface layer. What can you observe?
- Finally, use the pipette to rapidly add a few drops of dense water on the surface layer. What can you observe?

## Activity 5: Concepts of density, stability, and sea level rise

### Materials:

- Three identical large glasses
- Tap water
- Dense (salty) water
- Hairdryer
- Blue- coloured ice cubes
- Marker
- Small glass filled with sand and hermetically closed (this will be our “continent”)

### Procedure:

- Pour tap water in one of the glasses and mark the water level
- Pour the same quantity of dense water in another glass and mark the water level
- Place the “continent” inside the third glass and carefully add dense water until reaching the same water level as in the previous two glasses. Mark the water level.
- Place 2-3 ice cubes on each glass (on the “continent” for the corresponding glass and on the water surface for the others).
- Use the hairdryer to carefully warm up the ice cubes (do not generate turbulence!)
- As the ice cubes are melting, compare the two glasses that contain tap water (with and without “continent”, respectively). What can you say about global warming and sea level rise?
- Now have a look at the two glasses without the “continent” (tap water and salty water, respectively). What do you observe?

## Activity 6a: Gravity waves. Wave speed and water column depth

### Materials:

- Rectangular tank with two compartments
- Chronometer
- Ruler or
- Marker

### Procedure:

- Measure the tank's length
- Fill the tank with water until the water level is 3 cm height
- Generate a wave by lifting the tank a few cm and then returning it to its original position.
- Use the chronometer to count how many times the wave propagates back and forth for 10 seconds. Use that information to calculate the wave propagation speed
- Repeat the experiment but filling the tank with water until the water level is 8 cm height.
- Compare the differences observed between both experiments.

## Activity 7b: Gravity waves. Internal waves generation

### Materials:

- Rectangular tank with two compartments
- 2-liter empty water bottles
- Tap water
- Salt
- Blue colorant
- Scale

### Procedure:

- Fill one of the bottles with tap water. This will be our fresh water.
- Measure 280 gr of salt and place it inside the other bottle (you might need to use a funnel). Fill the water with tap water, add a few drops of blue colourant, put the cap back on the bottle and shake energetically until all the salt and the colourant are completely dissolved. This will be our salty (dense) water.
- Carefully place the fresh water in one of the tank compartments while simultaneously placing the salty water in the other compartment. Make sure no turbulence is generated.
- Carefully lift the separating sheet until it's completely extracted by paying attention to the water masses. What did you observe?
- An "interface" has been generated among the two water masses. Can you describe how that interface was moving?