



# ¿Peligro o necesidad?



Alumnos:

- *María Cheng Jiménez Fernández*
- *Raúl Bermúdez Padilla*
- *María Dolores Cadenas de Llano Lucena*
- *Alba Sánchez Bonilla*

*IES Álvarez Cubero (Priego de Córdoba)- 4º ESO*

*Tutora: Esther García-Ligero Ramírez*

# INTRODUCCIÓN

Está claro que esta inesperada pandemia ha cambiado nuestras vidas. Todo comenzó un 13 de marzo, en el que algunos celebraban el cierre de colegios e institutos. No tardamos mucho en darnos cuenta de que esto no era una broma, iba para largo. El coronavirus ha cambiado nuestro modo de vida y la perspectiva con la que vemos las cosas.

El ser humano es materialista, pero después de esta situación, hemos aprendido mucho más a valorar las cosas simples y los momentos con la familia o amigos. Después de varios meses confinados, finalmente pudimos ir saliendo de forma escalonada, hasta que en septiembre llegó el regreso a las aulas. Entonces surgió una gran incógnita sobre la situación en los centros escolares. Se tomaron numerosas medidas de seguridad para poder llevar a cabo el curso escolar, lo mejor posible.

Entre las medidas que se acordaron adoptar al principio de curso, y que aún mantenemos, se encontraban las siguientes: los alumnos no podían sentarse juntos, sino que debía de haber una distancia de separación entre ellos; había que utilizar el gel hidroalcohólico a la entrada y salida, y desinfectar las mesas. También se tenían que mantener las ventanas y puertas abiertas con el fin de ventilar las aulas, y para ello se señaló en cada ventana la apertura mínima que se tenía que dejar, 25 centímetros.

Por otra parte, a través de los telediarios y la prensa nos enteramos que estudios realizados por los científicos habían llegado a la conclusión de que la principal vía de propagación del virus era a través de las gotitas respiratorias, llamadas aerosoles, producidas cuando una persona infectada tose, estornuda, respira, canta o habla. Estas gotitas provocan infecciones cuando son inhaladas o se depositan en las membranas mucosas, como las que revisten la parte interna de la nariz y la boca. Las personas envían aerosoles al aire que pueden viajar muchos metros en una corriente de aire y el coronavirus se propaga a través de estos aerosoles, los cuales pueden permanecer viables en aerosoles durante 3 horas. Esto llevaba a pensar que es más probable que suceda el contagio cuando una persona infectada pasa mucho tiempo en interiores con poca ventilación.

Para medir la calidad del aire en un edificio o habitación y comprobar si es de buena calidad o no, lo que se hace es medir la cantidad de  $CO_2$ . La medida de los niveles de  $CO_2$  en interior y su relación con los niveles de  $CO_2$  en el ambiente exterior nos facilita poder determinar si la ventilación de un espacio interior es la adecuada. Así, por ejemplo, para un aire de buena calidad, se considera que la concentración de  $CO_2$  en el ambiente interior con respecto a su concentración en el medio exterior, no debe ser superior de 500 ppm.

$$[CO_2] \text{ interior} - [CO_2] \text{ exterior} < 500 \text{ ppm (partes por millón)}$$

En la tabla siguiente se especifica la calidad del aire en función de los valores de  $CO_2$ :

$CO_2$ (ppm)	0-350	350-500	500-800	800-1200	Más de 1200
Calidad aire	Alta	Buena	Moderada	Baja	Mala

Si el  $CO_2$  está concentrado, el virus estaría igualmente concentrado por lo que se incrementaría la probabilidad de contagio. Una de las recomendaciones principales para mejorar la calidad del aire es

la de renovar el aire, ventilar, para mantener baja la concentración de  $CO_2$  y, por tanto, la concentración del virus, y esta fue una de las medidas que se adoptaron a comienzo de curso. Lo ideal sería mantener la concentración en 500 ppm en espacios cerrados. Para poder medir la concentración de dicho gas en interiores, se utilizan los medidores de  $CO_2$ .

A la vista de todos estos estudios y por el miedo y respeto que le tenemos al virus, nuestra profesora de Biología decidió comprar un medidor de  $CO_2$  para el departamento de Biología con el fin de comprobar la calidad del aire de nuestras aulas. A raíz de ello surgió la idea de realizar el trabajo que ahora desarrollamos, gracias a la tutorización conjunta de nuestras profesoras de Biología y Matemáticas.

Queríamos estudiar, no solamente la concentración de  $CO_2$ , y por tanto del virus, en nuestras aulas, también estábamos interesados en observar los factores que repercutían en que dicha concentración fuese mayor o menor.

## OBJETIVOS

Como hemos resaltado anteriormente, la calidad del aire influye en la concentración del virus. Por ello, hemos estudiado la concentración de  $CO_2$  y los factores que pueden repercutir en ella y, por tanto, en la del virus. Entre los posibles factores que hemos considerado se encuentran: la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad del viento, número de alumnos, tipos de mascarillas, número de ventanas, ubicación en el aula. Así pues, decidimos analizar todos estos factores y su influencia en la concentración del virus en nuestras aulas.

## TOMA DE DATOS

Para la toma de datos era necesario disponer de un medidor de  $CO_2$ . Así que, hasta que no llegó la partida presupuestaria no se pudo comprar. Esto sucedió en el mes de febrero, de ahí que el número de datos con los que hemos trabajado y realizado el estudio no sea muy elevado y pueda resultar un pequeño hándicap para las conclusiones.



La profesora de Biología, como responsable del medidor, era la encargada de llevarlo a las aulas en las que impartía clases y tomar las medidas, que posteriormente los alumnos recogíamos en nuestro cuaderno. Por ello, el número de clases implicadas en este trabajo han sido cinco: dos primeros de ESO, un cuarto de ESO, un primero de Bachillerato y un segundo de Bachillerato. Esto ha sido positivo porque no todas las clases tienen el mismo número de alumnos. Tampoco tomábamos los datos a diario, ya que la asignatura de Biología no se imparte todos los días, así pues, los datos que hemos recogido corresponden a los días y horas en que había, en los citados cursos, clase de Biología. Este es también el motivo de que en algunas clases se hayan tomado los datos tres días a la semana y en otras dos.

En un primer momento, solo tomamos dos medidas, al comienzo de la clase y al final de la misma. Pero la profesora de Matemáticas cambió las pautas hacia finales de febrero y acordamos que era mejor realizar tres mediciones: una al comenzar la clase en la mesa del profesor, tras ventilar el aula en el cambio de clase; otra medición en la zona final del aula, para ver si según la ubicación la concentración era mayor o menor. Hay que tener, por tanto, en cuenta la ubicación de la puerta respecto a la clase; y la última medición al finalizar la clase en la mesa del profesor, para ver los cambios con respecto la primera medición, es decir, para observar si tras una hora de clase con todos los alumnos respirando y hablando cambiaba la concentración.

En algunas ocasiones puntuales, tras tomar las mediciones hemos podido observar que había unos niveles  $CO_2$  excesivamente elevados, incluso superando los 1300ppm o 1400ppm (estos son datos muy preocupantes). Por lo que la profesora optó por abrir un poco más las ventanas, así pues, la tercera toma no era totalmente real, por haber ventilado la clase antes de realizarla. Pero hay que comprender que, aunque científicamente esto no sea totalmente correcto, no podíamos mantener la clase con esos niveles de  $CO_2$ , y por tanto con una alta concentración del virus.

El medidor de  $CO_2$  nos proporcionaba la concentración de dicho gas, y también medía la temperatura y humedad del aula. Tiene tres colores: el color verde, si la concentración es adecuada; el amarillo, a partir de 800ppm, es preocupante; y finalmente, el rojo, a partir de 1100ppm, la situación es peligrosa.

En cada una de las clases, además, hemos apuntado el número de alumnos, las dimensiones de la clase, número de ventanas, la ubicación de la puerta, si el pasillo era con ventilación o no y los tipos de mascarillas que solían llevar los alumnos.

Por otra parte, y gracias a la estación meteorológica comprada por el departamento de Geografía e Historia, y con la ayuda del profesor de Física, hemos obtenido los datos de la presión y de la velocidad máxima del viento en nuestro centro.



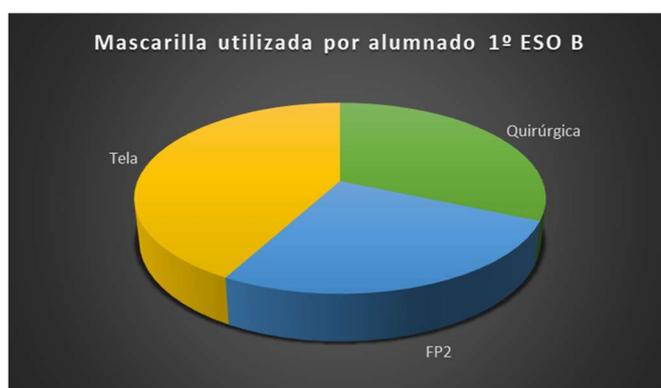
# ESTUDIO POR CLASE

En primer lugar, vamos a realizar un estudio clase por clase y posteriormente, haremos las comparaciones para obtener las conclusiones del trabajo.

## 1. CLASE DE 1º ESO B

Descripción de la clase:

- ✓ El número de alumnos que hay en este curso es 19, y durante todas las mediciones han estado todos ellos, salvo que alguno haya faltado de forma puntual.
- ✓ La clase se encuentra ubicada en la primera planta, dónde el tránsito de personas es mayor por estar la sala de profesores allí y la mayoría de los cursos de ESO. Tiene 7,41m de largo y 7,76m de ancho, así que, en total tiene una superficie de 57,5m<sup>2</sup>. Dispone de 4 ventanas que dan a la calle y se encuentra en un pasillo interior que no tiene ventanas frente a la clase. La mesa del profesor, dónde tomamos dos de las medidas del CO<sub>2</sub>, no se encuentra frente a la puerta de entrada de la clase.
- ✓ Tipos de mascarillas que usa el alumnado:



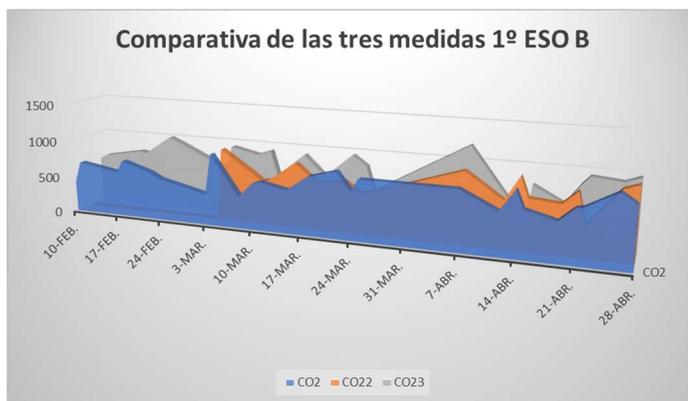
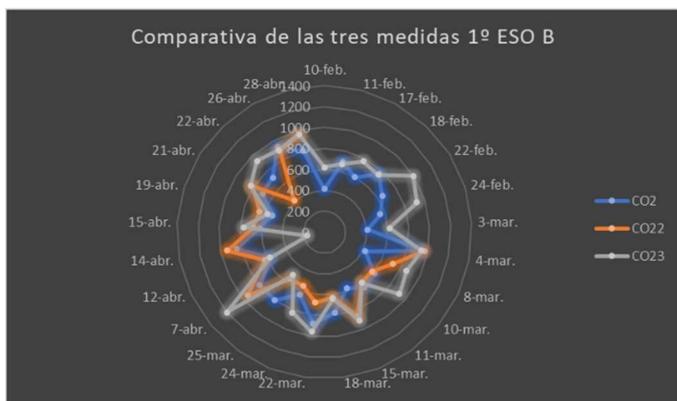
La moda de la distribución son las mascarillas de tela, las más utilizadas en este grupo, seguidas por las quirúrgicas.

A continuación, presentamos la tabla de datos con las que hemos trabajado.

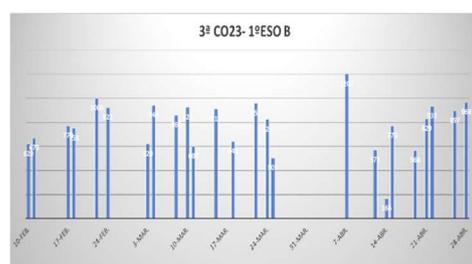
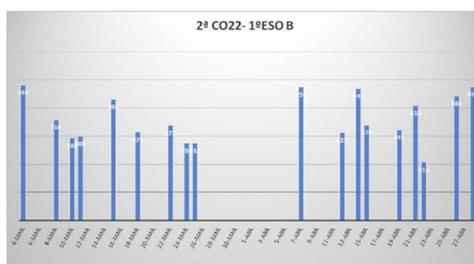
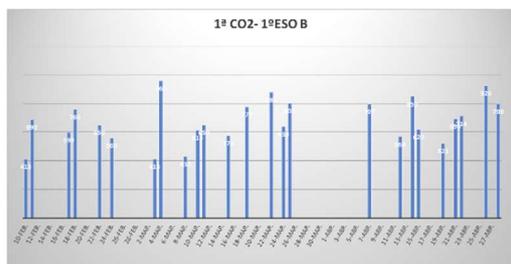
1º ESO B												
Fecha	Primera medida mesa profesor a los 10 minutos			Segunda medida final clase			Tercera medida mesa profesor a los 50 minutos			Presión	Viento	
	CO2	Temperatura	Humedad	CO22	Temperatura2	Humedad2	CO23	Temperatura4	Humedad3			
10-feb.	413	13	78				620	12	77	29,76	16,3	
11-feb.	690	16	69				670	16	67	29,81	5,6	
17-feb.	599	12	61				770	13	56	29,92	7,4	
18-feb.	760	16	55				750	16	54	29,78	6,9	
22-feb.	650	12	53				1000	15	51	29,93	8,9	
24-feb.	560	11	55				922	13	52	30,09	12,3	
3-mar.	413	14	65				620	13	66	29,94	6,7	
4-mar.	960	16	49	965	16	50	940	16	49	29,86	13,9	
8-mar.	430	12	64	716	15	57	860	16	56	29,63	9,8	
10-mar.	615	12	61	586	11	63	925	12	62	29,92	11,2	
11-mar.	650	14	57	600	14	57	600	14	57	29,87	8,5	
15-mar.	576	14	55	864	13	53	910	14	52	29,85	12,3	
18-mar.	777	15	37	629	14	37	641	14	36	29,69	17,9	
22-mar.	880	11	45	677	12	47	957	12	48	29,77	12,3	
24-mar.	639	13	52	550	13	49	824	14	49	29,91	10,1	
25-mar.	803	17	46	551	17	41	505	18	38	29,91	6,9	
7-abr.	797	14	57	950	15	54	1202	16	53	29,74	8,5	
12-abr.	569	15	68	625	14	69	571	15	66	29,81	8,3	
14-abr.	850	15	63	940	16	60	166	17	58	29,73	10,5	
15-abr.	620	14	76	679	15	71	770	15	71	29,61	6,9	
19-abr.	521	13	52	645	14	51	568	14	51	29,79	11	
21-abr.	694	14	68	818	14	68	829	16	61	29,6	7,8	
22-abr.	714	17	66	416	16	67	933	22	53	29,65	8,9	
26-abr.	926	16	71	886	16	71	897	17	70	29,47	8,1	
28-abr.	799	16	69	953	17	69	968	19	62	29,46	6,5	

En ella aparecen los días que hemos realizado las tres mediciones de  $CO_2$ , temperatura y humedad; junto con la presión y de la velocidad del viento que había ese día. En los siete primeros días, no aparece la toma de datos intermedia, es a partir del 4 de marzo cuando empezamos a tomarla en esta clase. Hemos incluido los días que no tenían las tres medidas, porque en otro caso, el número de datos podría resultar escaso.

Comparamos los datos obtenidos en cada uno de los días en las tres medidas diarias mediante un gráfico radial y otro de área.



En el gráfico radial se observa que la cantidad de  $CO_2$  en la tercera medición, después de una hora de clase, es la mayor de las tres prácticamente todos los días; siendo la primera medición, la de color azul, la menor de todas en la mayoría de las ocasiones, tal y como esperábamos. En el otro gráfico también podemos observar que en algunos días la segunda medición es menor que la primera, puede ser porque la puerta de la clase no está situada frente a la mesa del profesor, y puede que la ventilación de la puerta haga que descienda la concentración. La zona en la que no se ve el color naranja es porque no se habían tomado los datos esos días de la segunda medición.



Párametro	Valores
Media	676,20
Mediana	650,00
Q1	576,00
Q3	797,00
Varianza	22138,32
Desviación	148,79
CV	0,23

Párametro	Valores
Media	725,00
Mediana	678,00
Q1	606,25
Q3	880,50
Varianza	26765,00
Desviación	163,60
CV	0,24

Párametro	Valores
Media	776,72
Mediana	824,00
Q1	620,00
Q3	925,00
Varianza	43271,16
Desviación	208,02
CV	0,25

Los tres gráficos muestran las tres medidas diarias de concentraciones de  $CO_2$  que hemos tomado durante todos los días. La zona del gráfico que no tiene barras es la de Semana Santa, que no se han tomado datos. A simple vista, parecen que son igual de homogéneos, aunque el último, da la impresión de ser algo menos homogéneo. Para estar totalmente seguro de esto y para poder realizar un estudio en más profundidad, calculamos los parámetros. La moda no la hemos calculado por no tener mucho sentido al ser todos los valores diferentes.

La media de la primera distribución es la menor, seguida de la segunda y después la tercera, tal y como esperábamos que sucediera, pues después de una hora de clase con alumnos y profesor hablando, es normal que aumente la concentración de  $CO_2$ . El valor de todas ellas está por encima del valor de buena calidad del aire, estaría situada en calidad media.

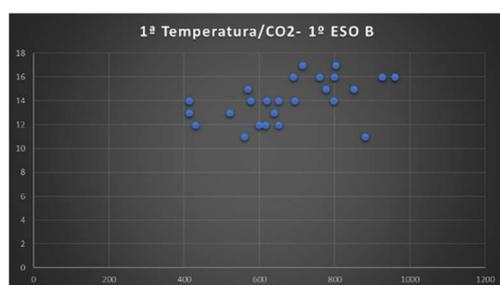
La mediana en el primer y segundo caso es 650ppm y 678ppm respectivamente. Esto indica que el 50 % de los datos se encuentran por debajo de esa medida que está dentro del intervalo de buena-media calidad del aire. Sin embargo, en el tercer caso, la mediana es 824ppm por lo que el 50% de las medidas se sitúan por encima de esa cantidad y entrarían en el intervalo de calidad de aire baja-mala.

El tercer cuartil nos dice que el 25% de los datos, en el segundo y tercer caso, se encuentran en el intervalo de calidad baja-mala del aire, que es la zona peligrosa.

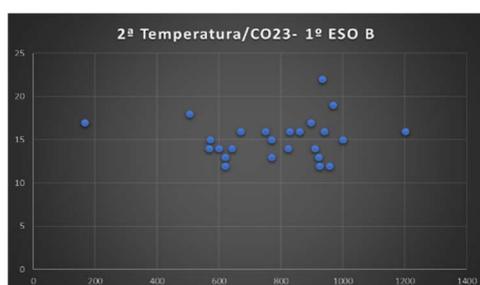
El coeficiente de variación es bastante similar en los tres casos, aunque es menor en el primero, que será, por tanto, el que tenga la distribución más homogénea.

Pasamos a estudiar la relación lineal, si la hay, entre la temperatura, la humedad, la presión, la velocidad del viento con la concentración de  $CO_2$ . Para ello, representamos la información en un gráfico de nube de puntos y obtenemos el coeficiente de correlación lineal.

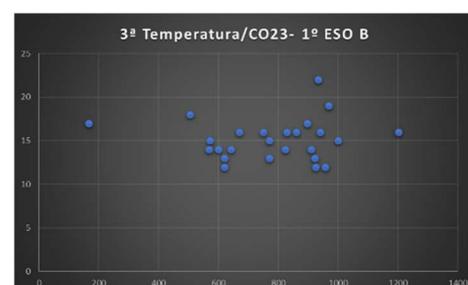
### TEMPERATURA/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$r = 0,49$



$r = 0,32$

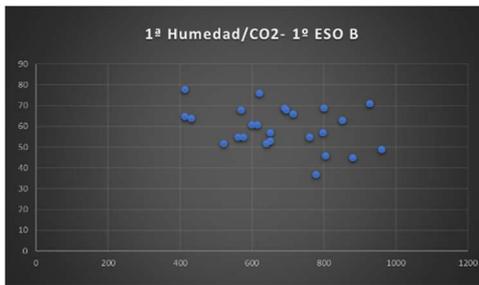


$r = 0,04$

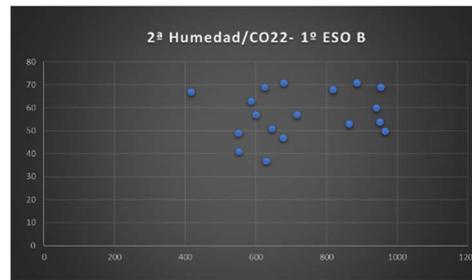
Estas gráficas de nube de puntos muestran la relación entre la temperatura que hay en el aula y la concentración de  $CO_2$  en las tres medidas. En los tres casos es positiva, lo que nos indica que, a mayor temperatura, mayor concentración de  $CO_2$ . Se aprecia que hay cierta relación entre ambas, y si calculamos el coeficiente de correlación lineal, observamos que en el primer caso el valor es el mayor, pero que los tres valores no son significativos, por lo que la dependencia lineal entre la temperatura y la concentración de  $CO_2$  es muy escasa, y en el tercer caso, prácticamente nula.

En los dos primeros casos el rango de la temperatura oscila entre 11°C y 17°C, mientras que en el tercer caso varía entre 12°C y 22°C.

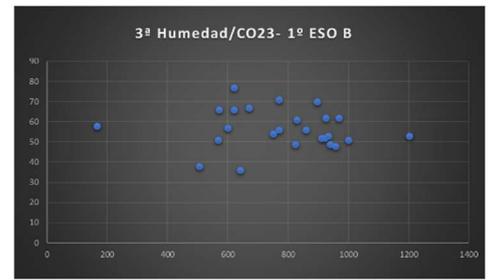
## HUMEDAD/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,34$$



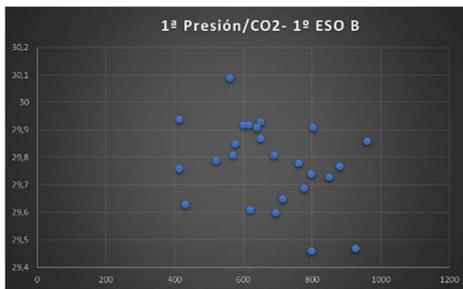
$$r = 0,17$$



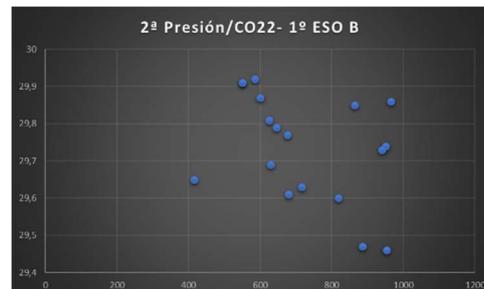
$$r = -0,08$$

Podemos observar que la relación lineal es escasa, y en dos de los casos negativa, es decir, a más humedad menos concentración de  $CO_2$ .

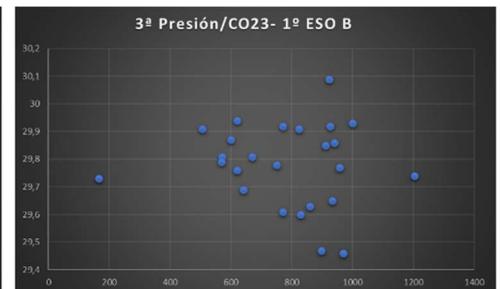
## PRESIÓN/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,32$$



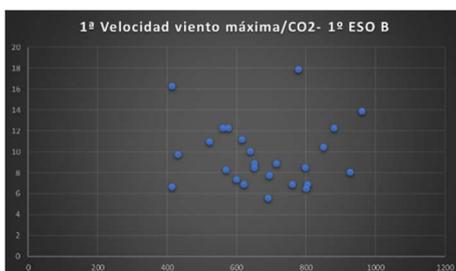
$$r = -0,37$$



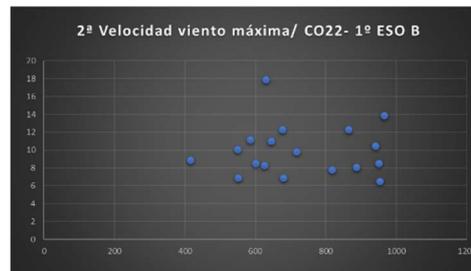
$$r = -0,1$$

El coeficiente de correlación lineal es negativo en todos los casos, lo que indica que a más presión menos concentración de  $CO_2$ , y además se observa la escasa relación lineal entre las variables.

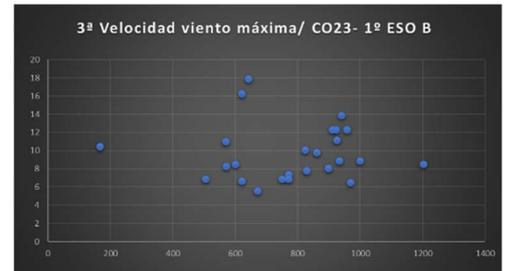
## VELOCIDAD VIENTO/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,02$$



$$r = -0,01$$



$$r = -0,1$$

En un principio pensamos que el viento contribuiría a reducir la concentración de  $CO_2$ , pero como podemos observar en las nubes de puntos no parece que haya relación. Los coeficientes de correlación lineal son negativos, lo que si reafirmaría lo que pensábamos, a más viento, menos concentración de  $CO_2$ . Sin embargo, el coeficiente es prácticamente cero, por lo que no hay relación entre las dos variables.

## 2. CLASE 1º ESO C

Descripción de la clase:

- ✓ El número de alumnos que hay en este curso es 20, y durante todas las mediciones han estado todos ellos, salvo que alguno haya faltado de forma puntual.
- ✓ La clase se encuentra en la primera planta, junto a la clase anterior. Tiene 7,56m de largo y 7,785m de ancho, por lo que en total tiene una superficie de 58,85m<sup>2</sup>. Dispone de 4 ventanas que dan a la calle y se encuentra en un pasillo interior que no tiene ventanas. La mesa del profesor, dónde tomamos dos de las medidas del CO<sub>2</sub>, no se encuentra frente a la puerta de entrada de la clase.
- ✓ Tipos de mascarillas que usa el alumnado:



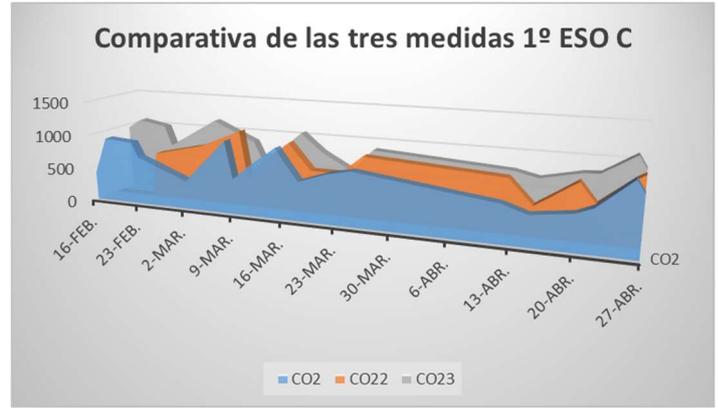
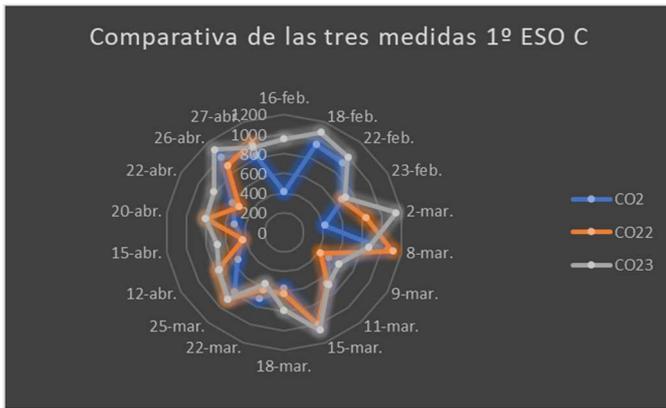
Se puede apreciar que la mascarilla más utilizada por los alumnos de este curso, por tanto, la moda es la FPP2.

A continuación, mostramos la tabla de recogida de datos de este curso.

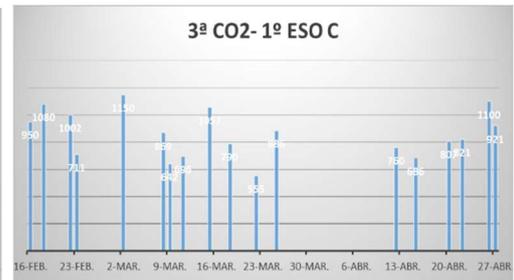
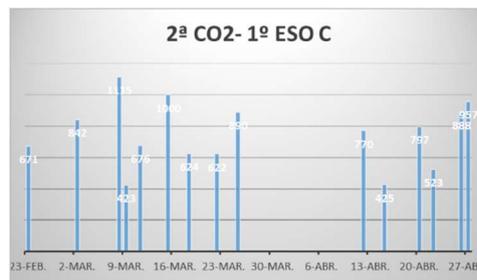
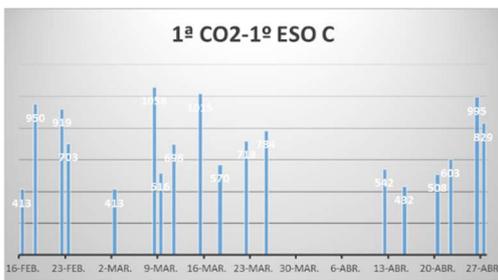
1ºESO C												
Fecha	Primera medida mesa profesor a los 10 minutos			Segunda medida final clase			Tercera medida mesa profesor a los 50 minutos			Presión	Viento	
	CO2	Temperatura	Humedad	CO22	Temperatura2	Humedad	CO23	Temperatura4	Humedad3			
16-feb.	413	14	46				950	15	44	29,99	12,8	
18-feb.	950	16	50				1080	16	53	29,78	6,9	
22-feb.	919	13	52				1002	14	51	29,93	8,9	
23-feb.	703	11	57	671	12	54	711	12	53	30,09	8,5	
2-mar.	413	15	59	842	13	63	1150	16	50	29,92	12,8	
8-mar.	1058	15	61	1115	13	65	869	17	55	29,63	9,8	
9-mar.	516	10	71	423	10	69	642	11	66	29,75	11,2	
11-mar.	698	13	58	676	13	57	696	11	57	29,97	8,5	
15-mar.	1015	14	52	1000	15	50	1057	15	52	29,85	12,3	
18-mar.	570	13	42	624	13	42	790	14	79	29,69	17,9	
22-mar.	718	12	47	622	12	45	555	12	49	29,77	10,3	
25-mar.	784	16	49	890	16	49	886	17	47	29,91	6,9	
12-abr.	542	15	66	770	16	66	760	16	67	29,81	8,3	
15-abr.	432	13	77	425	13	78	686	14	77	29,61	6,9	
20-abr.	508	14	53	797	16	56	807	15	58	29,69	8,9	
22-abr.	603	16	71	523	16	80	821	17	70	29,65	8,9	
26-abr.	995	17	70	888	17	68	1100	17	67	29,47	8,1	
27-abr.	829	15	69	957	16	68	921	16	68	29,46	11,6	

En ella aparecen la fecha de las tres mediciones de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad; junto con la medida de la presión y de la velocidad del viento. En los tres primeros días, no aparecen las tres medidas, es a partir del 23 de febrero cuando empezamos a tomarlas, sin embargo, hemos querido considerar estos tres datos, para tener mayor información.

En las siguientes gráficas, radial y de áreas, comparamos las tres tomas de datos diarias.



En el gráfico radial se observa que la cantidad de  $CO_2$  en la tercera medición, después de una hora de clase, es la mayor de las tres prácticamente todos los días; siendo la primera medición, la de color azul, la menor de todas, que es la que se mide tras el cambio de clase y la correspondiente ventilación del aula. Esto también se aprecia en el otro gráfico, dónde, además, podemos observar que las tres medidas presentan una zona recta que se corresponde con las fechas de Semana Santa, fechas en las que no se tomaron datos por estar de vacaciones.



Párametro	Valores
Media	703,67
Mediana	700,50
Q1	522,50
Q3	896,50
Varianza	44845,67
Desviación	211,77
CV	0,30

Párametro	Valores
Media	748,20
Mediana	770,00
Q1	623,00
Q3	889,00
Varianza	39753,49
Desviación	199,38
CV	0,27

Párametro	Valores
Media	860,17
Mediana	845,00
Q1	723,25
Q3	989,00
Varianza	27822,36
Desviación	166,80
CV	0,19

En los tres gráficos se muestra las tres concentraciones de  $CO_2$  que hemos medido durante todos los días. Nuevamente, se observa que durante la Semana Santa no se han tomado datos. El tercer gráfico parece más homogéneo que los otros, no hay tanta diferencia entre las alturas de las barras.

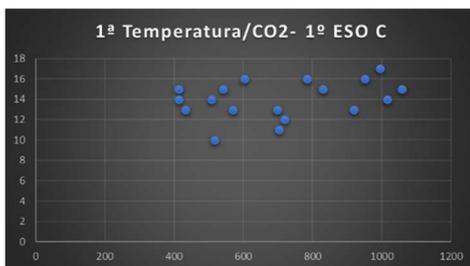
A la vista de los parámetros calculados en cada uno de los casos, podemos afirmar que la media de la primera toma es inferior a las otras dos, tal y como esperábamos, a medida que transcurre el tiempo y estamos todos los alumnos en la clase aumenta la concentración de  $CO_2$ . Dos de ellas se encuentran en el intervalo de calidad media, y la última en el de calidad baja.

En el primer caso, el primer cuartil es 522,5ppm lo que supone que el 25% de las medidas realizadas tienen menos de esa cantidad por lo que la calidad del aire sería alta-buena (el valor está en el límite de buena). La mediana nos indica que el 50% de los niveles de  $CO_2$  en la primera toma de datos son inferiores a 700.5ppm, que según la tabla de calidad del aire es buena-media. Mientras que la mediana de la tercera toma de datos es de 845ppm, lo que supondría que el 50% de los datos están por encima de esa cantidad que ya es considerada baja-mala. Por otra parte, el tercer cuartil del tercer caso es 989ppm, lo que nos indica que el 25% de las medidas tomadas tiene una calidad de aire baja-mala, estaría en la zona de peligro.

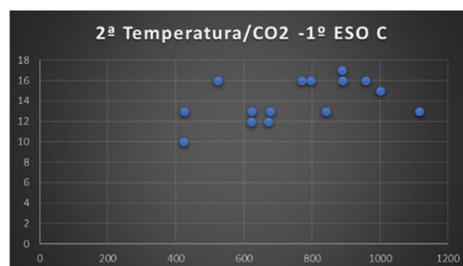
El coeficiente de variación es menor en el tercer caso, por ello la distribución de los datos es más homogénea en este caso que en los otros dos, tal y como habíamos apreciado en el gráfico.

A continuación, estudiamos la relación de la concentración de  $CO_2$  con la temperatura, humedad, presión atmosférica y velocidad del viento.

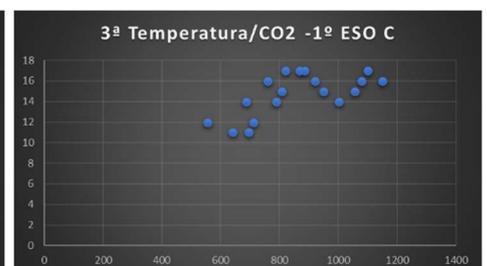
### TEMPERATURA/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$r = 0,33$



$r = 0,48$

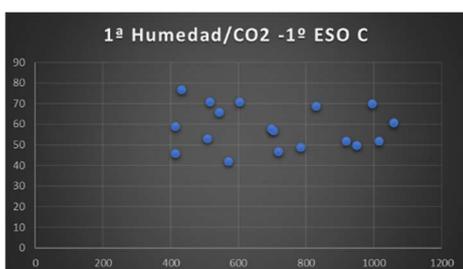


$r = 0,66$

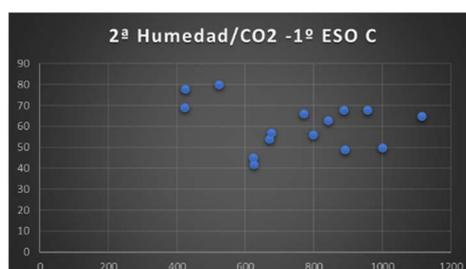
En los tres casos es positiva, lo que nos indica que, a mayor temperatura, mayor concentración de  $CO_2$ . Se aprecia que hay cierta relación entre ambas, y si calculamos el coeficiente de correlación lineal, observamos que en el primer caso es más próximo a cero por lo que casi no hay relación entre las variables, mientras que en el tercer caso hay una cierta dependencia lineal entre las variables al ser  $r = 0,66$  y estar más próximo a 1. En la tercera gráfica quizás se podría realizar un ajuste no lineal, por la disposición que observamos de los puntos, pero esto se escapa a los contenidos de 4º de ESO.

En los dos primeros casos el rango de la temperatura oscila entre 10°C y 17°C, en el tercer caso entre 11°C y 17°C. Hay que tener en cuenta que, aunque estuvieran las ventanas abiertas, se encendía la calefacción unas horas.

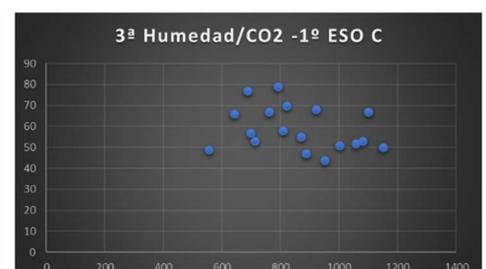
### HUMEDAD/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$r = -0,1$



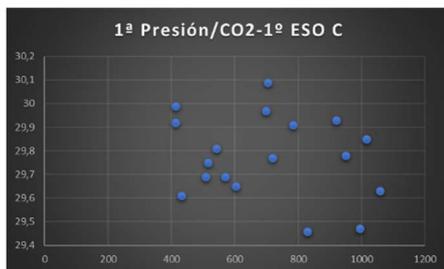
$r = -0,23$



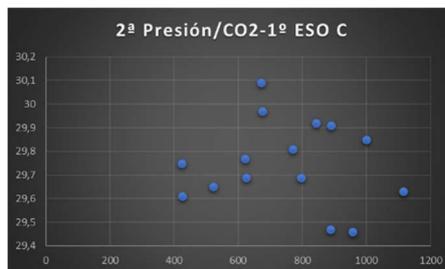
$r = -0,28$

En este caso se aprecia que es negativa, es decir, a más humedad menos concentración de  $CO_2$ . Sin embargo, el coeficiente de correlación lineal es muy próximo a cero por lo que no hay, prácticamente relación lineal entre las dos variables.

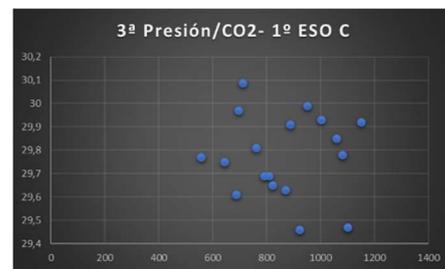
### PRESIÓN/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,2$$



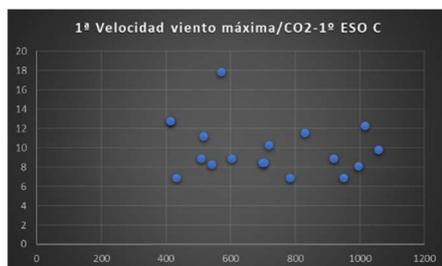
$$r = -0,1$$



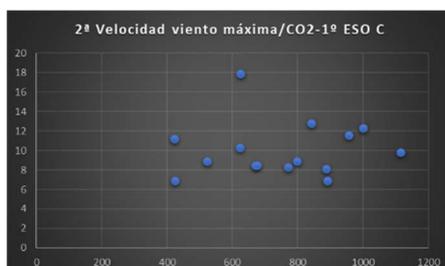
$$r = -0,04$$

El coeficiente de correlación lineal es negativo, lo que indica que a más presión menos concentración de  $CO_2$ , pero al ser tan próximo a cero, nos indica que no hay relación lineal entre las variables.

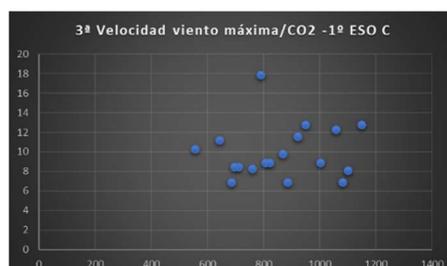
### VELOCIDAD DEL VIENTO/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,23$$



$$r = 0,05$$



$$r = 0,08$$

En un principio pensamos que el viento contribuiría a reducir la concentración de  $CO_2$ , pero como podemos observar en las nubes de puntos no parece que haya relación. Uno de los coeficientes de correlación lineal es negativo mientras que los otros dos son positivos, por lo que por un lado nos indica que habría una relación lineal positiva (a más velocidad del viento, más concentración) y por otro, se contradice ya que sale que es negativa (a más velocidad del viento, menos concentración) y, además, los tres son muy próximos a cero por lo que la relación lineal entre las variables es prácticamente nula.

## 3. CLASE 4º ESO C

Descripción de la clase:

- ✓ El número de alumnos que hay en este curso es 20, y durante todas las mediciones han estado todos ellos, salvo que alguno haya faltado de forma puntual.
- ✓ La clase tiene 8,25m de largo y 5,81m de ancho, por lo que, en total tiene una superficie de 47,93m<sup>2</sup>. Dispone de 4 ventanas que dan a la calle y se encuentra en un pasillo interior con ventanas. La mesa del profesor, dónde tomamos dos de las medidas del  $CO_2$ , se encuentra frente a la puerta de entrada de la clase. Además, se encuentra en la tercera planta, dónde solamente se encuentran las tres clases de 4º de ESO y una clase de los Ciclos Formativos, es decir, es un pasillo poco transitado.

- ✓ Tipos de mascarillas que usa el alumnado: la moda es la mascarilla quirúrgica, que es la más utilizada de todas, seguida de la FFP2.

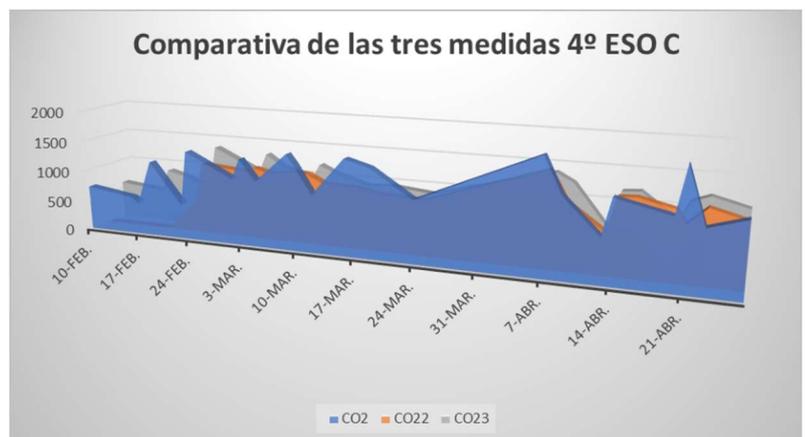
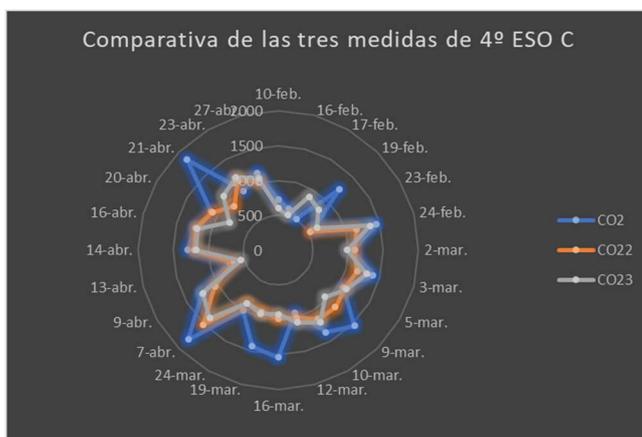


La tabla de datos de este curso:

4º ESO C												
Fecha	Primera medida mesa profesor a los 10 minutos			Segunda medida final clase			Tercera medida mesa profesor a los 50 minutos			Presión	Viento	
	CO2	Temperatura	Humedad	CO22	Temperatura2	Humedad	CO23	Temperatura4	Humedad3			
10-feb.	720	14	72				600	13	80	29,76	16,3	
16-feb.	610	16	48				520	16	57	29,99	12,8	
17-feb.	520	16	49				885	16	49	29,92	7,4	
19-feb.	1230	17	38				820	17	33	29,77	9,6	
23-feb.	561	14	53	530	15	47	640	15	50	30,09	8,5	
24-feb.	1450	15	49	1161	16	47	1355	16	49	30,09	12,3	
2-mar.	1068	14	60	1091	15	57	987	16	59	29,92	12,8	
3-mar.	1400	16	59	1170	17	55	1305	17	56	29,94	6,7	
5-mar.	1066	16	51	1100	17	48	1127	16	49	29,66	10,5	
9-mar.	1539	15	62	1156	16	56	950	15	57	29,75	11,2	
10-mar.	1364	15	58	1140	16	54	1200	16	56	29,92	11,2	
12-mar.	930	15	61	1004	16	58	1077	16	58	29,91	11,6	
16-mar.	1538	16	61	985	16	50	921	16	49	29,83	10,1	
19-mar.	1430	15	41	915	14	40	950	14	40	29,59	20,6	
24-mar.	999	16	47	882	17	45	883	17	45	29,91	10,1	
7-abr.	1815	18	56	1511	19	50	1382	19	48	29,74	8,5	
9-abr.	1251	19	54	1039	18	53	1237	19	54	29,73	8,9	
13-abr.	713	17	56	657	18	52	554	18	53	29,81	13,9	
14-abr.	1294	16	55	1198	18	55	1173	19	55	29,73	10,5	
16-abr.	1227	17	59	1212	18	55	1195	18	53	29,66	11,9	
20-abr.	1107	17	55	1085	19	49	800	17	51	29,69	8,9	
21-abr.	1838	17	62	889	17	58	1104	18	53	29,6	7,8	
23-abr.	980	21	50	1149	21	52	1208	22	50	29,66	11,6	
27-abr.	1150	16	69	1005	17	64	1065	21	55	29,46	11,6	

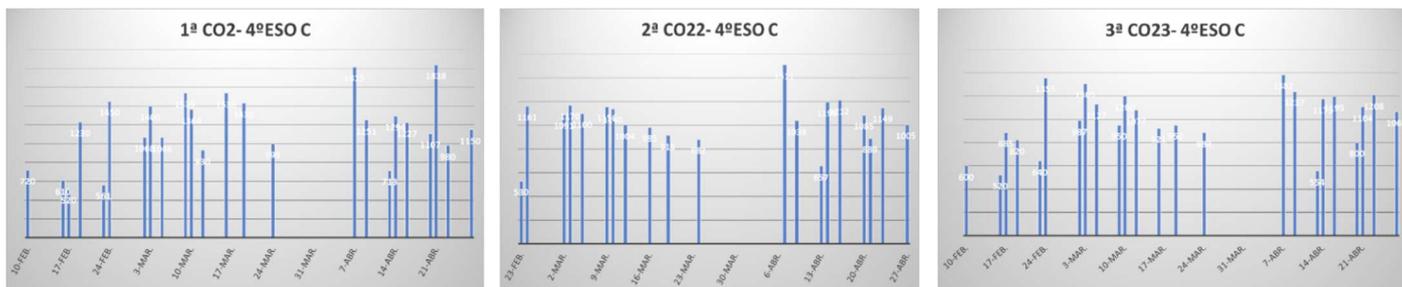
Los datos tomados son los mismos que en los cursos anteriores. En este caso se empezó a realizar las tres medidas el 23 de febrero.

Representamos los tres datos de concentración de  $CO_2$  diarios:



Contrariamente a lo que sucedía en los cursos anteriores, en este caso, el gráfico radial muestra que los datos más altos corresponden a la primera medición, la línea azul es la más exterior. En el otro gráfico también sucede igual. La parte azul es la más alta de las tres.

Mostramos las concentraciones de  $CO_2$  medidas durante todos los días, una en cada gráfico. A la vista de estos gráficos el primero es el que parece menos homogéneo, cosa que se confirma al calcular el coeficiente de correlación, el de la primera medida es el más alto. En los tres gráficos vemos el periodo de Semana Santa en el que no se han tomado los datos.



Párametri	Valores
Media	1158,33
Mediana	1188,50
Q1	967,50
Q3	1407,50
Varianza	127614,56
Desviación	357,23
CV	0,30

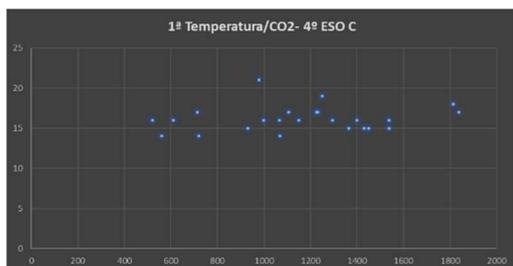
Párametri	Valores
Media	1043,95
Mediana	1088,00
Q1	967,50
Q3	1157,25
Varianza	41345,35
Desviación	203,34
CV	0,19

Párametri	Valores
Media	997,42
Mediana	1026,00
Q1	867,25
Q3	1196,25
Varianza	59955,83
Desviación	244,86
CV	0,24

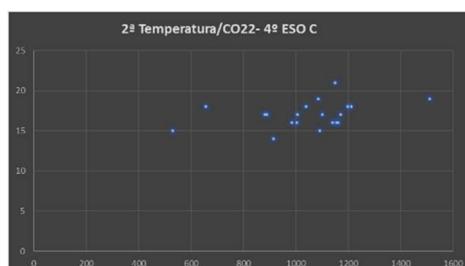
La media de las tres distribuciones, observamos que en todos los casos se sitúa en la zona baja-mala, y en el primer caso, casi en el límite de la zona mala. Contrariamente a lo que pensábamos y a lo sucedido en los cursos anteriores, la media más elevada se encuentra en la primera distribución. Uno de los factores que puede explicar esto es que, en la hora de antes están todos los alumnos del curso y, por tanto, los niveles son superiores, luego se quedan en el aula solamente los 20 alumnos de Biología por lo que va disminuyendo la concentración de  $CO_2$ .

En los tres casos, el primer cuartil se encuentra en la zona baja, es decir el 75% de los datos de las tres distribuciones se encuentran en la zona baja-mala, algo preocupante. La mediana se encuentra próxima al límite de la zona mala, mientras que el tercer cuartil está, en el primer caso se encuentra en la zona mala, es decir, el 25% de los datos de la distribución se encuentra en la zona mala. Mientras que en las otras dos se sitúa cerca del límite de la zona de mala calidad del aire.

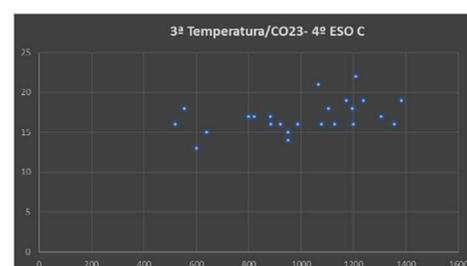
### TEMPERATURA/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = 0,17$$



$$r = 0,38$$

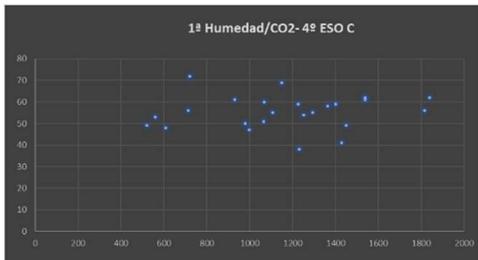


$$r = 0,44$$

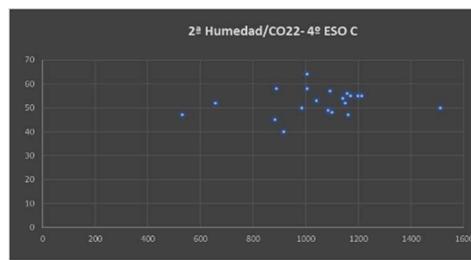
En los tres casos es positiva, lo que nos indica que, a mayor temperatura, mayor concentración de  $CO_2$ . Si calculamos el coeficiente de correlación lineal, observamos que en el primer caso es más próximo a cero por lo que casi no hay relación entre las variables, mientras que en el tercer caso hay una cierta dependencia lineal entre las variables, pero escasa.

Las temperaturas oscilan entre  $14^{\circ}C$  y  $19^{\circ}C$  en el primer caso, entre  $14^{\circ}C$  y  $21^{\circ}C$  en el segundo caso y entre  $13^{\circ}C$  y  $22^{\circ}C$  en el último.

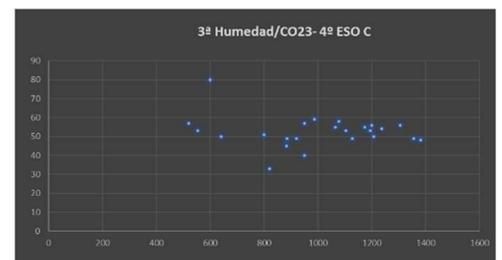
### HUMEDAD/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = 0,1$$



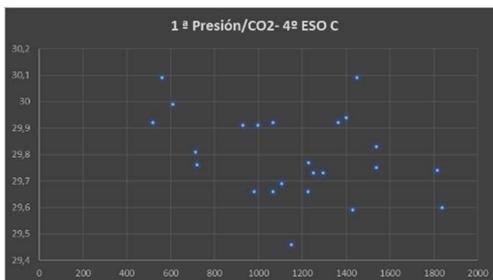
$$r = 0,19$$



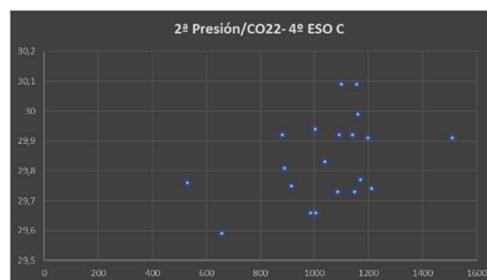
$$r = -0,16$$

En dos de los casos es positiva y en el último caso negativa. El coeficiente de correlación lineal es muy bajo, muy cercano a cero, por lo que no existiría relación lineal entre las variables.

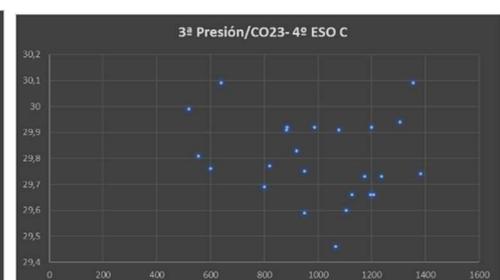
### PRESIÓN/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,35$$



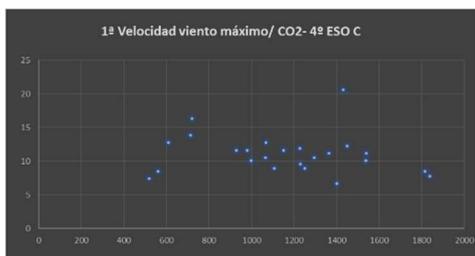
$$r = -0,20$$



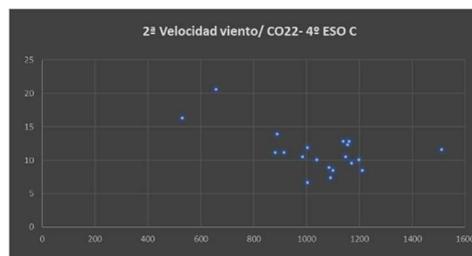
$$r = -0,18$$

En todos los casos el coeficiente de correlación lineal es negativo, por lo que a más presión menos concentración de  $CO_2$ , pero al ser tan próximo a cero, no habría relación lineal entre las variables.

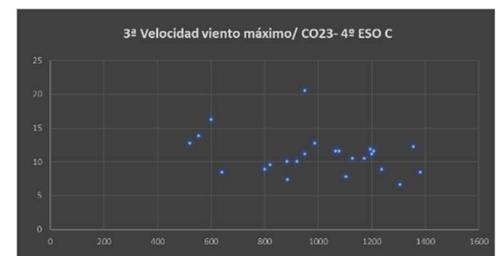
### VELOCIDAD DEL VIENTO/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$$r = -0,13$$



$$r = -0,16$$



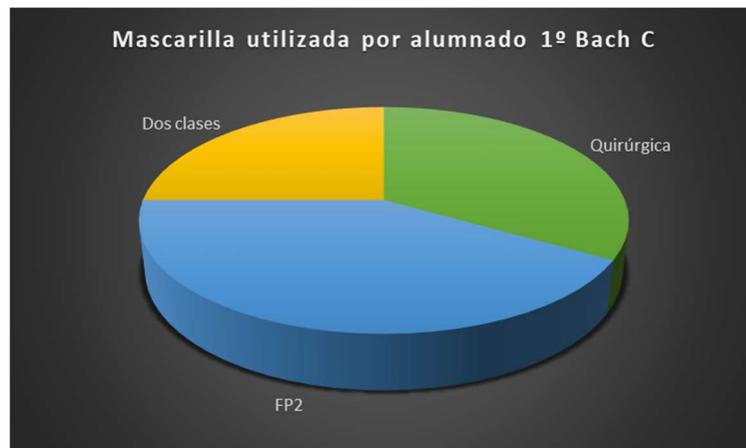
$$r = -0,29$$

En todos los casos el coeficiente de correlación lineal es negativo, luego a más viento menos concentración de  $CO_2$ , pero los valores son próximos a cero por lo que no hay casi relación lineal entre las dos variables.

## 4. CLASE 1º BACHILLERATO C

Descripción de la clase:

- ✓ El número de alumnos que hay en este curso es 12, no están todos los alumnos, ya que tienen diferentes optativas y se dividen.
- ✓ Las medidas de la clase son 7,845m de largo y 6,255m de ancho, por lo que, en total tiene una superficie de 49,07m<sup>2</sup>. Se encuentra en la primera planta. Dispone de 4 ventanas que dan a un patio interior y se encuentra en un pasillo interior con ventanas abiertas. La mesa del profesor, dónde tomamos dos de las medidas del CO<sub>2</sub>, no se encuentra frente a la puerta de entrada de la clase.
- ✓ Tipos de mascarillas que usa el alumnado:



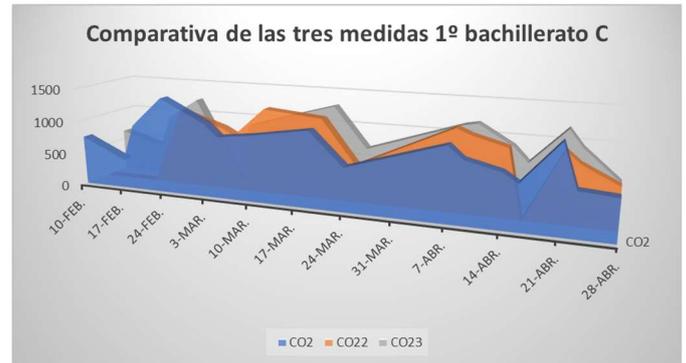
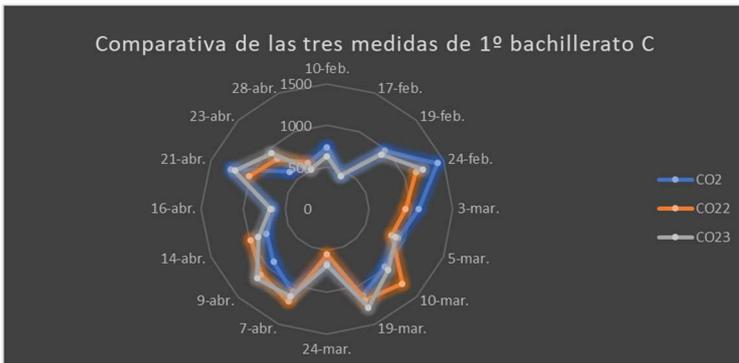
Utilizan sobre todo la mascarilla FPP2 y después la quirúrgica y no utilizan las de tela, es decir, solo usan la FPP2 y la quirúrgica.

Tabla de datos recopilados:

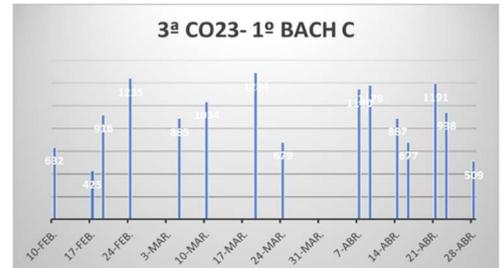
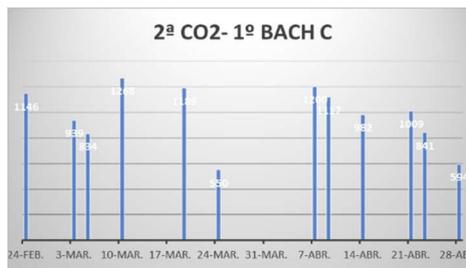
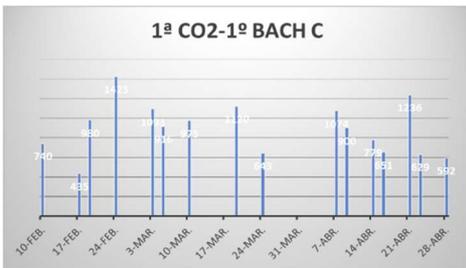
1ºBachillerato C											
Fecha	Primera medida mesa profesor a los 10 minutos			Segunda medida final clase			Tercera medida mesa profesor a los 50 minutos			Presión	Viento
	CO2	Temperatura	Humedad	CO22	Temperatura2	Humedad2	CO23	Temperatura4	Humedad3		
10-feb.	740	13	74				632	15	68	29,76	16,3
17-feb.	435	16	51				425	16	51	29,92	7,4
19-feb.	980	17	37				916	17	36	29,77	9,6
24-feb.	1425	15	51	1146	15	47	1235	15	49	30,09	12,3
3-mar.	1093	16	60	939	16	60				29,94	6,7
5-mar.	916	15	51	834	15	51	885	16	49	29,66	10,5
10-mar.	975	16	63	1268	15	58	1034	15	50	29,92	11,2
19-mar.	1120	15	39	1189	15	39	1284	15	39	29,59	20,6
24-mar.	643	15	45	550	15	46	679	16	45	29,91	10,1
7-abr.	1074	17	52	1200	17	54	1140	17	54	29,74	8,5
9-abr.	900	21	47	1117	22	45	1178	21	47	29,73	8,9
14-abr.	779	17	57	982	17	58	887	17	56	29,73	10,5
16-abr.	651	15	65				677	15	57	29,66	11,9
21-abr.	1236	17	62	1009	16	60	1191	18	56	29,6	7,8
23-abr.	629	18	58	841	17	59	938	20	52	29,66	11,6
28-abr.	592	18	63	594	17	66	509	18	60	29,46	6,5

Las casillas rojas significan que esa medida no se ha realizado por problemas técnicos, el dispositivo para medir se quedó sin batería. En este curso se empezaron a tomar los tres datos el 24 de febrero.

Representamos los tres datos de concentración de  $CO_2$  diarios:



En los primeros días parece que la concentración de  $CO_2$  es mayor en la primera medida, sin embargo, luego a partir del 3 de marzo se observa que los datos más altos corresponden a la tercera muestra, como era de esperar.



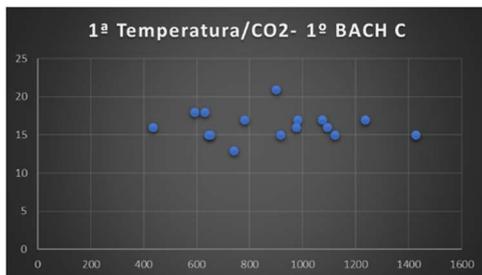
Párrametr	Valores
Media	886,75
Mediana	908,00
Q1	649,00
Q3	1078,75
Varianza	66671,19
Desviación	258,21
CV	0,28

Párrametr	Valores
Media	972,42
Mediana	995,50
Q1	839,25
Q3	1156,75
Varianza	49809,91
Desviación	223,18
CV	0,22

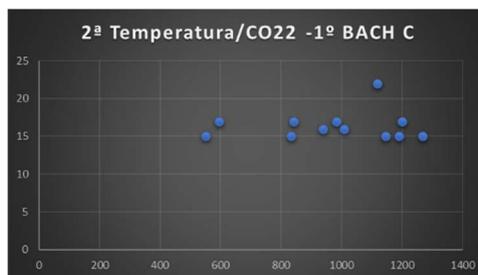
Párrametr	Valores
Media	907,33
Mediana	916,00
Q1	678,00
Q3	1159,00
Varianza	69825,96
Desviación	264,25
CV	0,29

El coeficiente de variación nos indica que la distribución más homogénea es la segunda, seguida de la primera, siendo la menos homogénea la tercera. La media de las tres distribuciones se sitúa en la zona baja, al igual que la mediana, luego el 50% de los datos están en la zona baja-mala. El tercer cuartil se encuentra, en los tres casos, en el límite de la zona mala, por lo que el 25% de los datos están en la zona mala. Estos resultados no son muy buenos, ya que la calidad del aire se encuentra en la zona más baja.

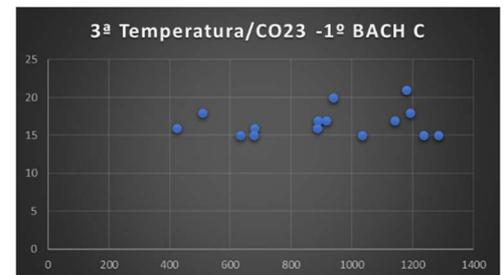
### TEMPERATURA/CONCENTRACIÓN $CO_2$



$r = -0,06$



$r = 0,09$

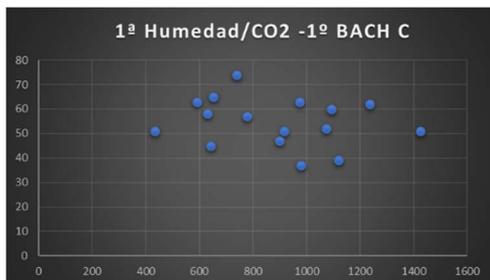


$r = 0,16$

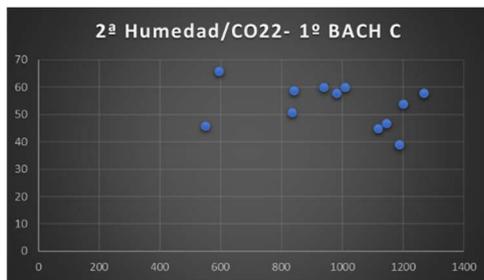
En dos de los casos el coeficiente de correlación lineal es positivo (a más temperatura, más concentración), mientras que en el primer caso es negativa. De todas formas, los tres coeficientes son muy próximos a cero, por lo que la relación lineal es prácticamente nula.

Las temperaturas oscilan en el primer caso entre 13°C y 19°C, en el segundo caso entre 15°C y 22°C, y en el último caso entre 15°C y 21°C.

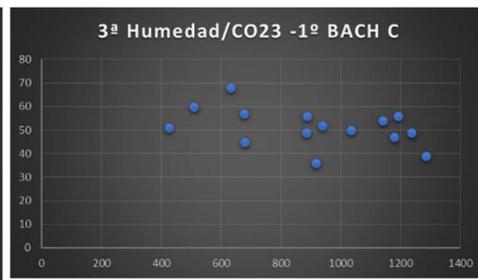
### HUMEDAD/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = -0,21$



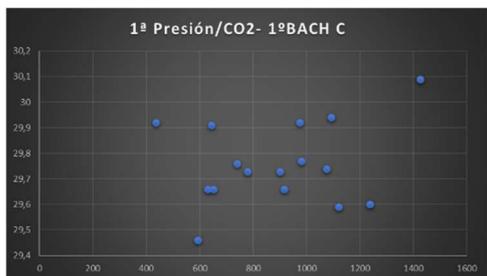
$r = -0,29$



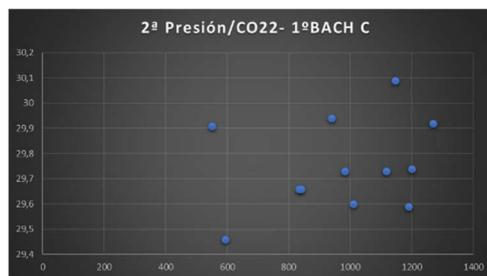
$r = -0,42$

En todos los casos el coeficiente de correlación lineal es negativo, luego a más humedad habrá menos concentración de CO<sub>2</sub>. Aunque los valores son bajos, y nos indicarían que la relación lineal entre las variables es escasa, en este caso es algo mayor que en otros cursos.

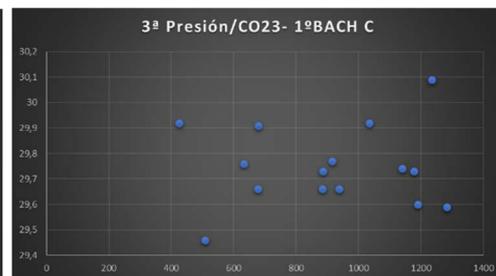
### PRESIÓN/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = 0,25$



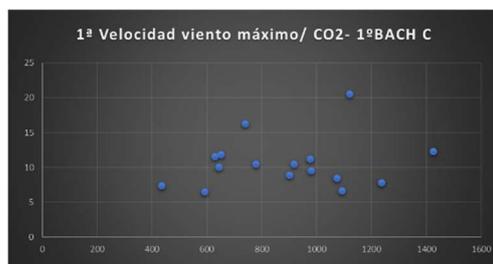
$r = 0,27$



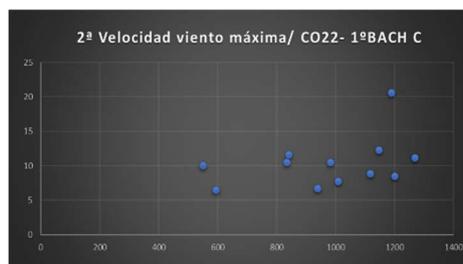
$r = 0,06$

En todos los casos el coeficiente de correlación lineal es positivo, esto indica que a más presión más concentración de CO<sub>2</sub>, pero al ser tan próximo a cero, nos indica que no hay relación lineal entre las variables.

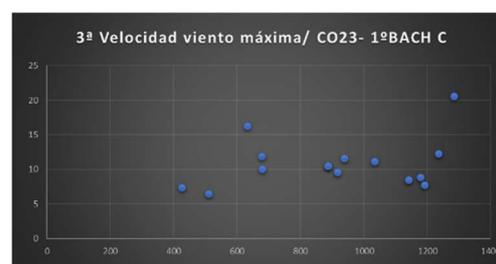
### VELOCIDAD DEL VIENTO/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = 0,17$



$r = 0,38$



$r = 0,30$

En este caso tenemos que el coeficiente de correlación lineal es positivo, por lo que, a más viento, mayor concentración de  $CO_2$ , pero los valores son próximos a cero por lo que no hay casi relación lineal entre las dos variables.

## 5. CLASE 2º BACHILLERATO C

Descripción de la clase:

- ✓ El número de alumnos que hay en este curso es 14, no es la clase completa ya que se dividen en diferentes optativas.
- ✓ Las dimensiones de la clase son 7,85m de largo y 7,4m de ancho, por lo que, en total tiene una superficie de 58,09m<sup>2</sup>. Está situada en la planta baja, dónde solamente hay dos cursos de 2º de Bachillerato. Dispone de 4 ventanas que dan a la calle y se encuentra en un pasillo interior que no tiene ventanas. La mesa del profesor, dónde tomamos dos de las medidas del  $CO_2$ , se encuentra frente a la puerta de entrada de la clase.
- ✓ Tipos de mascarillas que usa el alumnado:



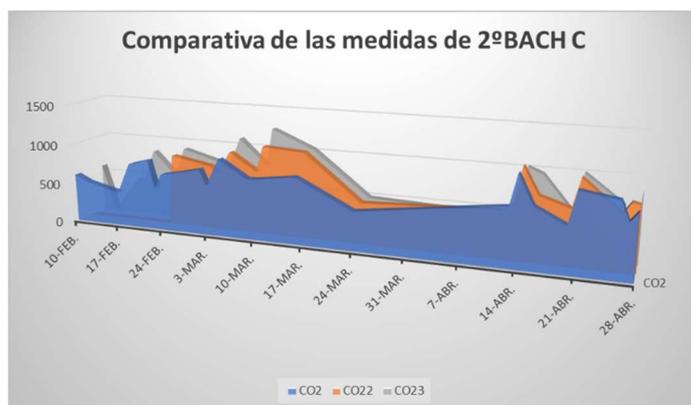
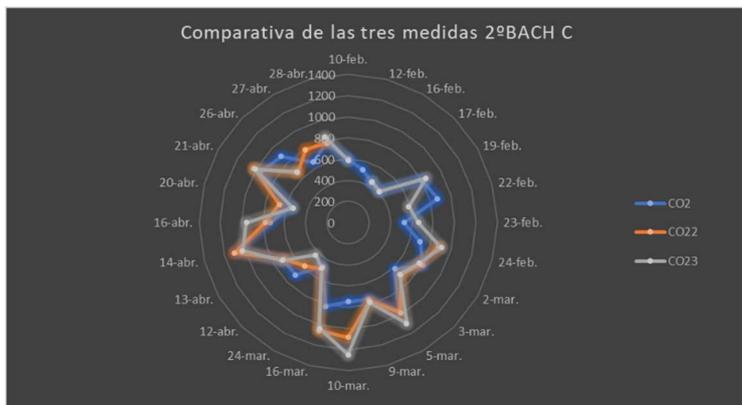
La moda de la distribución es la mascarilla quirúrgica. En este curso solo utilizan la quirúrgica y la FPP2.

Los datos obtenidos de nuestras mediciones son los siguientes:

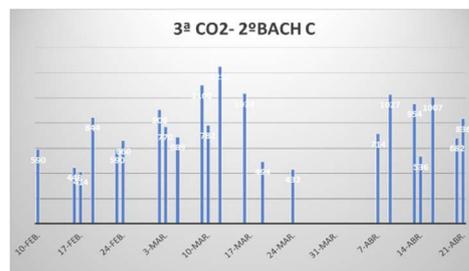
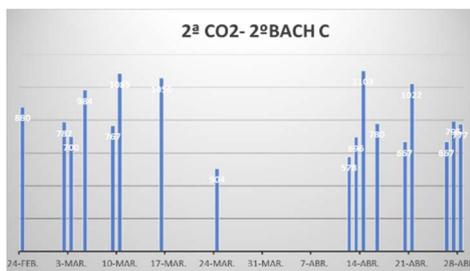
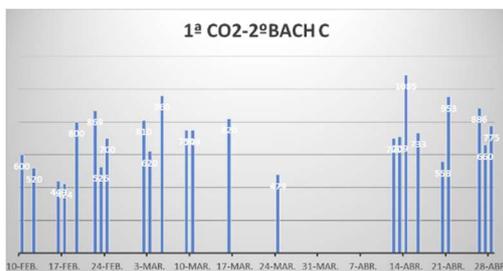
2º Bachillerato C											
	Primera medida mesa profesor a los 10 minutos			Segunda medida final clase			Tercera medida mesa profesor a los 50 minutos				
Fecha	CO2	Temperatura	Humedad	CO22	Temperatura2	Humedad2	CO23	Temperatura4	Humedad3	Presión	Viento
10-feb.	600	13	78				590	14	76	29,76	16,3
12-feb.	520	15	72							29,91	13,9
16-feb.	440	15	43				448	15	41	29,99	12,8
17-feb.	424	16	45				414	15	46	29,92	7,4
19-feb.	800	12	50				844	12	50	29,77	9,6
22-feb.	869	13	50				590	13	50	29,93	8,9
23-feb.	526	11	56				660	13	50	30,09	8,5
24-feb.	700	14	51	880	14	52	906	14	52	30,09	12,3
2-mar.	810	13	64	787	15	59	770	15	59	29,92	12,8
3-mar.	620	15	55	700	15	55	689	15	55	29,94	6,7
5-mar.	960	14	51	984	16	51	1100	15	51	29,66	10,5
9-mar.	750	12	65	767	13	60	782	13	60	29,75	11,2
10-mar.	749	13	52	1085	13	51	1250	14	50	29,92	11,2
16-mar.	820	14	54	1056	15	52	1034	15	53	29,83	10,1
24-mar.	479	15	42	504	15	43	494	15	43	29,91	10,1
12-abr.	700	15	67	578	15	67	432	15	67	29,81	8,3
13-abr.	709	16	60	696	17	59	714	16	59	29,81	13,9
14-abr.	1085	21	47	1103	18	53	1027	18	54	29,73	10,5
16-abr.	733	14	77	780	15	65	954	14	66	29,66	11,9
20-abr.	558	14	58	667	15	50	536	15	56	29,69	8,9
21-abr.	953	18	51	1022	18	53	1007	17	53	29,6	7,8
26-abr.	886	16	70	667	17	66	682	17	60	29,47	8,1
27-abr.	660	15	72	795	16	70				29,46	11,6
28-abr.	775	16	65	777	17	68	836	17	62	29,46	6,5

Las casillas marcadas en rojo corresponden a medidas que no se tomaron por problemas técnicos con el aparato. En este curso se empezaron a tomar los tres datos el 10 de febrero.

Representamos los tres datos de concentración de  $CO_2$  diarios:



En general, en el gráfico radial se aprecia que la concentración de  $CO_2$  es mayor en la última medida, se mantiene por fuera, mientras que, como cabía esperar, la primera es la inferior y se ve como se sitúa por dentro del gráfico radial.



Párametro	Valores
Media	713,58
Mediana	721,00
Q1	589,50
Q3	812,50
Varianza	28342,33
Desviación	168,35
CV	0,23

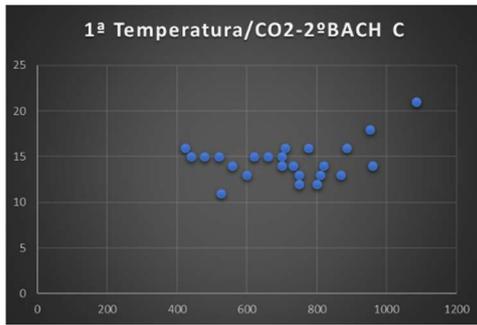
Párametro	Valores
Media	814,59
Mediana	780,00
Q1	696,00
Q3	984,00
Varianza	30576,36
Desviación	174,86
CV	0,22

Párametro	Valores
Media	761,77
Mediana	742,00
Q1	590,00
Q3	942,00
Varianza	52817,72
Desviación	229,82
CV	0,31

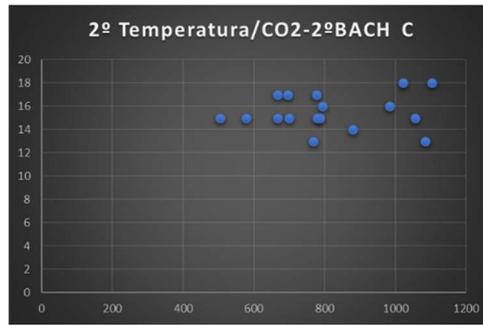
El coeficiente de variación nos indica que la distribución más homogénea es la segunda, seguida de la primera, siendo la menos homogénea la tercera, tal y como corroboran los gráficos.

Solamente la media de la segunda distribución se sitúa en la zona media, las otras están en la zona buena, esto es bastante favorable. La mediana de las tres distribuciones está en la zona buena, aunque cercana al límite de la zona media, por lo que el 50% de los datos estarán situados en la zona óptima-buena. El tercer cuartil está muy próximo al límite de inicio de la zona media.

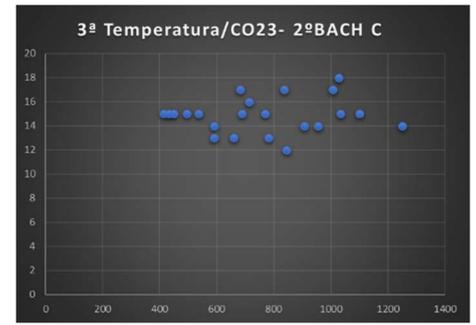
## TEMPERATURA/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = 0,33$



$r = 0,12$

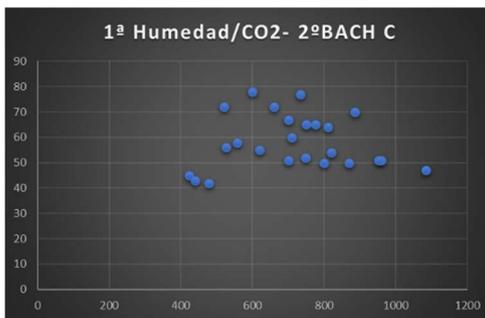


$r = 0,11$

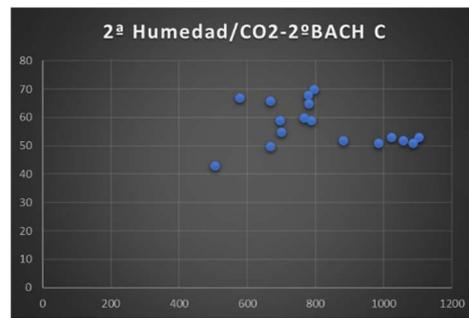
En los tres casos el coeficiente de correlación lineal es positivo, pero es próximo a cero por lo que la relación lineal es prácticamente nula entre la temperatura y la concentración de CO<sub>2</sub>.

Las temperaturas oscilan en el primer caso entre 11°C y 21°C, en el segundo caso entre 13°C y 18°C, y en el último caso entre 12°C y 18°C.

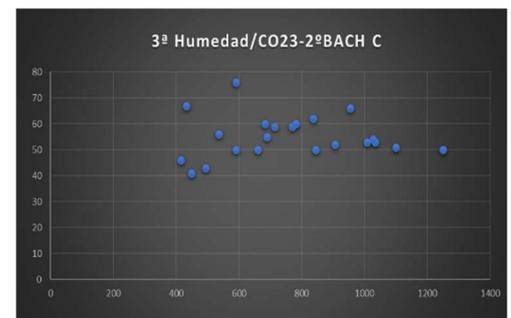
## HUMEDAD/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = 0,004$



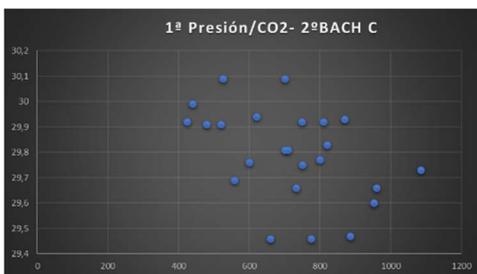
$r = -0,25$



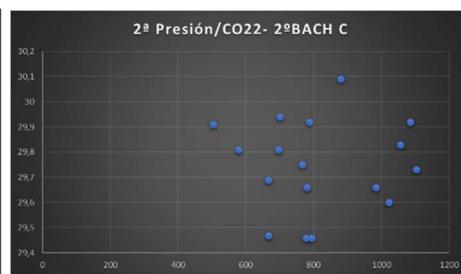
$r = 0,01$

En dos de los casos el coeficiente de correlación es positivo, mientras que en el tercero es negativo, por lo que no nos queda claro si la relación es negativa o positiva, además, todos son muy próximos a cero por lo que no hay una relación lineal entre ambas variables.

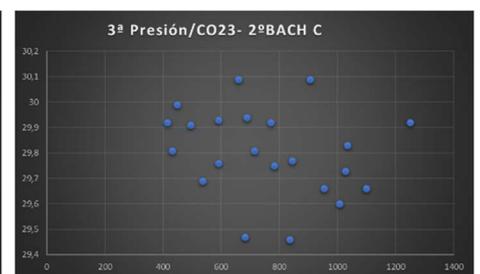
## PRESIÓN/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = -0,45$



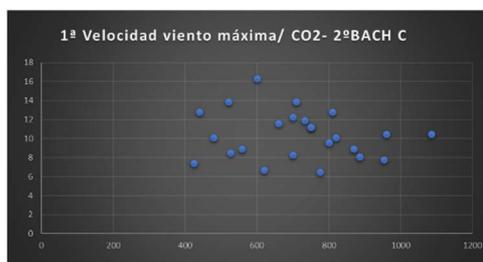
$r = 0,02$



$r = -0,23$

El coeficiente de correlación lineal es en dos casos positivo y en uno negativo, lo que no nos da mucha información sobre la relación entre las variables. El valor de estos coeficientes es próximo a cero, por lo que no hay relación lineal entre ambas variables.

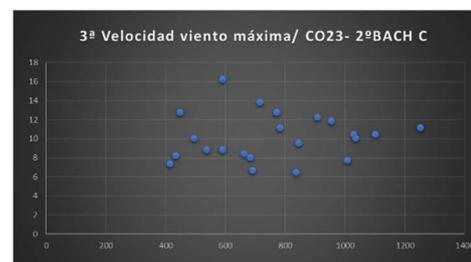
## VELOCIDAD VIENTO/CONCENTRACIÓN CO<sub>2</sub>



$r = -0,14$



$r = 0,15$



$r = 0,09$

Observando la nube de puntos es bastante dispersa en los tres casos. Los coeficientes de correlación lineal son de diferente signo en los tres casos, lo que no nos aporta mucha información sobre si la relación entre las dos variables es positiva o negativa. Tampoco nos aporta información su valor, por ser bastante próximo a cero, por ello no hay una relación lineal entre las variables.

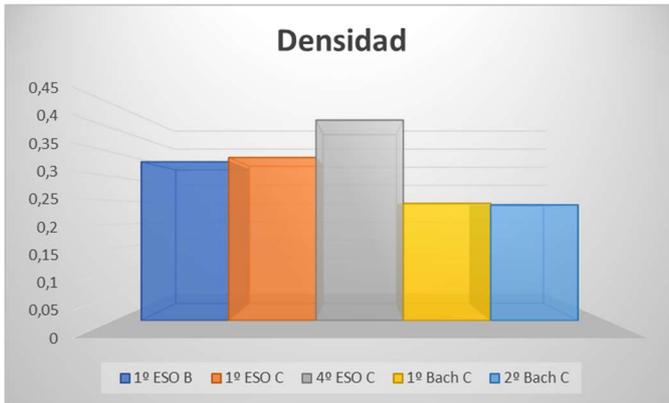
## ESTUDIO CONJUNTO

En la siguiente tabla hemos recopilado toda la información básica de los cinco cursos para poderla analizar de forma conjunta. Hemos añadido dos nuevas columnas, no estudiadas en la parte anterior y que las hemos calculado a partir de los datos que teníamos, que son la densidad (número de individuos dividido entre la superficie de la clase), cuanto mayor sea la densidad menos espacio tendrán los alumnos; y el espacio por persona (obtenido de dividir la superficie entre los alumnos), esto nos indicaría los  $m^2$  que le corresponden a cada alumno en la clase. Ambas medidas nos sirven para saber si los alumnos pueden mantener la distancia social establecida dentro de la clase.

En general, todas las clases tienen cuatro ventanas y tienen unas dimensiones similares que oscilan entre  $47,93m^2$  y  $58,09m^2$ , es decir, entre la menor y la mayor hay una diferencia de  $10 m^2$ , aunque la de menor dimensión es la que acoge a uno de los grupos con más alumnos.

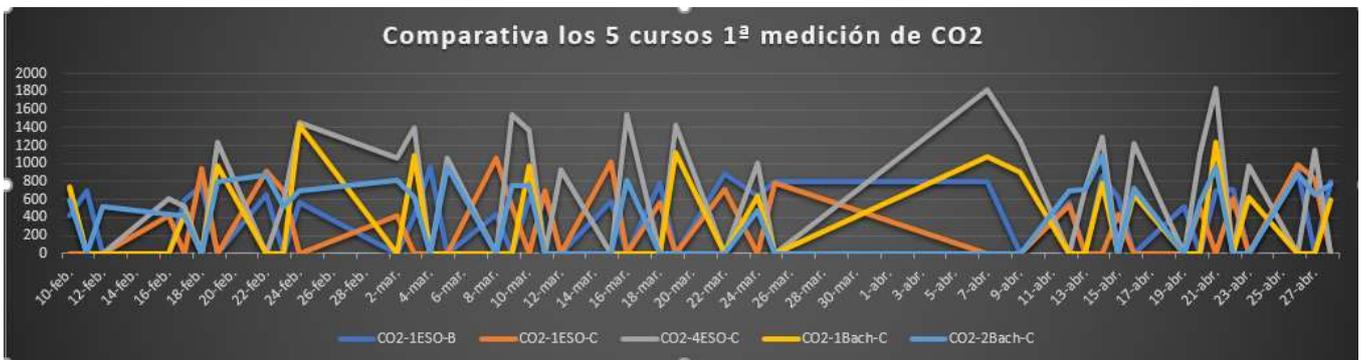
Curso	Nº Alumno	Ancho	Largo	Superficie	Densidad	Espacio persona	Nº Ventanas	Pasillo Ventana	Puerta frente mesa	Planta
1º ESO B	19	7,76	7,41	57,50	0,33	3,03	4 NO	NO	Primera	
1º ESO C	20	7,79	7,56	58,89	0,34	2,94	4 NO	NO	Primera	
4º ESO C	20	5,81	8,25	47,93	0,42	2,40	4 SI	SI	Tercera	
1º Bach C	12	6,26	7,85	49,14	0,24	4,10	4 SI	SI	Primera	
2º Bach C	14	7,4	7,85	58,09	0,24	4,15	4 NO	NO	Baja	

La situación de la puerta de la clase y la ventilación del pasillo, lo incluiremos posteriormente en el estudio para ver si afecta o no a la concentración del virus.



En el primer diagrama podemos observar que el curso de 4º de ESO C es el que tiene una mayor densidad de población lejos de los dos cursos de Bachillerato. Por lo que al haber una mayor concentración de alumnado por  $m^2$ , la cantidad de  $CO_2$  podría ser mayor, ya que el número de personas respirando y exhalando  $CO_2$  es mayor. Esto lo estudiaremos a continuación.

En el gráfico radial se aprecia que tanto en 1º como en 2º de Bachillerato, el alumnado dispone de  $4,10/4,15m^2$  por persona, esto es muy positivo teniendo en cuenta que la distancia social establecida es de 2m.

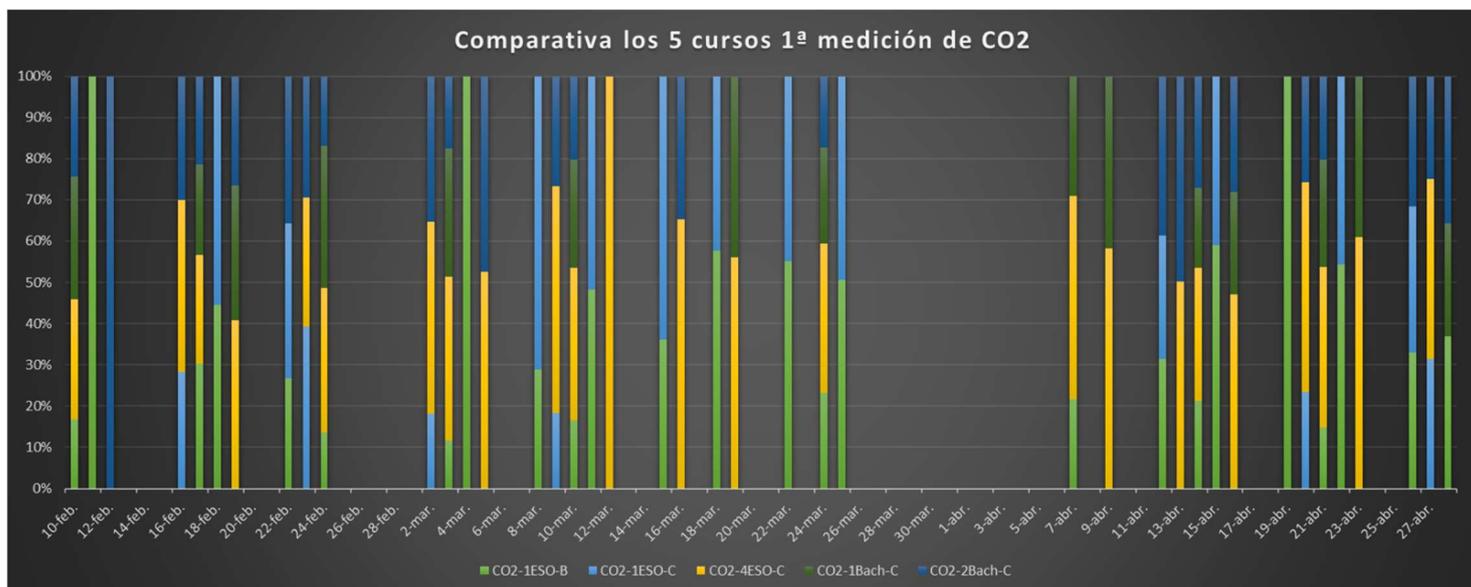


En este gráfico comparamos los niveles de  $CO_2$ , en la primera toma, de todos los cursos durante los meses de febrero, marzo y abril.

Se observa que la línea del curso 4º ESO C es la que permanece por encima. Este curso es el que tenía una mayor densidad, por lo que vemos que esto afecta en la concentración del  $CO_2$ . Sin embargo, está situado en un pasillo con ventanas, que permanecen abiertas, y la mesa del profesor, donde se toma esta medida, está frente a la puerta, por lo que hay una corriente de aire entre la ventana y la puerta. A pesar de ello no descienden los niveles de  $CO_2$  por lo que nos puede llevar a pensar que afecta más la densidad que la ventilación.

A continuación, representamos estos mismos datos en otro tipo de gráfico para que se aprecie mejor la situación. Sobre cada día hay una barra en la que aparecen las medidas que se han tomado en las distintas clases ese día (en tanto por ciento sobre el 100%), puede suceder que uno de los días solamente haya correspondido tomar las medidas en ninguna, una, dos, tres, cuatro o las cinco

clases. Por ejemplo, el 10 de febrero se tomaron las medidas de  $CO_2$  en cuatro de los cinco cursos, y cada una de las franjas de colores corresponde a cada uno de los cuatro cursos. Se observa que la franja amarilla (4º ESO) y la franja verde oscuro (1º Bachillerato), son las que tienen un porcentaje mayor, por lo que la concentración del virus en esta clase sería mayor que en las otras dos.



Analizamos los parámetros para poderlos estudiar junto con las gráficas, y así, obtener información sobre la distribución del  $CO_2$  entre las distintas clases o corroborar lo que sabemos.

Curso	Media	CV	Mediana
1º ESO B	689,65	0,22	650,00
1º ESO C	692,27	0,30	700,50
4º ESO C	1236,00	0,31	1188,50
1º Bachillerato C	926,42	0,30	900,00
2º Bachillerato C	748,50	0,24	721,00

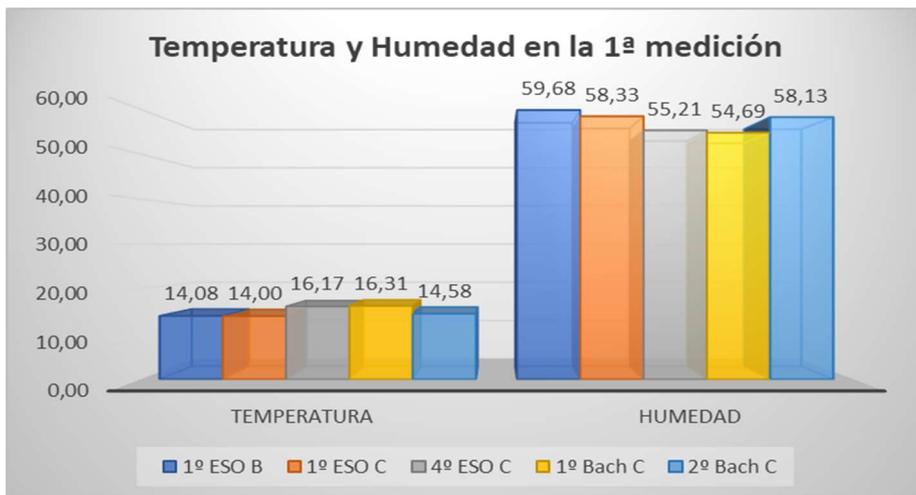
La distribución más homogénea es la de 1º de ESO B, seguida de la de 2º de Bachillerato.

Por otra parte, se observa que la media más alta es la de 4º de ESO seguida de la de 1º de Bachillerato, confirmando lo que se apreciaba en los gráficos. Los datos de este curso son preocupantes, ya que la mediana se sitúa en 1188,5 que es un valor muy alto, y esto nos indica que el 50% de las medidas tomadas durante los tres meses están por encima de esa cantidad, lo que supone un peligro.

El curso de 1º de Bachillerato es el segundo curso con los valores de la media y mediana más altos. Nuevamente tenemos un curso que tiene ventanas en el pasillo y que la mesa está situada frente a la puerta, como sucedía en 4º de ESO, y que, sin embargo, tiene los valores altos. Aquí además nos encontramos con que tenía la menor densidad y, por lo tanto, mayor espacio por alumnos, entramos en contradicción con la conclusión anterior

Para intentar buscar una explicación a esto, calculamos las medias de las temperaturas y de la humedad en todos los cursos, ya que son medidas que varían de un curso a otro, mientras que la presión atmosférica y la velocidad del viento son medidas que no varían de una clase a otra.

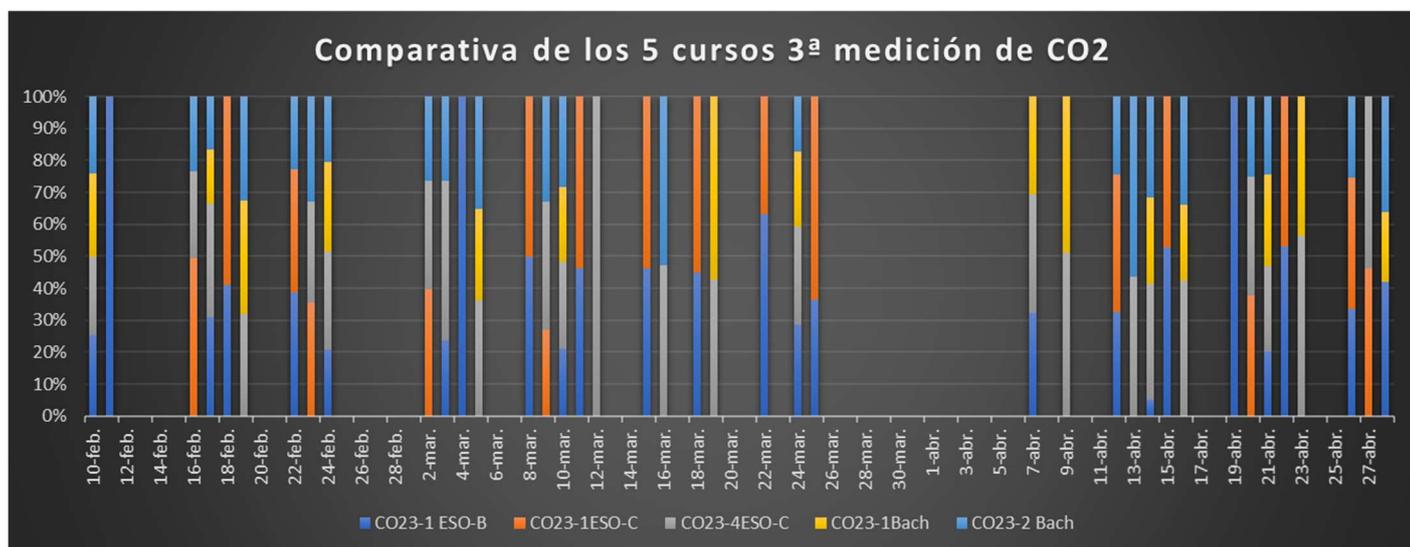
Curso	Temperatura	Humedad
1º ESO B	14,08	59,68
1º ESO C	14,00	58,33
4º ESO C	16,17	55,21
1º Bach C	16,31	54,69
2º Bach C	14,58	58,13



Podemos ver que los dos cursos, 4º ESO y 1º de Bachillerato, son los que tienen la temperatura más alta y la humedad más baja, y sabíamos que el coeficiente de correlación lineal de la concentración del  $CO_2$  y la temperatura era positivo, es decir, a más temperatura más concentración; y que el de la concentración del  $CO_2$  y la humedad era negativo, es decir, a menos humedad más concentración. Por lo que podríamos pensar que estos dos factores son los que hacen que la concentración de  $CO_2$  en estos dos cursos sea mayor, y son más determinantes que la densidad o la ventilación. Aunque los coeficientes de correlación nos habían salido muy cercanos a cero, por lo que no habría relación lineal entre las variables.

Para poder ratificar todo esto, vamos a realizar el mismo estudio con la tercera toma de datos. El hacerlo con ésta y no con la segunda, es porque hay un mayor número de datos, ya que al principio no se realizaban las tres mediciones.

Representamos la concentración de  $CO_2$  de todos los cursos en la tercera medición.



Otra vez se observa que es 4º de ESO el curso que presenta una mayor concentración de  $CO_2$ , junto con el 1º de Bachillerato.

Calculamos los parámetros para obtener más información.

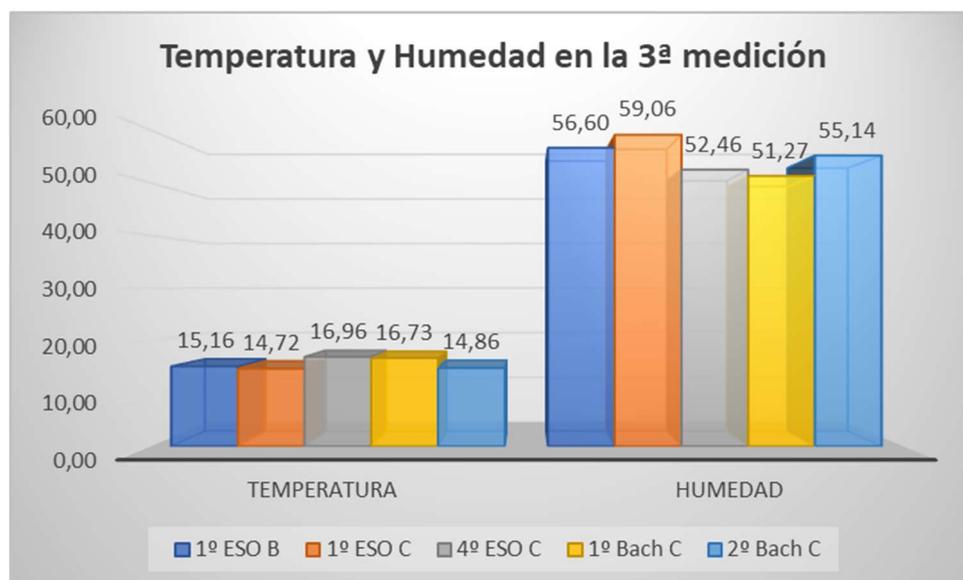
Curso	Media	Varianza	Desviación	CV	Mediana
1º ESO B	776,72	45339,62	212,93	0,27	829,00
1º ESO C	860,17	27822,36	166,80	0,19	845,00
4º ESO C	1014,70	55397,08	235,37	0,23	1065,00
1º Bachillerato C	927,00	69011,86	262,70	0,28	927,00
2º Bachillerato C	769,95	53860,90	232,08	0,30	770,00

En esta ocasión, es la distribución de 1º de ESO C la más homogénea de las cinco.

Nuevamente la media y mediana de 4º de ESO C y 1º de Bachillerato son las más altas, al igual que sucedía en la primera medición. En el caso de 4º de ESO C los valores son algo inferiores, sin embargo, en 1º de Bachillerato han aumentado, es lo esperable tras una hora de clase con doce alumnos y la profesora.

Comprobamos lo que sucede, en este caso, con la temperatura y la humedad.

Curso	Temperatura	Humedad
1º ESO B	15,16	56,60
1º ESO C	14,72	59,06
4º ESO C	16,96	52,46
1º Bach C	16,73	51,27
2º Bach C	14,86	55,14



Se confirma, también en la tercera medición al igual que en la primera, que los cursos que tienen la temperatura más alta y la humedad más baja, son los que tienen las mayores concentraciones de  $CO_2$  y por tanto, del virus.

La siguiente tabla muestra el número de mascarillas de cada tipo en función de la clase.

Curso	FP2	Quirúrgica	Tela	FP2 y Quirúrgica
1º ESO B	5	6	8	0
1º ESO C	8	4	5	3
4º ESO C	6	11	3	0
1º Bach C	5	4	0	3
2º Bach C	5	9	0	0
	<b>29</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>6</b>

Vamos a estudiar si existe alguna relación entre el tipo de mascarilla que usan los alumnos mayoritariamente (moda) y la concentración de  $CO_2$ .

	Mascarilla	Toma 1- CO2	Toma 2-CO2	Toma 3-CO2
1º ESO B	Tela	676,2	725	776,72
1º ESO C	FPP2	703,67	748,2	860,17
4º ESO C	Quirúrgica	1158,33	1043,95	997,42
1º Bachillerato C	FPP2	886,75	972,42	907,33
2º Bachillerato C	Quirúrgica	713,58	814,59	761,77

En principio, parece que el uso prioritario de mascarillas de tela proporciona una menor concentración de  $CO_2$  y el de mascarillas quirúrgicas una mayor concentración. Sin embargo, estas afirmaciones no son del todo concluyentes.

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados y tras realizar el análisis de los mismos, podemos concluir que la ventilación en las aulas no es suficiente dado que la concentración de  $CO_2$  roza y supera los límites permitidos.

Aunque la OMS pone el límite para ambientes saludables en 1000 ppm, tradicionalmente no ha sido recomendable superar los 800 ppm ya que comienza a aparecer *disconfort*. Además, la Escuela de Salud Pública de Harvard indica que *“en la situación actual de pandemia no se deben superar los 700 ppm, este valor supone que el 1% del aire del aula ya ha sido respirado por otra persona”*.

El aula de 1º ESO B está ocupada por 19 alumnos distribuidos en  $57,5m^2$ , consta de 4 ventanas y una puerta. Dos de las ventanas han permanecido abiertas 25 cm al igual que la puerta, durante toda la jornada lectiva. La media de las mediciones de CO<sub>2</sub> es de 725,97ppm, por lo que está en el límite para que el aire respirado por el alumnado y el profesorado sea considerado como aire de calidad.

El aula de 1º ESO C está ocupada por 20 alumnos distribuidos en  $58,85 m^2$ , consta de consta de 4 ventanas y una puerta. Dos de las ventanas han permanecido abiertas 25 cm al igual que la puerta, durante toda la jornada lectiva. La media de las mediciones de CO<sub>2</sub> es de 770, 68ppm por lo que la calidad del aire está ligeramente por encima de los valores aconsejables.

El aula de 4º ESO C está ocupada por 20 alumnos (en la clase de Biología y Geología) distribuidos en  $47,93m^2$ , consta de 4 ventanas y una puerta. Dos de las ventanas han permanecido abiertas 25 cm al igual que la puerta, durante toda la jornada lectiva. La media de las mediciones de CO<sub>2</sub> es de 1066ppm, por lo que supera el valor para el cual el aire respirado por el alumnado y el profesor sea considerado de calidad, es decir en esta aula la ventilación es insuficiente. Hemos tenido que ampliar la apertura de las ventanas, en varias ocasiones, para poder conseguir un aire de mayor calidad, ya que han llegado a superarse valores de CO<sub>2</sub> más de 1500ppm, por tanto, la calidad del aire en esta aula es bastante baja y la ventilación no es suficiente.

El aula de 1º de Bachillerato C está ocupada por 12 alumnos (en la clase de Anatomía Aplicada) distribuidos en  $49,07m^2$ , consta de 4 ventanas y una puerta. Dos de las ventanas han permanecido abiertas 25 cm al igual que la puerta, durante toda la jornada lectiva. La media de las mediciones de CO<sub>2</sub> es de 922ppm, por lo que la calidad del aire es baja ya que se superan los 700ppm recomendadas, concluyendo que la ventilación no es suficiente.

El aula de 2º de bachillerato C está ocupada por 14 alumnos (en la clase de Biología y Geología) distribuidos en  $58,09m^2$ , consta de 4 ventanas y una puerta. Dos de las ventanas (con dos mamparas en la parte de abajo que minimizan la corriente de aire) han permanecido abiertas 25 cm al igual que la puerta, durante toda la jornada lectiva. La media de las mediciones de CO<sub>2</sub> es de 763,31ppm, por lo que está ligeramente por encima de los valores máximos para considerar el aire de buena calidad.

Analizando todos los grupos, podemos concluir que las aulas de 4ºESO C y 1º de bachillerato C son las peor ventiladas, esto puede deberse a que son algo más pequeñas que las de los otros grupos y previa a la clase de biología la densidad del alumnado es mayor, ya que el grupo está completo, en cambio cuando se imparte la materia de Biología en 4º ESO o de Anatomía Aplicada en 1º de bachillerato, el grupo es menos numeroso porque es una materia optativa y cuenta con menos alumnado. Teniendo en cuenta la densidad del alumnado podríamos decir que en aquellas materias con todo el alumnado la calidad del aire es aún peor que durante la clase de Biología o Anatomía Aplicada.

En 2º de bachillerato tampoco está todo el alumnado durante la clase de biología, ya que también es una materia optativa en este nivel, pero los resultados no son tan negativos porque el tamaño del aula es mayor y el distanciamiento entre el alumnado también es mayor.

Nos gustaría destacar las temperaturas que han tenido que soportar los alumnos durante las 6 horas de clase para poder mantener la ventilación del aula.

Finalmente se observa una cierta relación entre los valores de temperatura y los de la concentración de CO<sub>2</sub>, aunque los valores de los coeficientes de regresión lineal son próximos a cero, siempre son positivos en todos los casos, por lo que podemos decir que a más temperatura más concentración. En el resto de variables no hay una relación clara, no solamente porque el coeficiente de regresión lineal es negativo, también porque en ocasiones es positivo y en otras ocasiones negativo.

Los coeficientes de correlación lineal son, en general próximos a cero, por lo que no habría una relación funcional lineal entre las diferentes variables consideradas y la concentración de CO<sub>2</sub>; quizás es un problema de falta de datos, ya que no hemos podido realizar muchas mediciones, o porque quizás se pueda realizar otro tipo de ajuste distinto del lineal, que es el que conocemos. Por ello, a nuestro nivel, quizás podríamos mejorar el trabajo aumentando el número de mediciones para comprobar si al tener más datos, obtenemos unos coeficientes de correlación lineal más próximos a uno o no.

## WEBGRAFÍA

Estas son las webs que hemos utilizado para la elaboración de nuestro trabajo y de la presentación:

1. [https://madridsalud.es/wp-content/uploads/2020/11/InfSAM33-2020Ventilacion\\_interio\\_como\\_medida\\_preventivaCOVID19.pdf](https://madridsalud.es/wp-content/uploads/2020/11/InfSAM33-2020Ventilacion_interio_como_medida_preventivaCOVID19.pdf)
2. <https://www.xataka.com/seleccion/medidores-co2-como-funcionan-como-se-relacionan-prevencion-expansion-covid-19-recomendaciones-compra>
3. <https://www.eleconomista.es/internacional/noticias/11033640/02/21/El-coronavirus-no-es-contagioso-en-las-superficies-el-cientifico-que-ya-no-usa-guantes-para-investigarlo.html>
4. <https://www.nature.com/articles/d41586-021-00251-4#ref-CR12>
5. <https://pixabay.com/es/>