

4.- EVOLUCIÓN DEL CO₂ A LO LARGO DE LA JORNADA ESCOLAR EN LAS DIFERENTES ESTANCIAS DEL CENTRO.

4.1.- EVOLUCIÓN DEL CO₂ A LO LARGO DE LA JORNADA ESCOLAR EN LAS AULAS.

En esta sección se han representado las gráficas lineales de la evolución del CO₂ en el tiempo a lo largo de la jornada escolar. Estas representaciones se han realizado por clase, por nivel y por tipo de dependencia.

En todos los casos se ha calculado el ACH en función de las condiciones específicas que se daban en cada hora de clase. El valor medio de ACH se presenta en la esquina superior izquierda de la gráfica.

Se ha calculado, igualmente para las condiciones específicas de cada aula, el valor medio de la concentración de CO₂ en estado estable y este se ha representado mediante una línea horizontal azul discontinua. Se ha tenido en cuenta tanto el valor objetivo como el 20 % de variación que se puede asumir debido a las grandes variaciones que se dan durante el día, este valor se ha representado como una línea horizontal continua de color azul.

Las aulas han permanecido siempre con las ventanas y una puerta abiertas. Esto se ha complementado con una pauta en la que se hacia sonar el timbre del IES para proceder a la apertura de la otra puerta de la clase. Esto se realizaba a las 9:15, 10:15, 11:15, 12:45, 13:45 y 14:45. Esta pauta de ventilación se han representado con líneas verticales rojas en las gráficas.

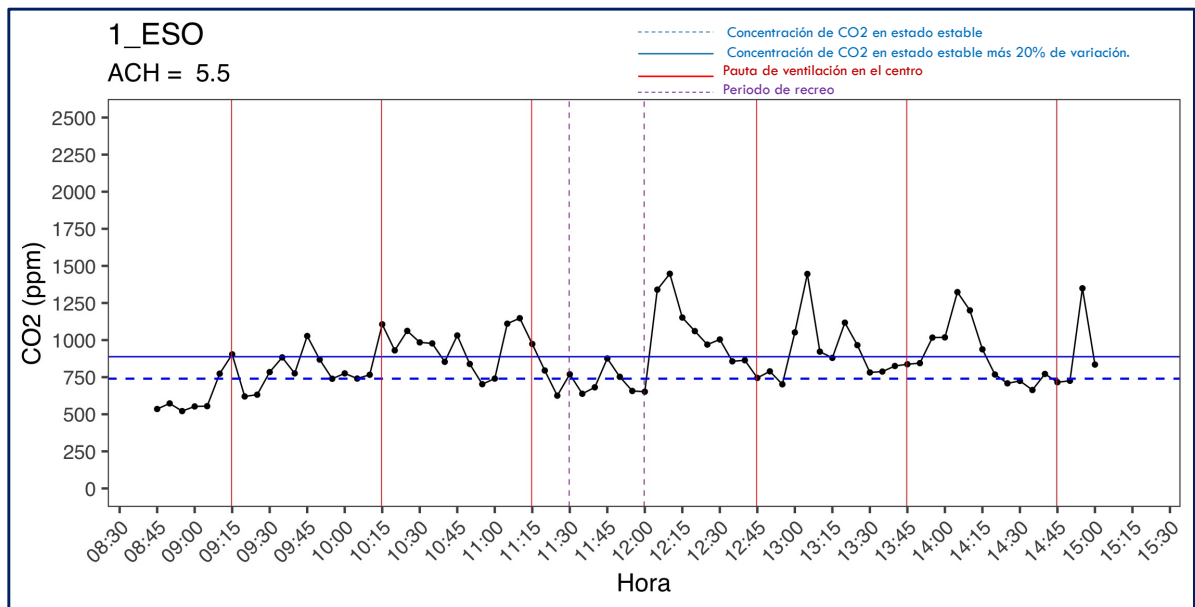
El recreo es el periodo de tiempo localizado entre las dos líneas verticales moradas y discontinuas.

En las gráficas boxplots podemos examinar la distribución y la dispersión de las observaciones de los datos. La mediana queda representada en la línea central de la caja. Este valor nos indica que la mitad de nuestras observaciones es menor o igual a este valor y la otra mitad es mayor o igual al valor de la mediana. En la caja se representan también las distancias entre el primer y el tercer cuartil (rango intercuartílico). Las líneas representan los rangos del 25 % de valores de la parte inferior y el 25 % de la parte superior, excluyendo los valores fuera de tipo. El punto indica el valor medio de la muestra de datos.

Para el cálculo de los valores medios de CO₂ se han omitido los intervalos de tiempo en los que las aulas han permanecido vacías, así como el periodo de recreo, en el cual las clases estaban igualmente desalojadas.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

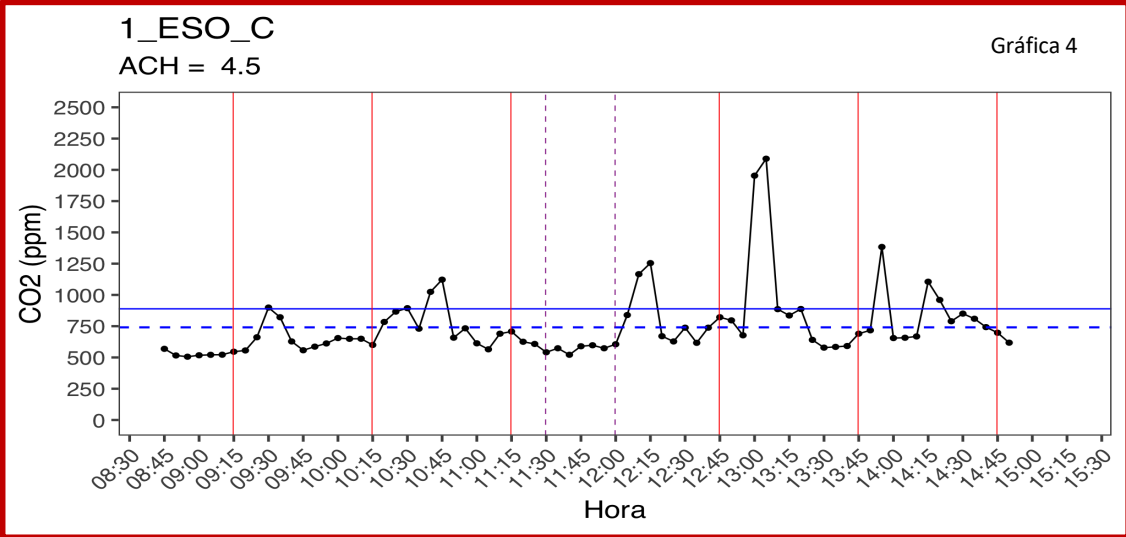
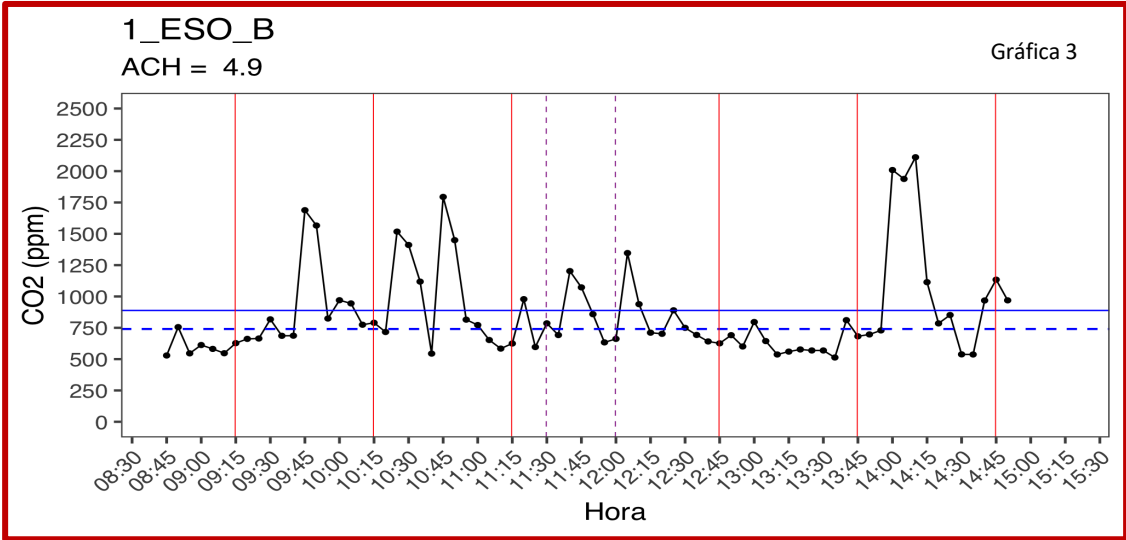
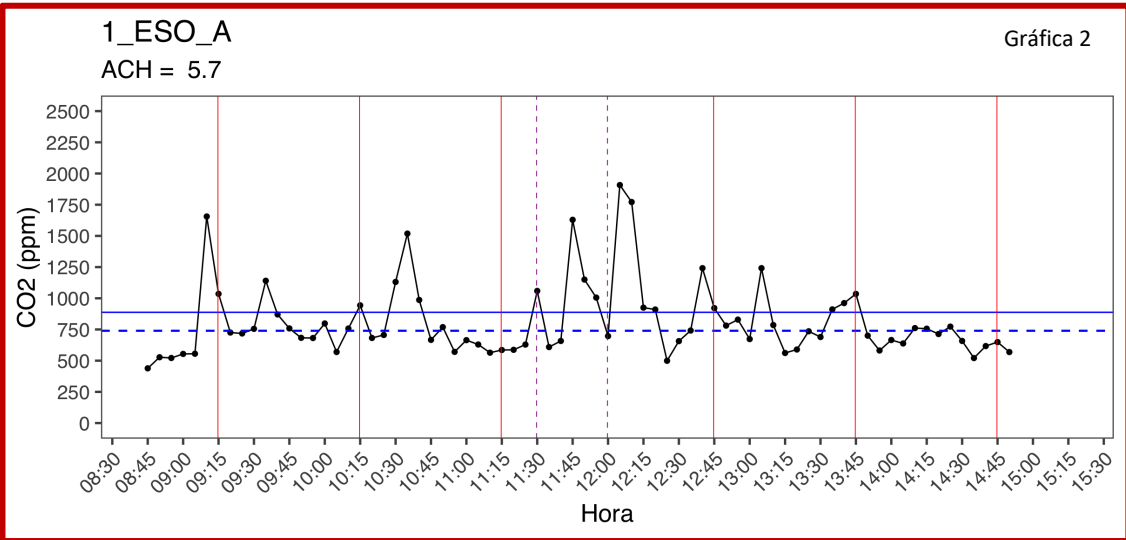
- Nivel 1º ESO

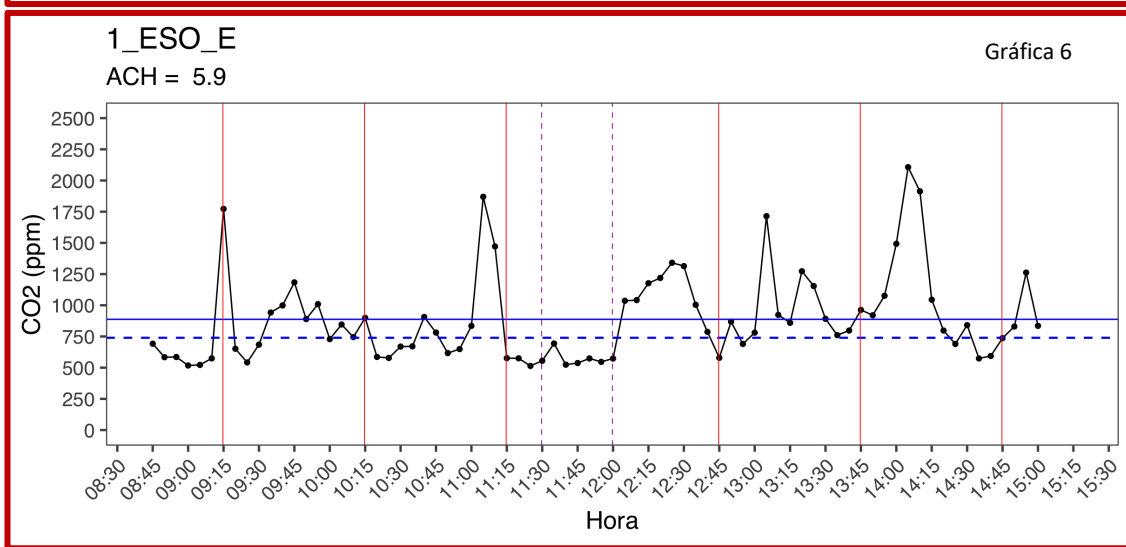
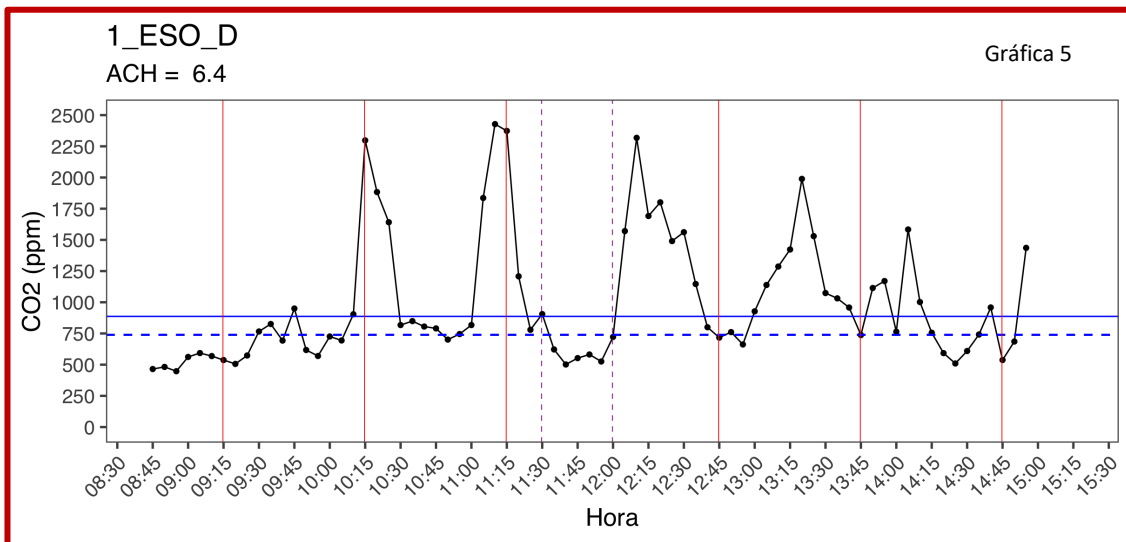


Gráfica 1: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en 1º ESO

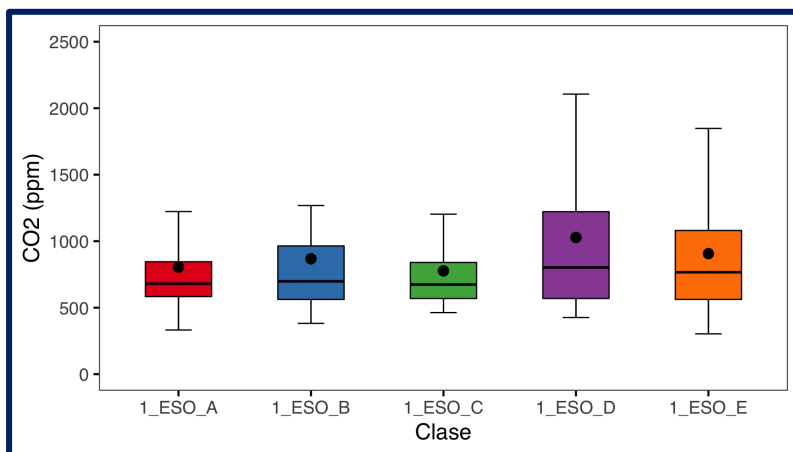
Como se muestra en la Gráfica 1, en el nivel de 1º ESO las concentraciones de CO₂ se mantienen más bajas durante el recreo. En este nivel encontramos una media de 10 picos de CO₂ que se encuentran por encima de los valores deseables. Estos picos generalmente aparecen transcurrido cierto tiempo del comienzo de la clase y de las ventilaciones y renovaciones de aire llevada a cabo.

Gráficas por clases





Gráficas 2,3 4 5 y 6: Evolución del CO₂ en las clases de 1º ESO



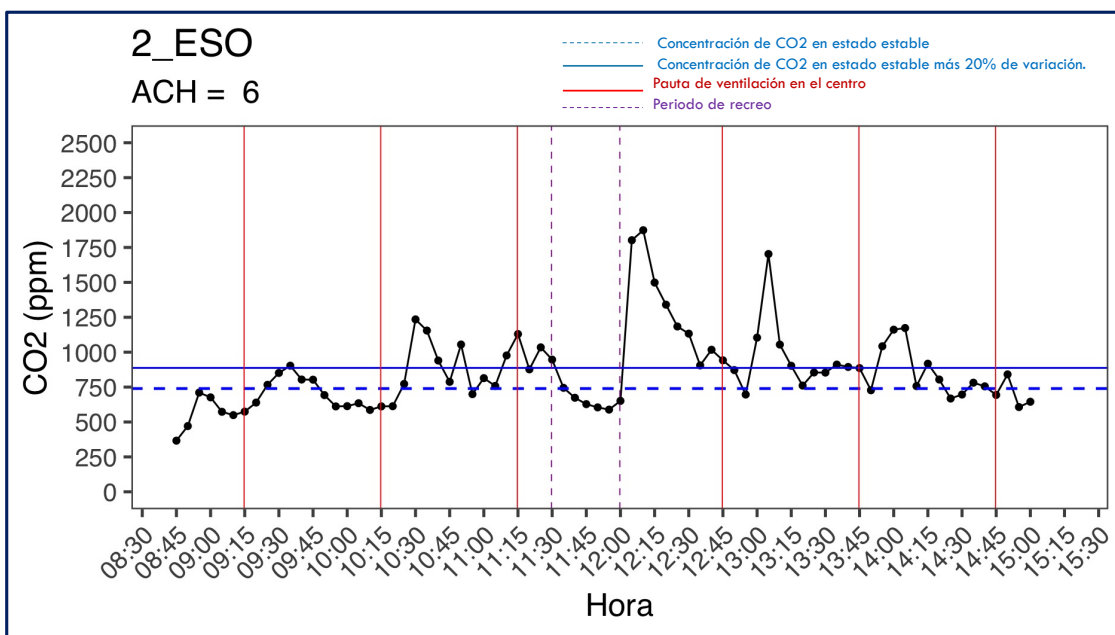
Gráfica 7: Boxplot del CO₂ clases 1º ESO

Clase	CO ₂	Grupos
1_ESO_D	1027.993	a
1_ESO_E	906.164	ab
1_ESO_B	867.400	ab
1_ESO_A	805.008	b
1_ESO_C	776.776	b

Tabla 1: Análisis de la varianza 1º ESO

En relación con los valores medios de CO₂ de cada curso (Gráfica 7 y Tabla 1) estos son significativamente superiores en 1º ESO D y algo mayores en 1º ESO E, respecto al resto de clases de este nivel. Estas diferencias indican que estos grupos han expelido más CO₂, probablemente al prolongar más los tiempos de conversación durante los periodos de clase. En ambos grupos se han acumulado en el ambiente mayor cantidad de aerosoles potencialmente contaminantes.

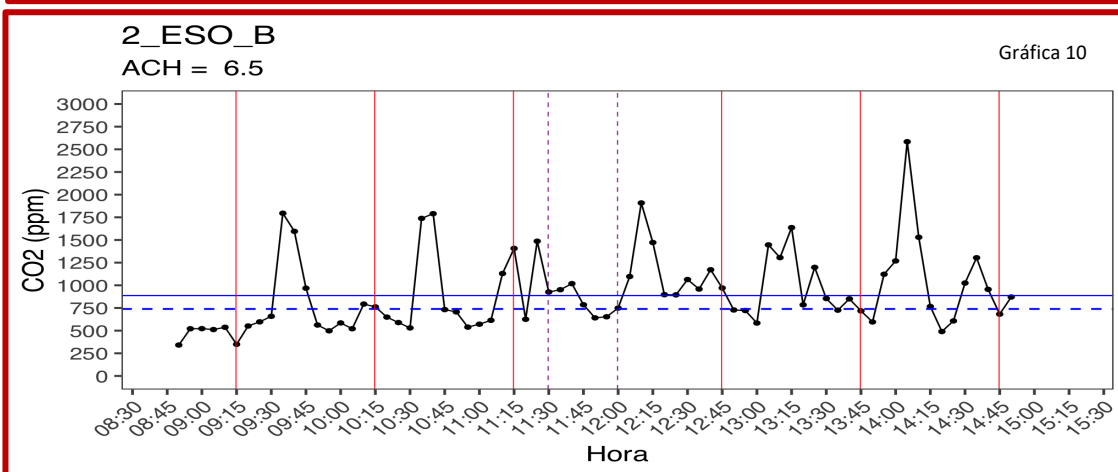
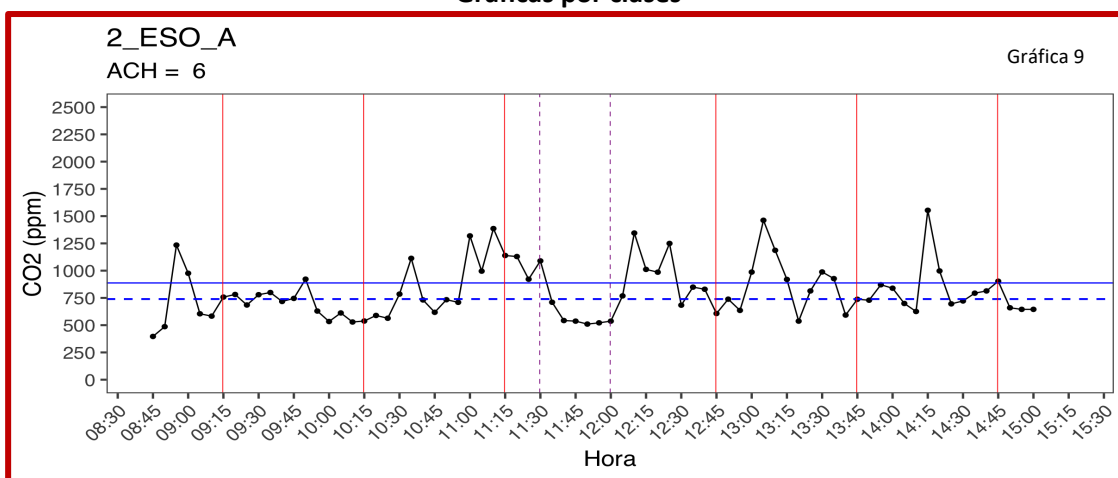
- Nivel 2º ESO

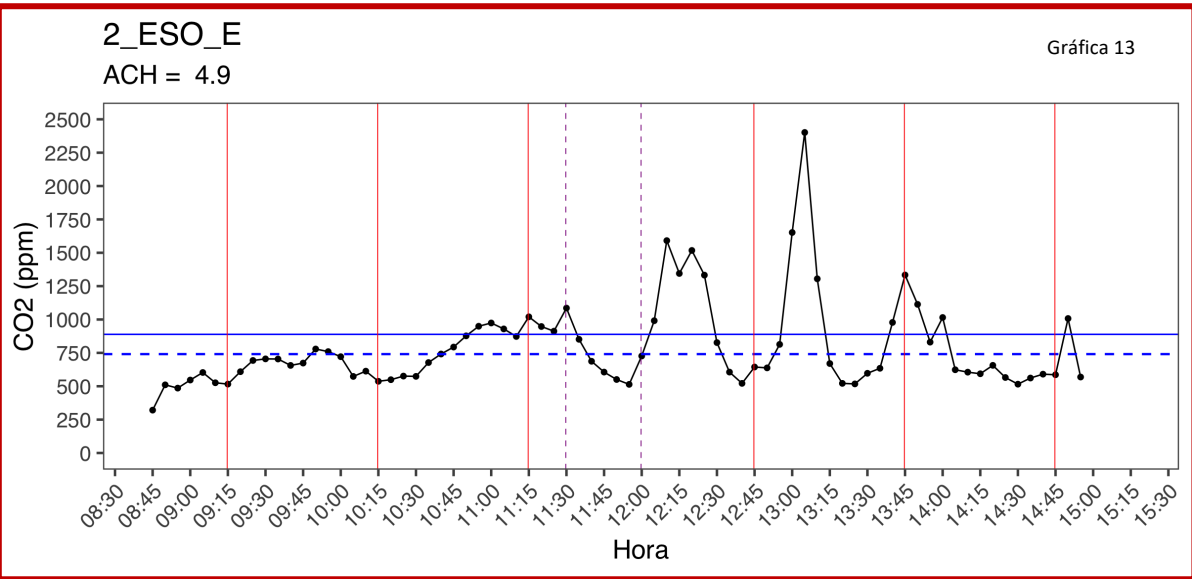
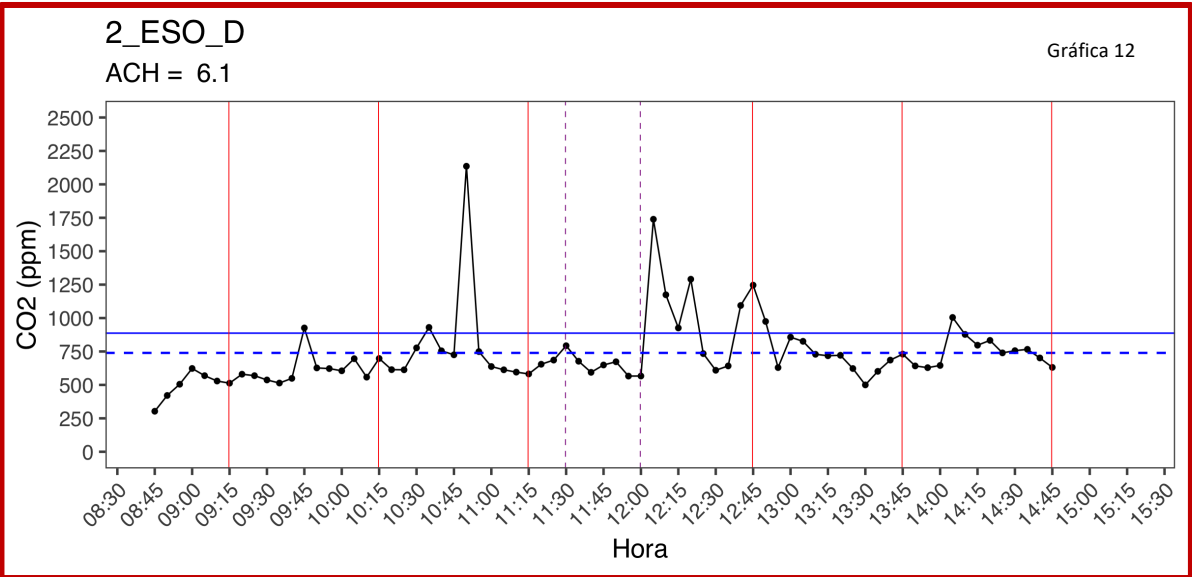
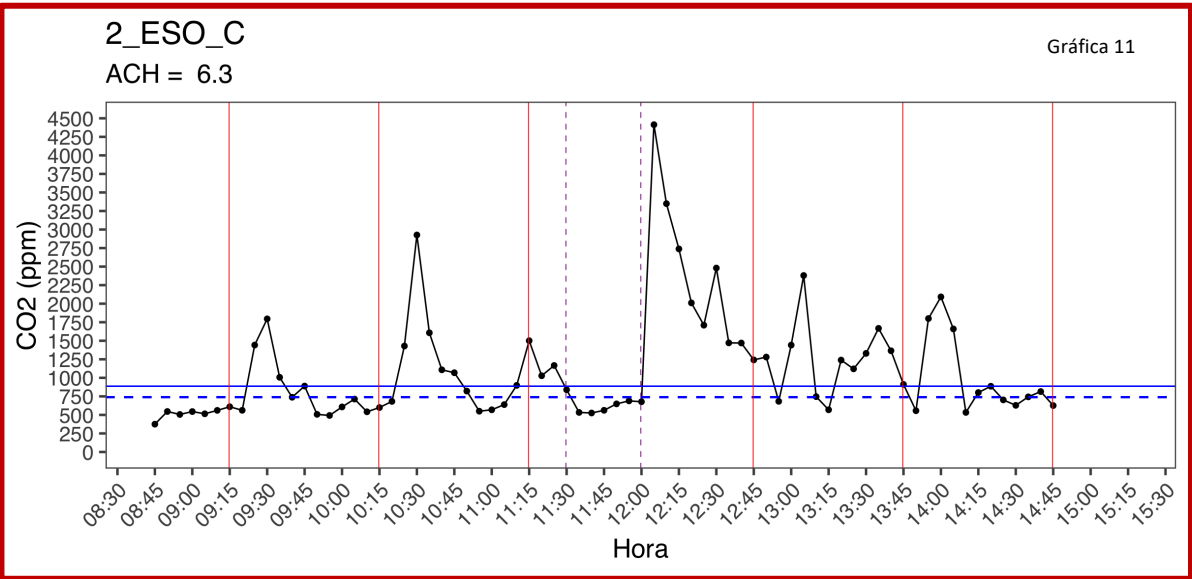


Gráfica 8: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en 2º ESO

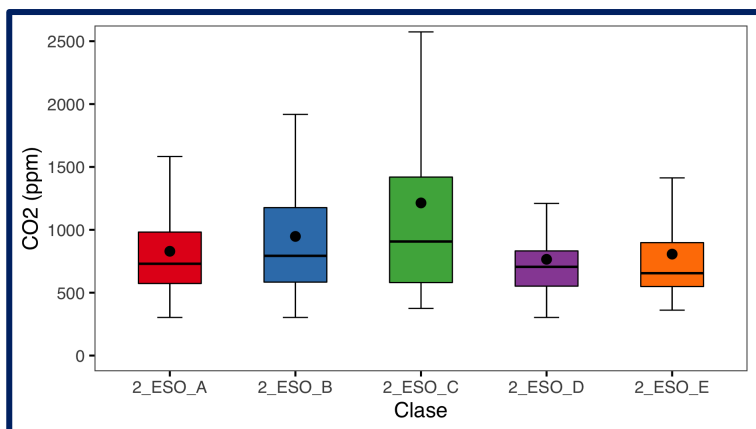
En la Gráfica 8 se observa que en 2º ESO se mantiene la misma tendencia que el nivel inferior respecto a la evolución de los valores de CO₂ a lo largo de la jornada escolar, ACH objetivo y concentración de CO₂ en estado estable.

Gráficas por clases





Gráficas 9,10,11,12 y 13: Evolución CO₂ en las clases de 2º ESO



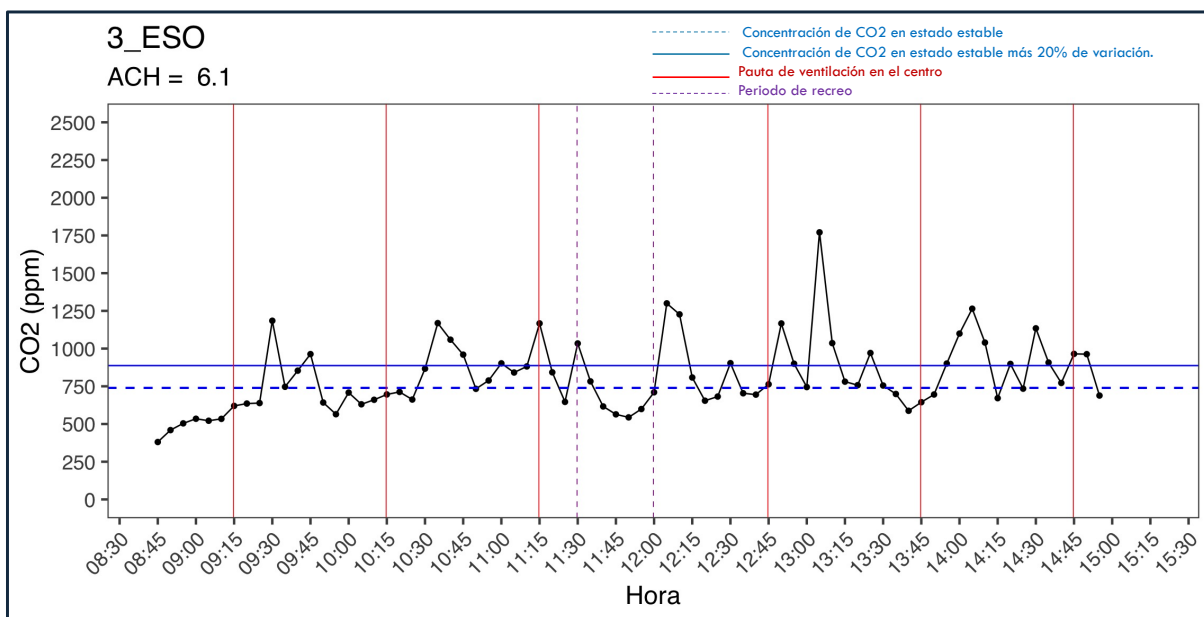
Clase	CO ₂	Grupos
2_ESO_C	1213.790	a
2_ESO_B	947.505	b
2_ESO_A	829.302	b
2_ESO_E	806.706	b
2_ESO_D	765.308	b

Tabla 2: Análisis de la varianza 2º ESO

Gráfica 14: Boxplot valores medios de CO₂ en las clases 2º ESO

A partir de los datos de la Gráfica 14 y la Tabla 2, se deduce que, en este nivel, el grupo 2º ESO C ha acumulado significativamente mayor cantidad de CO₂ en el aula, mientras que no hay diferencias significativas entre los otros cursos.

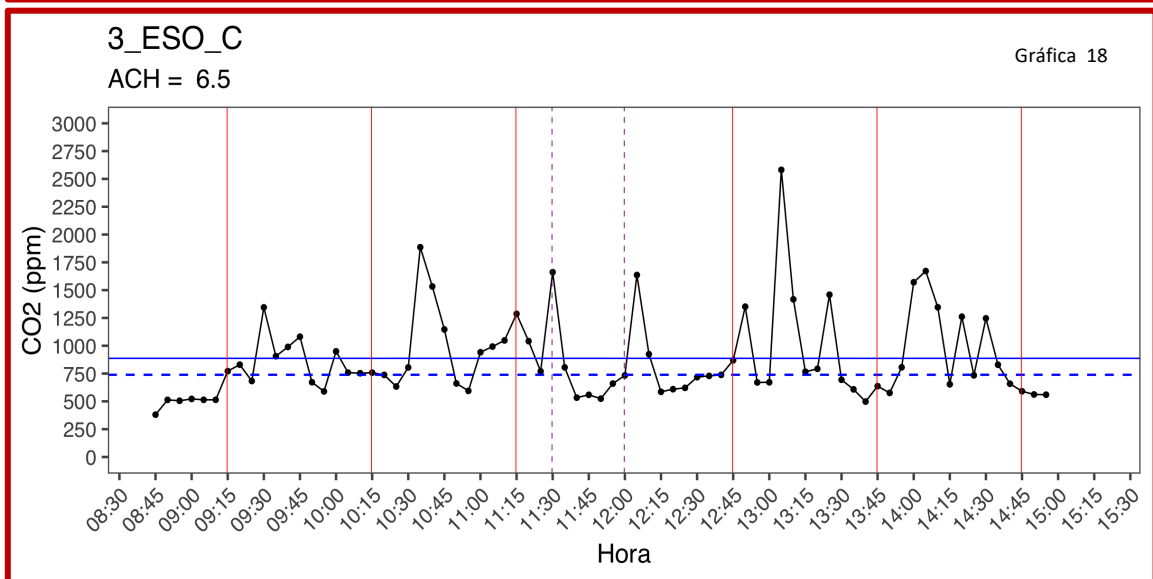
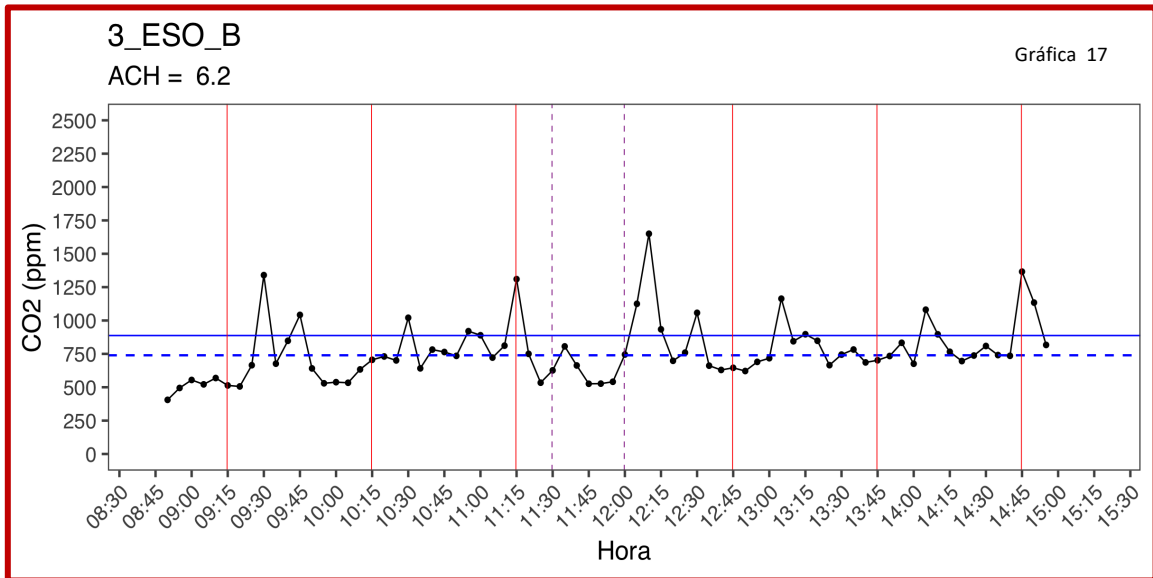
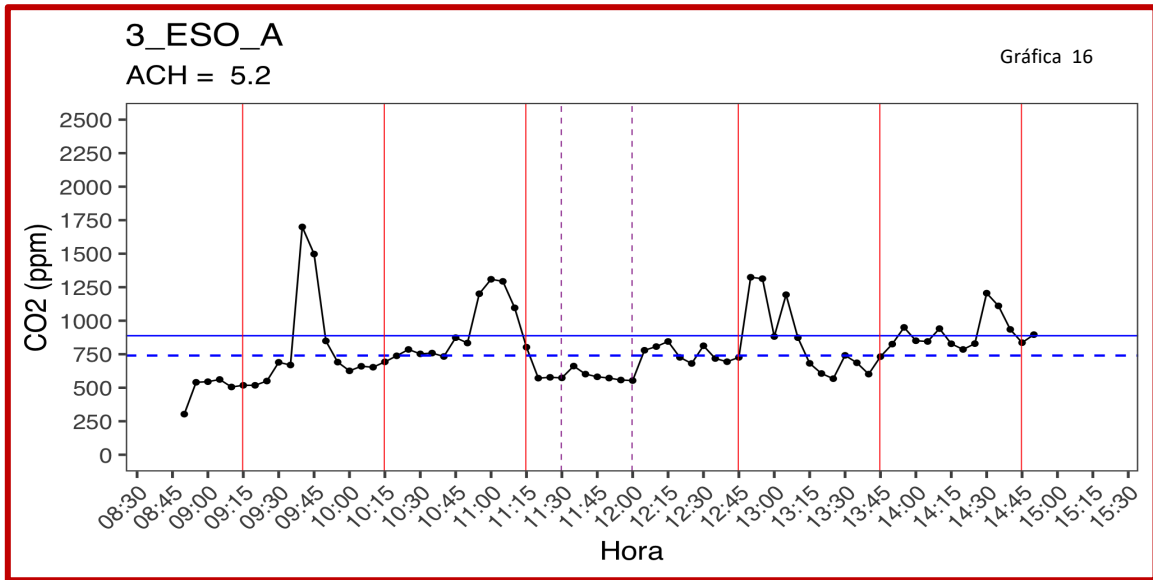
- Nivel 3º ESO



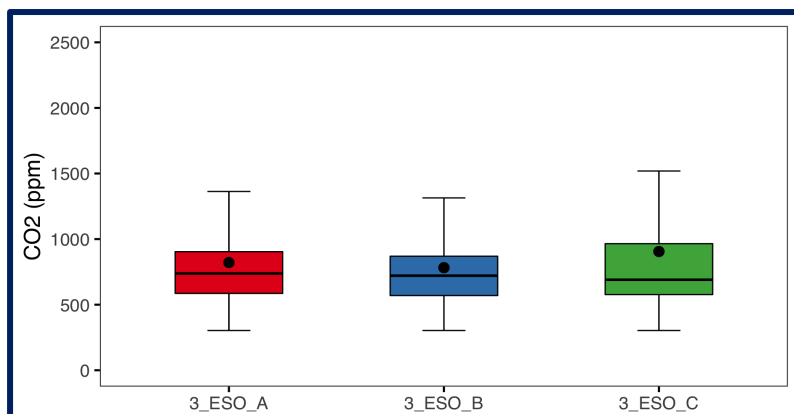
Gráfica 15: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en 3º ESO

En este nivel, al igual que en 1º y 2º de ESO la variación de CO₂ presenta fluctuaciones que se reparten a lo largo del día, aunque los picos más altos parecen concentrarse con más frecuencia a partir de las 11:30 horas (Gráfica 15).

Gráficas por clases



Gráficas 16, 17 y 18: Evolución CO₂ en las clases de 3^º ESO



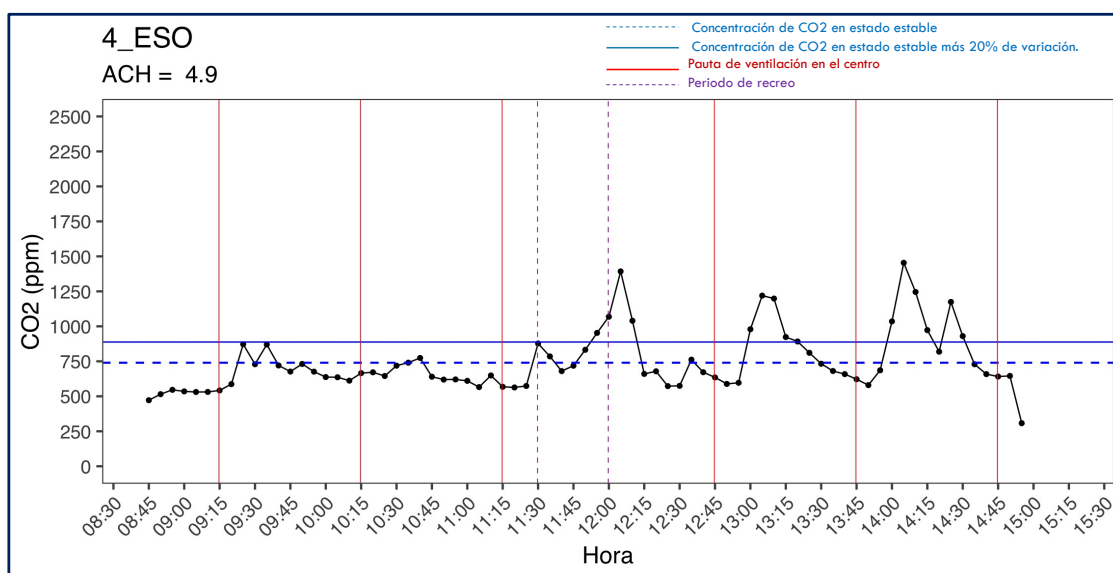
Clase	CO ₂	Grupos
3_ESO_C	905.314	a
3_ESO_A	820.992	ab
3_ESO_B	782.089	b

Tabla 3: Análisis de la varianza 3º ESO

Gráfica 19: Boxplot de valores medios de CO₂ en las clases 3º ESO

Respecto a la distribución de los datos y al análisis de la varianza y comparación de medias (Gráfica 19 y Tabla 3), los valores medios de CO₂ del grupo 3º ESO C se diferencian significativamente respecto de 3º ESO B, pero no de 3º ESO A.

- Nivel 4º ESO

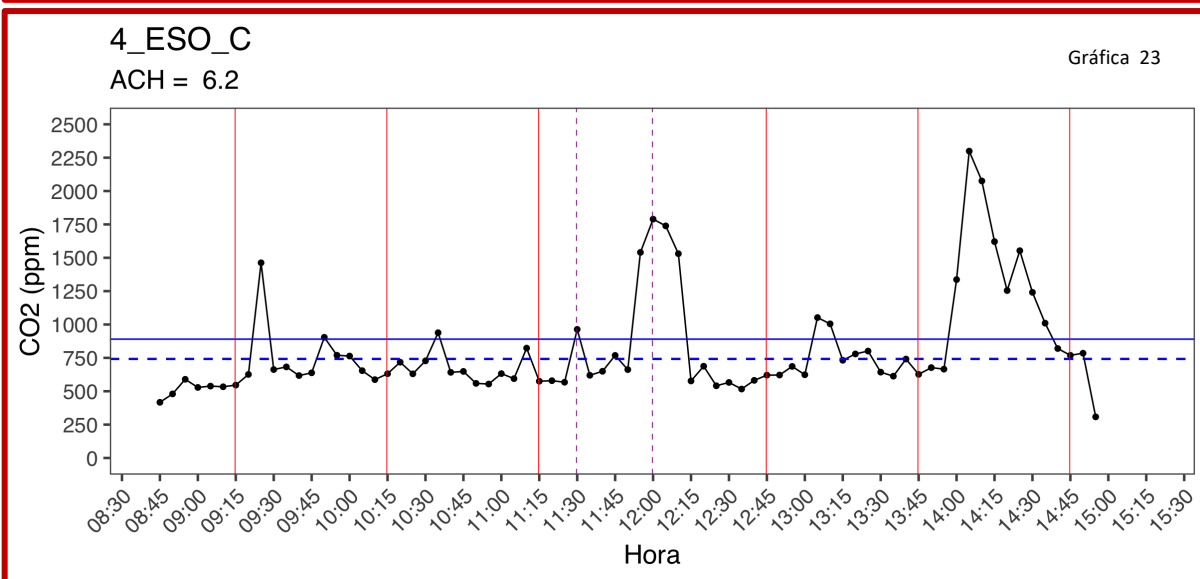
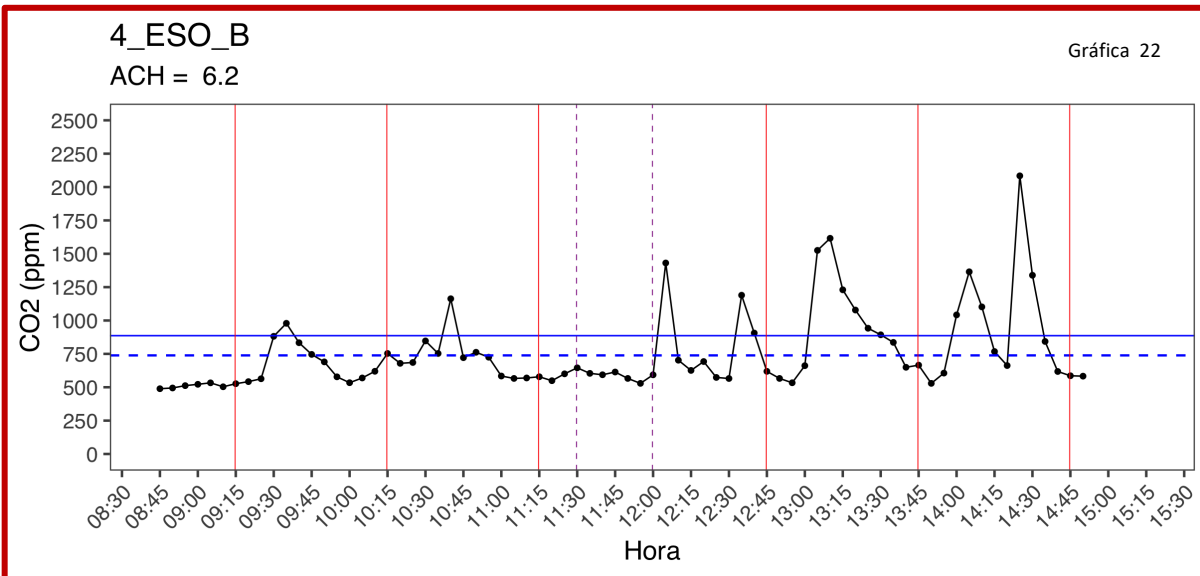
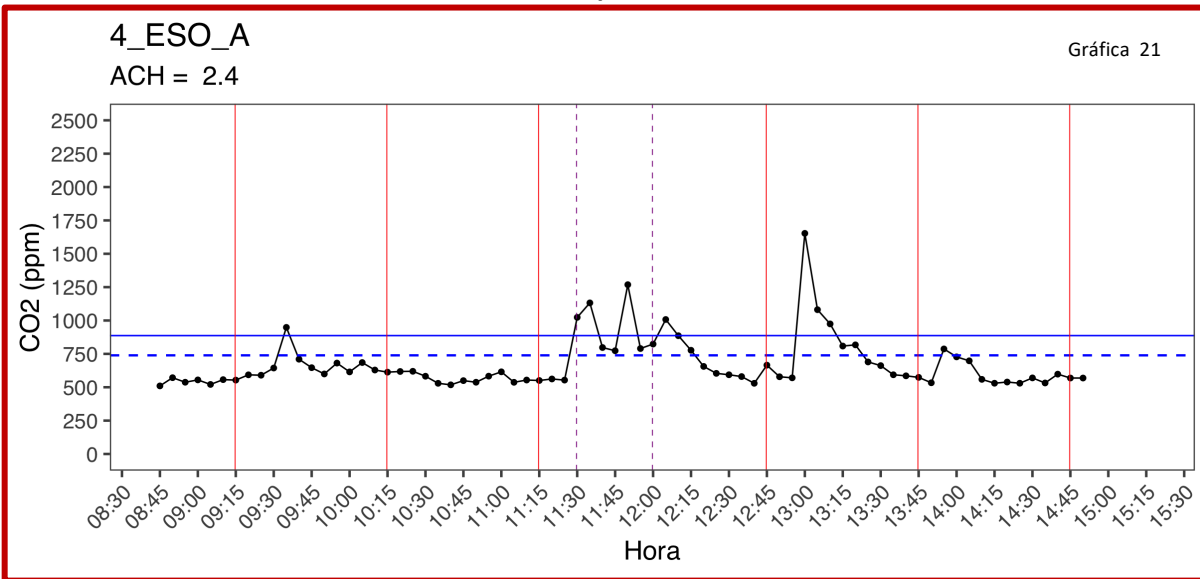


Gráfica 20: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en 4º ESO

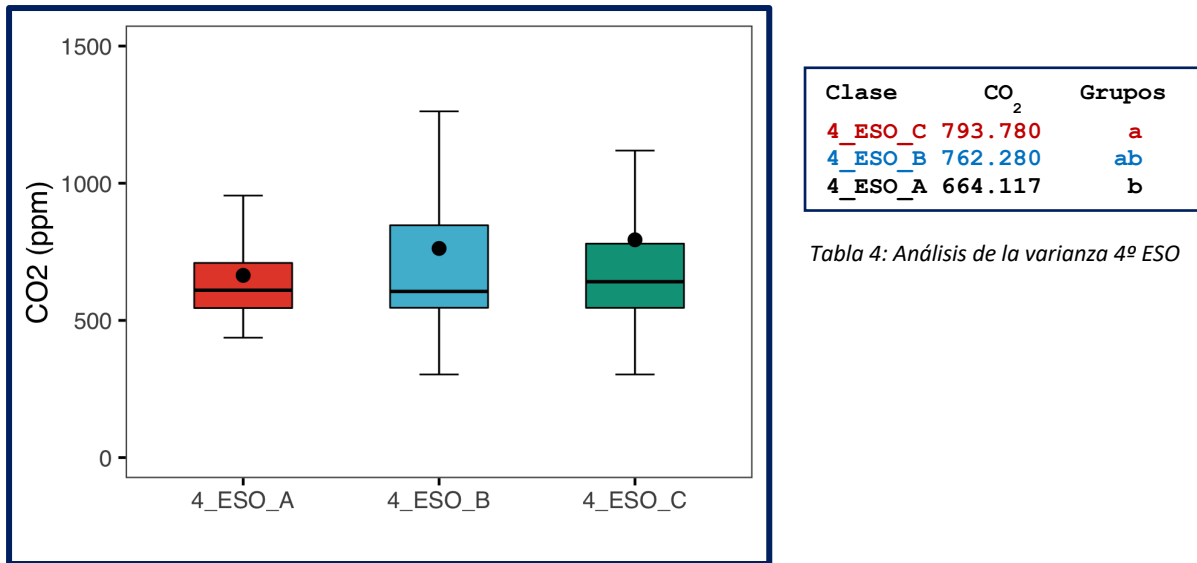
En 4º ESO se aprecia una disminución en el tiempo en el que se alcanzan concentraciones de CO₂ por encima de la concentración en estado estable (Gráfica 20). La media de picos altos de valores medios de CO₂ es de 4, es decir menos de la mitad de las obtenidas en los niveles anteriores.

El hecho de aparecer valores medios de CO₂ inferiores, nos sugiere que este alumnado de mayor edad emplea menos tiempo en conversar entre ellos en las clases y por ello acumulan menos cantidad de aerosoles. Es destacable el hecho de que los valores más elevados de CO₂ se alcanzan en la segunda parte de la jornada escolar después del recreo.

Gráficas por clases



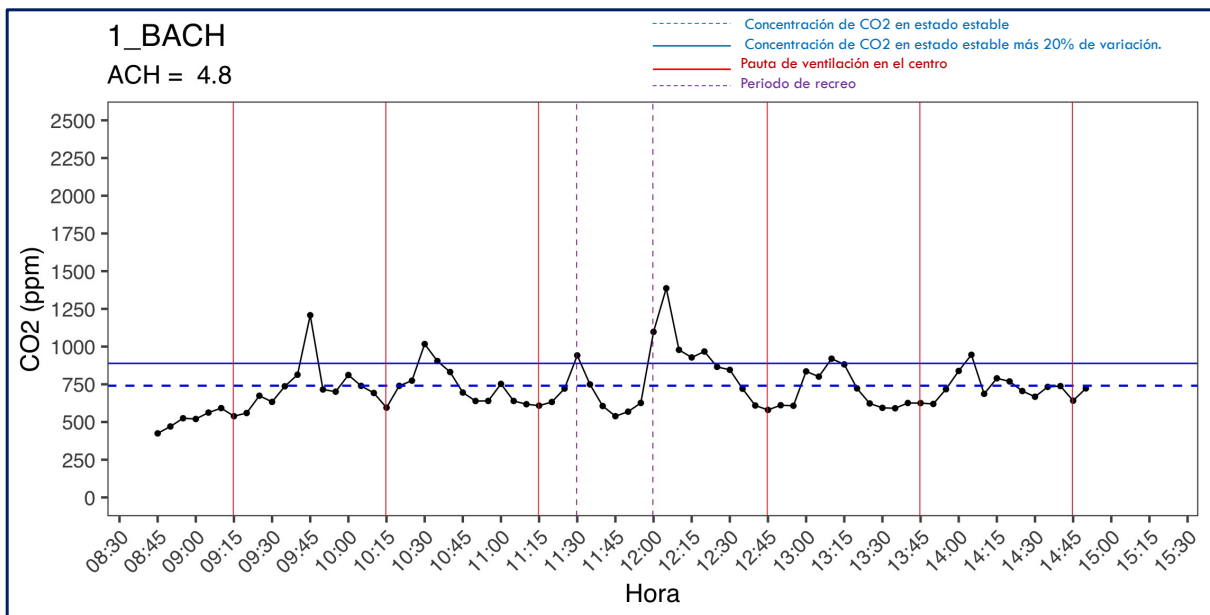
Gráficas 21, 22 y 23: Evolución CO₂ en las clases de 4º ESO



Gráfica 24: Boxplot con valores medios de CO₂ en las clases 4º ESO

En este nivel, tal y como se extrae de la Gráfica 24 y la Tabla 4, el curso 4º ESO C alcanzó niveles medios de CO₂ más elevados. Hay que mencionar que, en este caso, aunque el número de ocupantes no era muy elevado, se alojaban en unas de las clases pequeñas del centro.

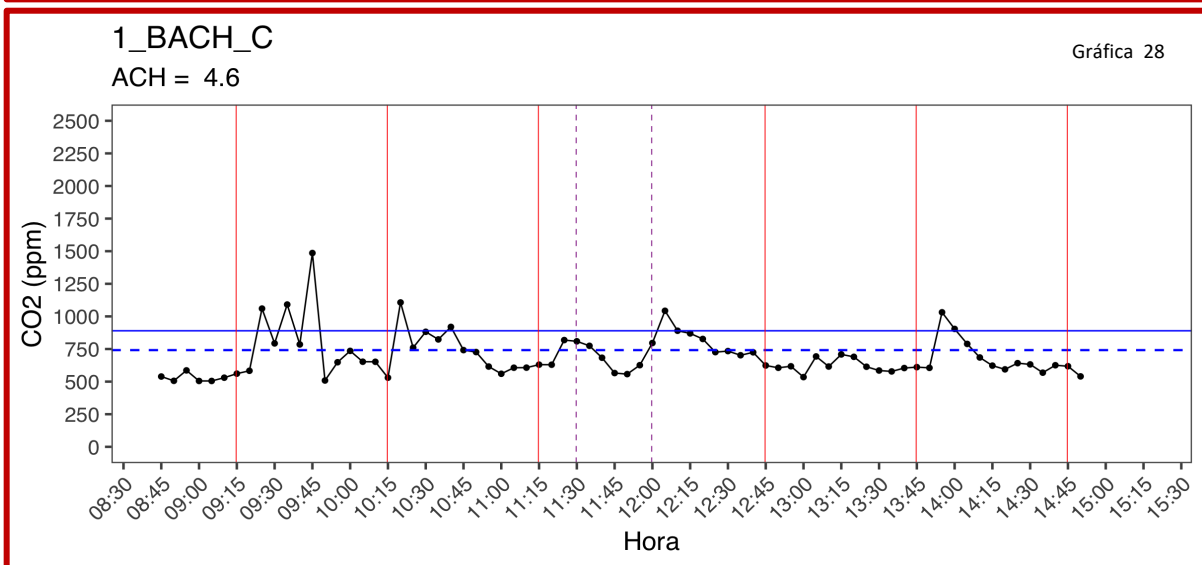
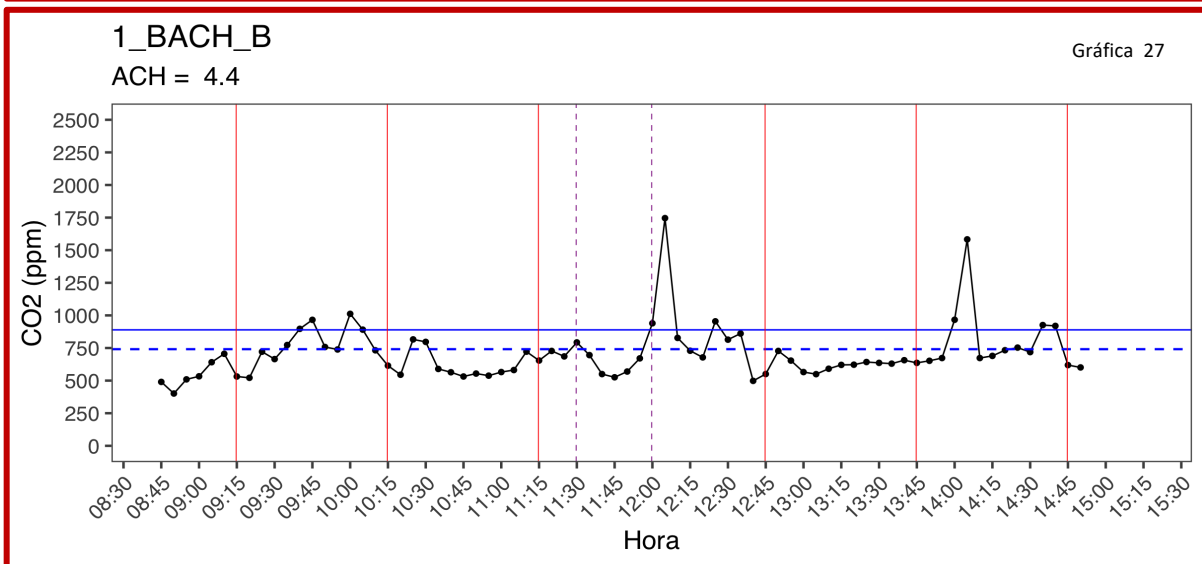
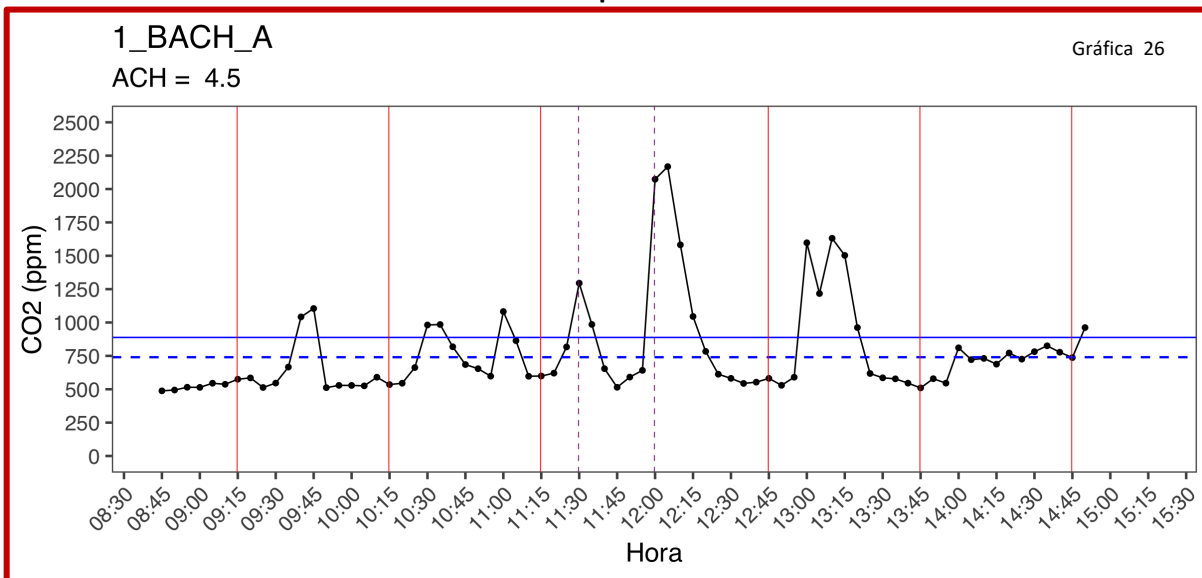
- Nivel 1º BACH

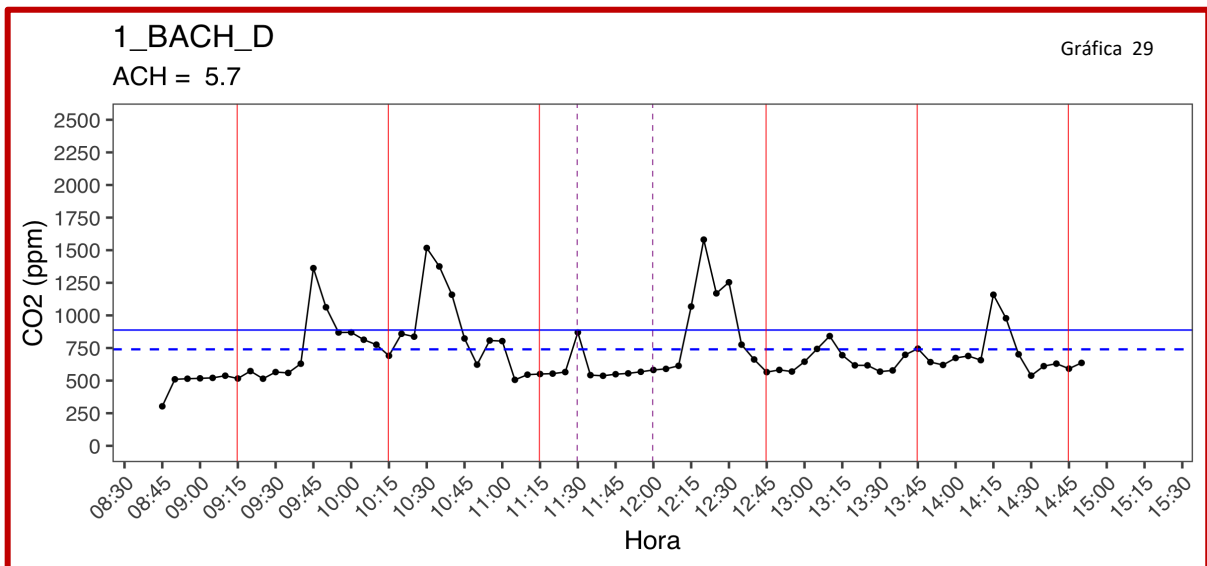


Gráfica 25: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en 1º BACH

En 1º BACH, al igual que 4º ESO, se aprecia una disminución en el tiempo en el que se alcanzan concentraciones de CO₂ por encima de la concentración en estado estable. Se diferencian muy pocos picos de concentración elevada de CO₂ (Gráfica 25).

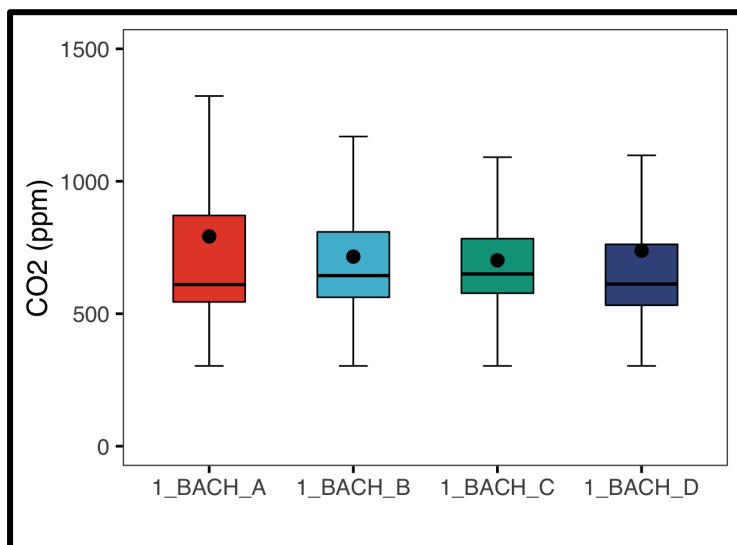
Gráficas por clases





Gráficas 26, 27, 28 y 29: Evolución CO₂ en las clases de 1º BACH.

En las Gráficas 26, 27, 28 y 29, se observa como en todos los cursos de Bachillerato la gráfica de evolución de CO₂ es fluctuante debido a la variación producida durante el día, pero la mayor parte del tiempo los valores medios de CO₂ se localizan por debajo de la línea azul continua (concentración de CO₂ en estado estable) la cual nos sirve como referencia para determinar si se deben tomar medidas en cuanto a la ventilación y renovación del aire interior.



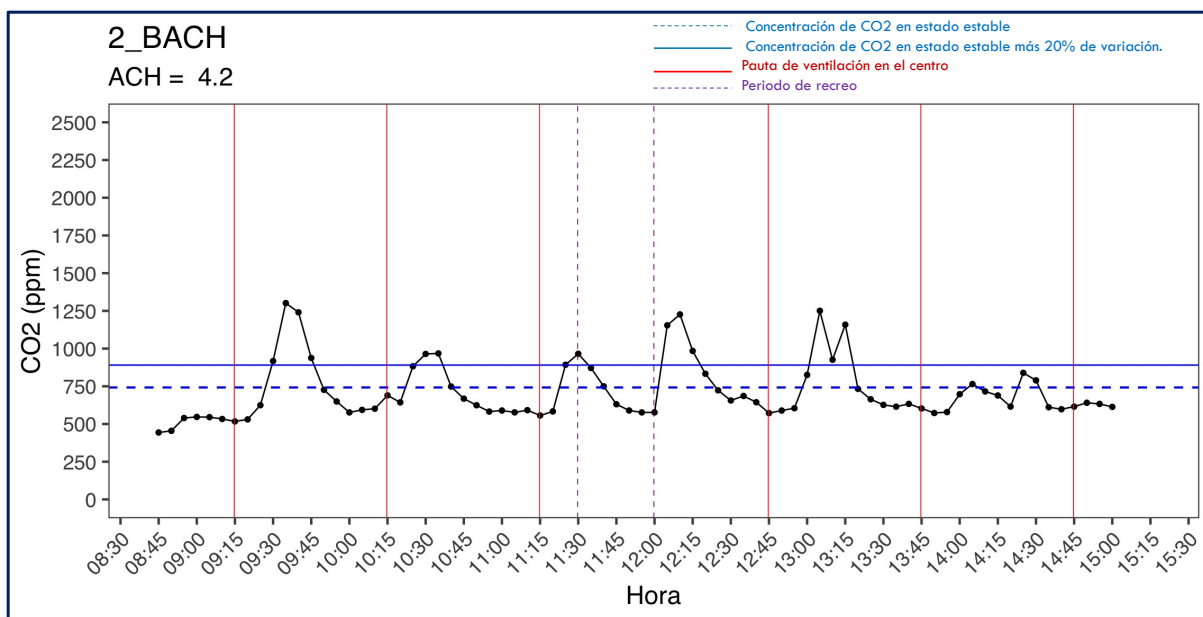
Gráfica 30: Boxplot con valores medios de CO₂ en las clases de 1º BACH

Clase	CO ₂	Grupos
1_BACH_A	791.973	a
1_BACH_D	738.175	a
1_BACH_B	715.459	a
1_BACH_C	701.732	a

Tabla 5: Análisis de la varianza 1º BACH

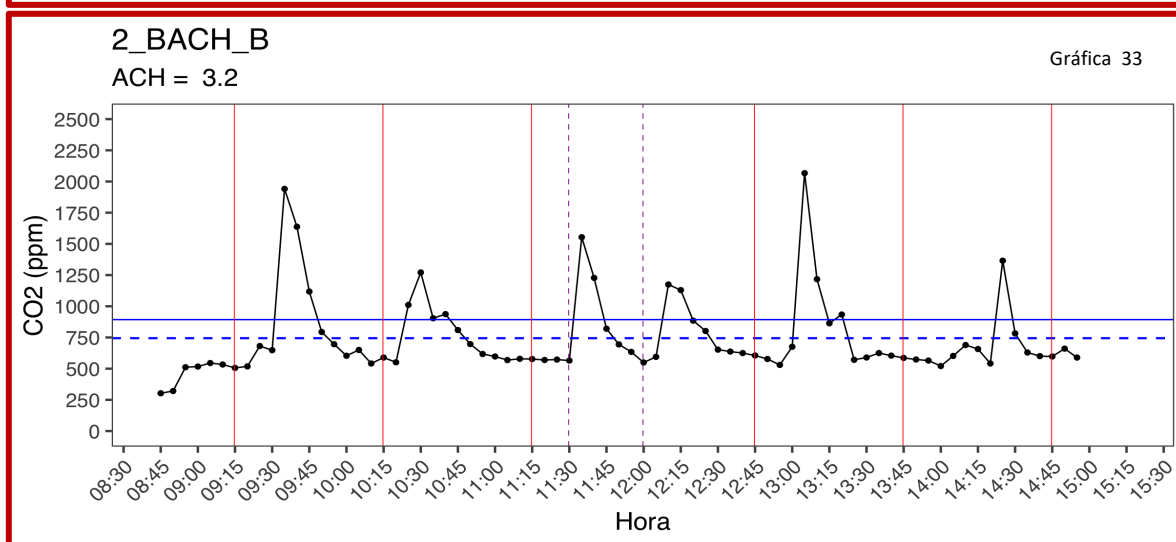
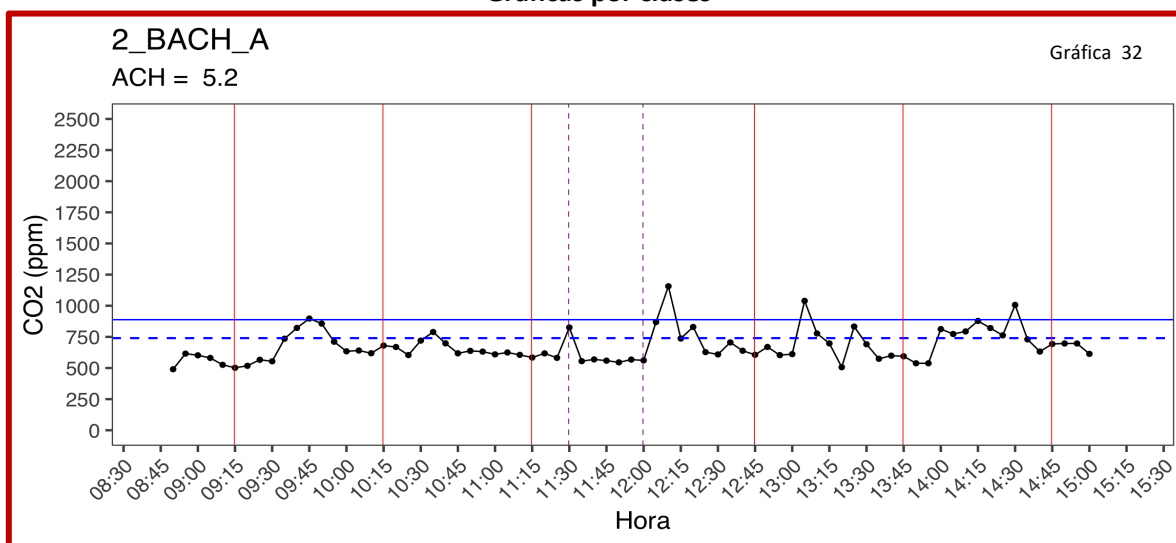
En los grupos de 1º BACH no se encontraron diferencias significativas en los valores medios de CO₂ por clase. Todas las medias fueron muy similares (Gráfica 30 y Tabla 5)

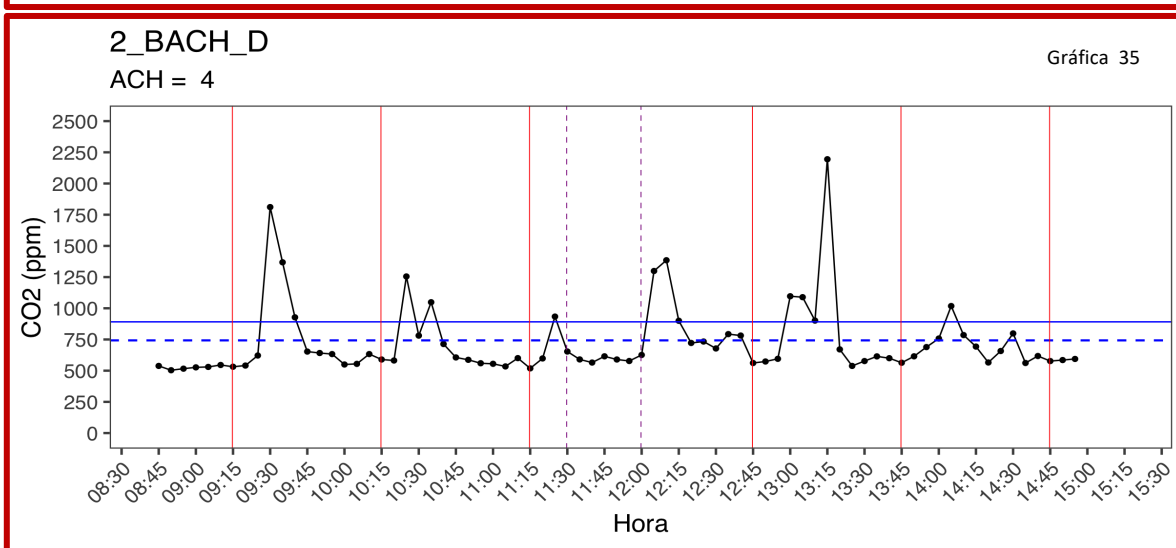
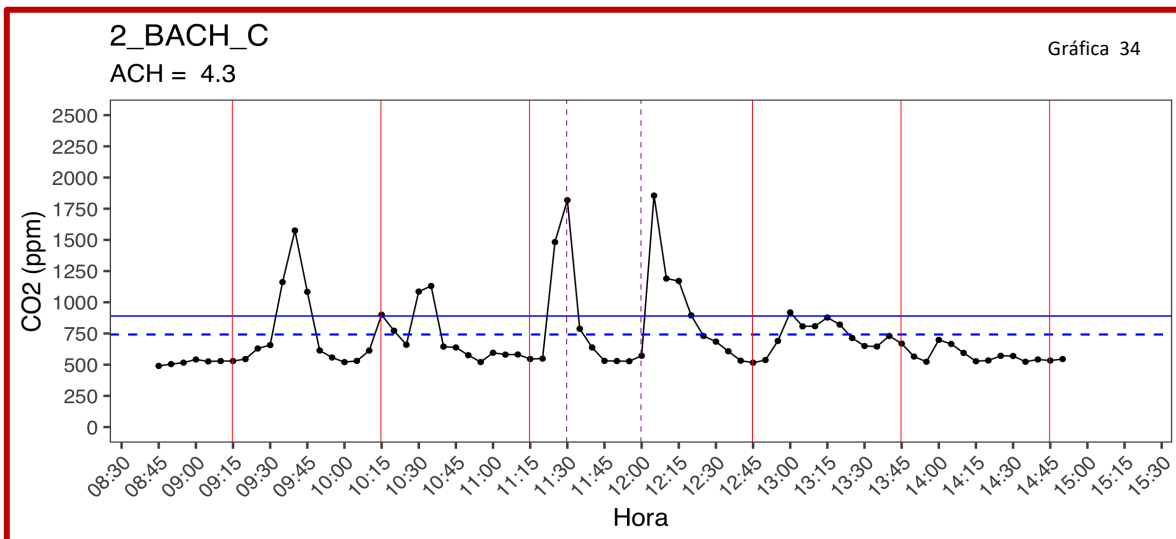
- Nivel 2º BACH



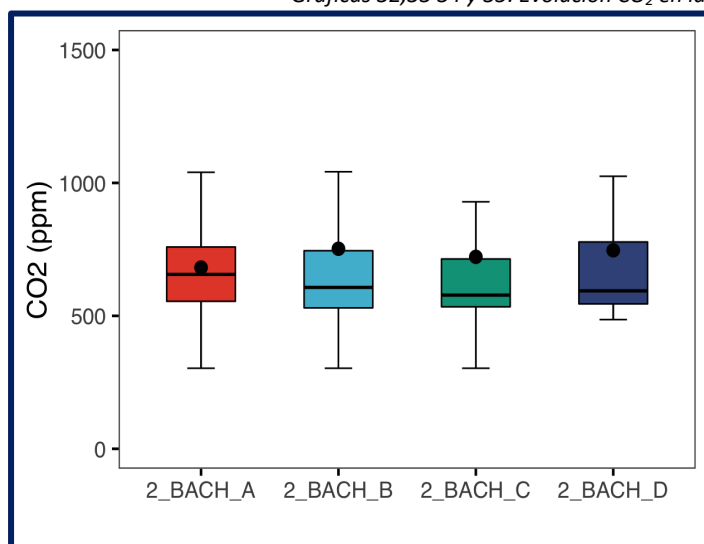
Gráfica 31: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en 2º BACH

Gráficas por clases





Gráficas 32,33 34 y 35: Evolución CO₂ en las clases de 2º BACH.



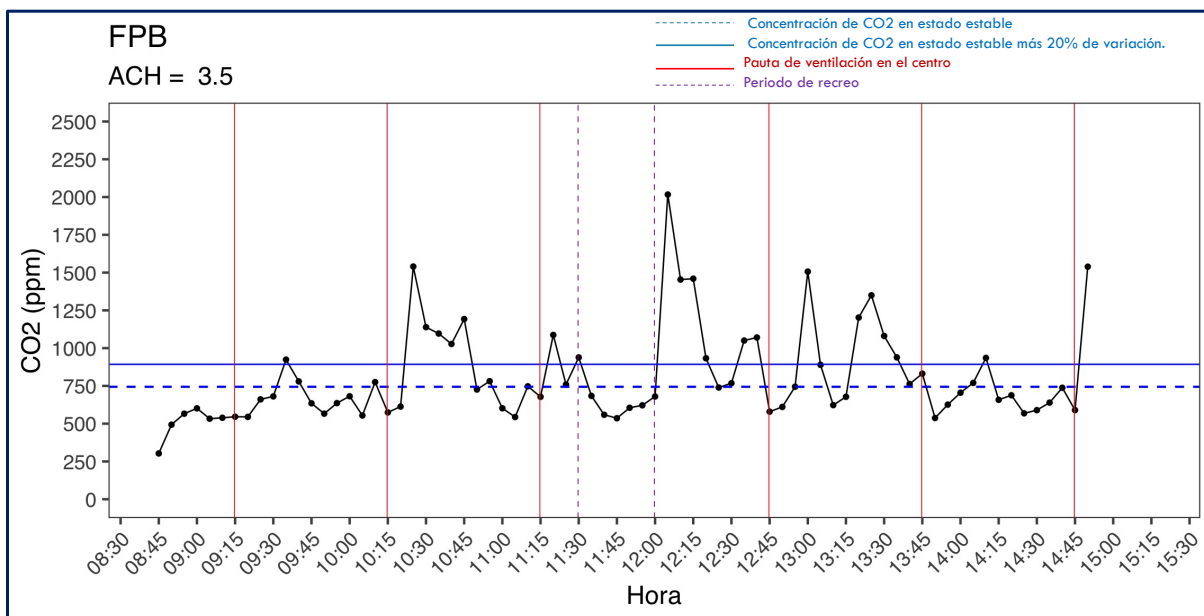
Clases	CO ₂	Grupos
2_BACH_B	752.400	a
2_BACH_D	746.541	a
2_BACH_C	721.979	a
2_BACH_A	681.714	a

Tabla 6: Análisis de la varianza 2º BACH

Gráfica 36: Boxplot con valores medios de CO₂ en las clases 2º BACH

Los grupos de 2º bachillerato mantuvieron valores de CO₂ por debajo de la concentración de referencia la mayor parte de la jornada escolar (Gráficas 32, 33, 34 y 35). Así pues, la acumulación de aerosoles en este nivel no fue muy elevada. Todos los grupos mostraron esta tendencia, no diferenciándose ningún grupo respecto al resto como se puede observar en la Gráfica 36 y en el análisis de comparación de medias (Tabla 6).

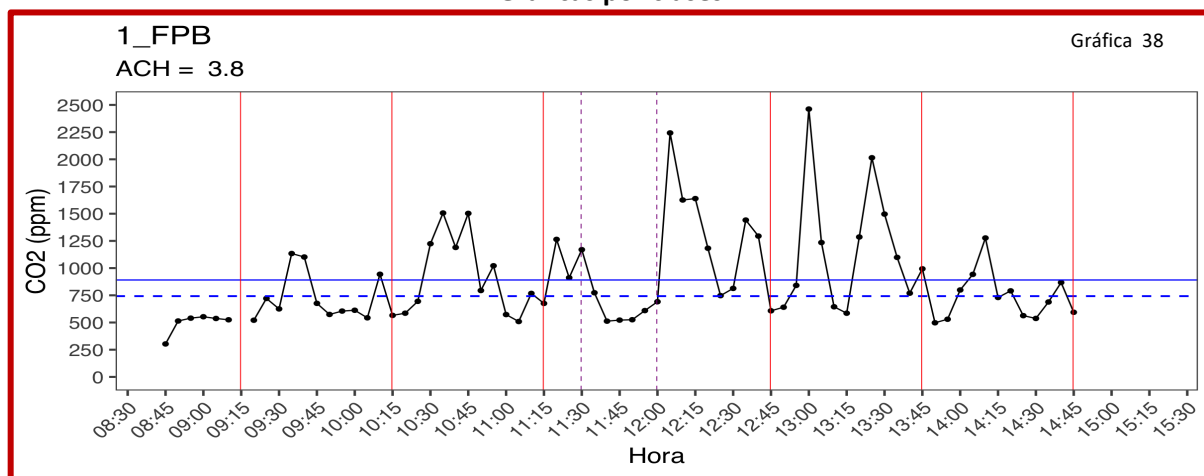
- Nivel FPB



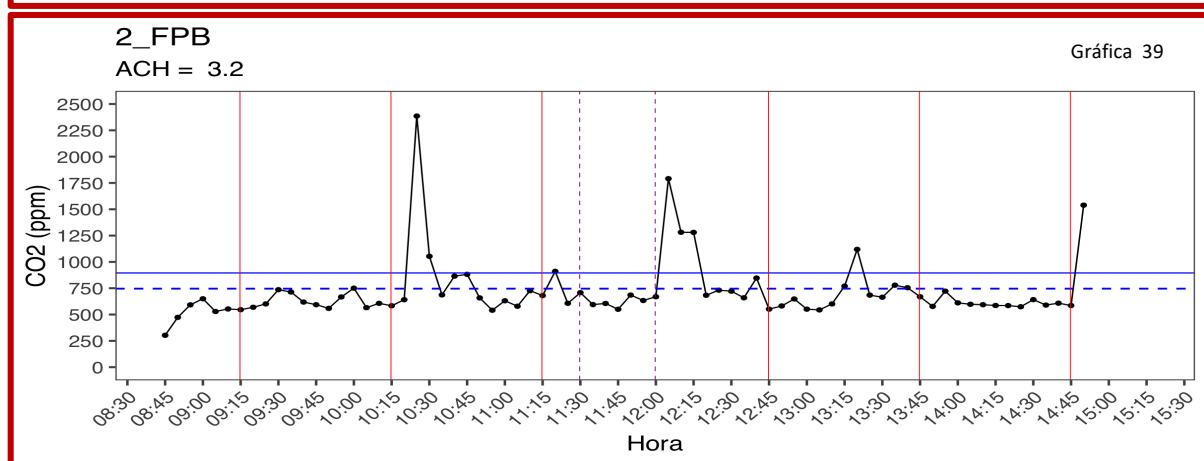
Gráfica 37: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en FPB

En el nivel de FPB se mantienen las tendencias observadas en los niveles anteriores: concentración de CO₂ fluctuantes, que intermitentemente alcanzan picos altos (Gráfica 37).

Gráficas por clases

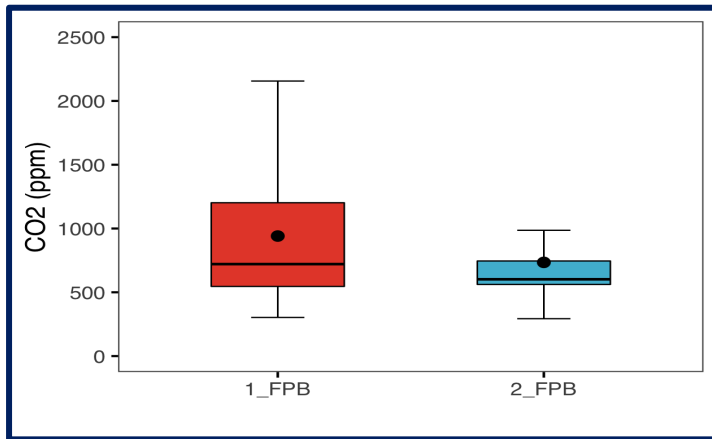


Gráfica 38



Gráfica 39

Gráficas 38 y 39: Evolución CO₂ en las clases de FPB.



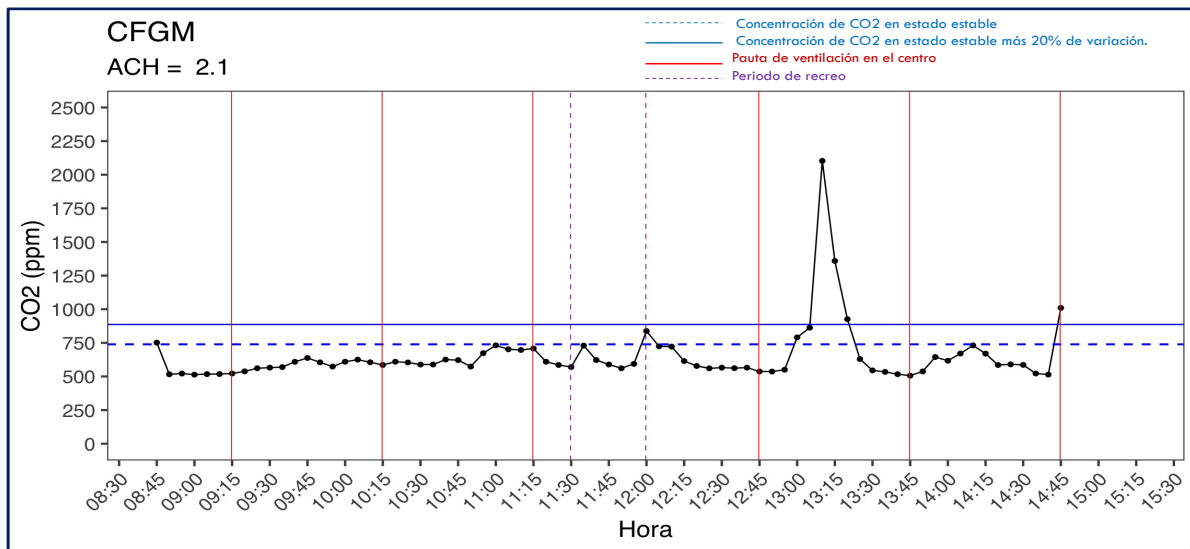
Clases	CO ₂	Grupos
1_FPB	940.901	a
2_FPB	734.488	b

Tabla 7: Análisis de la varianza FPB

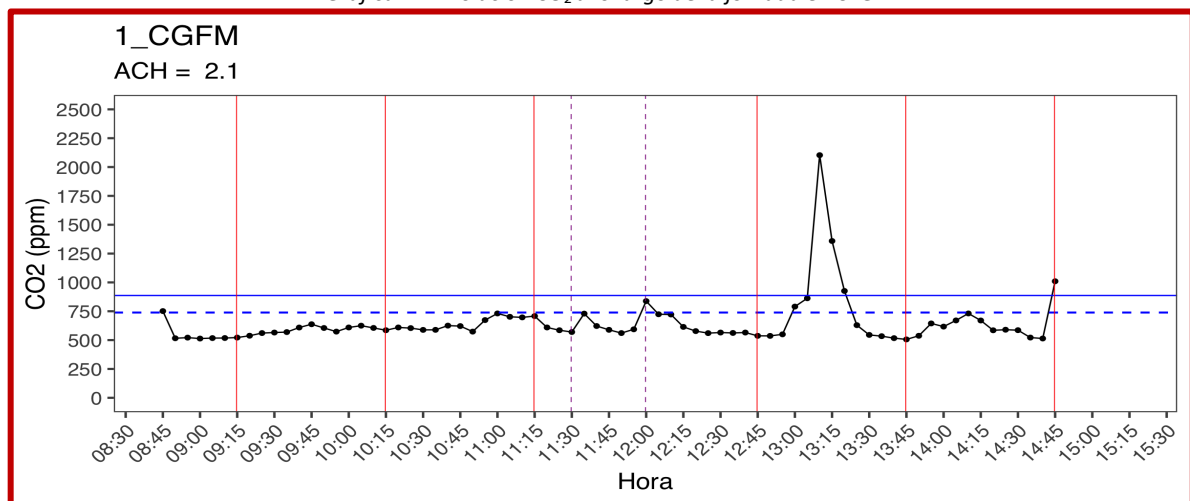
Gráfica 40: Boxplot con valores medios de CO₂ en las clases FPB

Al analizar las dos clases de FPB por separado, hay que destacar que la cantidad de CO₂ acumulada en el primer curso de Formación Profesional Básica fue significativamente superior al de 2º de FPB (Gráfica 40, Tabla 7).

- Nivel CFGM



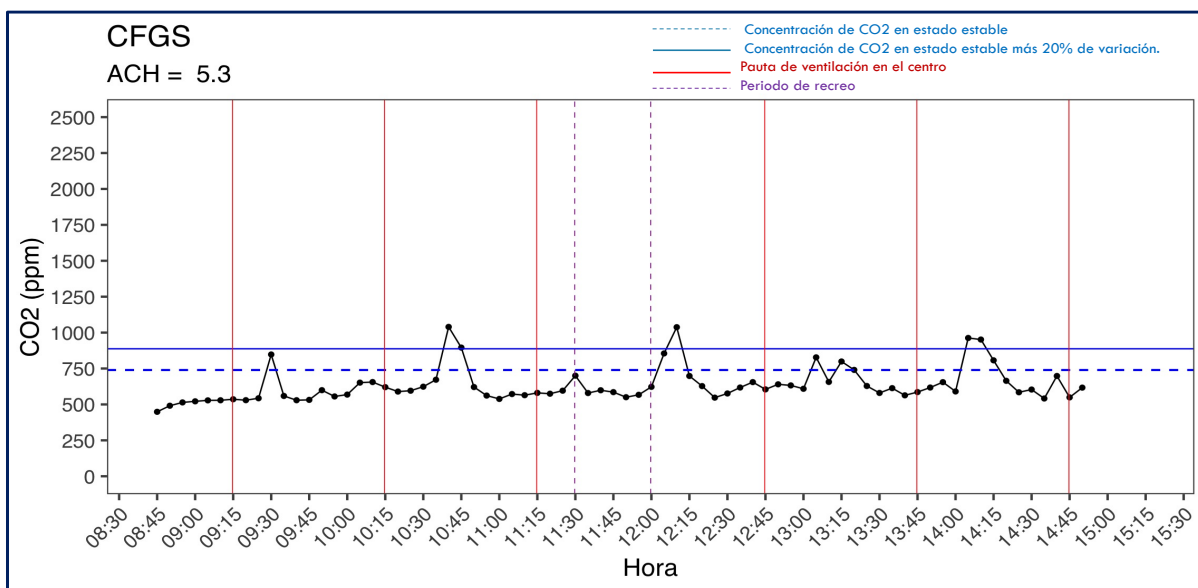
Gráfica 41: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en CFGM



Gráficas 42: Evolución CO₂ en la clase 1º CFGM.

En el CFGM de Informática es destacable que el 95 % del periodo escolar se mantiene valores de CO₂ bajos, y solo de forma puntual aparece algún valor elevado (Gráficas 41 y 42).

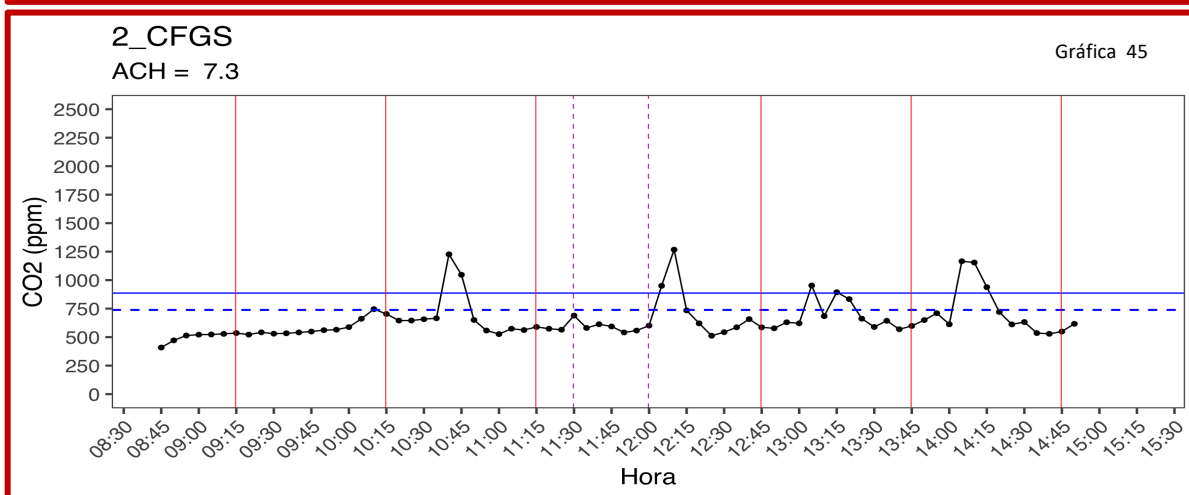
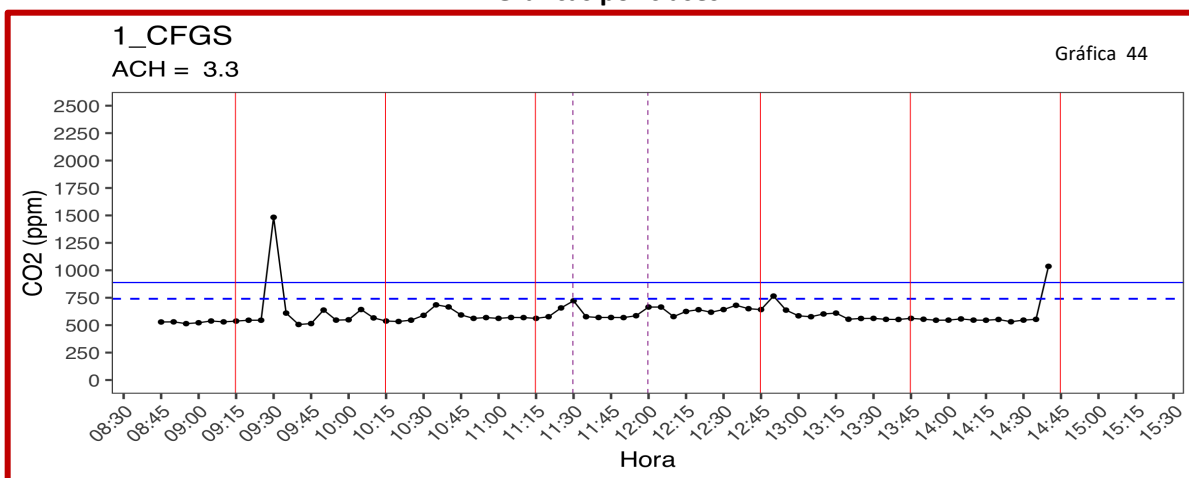
- Nivel CFGS



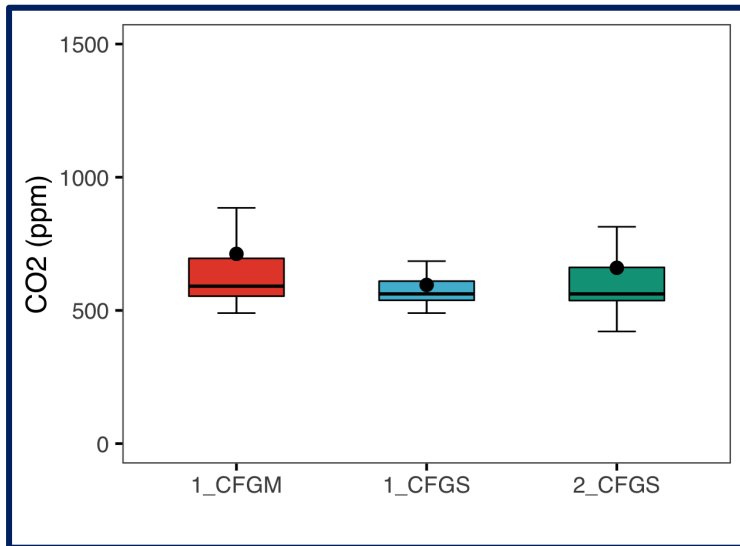
Gráfica 43: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada en CFGS

En las clases del Ciclo Formativo de Grado Superior de Asistencia a la Dirección, las concentraciones de CO₂ se han mantenido dentro de los valores objetivo prácticamente toda la jornada escolar (Gráfica 43).

Gráficas por clases



Gráficas 44 y 45: Evolución CO₂ en las clases de CFGS.



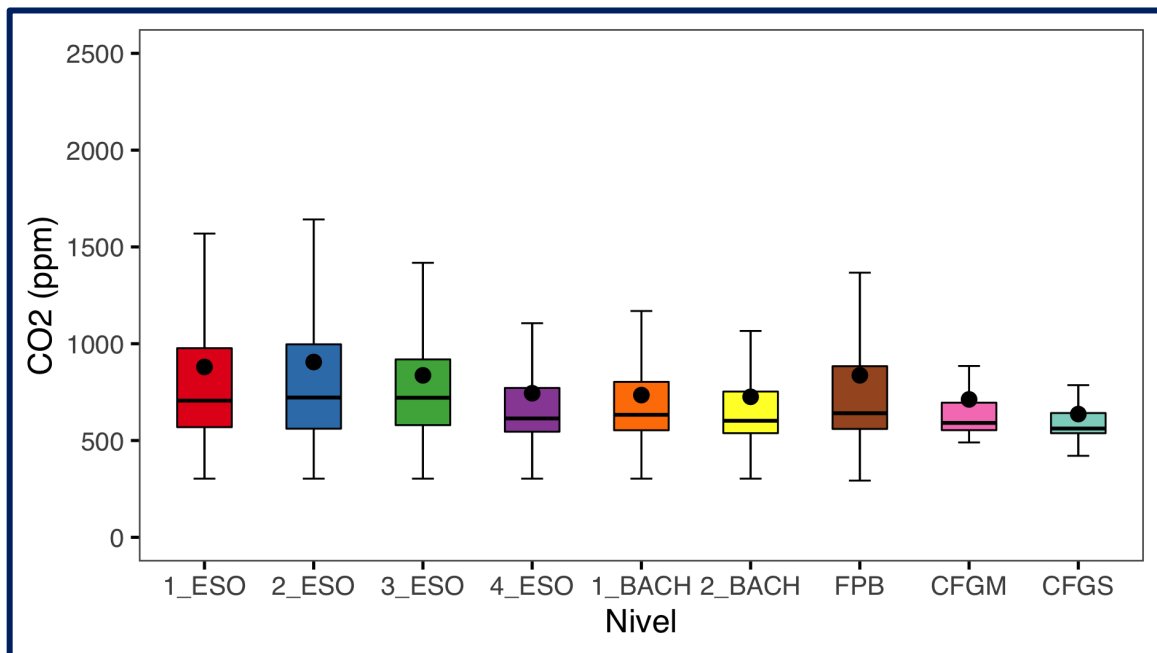
Clases	CO ₂	Grupos
1_CFGM	712.358	a
2_CFGS	659.970	ab
1_CFGS	595.701	b

Tabla 8: Análisis de la varianza CFGM y CFGS

Gráfica 46: Boxplot con valores medios de CO₂ en las clases CFGM y CFGS.

En el gráfico de distribución de valores y en el análisis de comparación de medias (Gráfica 46 y Tabla 8) podemos ver que el comportamiento, respecto a los niveles de CO₂, del segundo curso de CFGS es muy similar al 1º curso de CFGM. Sin embargo, la concentración de CO₂ alcanzada en 1º CFGS es significativamente inferior al 1º CFGM.

- Valores medios de CO₂ por nivel



Gráfica 47: Boxplot con valores medios de CO₂ en los diferentes niveles

Clase	CO ₂	Grupos
2_ESO	905.491	a
1_ESO	880.038	a
FPB	836.848	ab
3_ESO	836.625	ab
4_ESO	744.312	bc
1_BACH	734.640	bc
2_BACH	725.781	c
CFGM	712.358	c
CFGS	636.627	c

Tabla 8: Análisis de la varianza por niveles

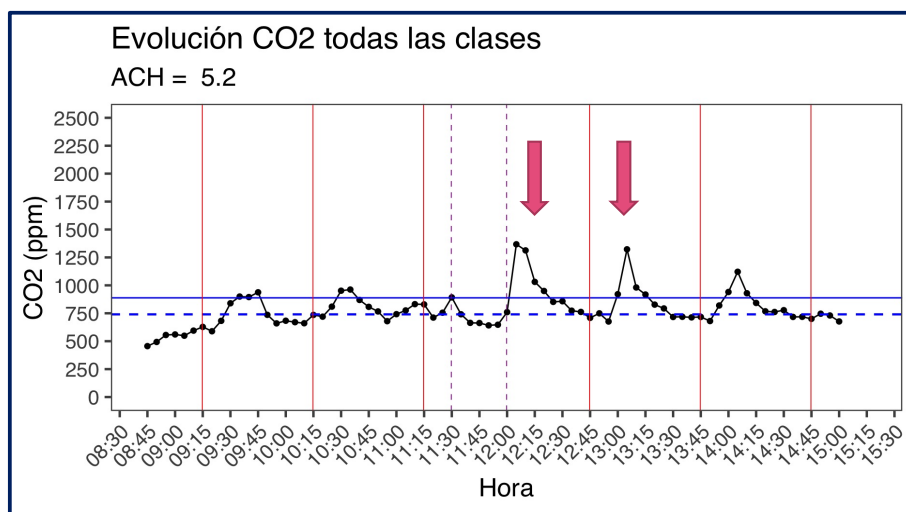
A partir de la Gráfica 47 y la Tabla 8, en donde se comparan los valores medios de CO₂ en cada uno de los niveles, podemos concluir que las mayores concentraciones de CO₂ se han producido en los niveles de 1º y 2º de ESO, manteniéndose muy próximos los niveles de FPB y 3º de ESO. Un tercer grupo lo forman 4º de ESO y 1º Bachillerato en donde la concentración de CO₂ fue menor, aunque solapando con el grupo anterior. Los niveles que presentaron valores significativamente inferiores fueron 2º Bachillerato, CFGM y CFGS. Se observa cómo la cantidad de CO₂ acumulada disminuye conforme aumentamos de nivel y aumenta la edad de los estudiantes.

VALORES MEDIOS DE ACH		
Nivel	ACH	Grupos
3_ESO	6.50513	a
2_ESO	6.47915	a
1_ESO	6.10935	b
CFGS	5.77077	c
4_ESO	5.67769	c
1_BACH	5.27792	d
2_BACH	4.64768	e
CFGM	4.51429	e
FPB	3.80270	f

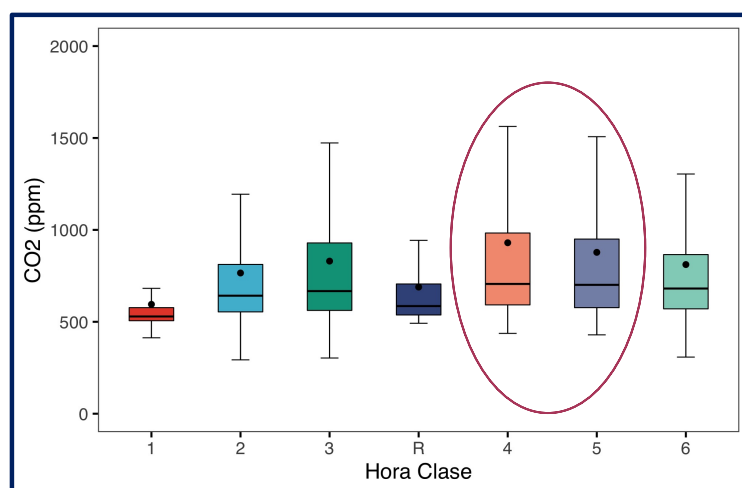
Tabla 9: Análisis de la varianza del ACH por niveles

Los valores medios de ACH objetivo por hora para cada una de las estancias son elevados como se puede ver en la Tabla 9, especialmente en los niveles de 1º, 2º y 3º ESO.

4.2.- VALORES MEDIOS DE CO₂ POR HORA DE CLASE.



Gráfica 48: Evolución CO₂ a lo largo de la jornada todas las clases del centro.



Gráfica 49: Boxplot con valores medios de CO₂ en las diferentes horas de clase

Hora_clase	CO ₂	Grupos
4	930.012	a
5	877.941	ab
3	830.161	bc
6	811.411	bc
2	765.516	cd
R	689.132	d
1	595.058	e

Tabla 10: Análisis de la varianza por hora de clase

En el estudio de la concentración de CO₂ en cada hora de clase es evidente como la cuarta y quinta hora son las que presentan mayor riesgo de acumular aerosoles que pueden transmitir el virus de Covid 19. Tercera y sexta hora presentan valores solapantes con la quinta hora, y también acumula CO₂ pero en niveles inferiores a la cuarta hora. Estas observaciones son corroboradas en la Gráfica 48 de evolución en el tiempo, en la Gráfica 49 de cajas y bigotes (Boxplot) y en el análisis de la comparación de las medias de CO₂ (Tabla 10) obtenidas en cada hora de clase.