

CAZADORES DE MITOS

RETO GANADOR EN LA MODALIDAD

CAMBIO CLIMÁTICO Y NEGACIONISMO

EQUIPO	Ximén
CENTRO EDUCATIVO	IES Ximén d'Urrea
LOCALIDAD	Alcora (Castellón)
CURSO	3º ESO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



ARCHIVO ADJUNTO
Equipo Ximén-Profesora Mercedes Martínez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

VARIABLES-TABLA RESUMEN

MUESTRAS Y GRUPOS-TABLA RESUMEN

ERRORES O SESGOS DE MEDICIÓN-TABLA RESUMEN

MATERIAL Y UTILLAJE- LISTADO Y IMÁGENES

MONTAJES DE LOS EXPERIMENTOS-IMÁGENES

PROTOCOLOS EXPERIMENTALES-DETALLES E IMÁGENES

RESULTADOS-TABLAS Y GRÁFICOS

GRÁFICOS CON CONCLUSIONES

OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

Para llegar a la formulación de nuestra hipótesis, los pasos previos que hemos seguido han sido:

En primer lugar, **recoger y seleccionar información referente al cambio climático**. Buscamos información científica sobre el cambio climático global, pruebas de su existencia, causas, consecuencias y evidencias que las apoyan.

El origen del cambio climático actual es debido, entre otras causas como el uso de la tierra o la sobreexplotación de los recursos naturales, al incremento de la temperatura media del planeta que se produce al aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO₂). Las emisiones de CO₂ proceden de la quema de combustibles fósiles para producir energía o hacer funcionar motores.

El aumento de la temperatura media terrestre tiene importantes consecuencias, como la desaparición del hielo polar, subida del nivel del mar, cambios en las corrientes oceánicas, aumento de sequías, incendios, inundaciones y huracanes. El clima de la Tierra está cambiando a consecuencia de las actividades humanas.

A continuación, buscamos **información sobre el negacionismo del cambio climático** para conocer sus opiniones y explicaciones.

En la actualidad la mayoría de los negacionistas reconocen la existencia del cambio climático, no con origen antropogénico sino con causa natural como un aumento de la radiación solar como causa del calentamiento terrestre, o un incremento de la actividad volcánica que emite CO₂ y aumenta el efecto invernadero natural. Afirman que el calentamiento tiene efectos beneficiosos, como un clima más favorable para los cultivos.

Las evidencias científicas, reconocidas por el 97% de la comunidad científica y el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), descartan todas estas explicaciones. Por otro lado, existen evidencias de que el exceso de CO₂ atmosférico, responsable del calentamiento global que afecta al clima a nivel del planeta, procede del uso de combustibles fósiles. Un efecto directo sobre los ecosistemas de las emisiones de CO₂ es la acidificación de los océanos, que está provocando la desaparición de los arrecifes de coral.

Por último, a partir de la información recogida y los recursos disponibles en el laboratorio de nuestro centro, decidimos el **objetivo concreto de nuestra investigación experimental**. El objetivo consiste en aportar pruebas sobre los efectos del aumento de la concentración de CO₂ atmosférico en las masas de agua oceánicas, como evidencia del cambio climático.

VARIABLES-TABLA RESUMEN

(experimento: exp.)

Exp. n°	Hipótesis de trabajo	VARIABLE INDEPENDIENTE (unidad)	VARIABLE DEPENDIENTE (unidad)	VARIABLES CONTROLADAS
1	El incremento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico (CO ₂) provoca el aumento de la temperatura superficial del océano	Concentración de CO ₂ del aire (ppm)	Temperatura superficial del agua (°C)	-Intensidad luz (flexo de luz) -Tiempo de incidencia de la luz -Salinidad del agua.
2	El incremento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico (CO ₂) provoca la acidificación del océano	Concentración de CO ₂ del aire (ppm)	pH del agua (sin unidades)	-Intensidad luz (flexo de luz) -Tiempo de incidencia de la luz -Salinidad del agua.
3	El aumento de la temperatura superficial del océano contribuye a elevar el nivel del mar	Temperatura del agua (°C)	Nivel de agua (mm)	-Salinidad del agua
4	El aumento de la temperatura superficial del océano contribuye a intensificar la estratificación vertical de las masas de agua oceánicas	Temperatura del agua superficial (°C)	Temperatura de la zona de mezcla (termoclina) de agua superficial y profunda (°C)	-Volumen de las masas de agua que se mezclan -Temperatura inicial de las masas de agua profunda y superficial

Nota: las variables independientes y dependientes de todo los experimentos son cuantitativas discretas.

Hipótesis completa: “El incremento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico provoca la acidificación y el aumento de la temperatura superficial del océano, lo que contribuye a elevar el nivel del mar e intensificar la estratificación vertical de las masas de agua oceánicas.”

MUESTRAS Y GRUPOS-TABLA RESUMEN

(experimento: exp.)

Exp. nº	Repeticiones	Muestras	Grupos
1	5	3 muestras experimentales 1 muestra control (C)	----
2	5	3 muestras experimentales 1 muestra control (C)	----
3	5	1 muestra	----
4	5	1 muestra por grupo	Grupo control Grupo experimental

Nota: el número de repeticiones se refiere a aquellas en que hemos obtenido datos válidos, se han descartado otras repeticiones por causas explicadas en el formulario de participación. El número de muestras y grupos se adaptan a la hipótesis de trabajo y al protocolo experimental.

ERRORES O SESGOS DE MEDICIÓN-TABLA RESUMEN

(experimento: exp.)

Exp. nº	Errores o sesgos
1	En el tiempo de registro del sensor de concentración de CO ₂ En la reacción para producir el gas CO ₂ En la introducción del CO ₂ en el matraz de muestra
2	En el calibrado del sensor de pH En la introducción del CO ₂ en el matraz de muestra
3	En el procedimiento al tapar el matraz de la muestra En la preparación del agua salada
4	En el procedimiento de mezcla de agua a distinta temperatura

MATERIAL Y UTILLAJE- LISTADO Y IMÁGENES

Productos, recipientes y instrumentos de medida de volumen y masa:

- Balanza digital ($\pm 0,1$ g)
- Probeta (ml)
- Vidrio de reloj
- Vaso de precipitados (ml)
- Embudo
- Cucharilla metálica
- Agua destilada
- Vinagre (ácido acético 10%)
- Sal (cloruro sódico)
- Bicarbonato sódico

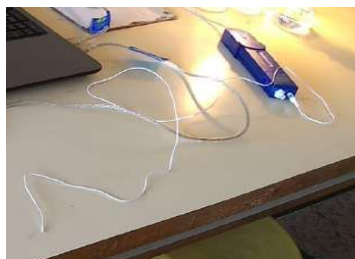


Sensores digitales, software y ordenador

- Sensor de concentración de CO₂ aire (± 1 ppm)



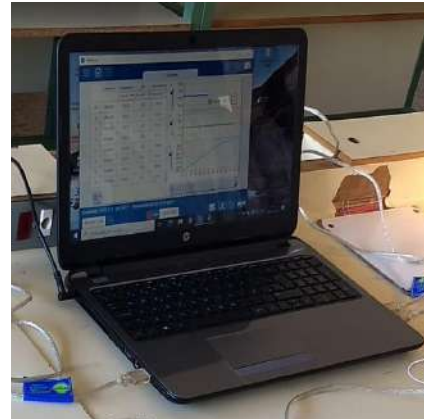
- Sensor de temperatura ($\pm 0,1^\circ\text{C}$)



- Sensor de pH ($\pm 0,1$ pH)



- Software SPARKvue de PASCO para el registro de datos por los sensores
- Ordenador portátil



Material y instrumentación Experimento 1

- agua destilada
- sal
- bicarbonato sódico
- vinagre
- flexo de luz
- varilla de vidrio
- 1 matraz erlenmeyer de 500 ml
- 1 tapón para el matraz anterior en cuyo orificio se ajusta un tubo de plástico flexible.
- 4 matraces erlenmeyer de 100ml y rotulados (matraces muestra 1, 2 y 3; matraz muestra control C)
- film de plástico transparente y gomas elásticas para tapan los matraces anteriores
- sensores de concentración de CO₂ y temperatura



Material y instrumentación Experimento 2

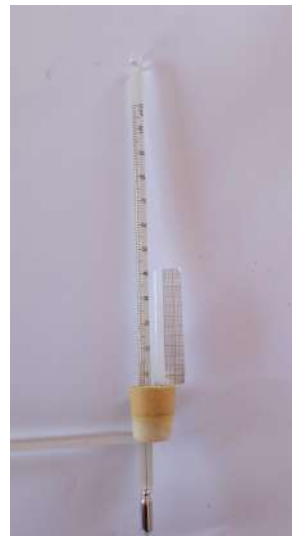
- agua destilada
- sal
- bicarbonato sódico
- vinagre
- flexo de luz
- varilla de vidrio
- 1 matraz erlenmeyer de 500 ml

- 1 tapón para el matraz anterior en cuyo orificio se ajusta un tubo de plástico flexible.
- 4 matraces erlenmeyer de 100ml y rotulados (matraces muestra 1, 2 y 3; matraz muestra control C)
- film de plástico transparente y gomas elásticas para tapar los matraces anteriores
- sensores de concentración de CO₂ y pH
- frasco lavador para limpiar con agua destilada el sensor de pH en cada uso



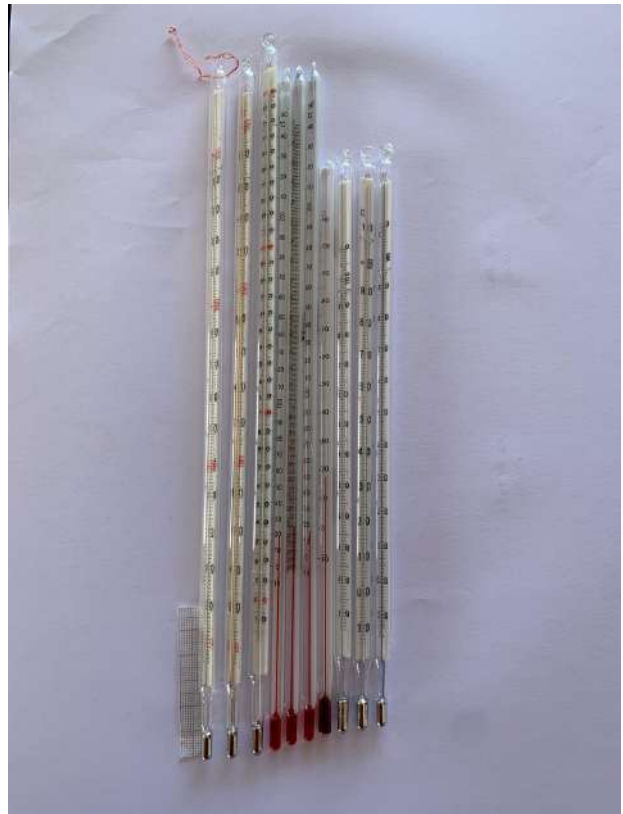
Material y instrumentación Experimento 3

- agua destilada
- sal
- varilla
- matraz erlenmeyer de 100 ml
- tapón con 2 agujeros
- tubo de plástico con una porción papel milimetrado adosado
- termómetro
- placa calorífica
- soporte
- pinza y nuez para sujetar el matraz al soporte



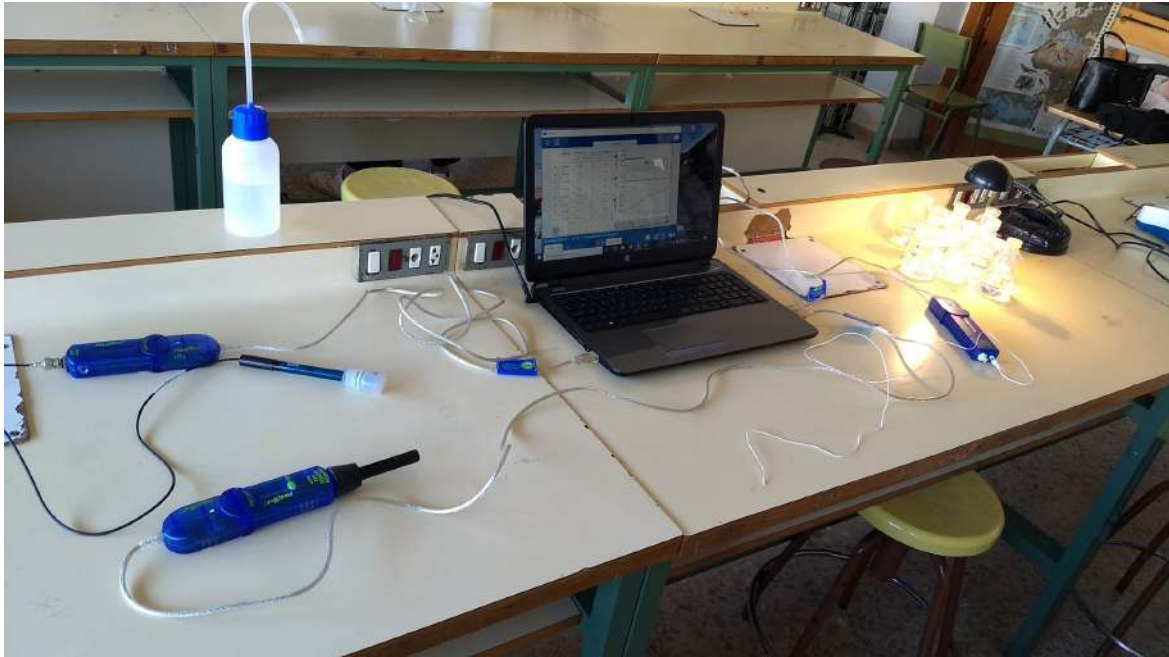
Material y instrumentación Experimento 4

- 3 vasos de precipitados capacidad 250ml
- 2 vasos de precipitados capacidad 50ml
- 2 soportes de laboratorio con sus respectivas pinzas y nueces
- 2 varillas
- colorante alimentario azul
- colorante alimentario rojo
- 10 termómetros unidos mediante celo
- 1 cristizador
- hielo



MONTAJES DE LOS EXPERIMENTOS-IMÁGENES

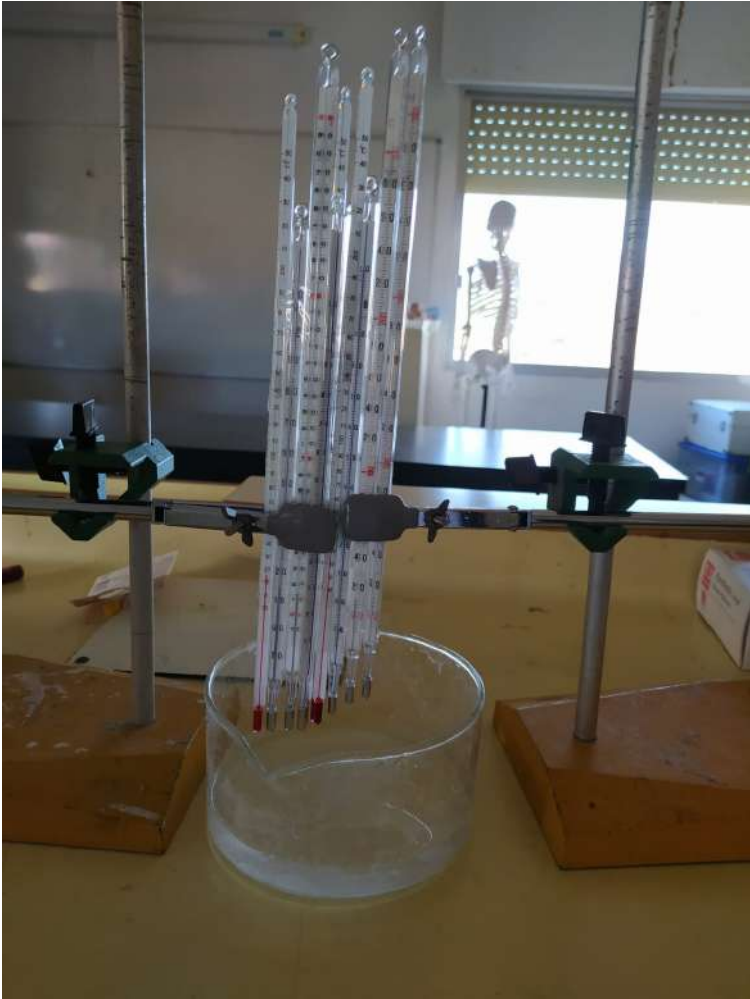
Montaje experimentos 1 y 2



Montaje experimento 3



Montaje experimento 4



PROTOCOLOS EXPERIMENTALES-DETALLES E IMÁGENES

Procedimiento experimento 1

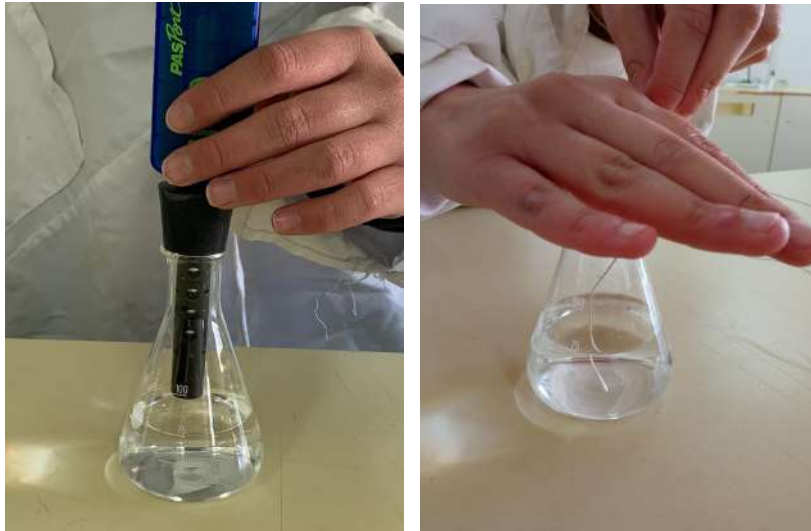
- Reacción del bicarbonato sódico y vinagre para obtener el gas CO₂.



- Preparación de los matraces de las muestras.

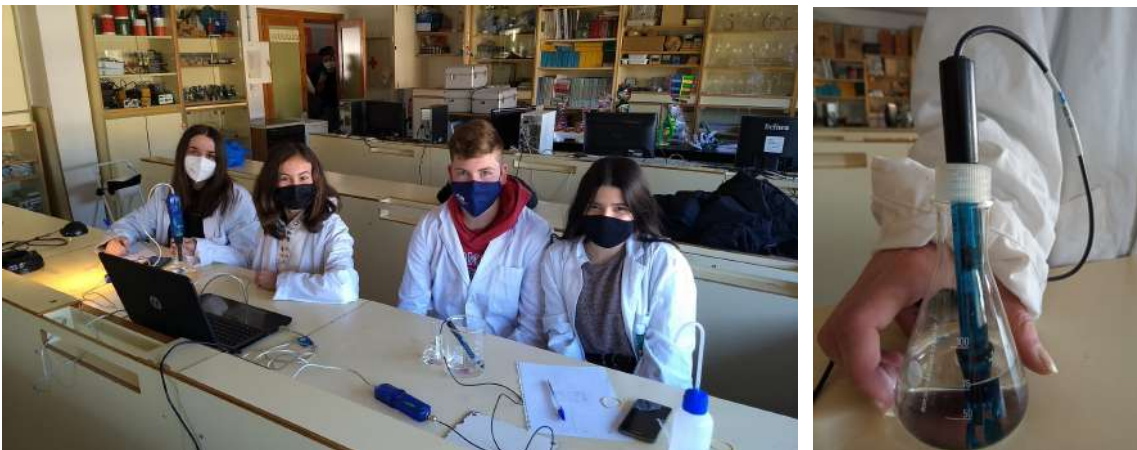


- Registro con los sensores digitales



Procedimiento experimento 2

- Registro con los sensores digitales



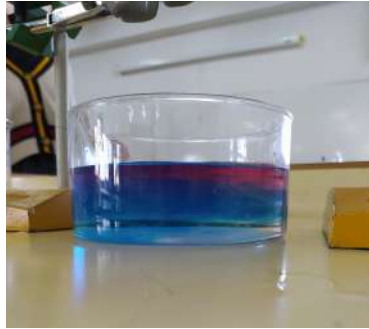
Procedimiento experimento 3

- Observación de la temperatura del agua en el matraz y del nivel en el interior del tubo.



Procedimiento experimento 4

- Estratificación vertical de las masas de agua diferenciada por colores, antes de introducir los termómetros para medir la temperatura en profundidad.



RESULTADOS-TABLAS Y GRÁFICOS

Tablas, gráficos y estadísticos básicos generados en la hoja de cálculo Google Sheets.

Experimento 1

TABLA 1.1	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		Repetición 4		Repetición 5		Valores medios	
Matraz nº	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)	Temperatura (°C)	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)	Temperatura (°C)	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)	Temperatura (°C)	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)	Temperatura (°C)	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)	Temperatura (°C)	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)	Temperatura (°C)
1	1,20	20,13	1,50	19,96	1,90	20,69	1,70	20,59	1,58	20,34	1,58	9,29
2	108,00	20,50	130,00	20,68	140,00	20,84	140,00	20,93	129,50	20,74	129,50	90,25
3	140,00	21,15	155,00	20,73	155,00	21,10	150,00	21,07	150,00	21,01	150,00	99,43

Tabla 1.1.: Datos totales y medios. Las filas se corresponden con los tres matraces o muestras, las columnas con la concentración de CO₂ (*1000 ppm) del aire y con la temperatura (°C) del agua medidos en cada matraz.

TABLA 1.2	Concentración CO ₂ (*1000 ppm)					Estadísticos básicos		
Matraz nº	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	max	min	media
1	1,20	1,50	1,90	1,70	1,58	1,90	1,20	1,58
2	108,00	130,00	140,00	140,00	129,50	140,00	108,00	129,50
3	140,00	155,00	155,00	150,00	150,00	155,00	140,00	150,00

Tabla 1.2.: Datos de concentración de CO₂ y estadísticos básicos, valores máximo, mínimo y medio

TABLA 1.3	Temperatura (°C)					Estadísticos básicos		
Matraz nº	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	max	min	media
1	20,13	19,96	20,69	20,59	20,34	20,69	19,96	20,34
2	20,50	20,68	20,84	20,93	20,74	20,93	20,50	20,74
3	21,15	20,73	21,10	21,07	21,01	21,15	20,73	21,01

Tabla 1.3.: Datos de la temperatura y estadísticos básicos, valores máximo, mínimo y medio.

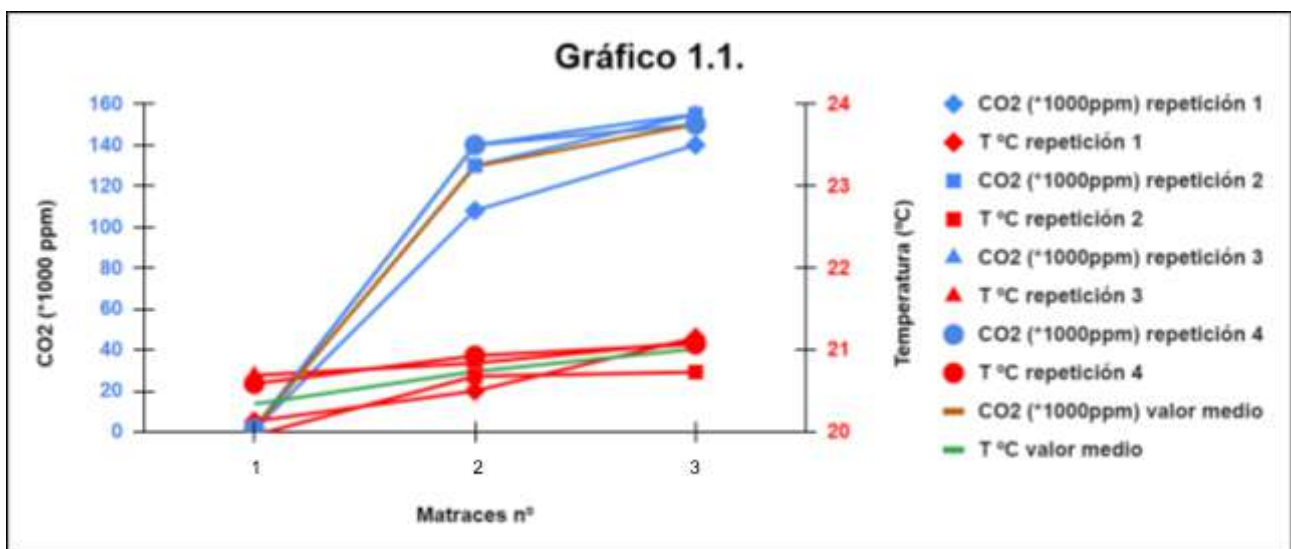


Gráfico 1.1: Las líneas rojas representan los valores de la temperatura y las líneas azules los valores de la concentración de CO₂; en las cinco repeticiones cuando la concentración de CO₂ del aire tiende a aumentar, la temperatura del agua mantiene la misma tendencia. También sucede con las líneas de los valores medios.

Experimento 2

TABLA 2.1	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3		Repetición 4		Repetición 5		Valores medios	
Matraz nº	CO ₂ (*1000ppm)	pH	CO ₂ (*1000ppm)	pH	CO ₂ (*1000ppm)	pH	CO ₂ (*1000ppm)	pH	CO ₂ (*1000ppm)	pH	CO ₂ (*1000ppm)	pH
matraz1	1,2	6,9	1,5	6,8	1,9	6,6	1,7	6,8	0,8	6,8	1,42	6,8
matraz2	108,0	5,6	130,0	5,4	140,0	5,3	140,0	5,2	69,0	6,6	117,4	5,6
matraz3	140,0	5,2	155,0	4,6	155,0	4,6	150,0	4,8	149,0	5,7	149,8	5,0

Tabla 2.1.: Datos totales y medios de la concentración de CO₂ (*1000 ppm) del aire y pH (acidez) del agua medidos en cada matraz.

TABLA 2.2	CO ₂ (*1000 ppm)					Estadísticos básicos		
Matraz nº	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	max	min	media
matraz1	1,2	1,5	1,9	1,7	0,8	1,9	0,8	1,4
matraz2	108,0	130,0	140,0	140,0	69,0	140,0	69,0	117,4
matraz3	140,0	155,0	155,0	150,0	149,0	155,0	140,0	149,8

Tabla 2.2.: Datos de la concentración de CO₂ y estadísticos básicos.

TABLA 2.3	pH					Estadísticos básicos		
Matraz nº	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	max	min	media
matraz1	6,9	6,8	6,6	6,8	6,8	6,9	6,6	6,8
matraz2	5,6	5,4	5,3	5,2	6,6	6,6	5,2	5,6
matraz3	5,2	4,6	4,6	4,8	5,7	5,7	4,6	5,0

Tabla 2.3.: Datos del pH y estadísticos básicos .

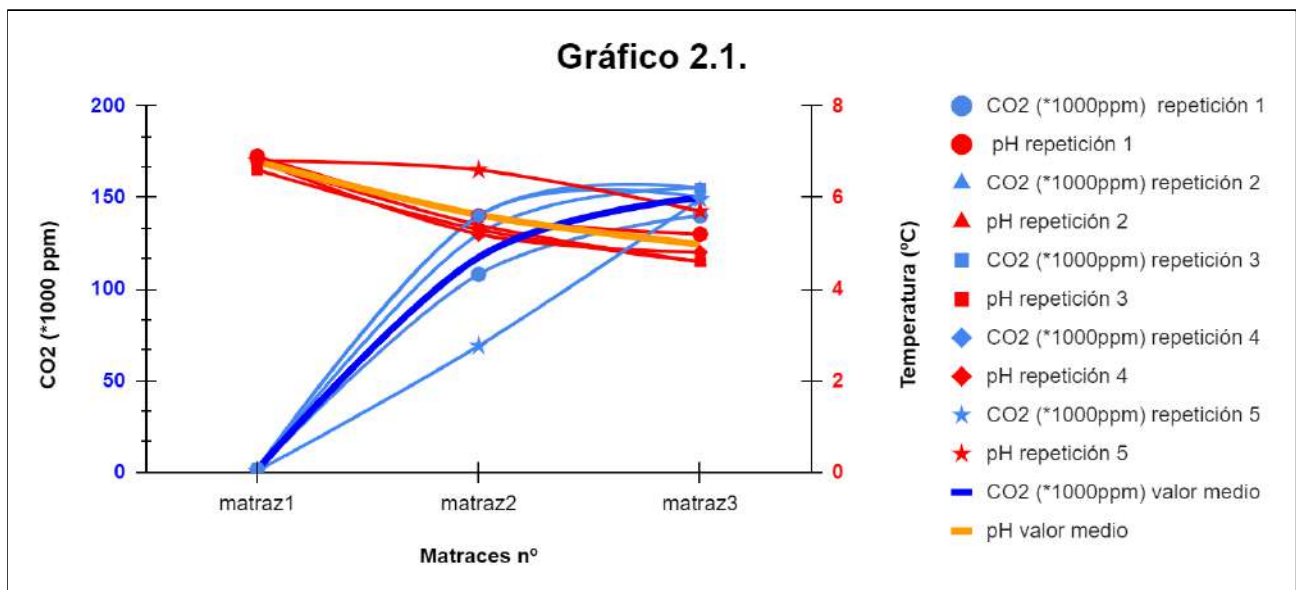


Gráfico 2.1: Las líneas rojas representan los valores del pH y las líneas azules los valores de la concentración de CO₂; en las cinco repeticiones cuando la concentración de CO₂ aumenta, coincide con la disminución del pH. También sucede con las líneas de valores medios.

Experimento 3

TABLA 3.1		Altura columna agua (mm)				
Temperatura (°C)	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	Valor medio
17	2	1	2	2	2	1,8
18	6	5	4	4	4	4,6
19	8	7	6	6	6	6,6
20	11	10	9	9	9	9,6
21	14	12	12	12	12	12,4
22	17	14	14	14	14	14,6
23	19	18	17	17	17	17,6
24	22	20	19	19	19	19,8
25	25	22	21	21	21	22,0
26	27	26	23	23	23	24,4
27	31	31	29	29	29	29,8
28	34	33	32	32	32	32,6
29	38	37	33	33	34	35,0
30	42	41	36	36	37	38,4
31	44	44	40	40	40	41,6
32	48	47	44	44	44	45,4
33	52	52	47	47	47	49,0
34	55	55	51	51	50	52,4

Tabla 3.1: Datos totales y estadísticos básicos. Las filas se corresponden con la temperatura (°C) del agua y las columnas con la altura o nivel (mm) del agua en el tubo.

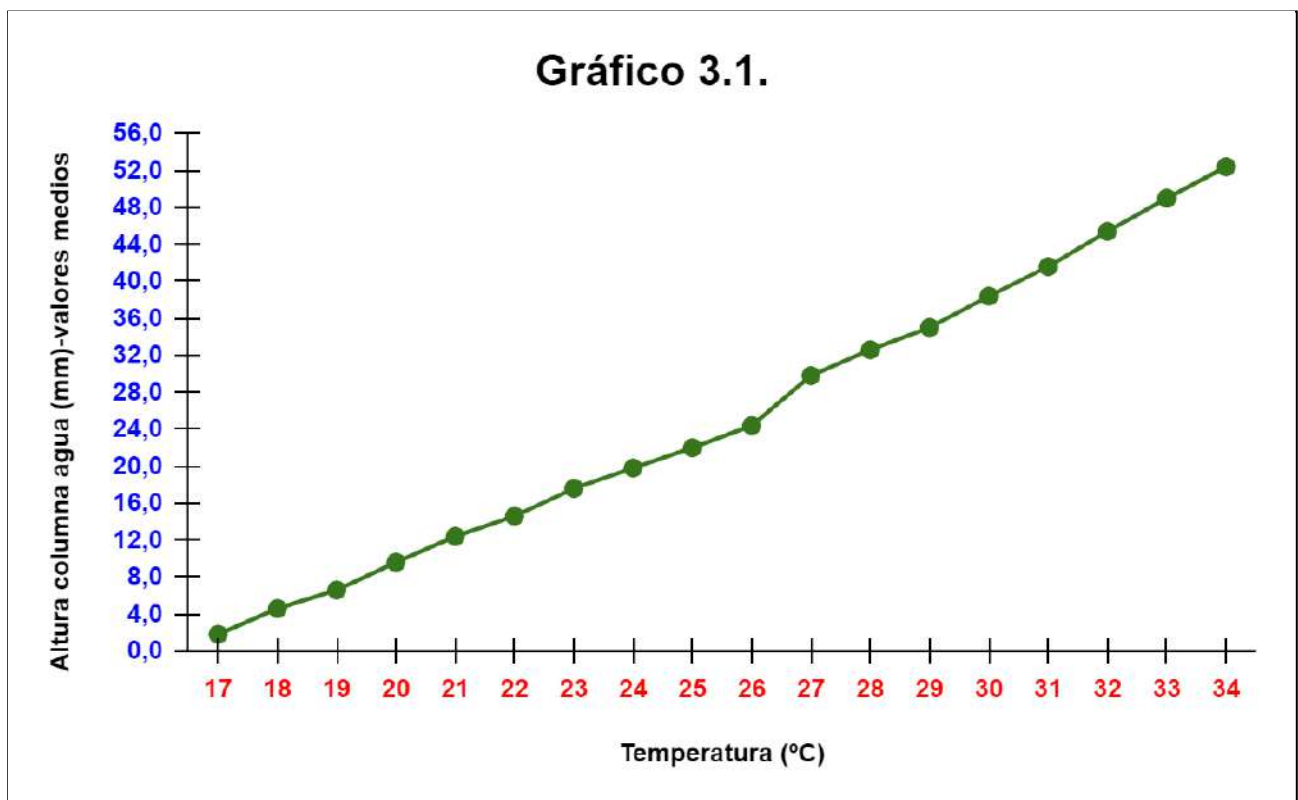


Gráfico 3.1: Valores medios del nivel del agua en función de su temperatura. Se observa que el nivel del agua aumenta progresivamente con la temperatura.

Experimento 4

Se obtuvieron exactamente los mismos resultados en las cinco repeticiones, tanto para el grupo control como para el grupo experimental. Aunque la información es redundante, hemos decidido presentar todas las medidas como se pedía en las bases.

TABLA 4.1. GRUPO control (el agua superficial sin efecto calentamiento)						
	Temperatura tras la mezcla de masas de agua (°C)					
Profundidad agua (mm)	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	Valor medio
-18	11	11	11	11	11	11
-16	11	11	11	11	11	11
-14	11	11	11	11	11	11
-12	11	11	11	11	11	11
-10	12	12	12	12	12	12
-8	13	13	13	13	13	13
-6	14	14	14	14	14	14
-4	15	15	15	15	15	15
-2	15	15	15	15	15	15
0	15	15	15	15	15	15

Tabla 4.1: Datos de la temperatura (°C) en función de la profundidad del agua (mm) en el grupo control.

TABLA 4.2. GRUPO experimental (el agua superficial previamente calentada, hay efecto calentamiento)						
	Temperatura tras la mezcla de masas de agua (°C)					
Profundidad agua (mm)	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4	Repetición 5	Valor medio
-18	11	11	11	11	11	11
-16	11	11	11	11	11	11
-14	11	11	11	11	11	11
-12	11	11	11	11	11	11
-10	14	14	14	14	14	14
-8	15	15	15	15	15	15
-6	16	16	16	16	16	16
-4	17	17	17	17	17	17
-2	18	18	18	18	18	18
0	18	18	18	18	18	18

Tabla 4.2: Datos de la temperatura (°C) en función de la profundidad del agua (mm) en el grupo experimental.

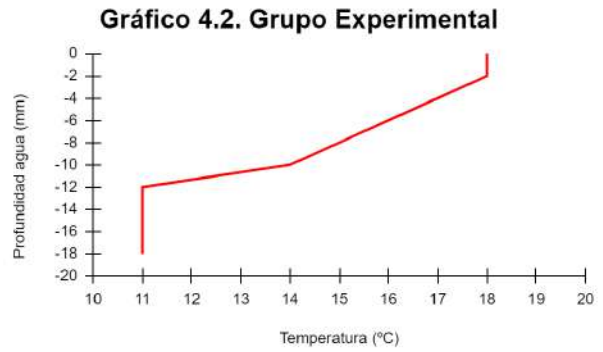
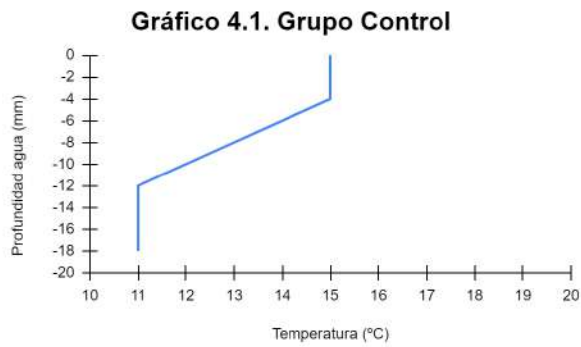
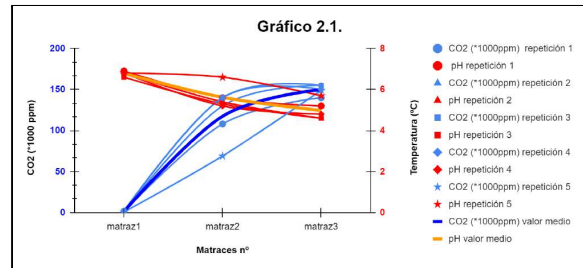
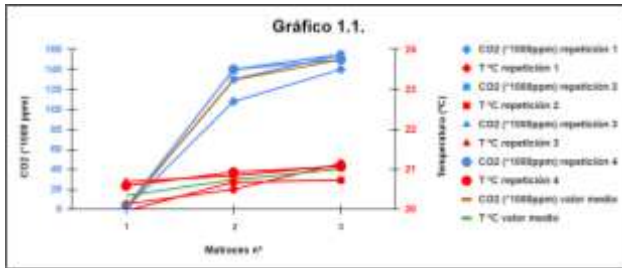


Gráfico 4.1: Representa la variación de la temperatura vertical de las masas de agua del grupo control. La temperatura aumenta progresivamente entre -12 y -4 mm, manteniéndose constante a 11°C a profundidades por debajo de -12 mm y a 15 °C a profundidades por encima de -4 mm.

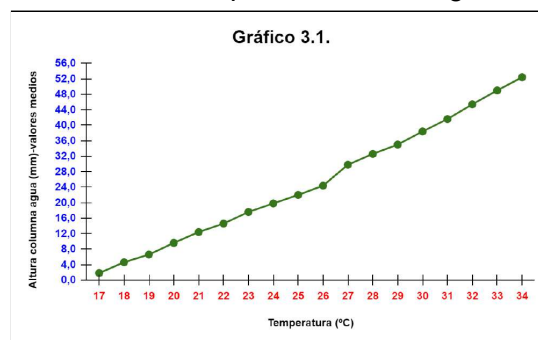
Gráfico 4.2: En el grupo experimental la temperatura aumenta progresivamente entre -12 y -2 mm, siendo constante a 11°C a profundidades por debajo de -12 mm y constante a 18 °C a profundidades por encima de -2 mm. Comparando con el gráfico 4.1, se observa una intensificación o ampliación de la zona del gráfico 4.2 en que disminuye la temperatura con la profundidad, entre -2 i -12 mm. Esta zona representa la termoclina o zona de mezcla entre dos masas de agua a distinta temperatura. En el grupo experimental la capa superficial del agua ha sido sometida a calentamiento previo, influyendo en la termoclina.

GRÁFICOS CON CONCLUSIONES

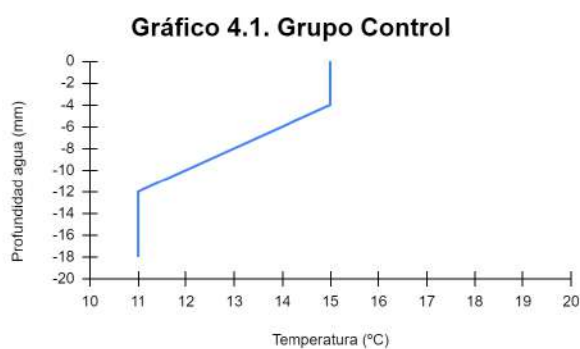
Los resultados de nuestros experimentos nos permiten decir que al aumentar la concentración de CO₂ del aire en los matraces, también lo hace la temperatura y la acidez (el pH disminuye) del agua salada que contienen -gráficos 1.1 y 2.1-.



El agua se expande cuando su temperatura se incrementa, se observa una elevación del nivel del agua en el recipiente que lo contiene; en el experimento 3 hemos observado esa elevación mediante la altura que alcanza en el tubo acoplado al matraz -gráfico 3.1-.



El aumento de la temperatura superficial del agua coincide con un aumento de la estratificación de la temperatura respecto a la profundidad, la zona donde la temperatura cambia, la termoclina, se amplía; en el experimento 4 hemos podido comprobarlo comparando los valores de temperatura con la profundidad entre muestras con agua superficial a temperatura ambiente (grupo control) y muestras con agua superficial previamente calentada (grupo experimental) -gráficos 4.1 y 4.2-.



El tamaño muestral de nuestros experimentos, aunque pequeño, permite describir un comportamiento cualitativo de las variables estudiadas y observar tendencias.

Podemos concluir que es cierta nuestra hipótesis, el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico afecta a las masas de agua oceánicas. La acidez y la temperatura del océano aumenta con la concentración de CO₂ atmosférico, y afecta negativamente a la vida acuática e influye en el clima. Los océanos absorben gran parte del calor por el efecto invernadero, aumentado por la emisión de GEI del uso de combustibles fósiles. Con la temperatura, el nivel del mar aumenta y afecta a las zonas costeras, y se incrementa la estratificación vertical de la temperatura, disminuye la mezcla de aguas superficial y profunda que afecta a la renovación de nutrientes y oxígeno, también a las corrientes oceánicas modificando el clima.