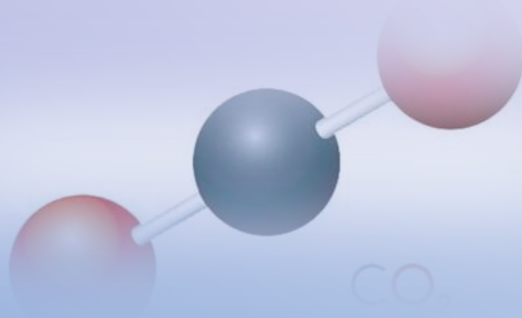


ESTUDIO DEL CO₂ EN EL IES FIDIANA

CURSO 2020-2021

- Profesora: **Elena León Rodríguez**
- Alumnado de **INVESTIGACIÓN AVANZADA**
 - **Ernesto Castillejo López**
 - **Lucía Yanda Expósito Cazorla**
 - **Antonieta Victoria Rodríguez Ríos**
 - **Gloría Sánchez Fernández**
 - **Paula Torres Hermán**



PREMISAS DE PARTIDA

- El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se origina en los procesos de combustión de sustancias que contienen carbono. Cuando una estancia está ocupada, **las concentraciones de CO₂ en el interior son más elevadas que en el exterior por el CO₂ exhalado por los ocupantes.**
- Generalmente en ambientes interiores, las **partículas en suspensión (aerosoles), pueden contener el virus y acumularlo en su interior.** La exposición a este aire puede provocar en infecciones. Así pues, para reducir esta posibilidad de contagio es conveniente reducir la emisión de aerosoles y la exposición a los mismos.
- Partimos de la base que **el riesgo de contagio cero no existe** y que siempre dependerá de la incidencia de los casos en nuestra ciudad, así como del riesgo que se quiera asumir y del rigor mostrado de manera individual en el uso de las mascarillas, el mantenimiento de la distancia de seguridad y de las medidas de higiene.

¿QUÉ PARÁMETROS DEBEMOS CONOCER?

- EL ACH
- LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 EN ESTADO ESTABLE

¿QUÉ ES EL ACH?

- **La ventilación se refiere a la renovación de aire, es decir, sustitución del aire interior, potencialmente contaminado, con aire exterior, libre de virus.** La utilización de un ventilador en un ambiente interior cerrado no equivale a ventilar en el sentido de renovación de aire.
- La frecuencia con la que dicha renovación de aire ha de realizarse se denomina **ACH (Air Changes per Hour; renovaciones de aire por hora)**. Este valor se calcula aplicando la siguiente fórmula:

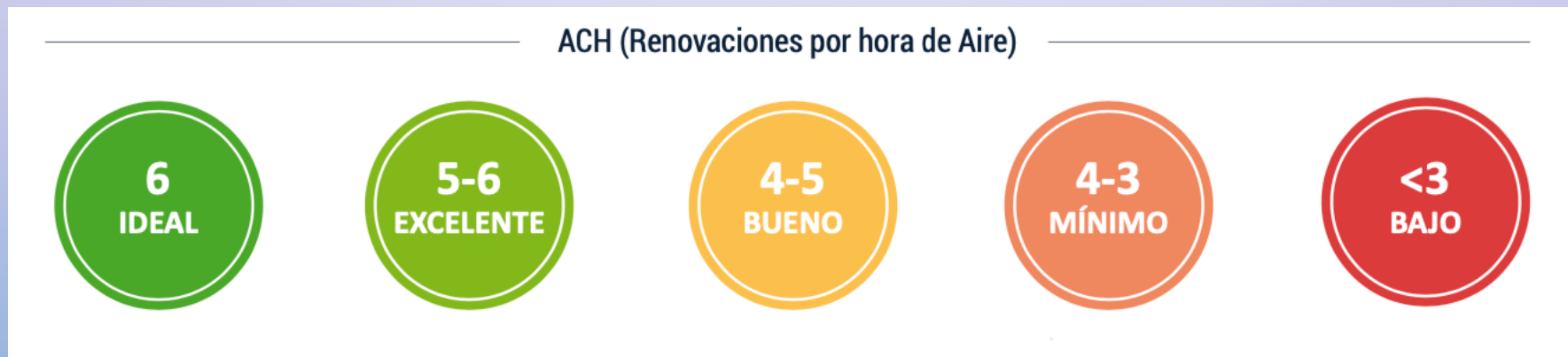
$$\text{ACH} = \text{litros por persona y segundo} * \text{número personas} * 3600 \text{ segundos/hora} * 0.001 \text{ m}^3/\text{litro} / \text{volumen sala en m}^3$$

En esta fórmula se supone que un valor de 14 litros por persona y segundo es adecuado para reducir la posibilidad de contagio.

- *Si un espacio tiene 1 ACH (1 renovación de aire por hora) significa que en una hora entra en la sala un volumen de aire exterior igual al volumen de la sala, y, debido a la mezcla continua del aire, esto resulta en que el 63% del aire interior ha sido reemplazado por aire exterior. Con 2 renovaciones se reemplaza el 86% y con 3 renovaciones el 95%.*

¿QUÉ ES EL ACH?

- La ventilación necesaria para reducir el riesgo de contagio depende de :
 - **Volumen de la sala**
 - **Número y la edad de los ocupantes**
 - **La actividad realizada**
- **Es por ello que su valor será diferente en cada aula y estará determinado por las condiciones específicas que se han dado en cada clase durante el curso 20-21.**
- La guía de Harvard recomienda 5-6 renovaciones de aire por hora para aulas de 100 m², con 25 estudiantes de 5-8 años, y establece esta clasificación:



¿QUÉ ES LA CONCENTRACIÓN DE CO₂ EN ESTADO ESTABLE?

- Se trata de determinar la concentración de CO₂ objetivo con el aula ocupada. Depende las **dimensiones del aula y su ocupación**, y se ha de **fixar el objetivo de renovación de aire**. Con ello, se calcula la concentración de CO₂ en el aula para condiciones estables.

$$C_{\text{estado estable}} = \frac{\text{Generación de CO}_2 + \text{Caudal aire exterior objetivo} * C_{\text{exterior CO}_2} * 1 * 10^{-6}}{\text{Caudal aire exterior objetivo} * 1 * 10^{-6}}$$

- Conociendo esta concentración podemos comparar las medidas tomadas en el aula y determinar si la ventilación de dichas aulas es adecuada.
 - Si la concentración de CO₂ , una vez es relativamente constante, **es similar a la concentración en el estado estable**, sabríamos que **estamos cumpliendo el objetivo de ventilación establecido**.
 - Si la concentración de CO₂ **es superior a concentración en estado estable**, **no se alcanza el objetivo de renovación de aire y habría que revisar la ventilación**.
 - Dadas las variaciones de concentraciones a lo largo del día, es **razonable asumir un 20% de desviación del valor objetivo** antes de tomar medidas drásticas.

CONDICIONES EXPERIMENTALES

- El estudio ha durado un periodo de 3 meses (del 22 de febrero al 16 de abril de 2021)
- Los datos se han tomado en cada estancia ininterrumpidamente desde las 8:35 hasta las 15:00 horas, con un intervalo de 5 minutos entre cada medida. Lo que ha supuesto un total de 6705 mediciones de CO₂.
- Se ha utilizado un medidor de CO₂ **digital de interior y al aire libre con capacidad para medir CO/HCHO/TVOC y de CO₂.**
- Las variables estudiadas han sido:
 - **Número de personas.**
 - **Volumen de la estancia.**
 - **Superficie de entrada de aire que tenían las ventanas abiertas.**
 - **Superficie de salida de aire de las puertas abiertas.**
 - **Número de ordenadores en el interior del aula.**
 - **Planta del instituto en la que estaba ubicada la estancia.**
 - **Actividad realizada (tipo de asignatura o trabajo propio de la función que se ejerce).**
 - **Hora de clase.**
 - **El nivel o tipo de enseñanza.**

CONDICIONES EXPERIMENTALES

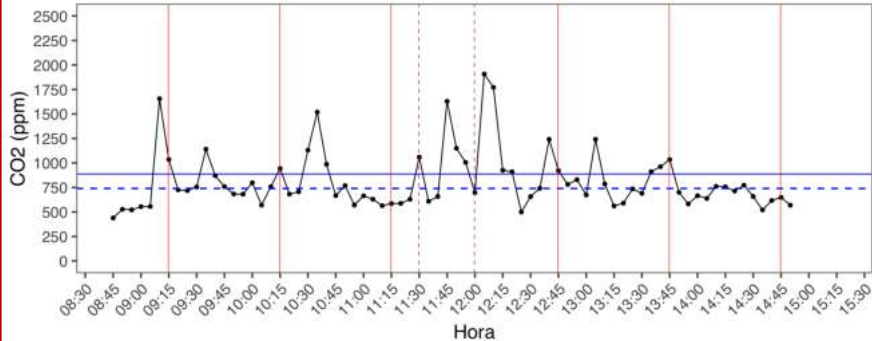
- Estos datos fueron tratados estadísticamente mediante el software R, versión 3.6.1 con la interfaz Rstudio Versión 1.4.1717.
- Se han realizado con el programa R :
 - **Representaciones de la variación de los valores medio de CO₂ a lo largo de la jornada escolar**
 - **Gráficos boxplots.**
 - **Análisis de la varianza y la comparación de medias mediante el estadístico tukey, que nos permite detectar diferencias significativas entre agrupamientos.**
 - **Análisis de Componentes Principales PCA.**



**EVOLUCIÓN DEL CO₂ A LO LARGO DE
LA JORNADA ESCOLAR EN LAS
DIFERENTES ESTANCIAS DEL CENTRO**

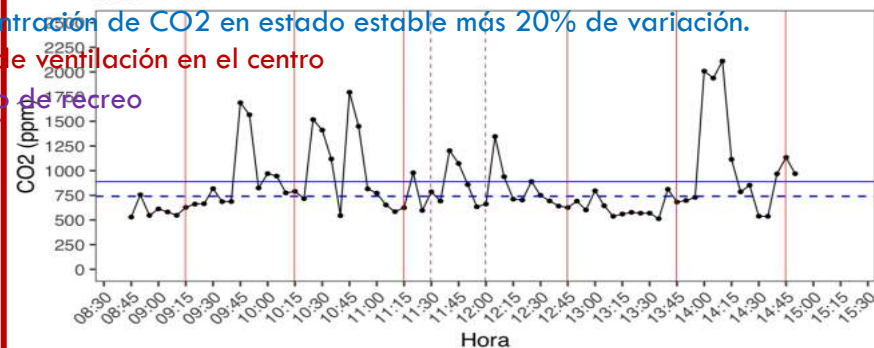
1_ESO_A

ACH = 5.7

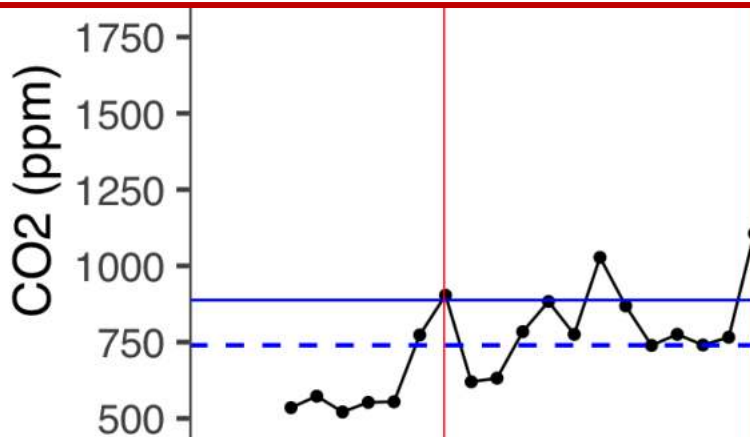


1_ESO_B

ACH = 4.9

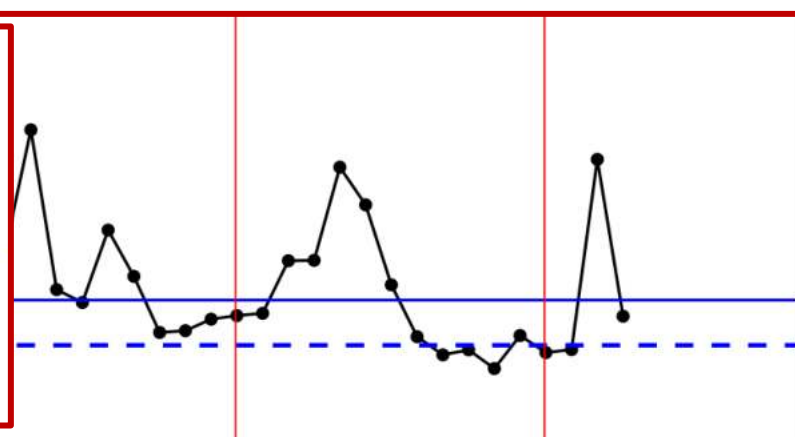
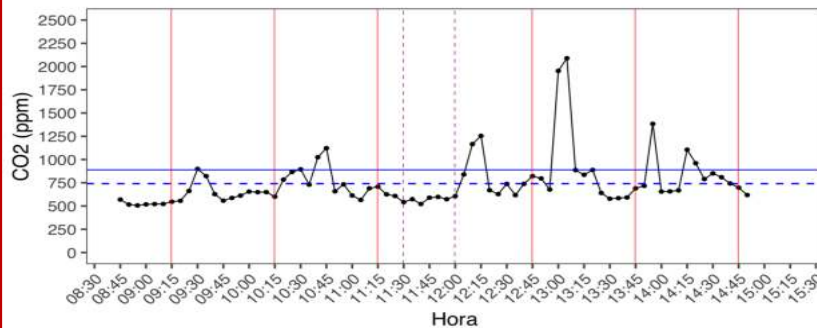


- Concentración de CO₂ en estado estable
- Concentración de CO₂ en estado estable más 20% de variación.
- Pauta de ventilación en el centro
- Periodo de recreo



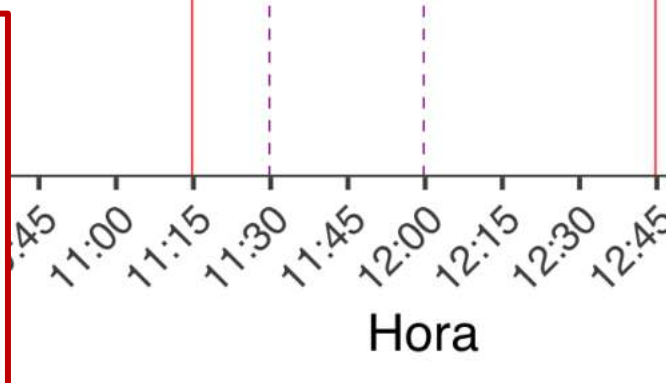
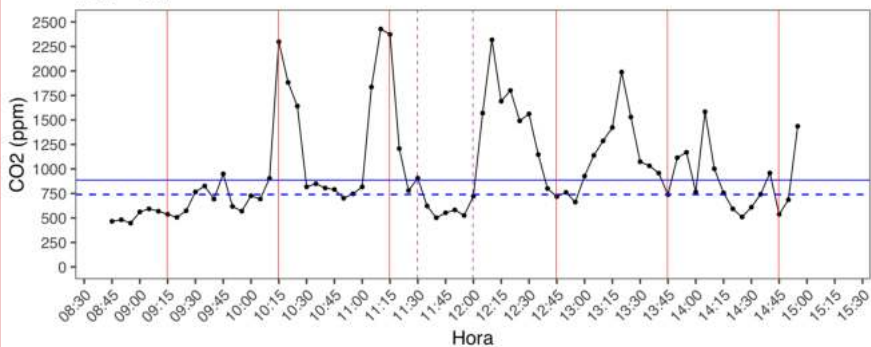
1_ESO_C

ACH = 4.5



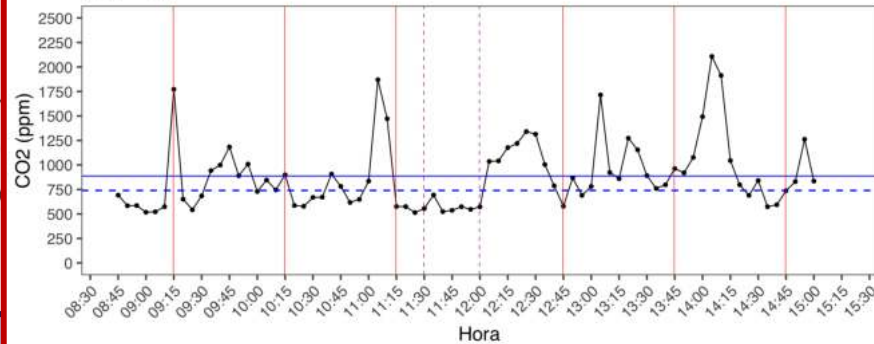
1_ESO_D

ACH = 6.4

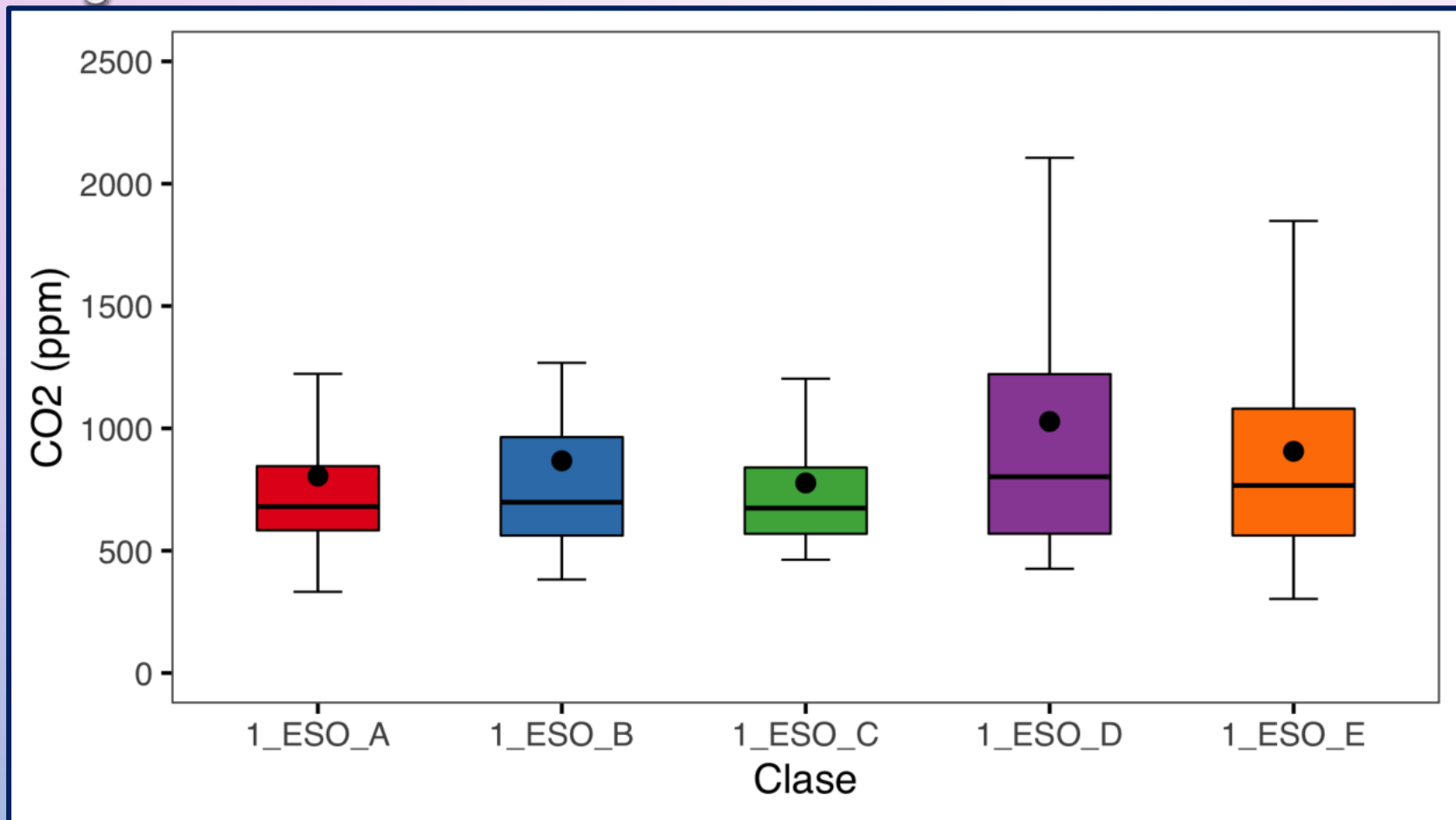


1_ESO_E

ACH = 5.9



Gráficas por clases

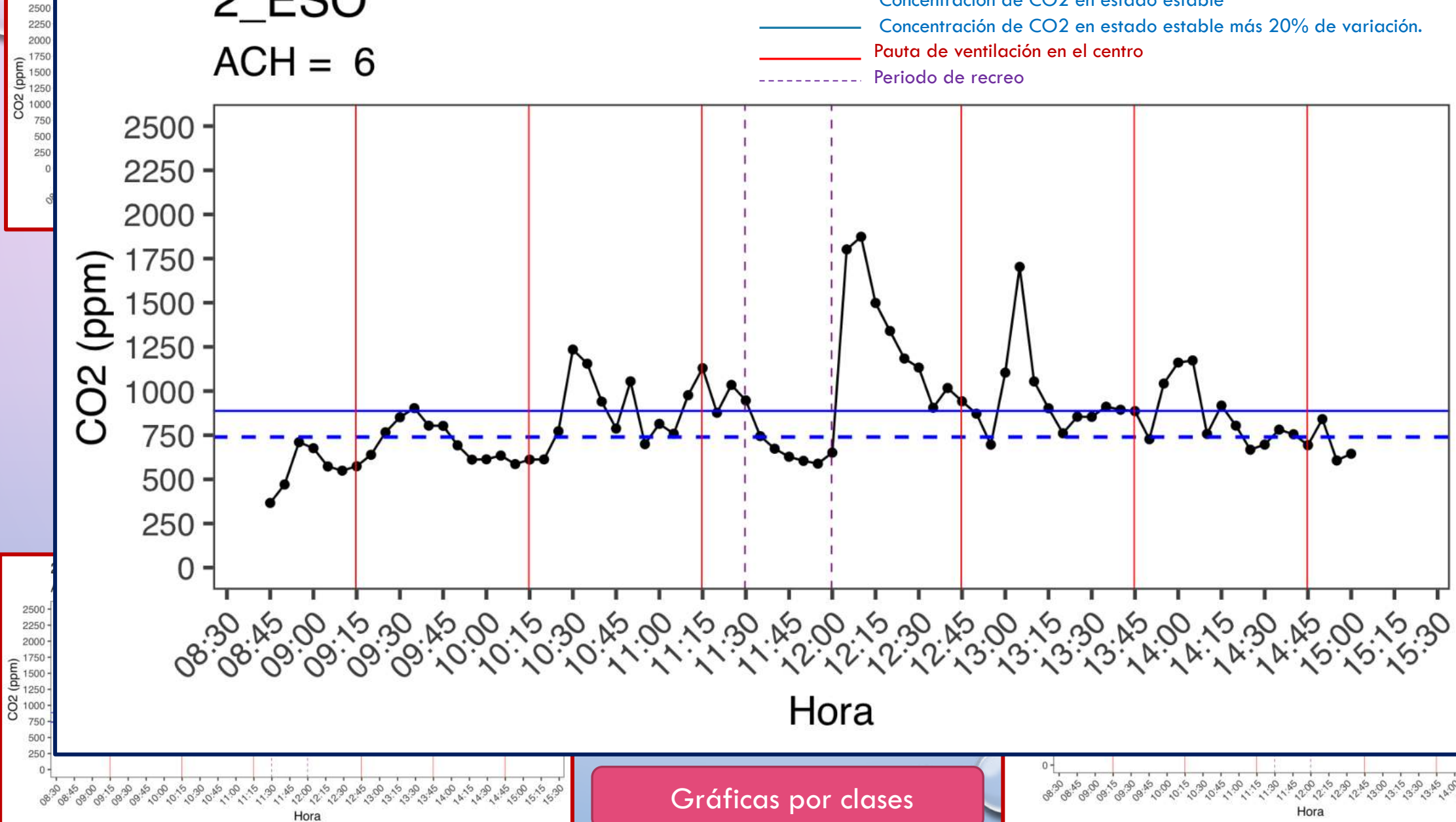


Clase	CO ₂	Grupos
1_ESO_D	1027.993	a
1_ESO_E	906.164	ab
1_ESO_B	867.400	ab
1_ESO_A	805.008	b
1_ESO_C	776.776	b

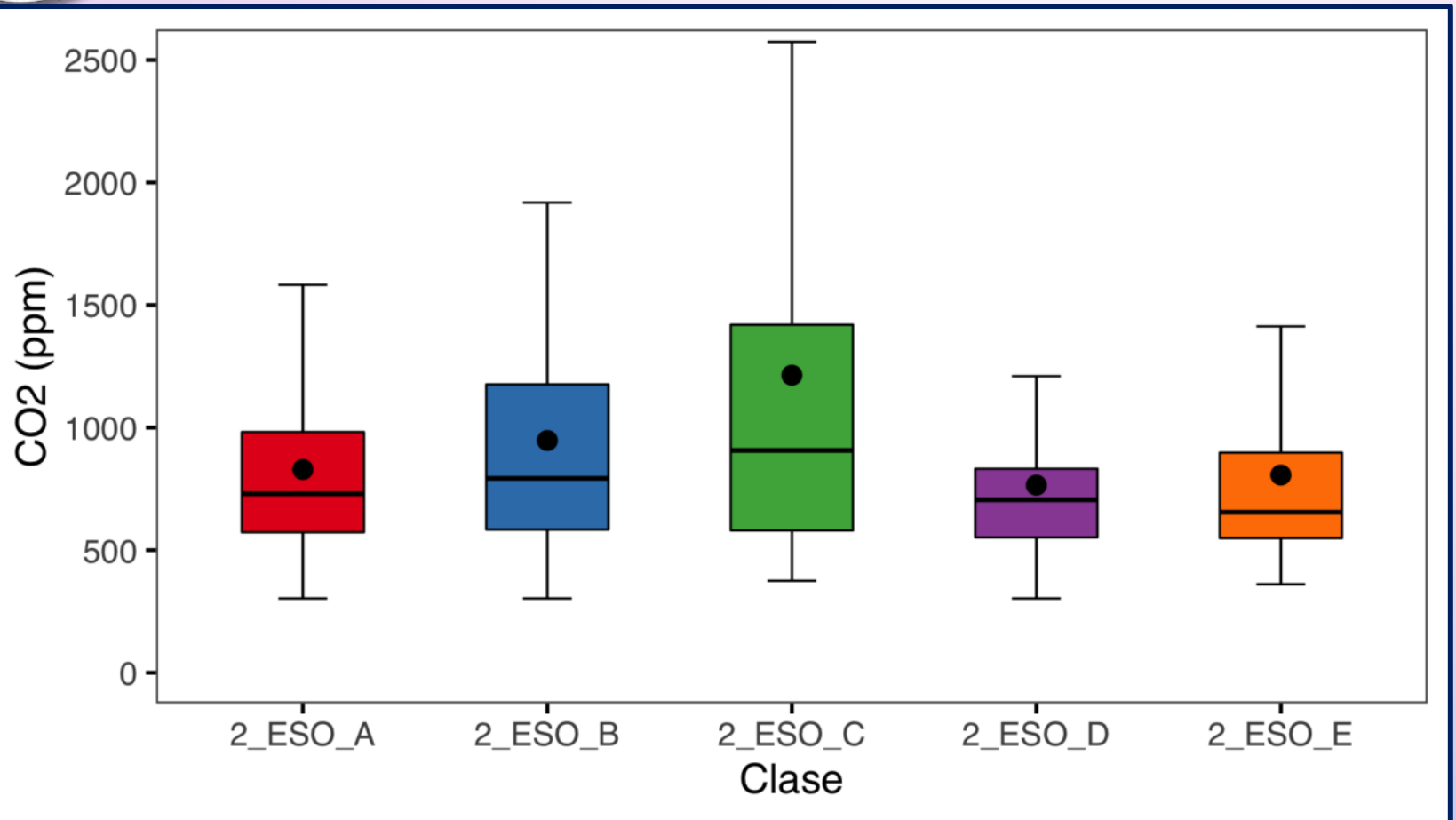
2_ESO

ACH = 6

- Concentración de CO2 en estado estable
- Concentración de CO2 en estado estable más 20% de variación.
- Pauta de ventilación en el centro
- Periodo de recreo



Gráficas por clases

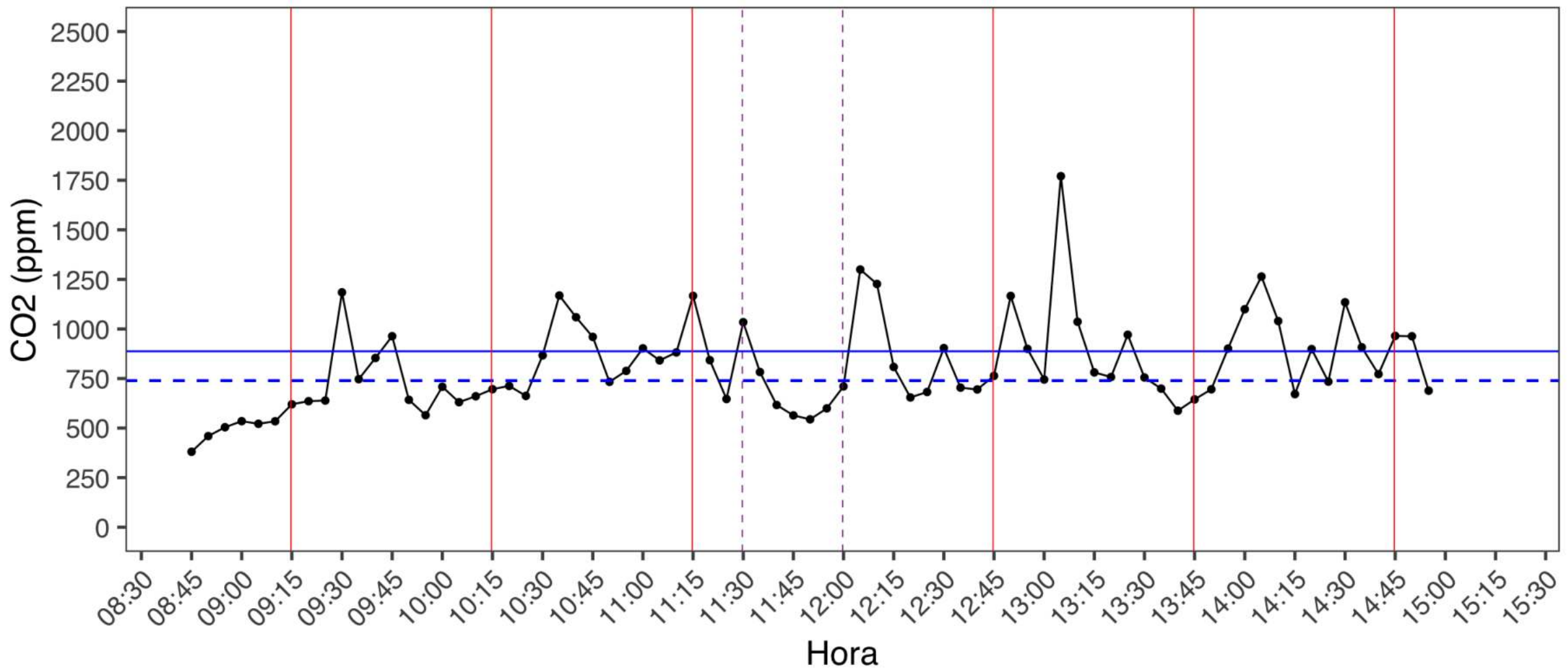


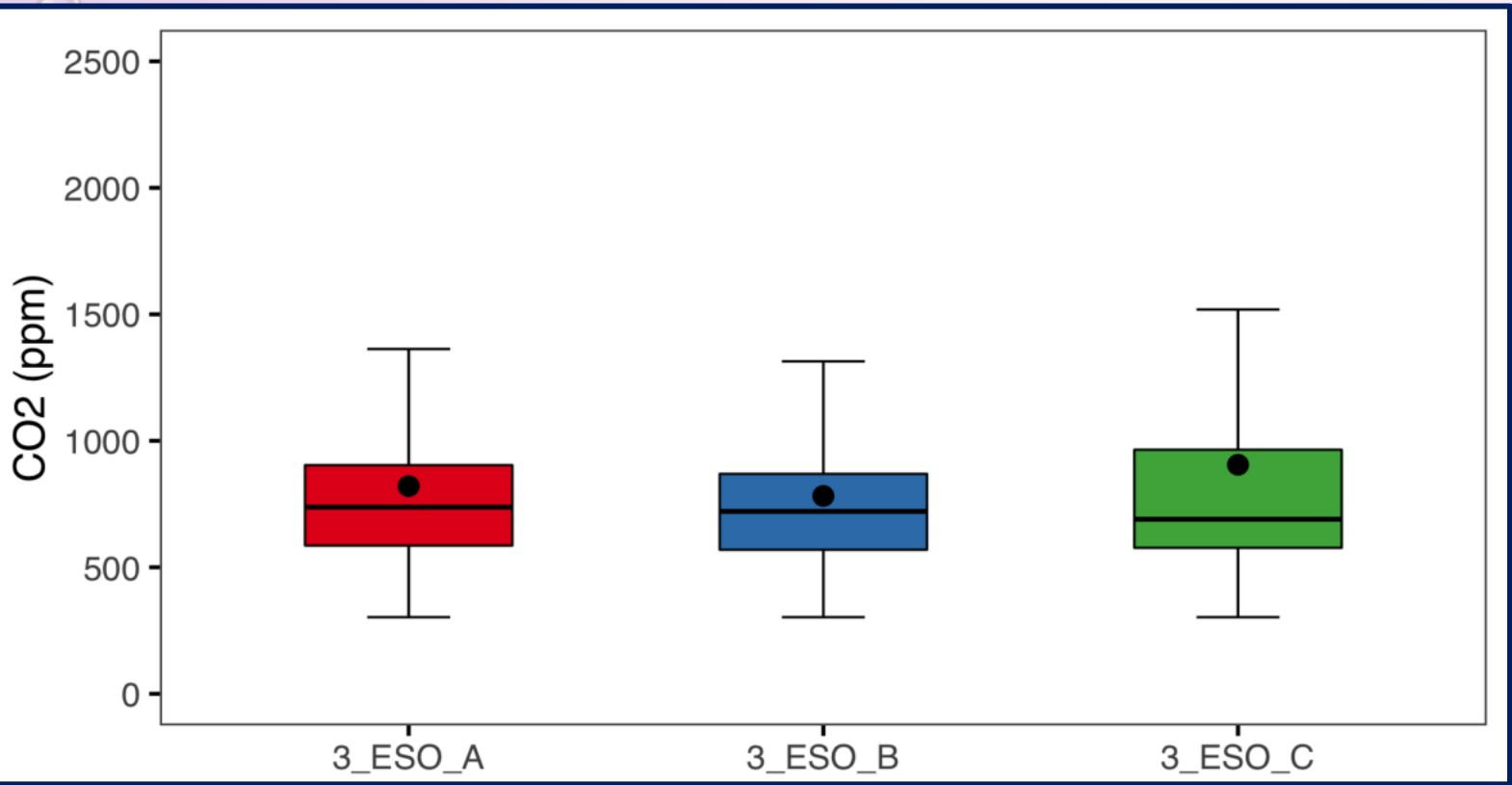
Clase	CO ₂	Grupos
2_ESO_C	1213.790	a
2_ESO_B	947.505	b
2_ESO_A	829.302	b
2_ESO_E	806.706	b
2_ESO_D	765.308	b

3_ESO

ACH = 6.1

- Concentración de CO2 en estado estable
- Concentración de CO2 en estado estable más 20% de variación.
- Pauta de ventilación en el centro
- Periodo de recreo

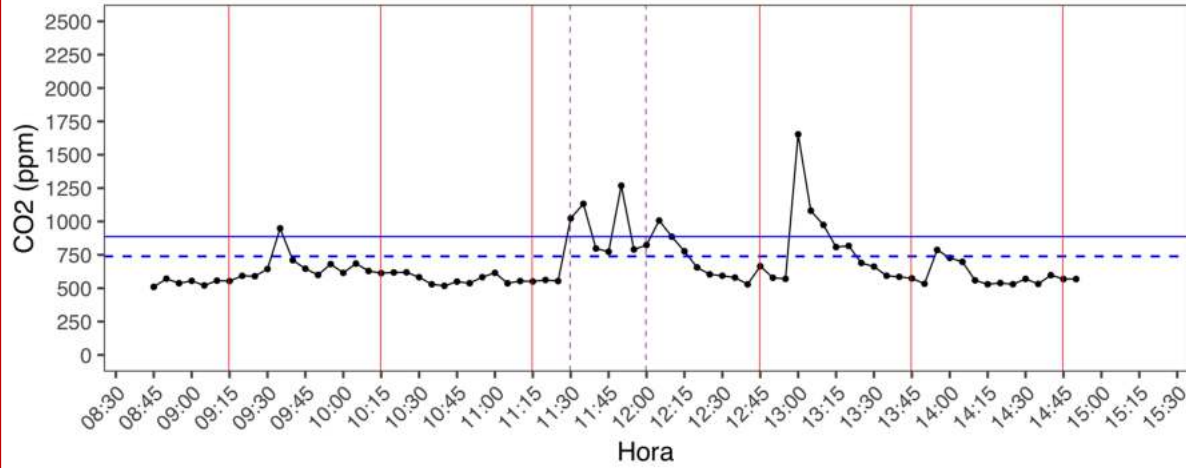




Clase	CO ₂	Grupos
3_ESO_C	905.314	a
3_ESO_A	820.992	ab
3_ESO_B	782.089	b

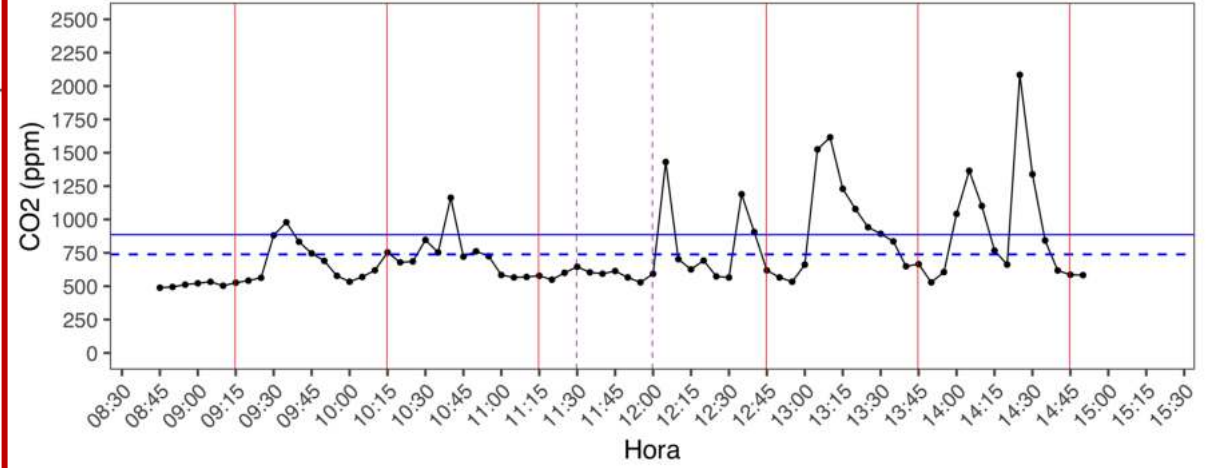
4_ESO_A

ACH = 2.4



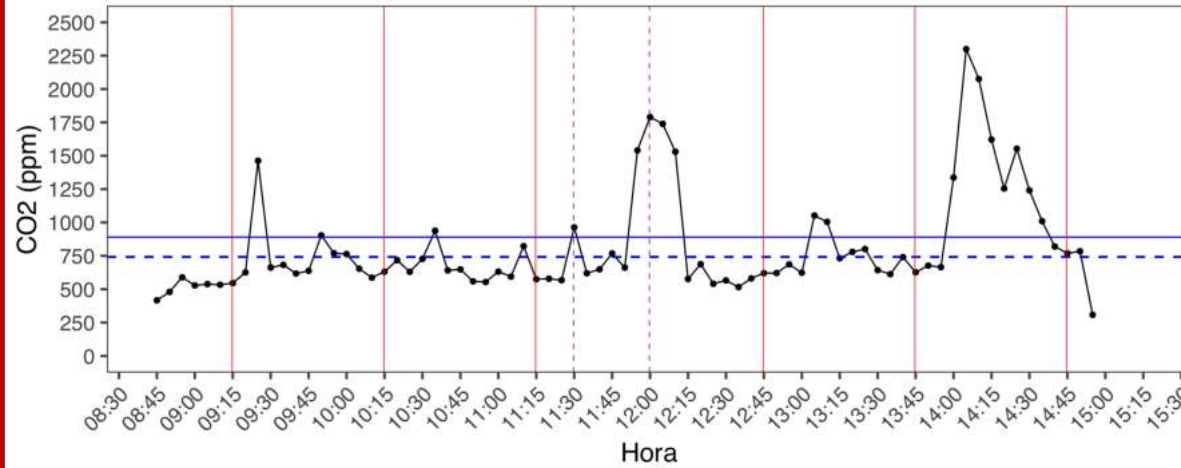
4_ESO_B

ACH = 6.2

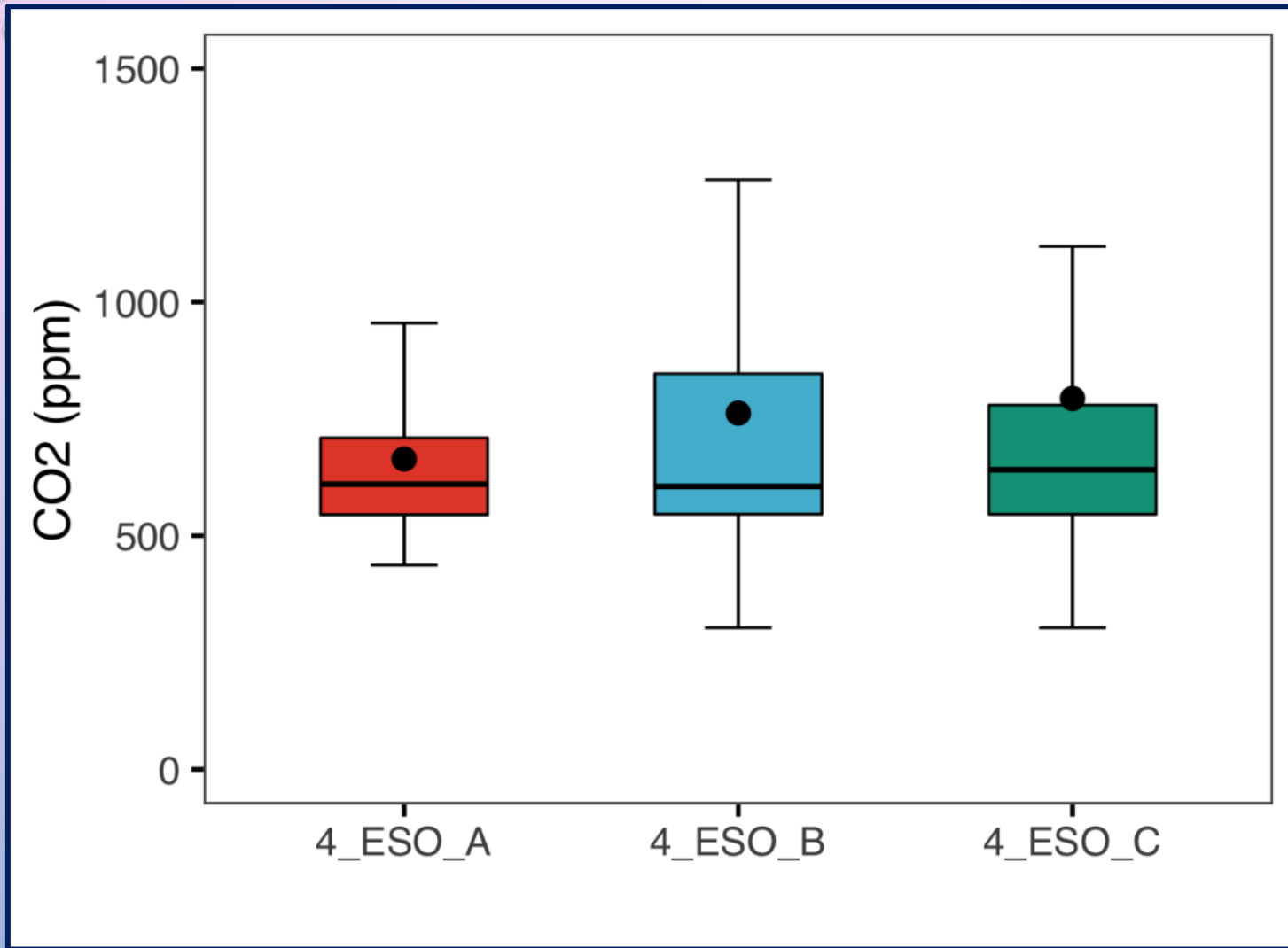


4_ESO_C

ACH = 6.2



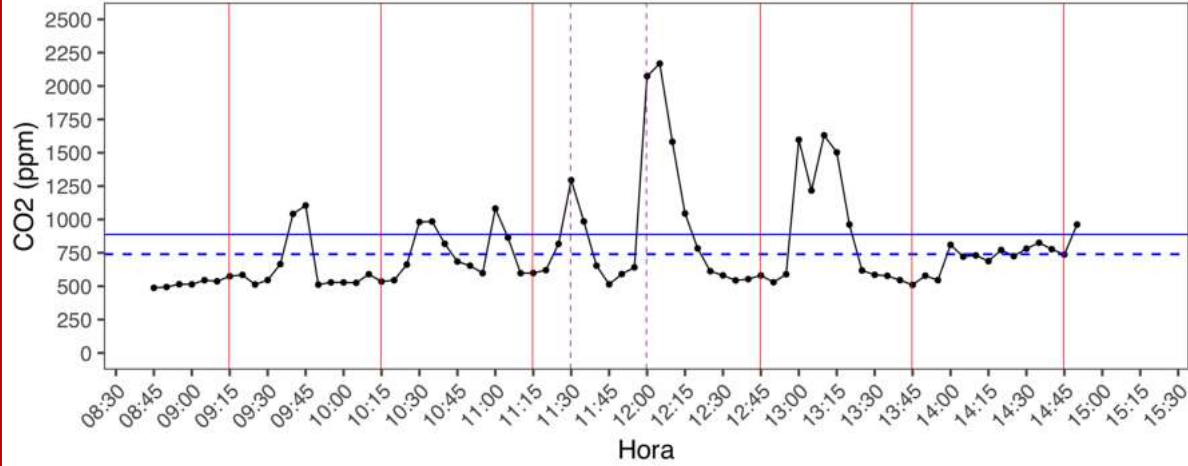
Gráficas por clases



Clase	CO ₂	Grupos
4_ESO_C	793.780	a
4_ESO_B	762.280	ab
4_ESO_A	664.117	b

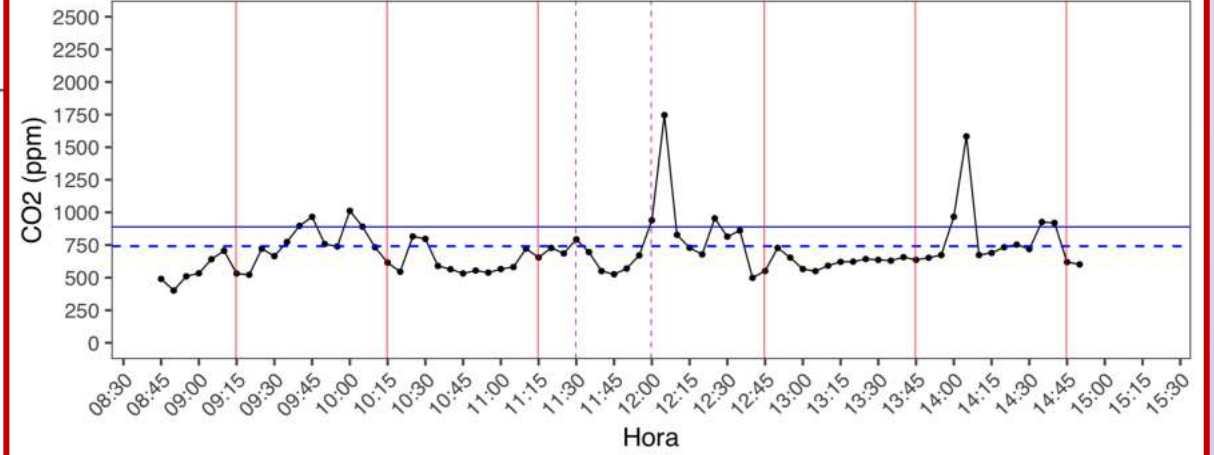
1_BACH_A

ACH = 4.5



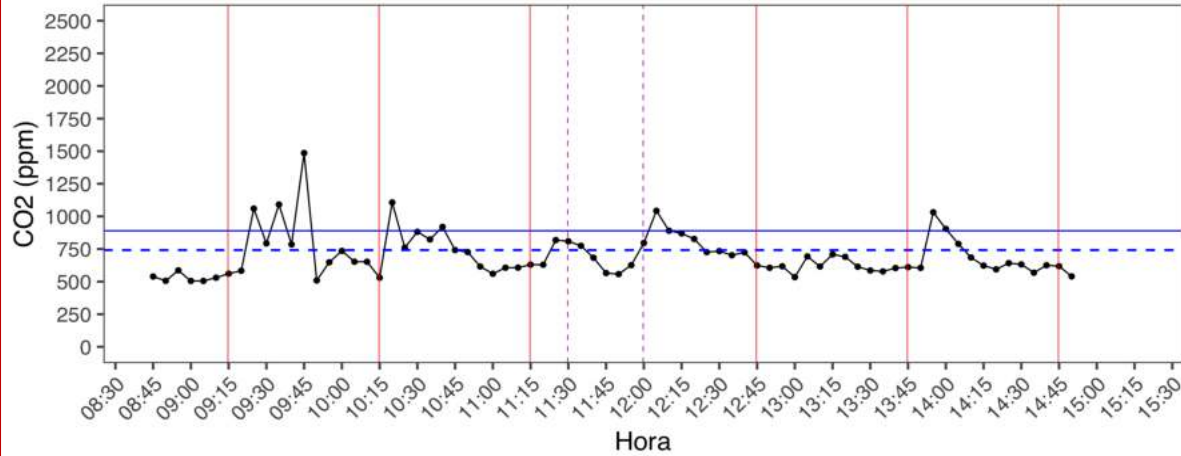
1_BACH_B

ACH = 4.4



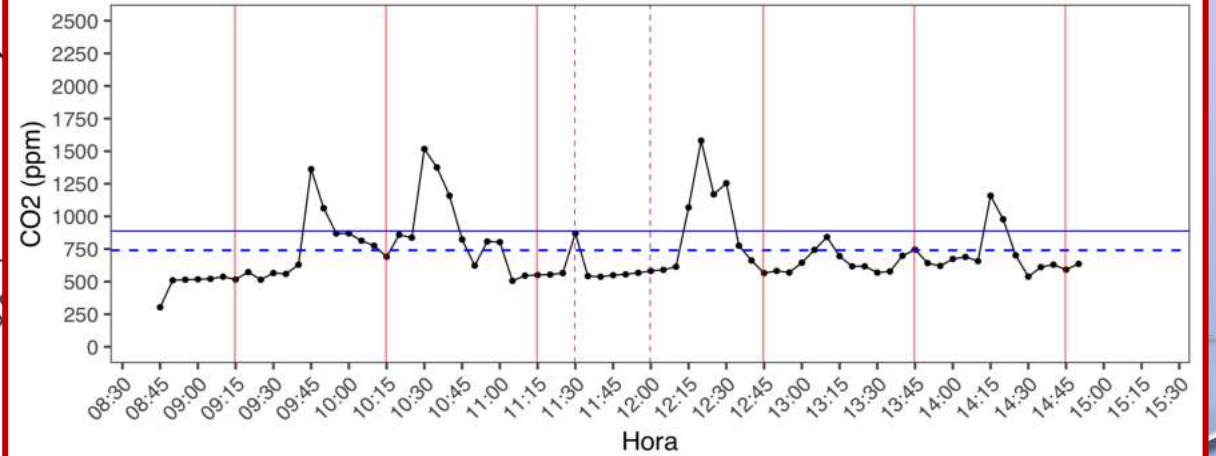
1_BACH_C

ACH = 4.6

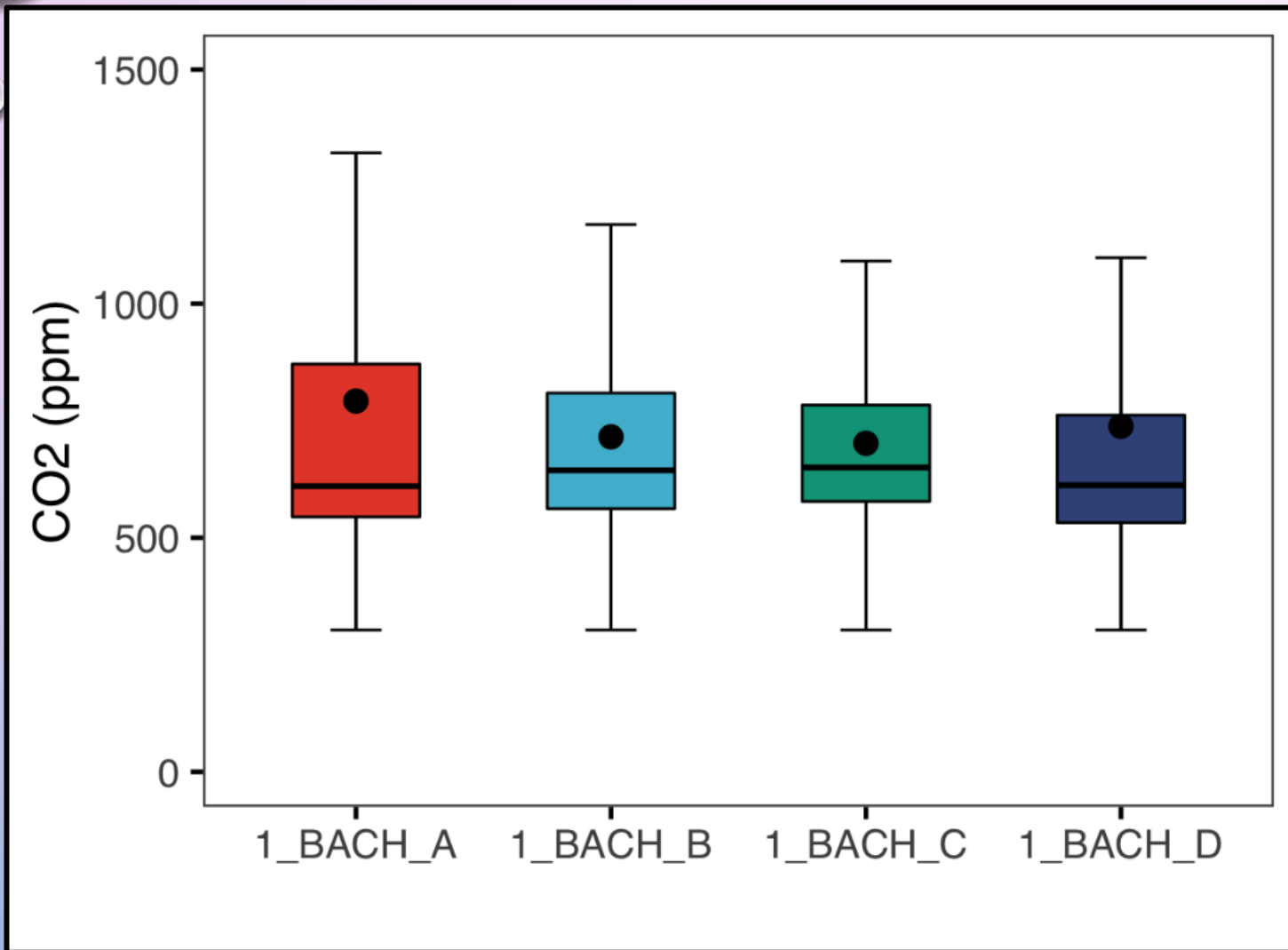


1_BACH_D

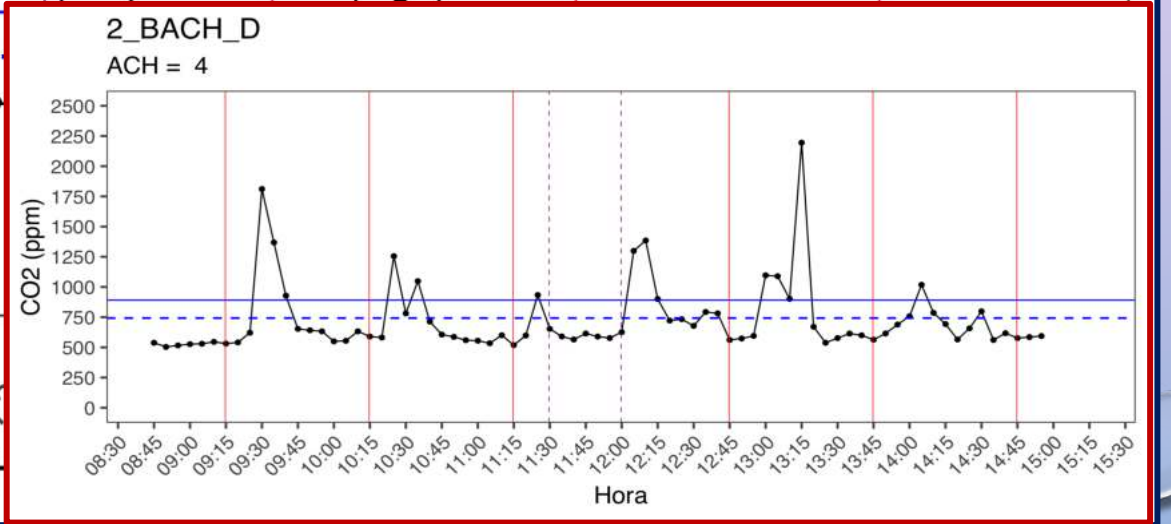
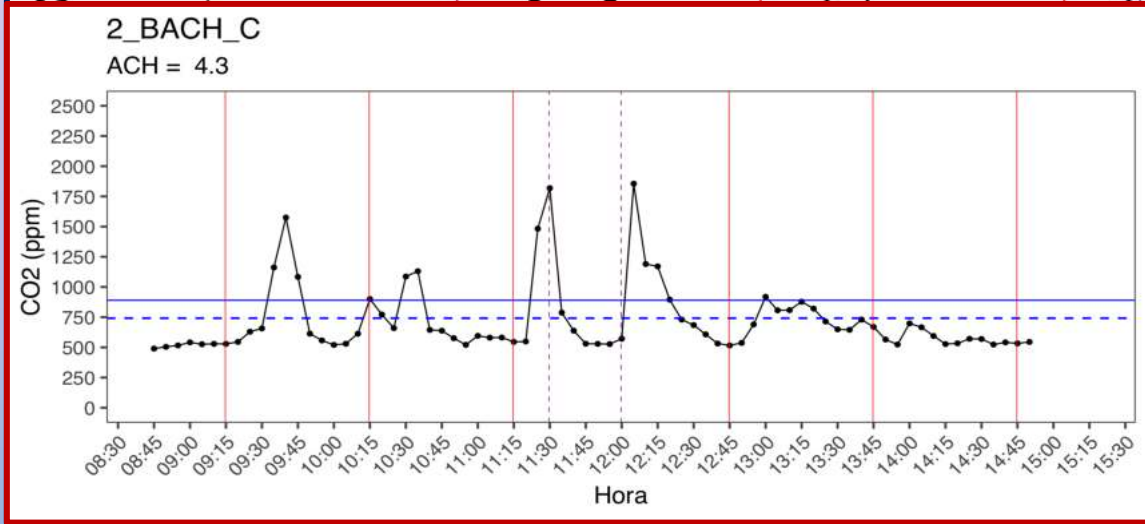
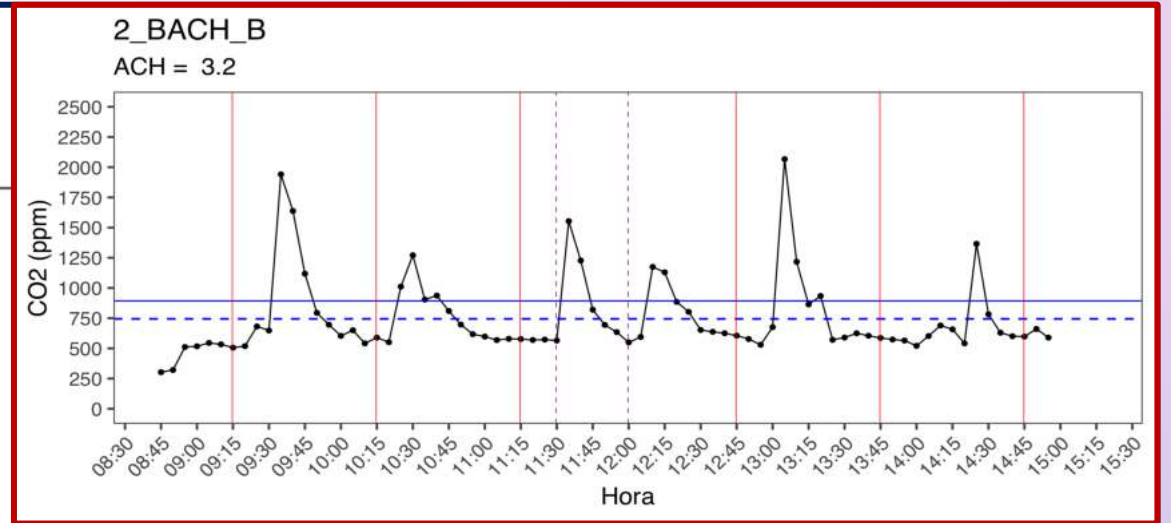
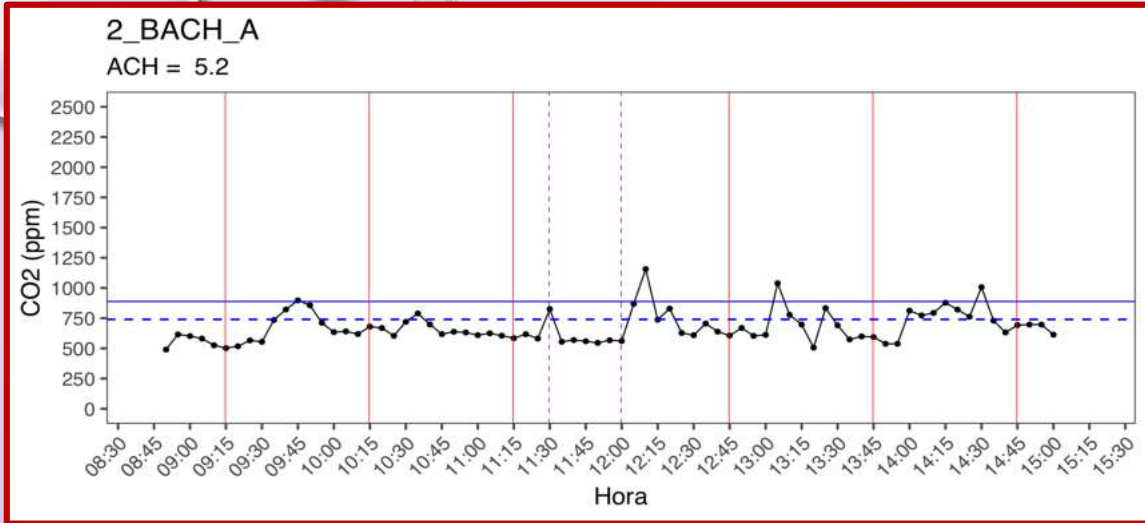
ACH = 5.7



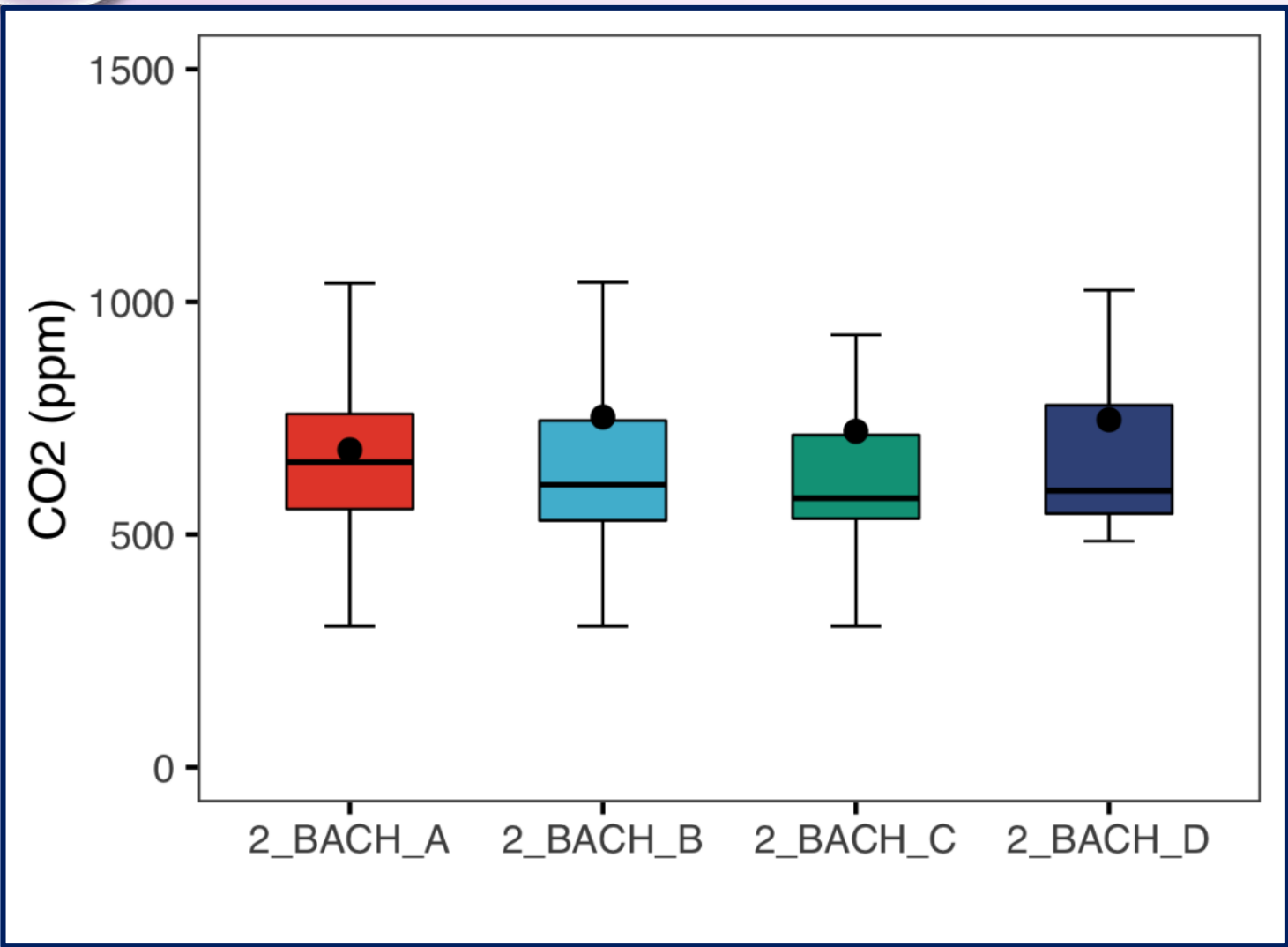
Gráficas por clases



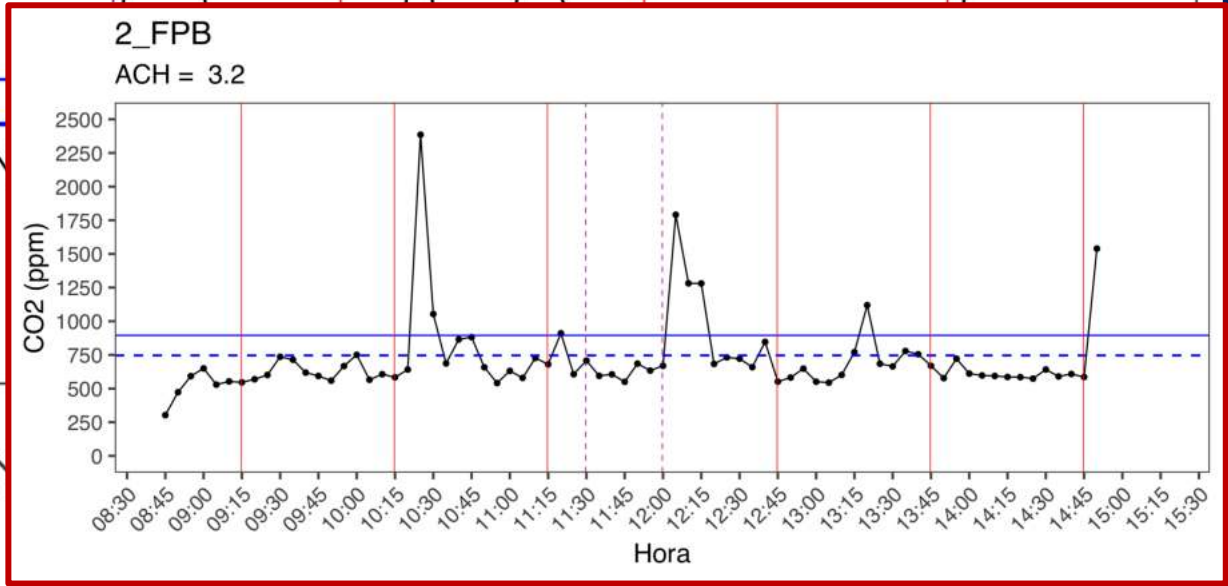
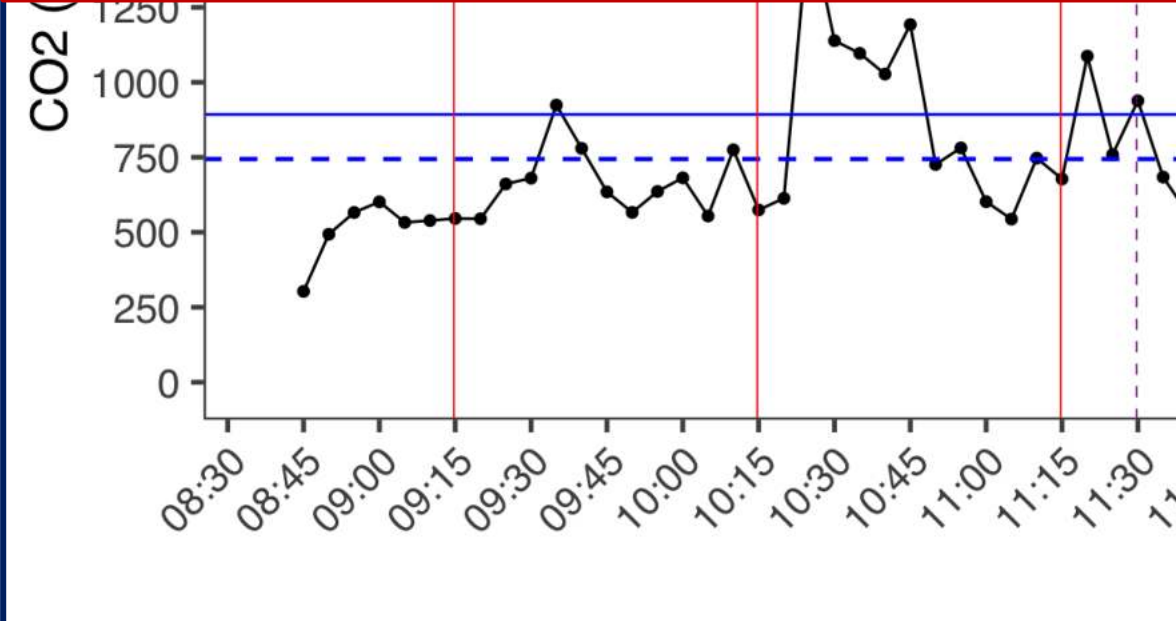
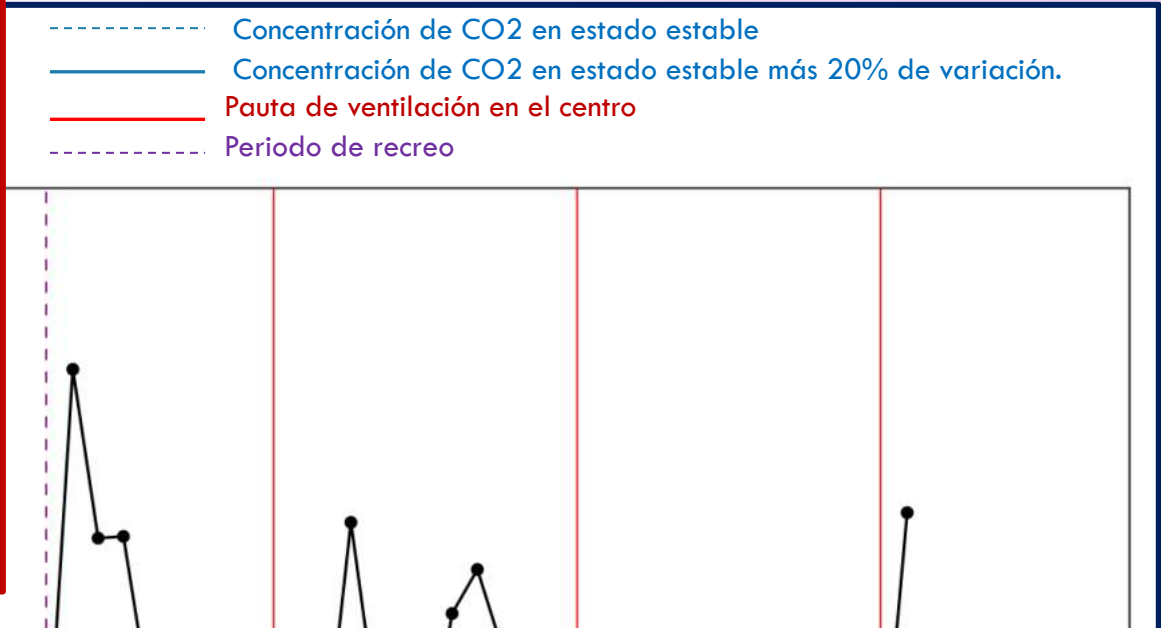
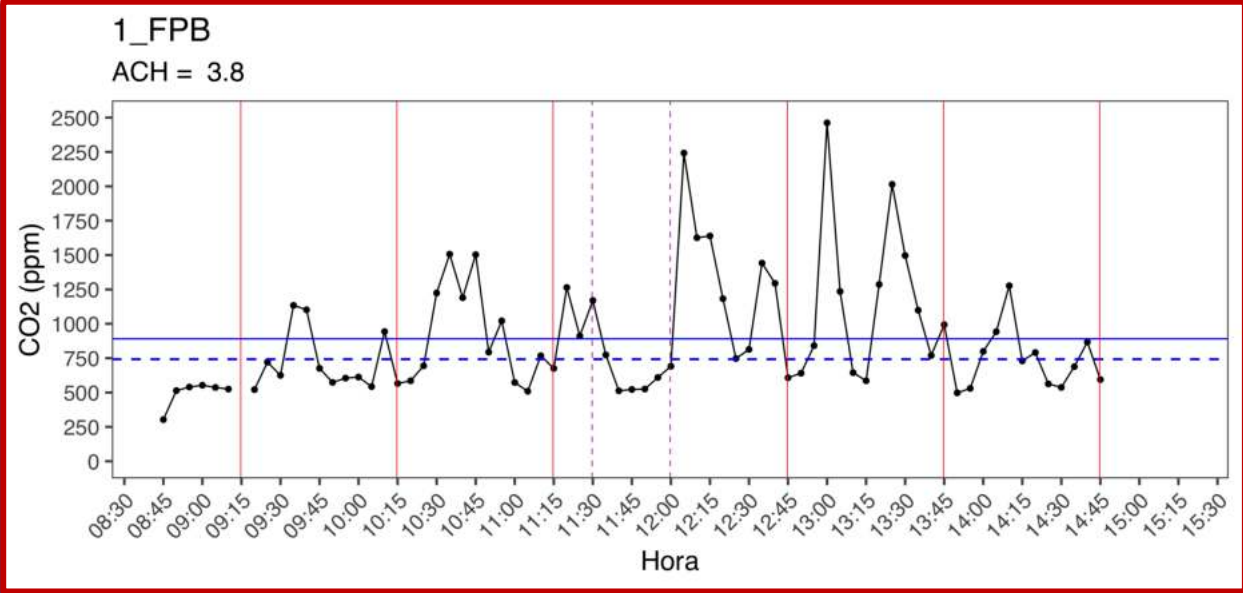
Clase	CO ₂	Grupos
1_BACH_A	791.973	a
1_BACH_D	738.175	a
1_BACH_B	715.459	a
1_BACH_C	701.732	a



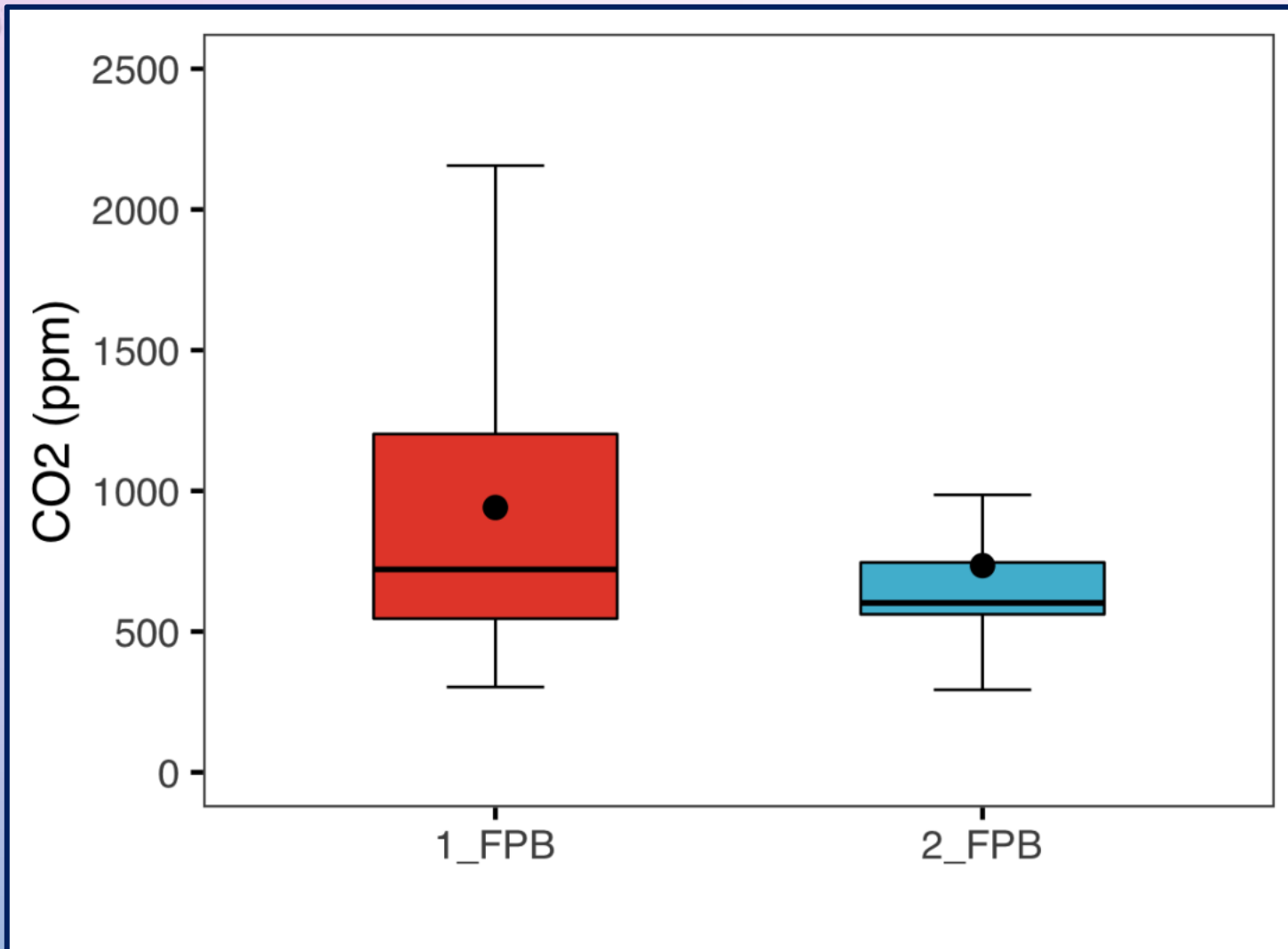
Gráficas por clases



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



Gráficas por clases



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

CFGM

ACH = 2.1

1_CGFM

ACH = 2.1

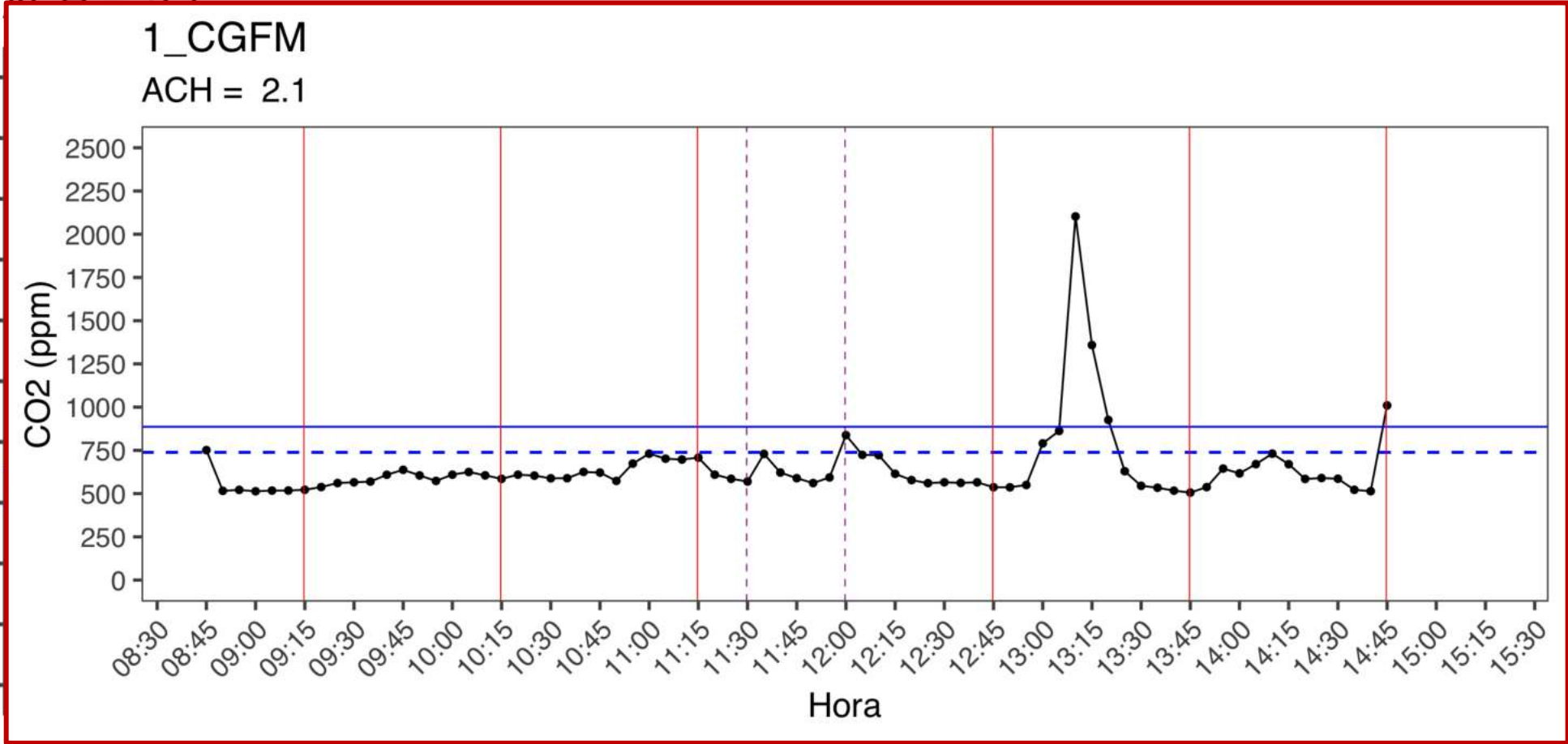
CO2 (ppm)

CO2 (ppm)

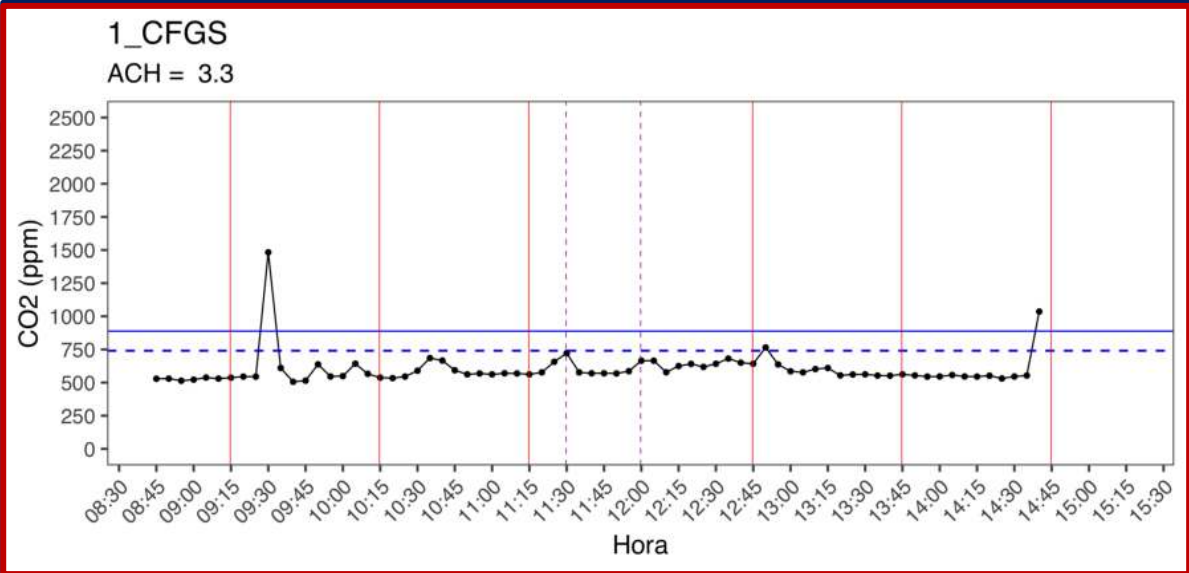
Hora

Hora

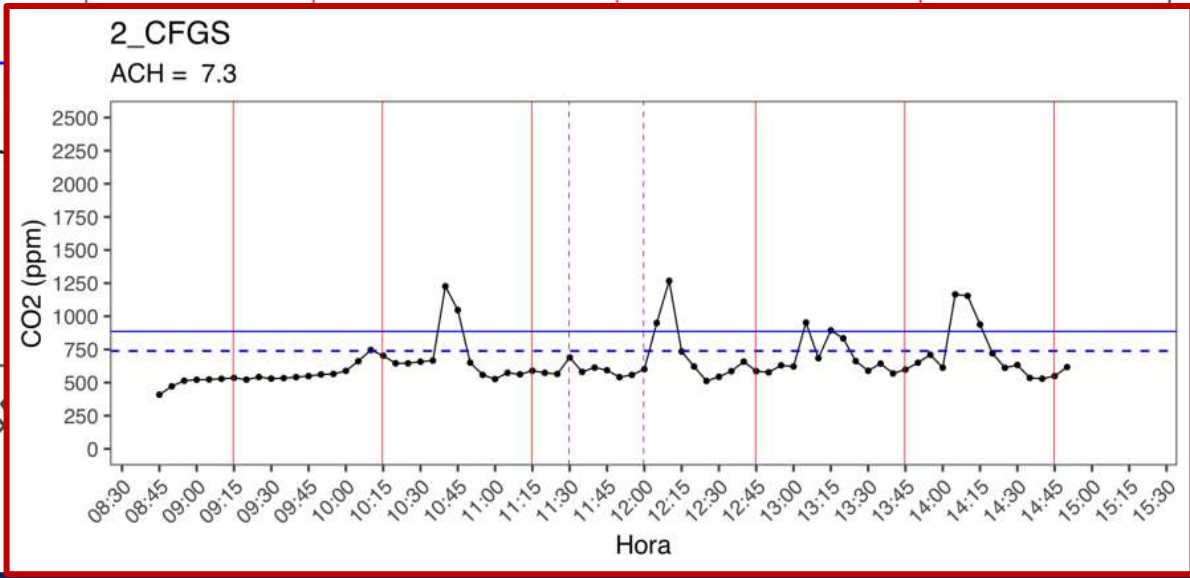
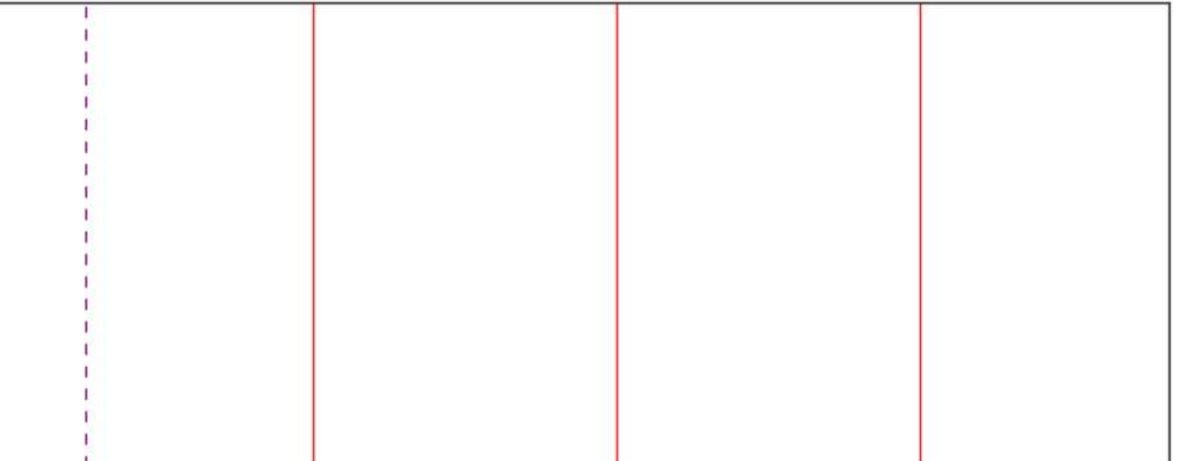
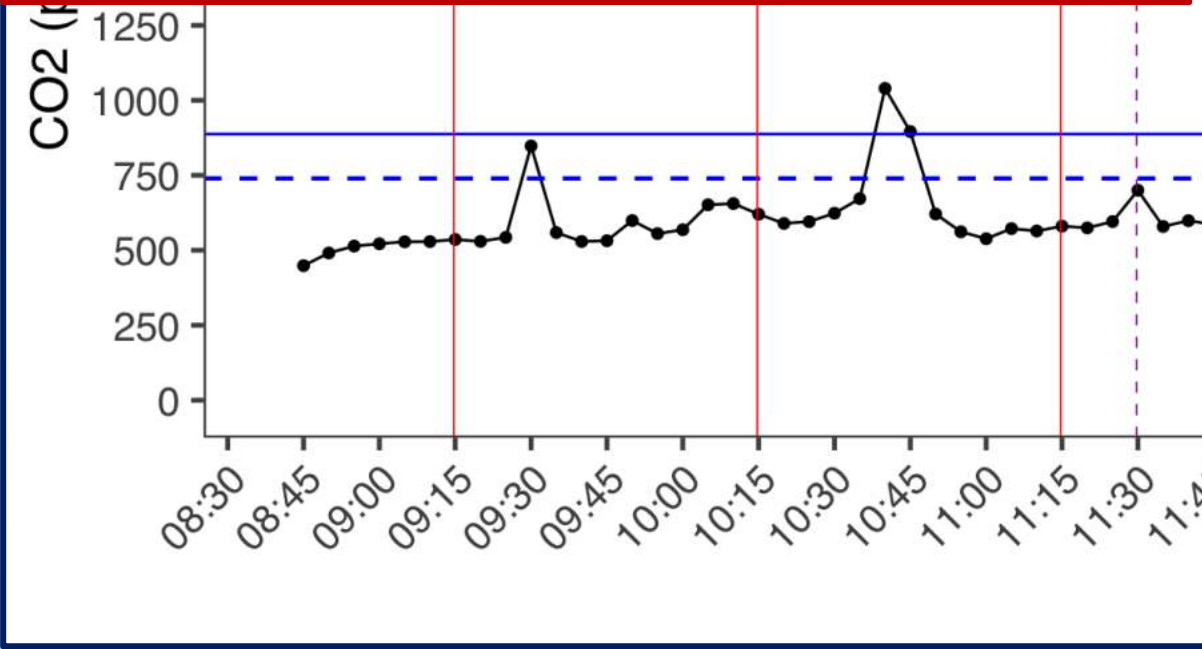
- Concentración de CO2 en estado estable
- Concentración de CO2 en estado estable más 20% de variación.
- Pauta de ventilación en el centro



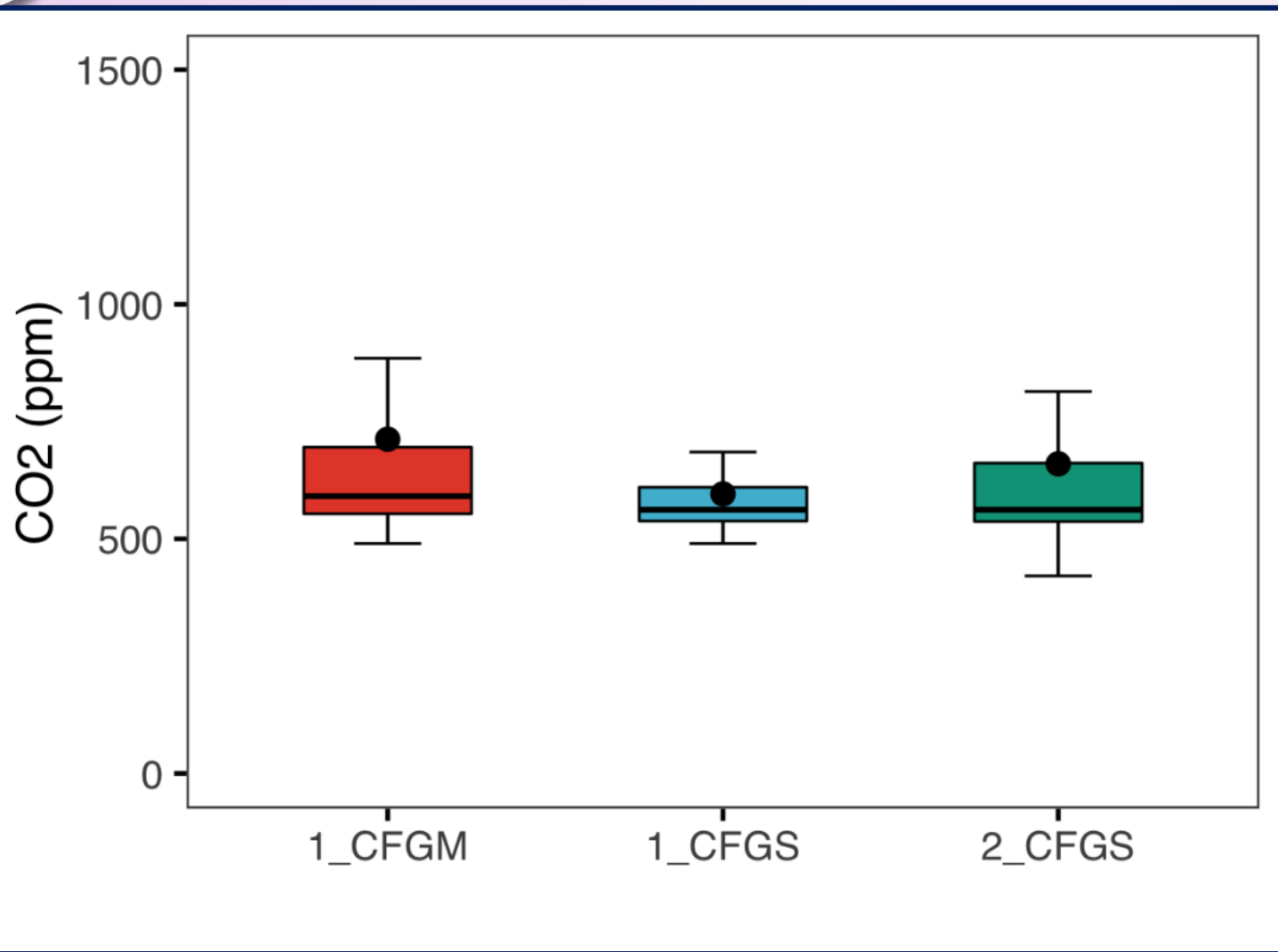
Gráficas por clases



- Concentración de CO2 en estado estable
- Concentración de CO2 en estado estable más 20% de variación.
- Pauta de ventilación en el centro
- Periodo de recreo

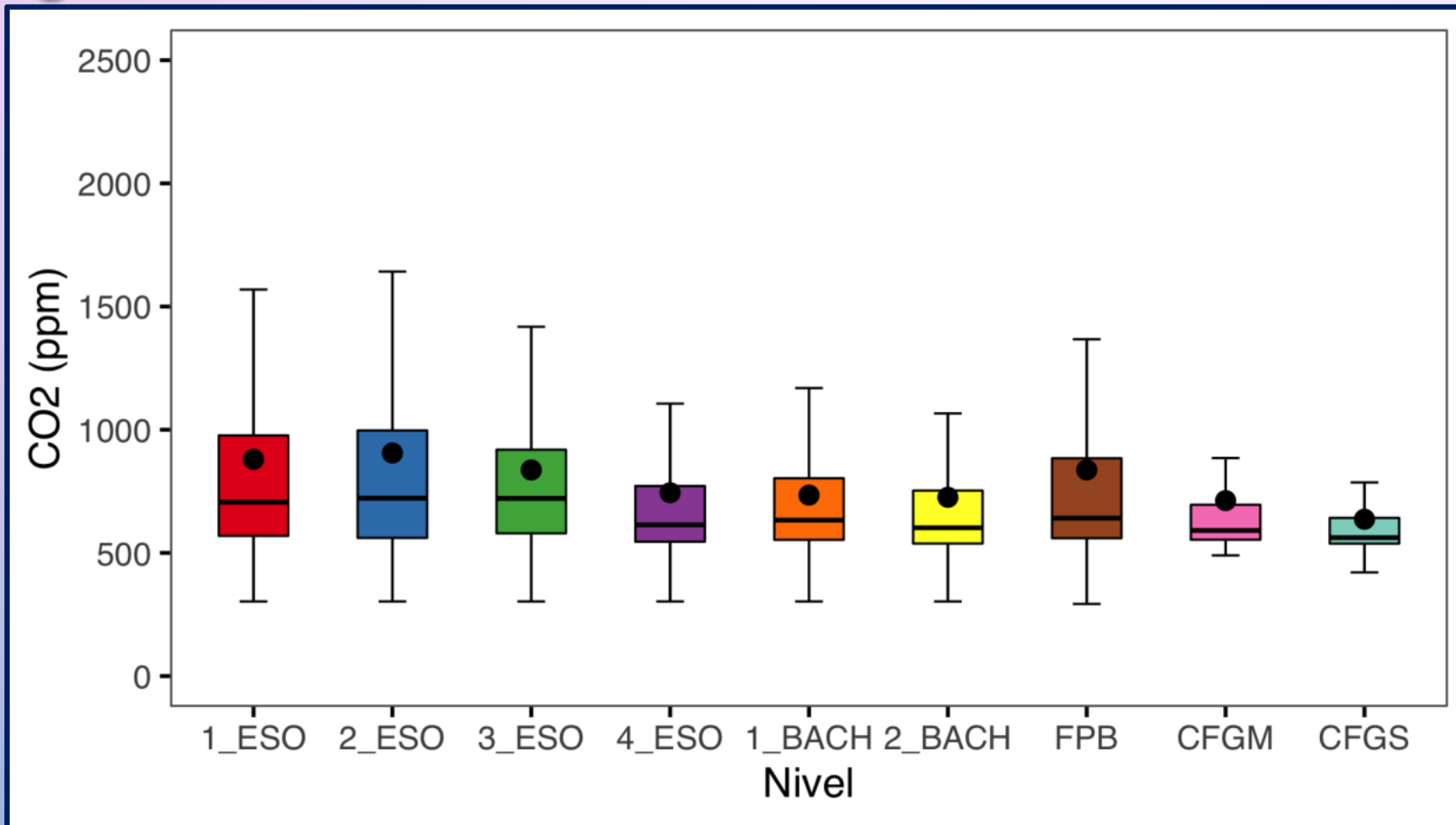


Gráficas por clases



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

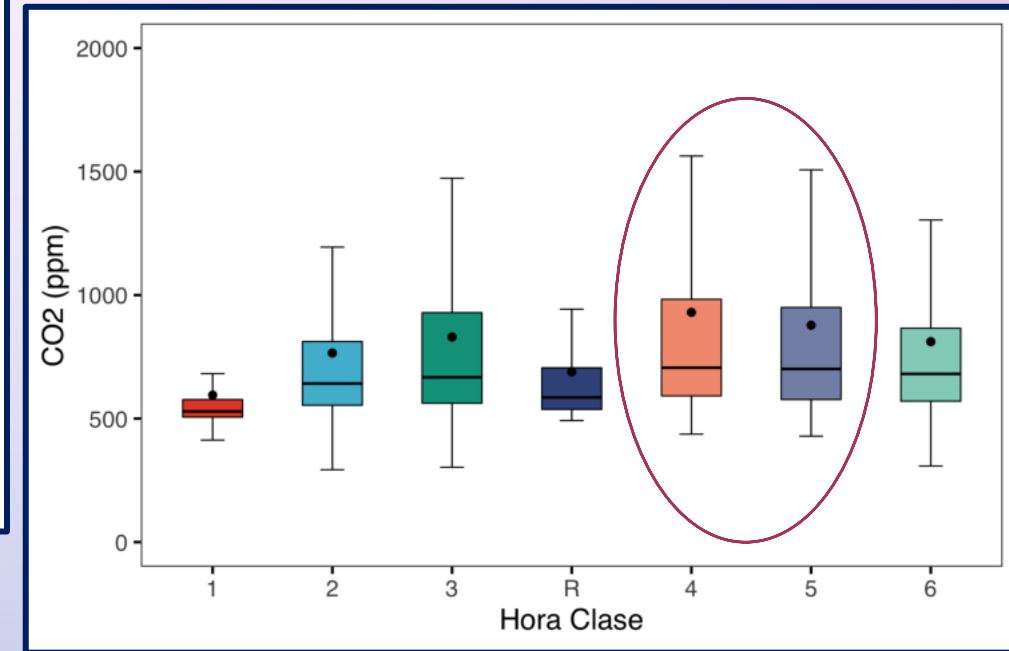
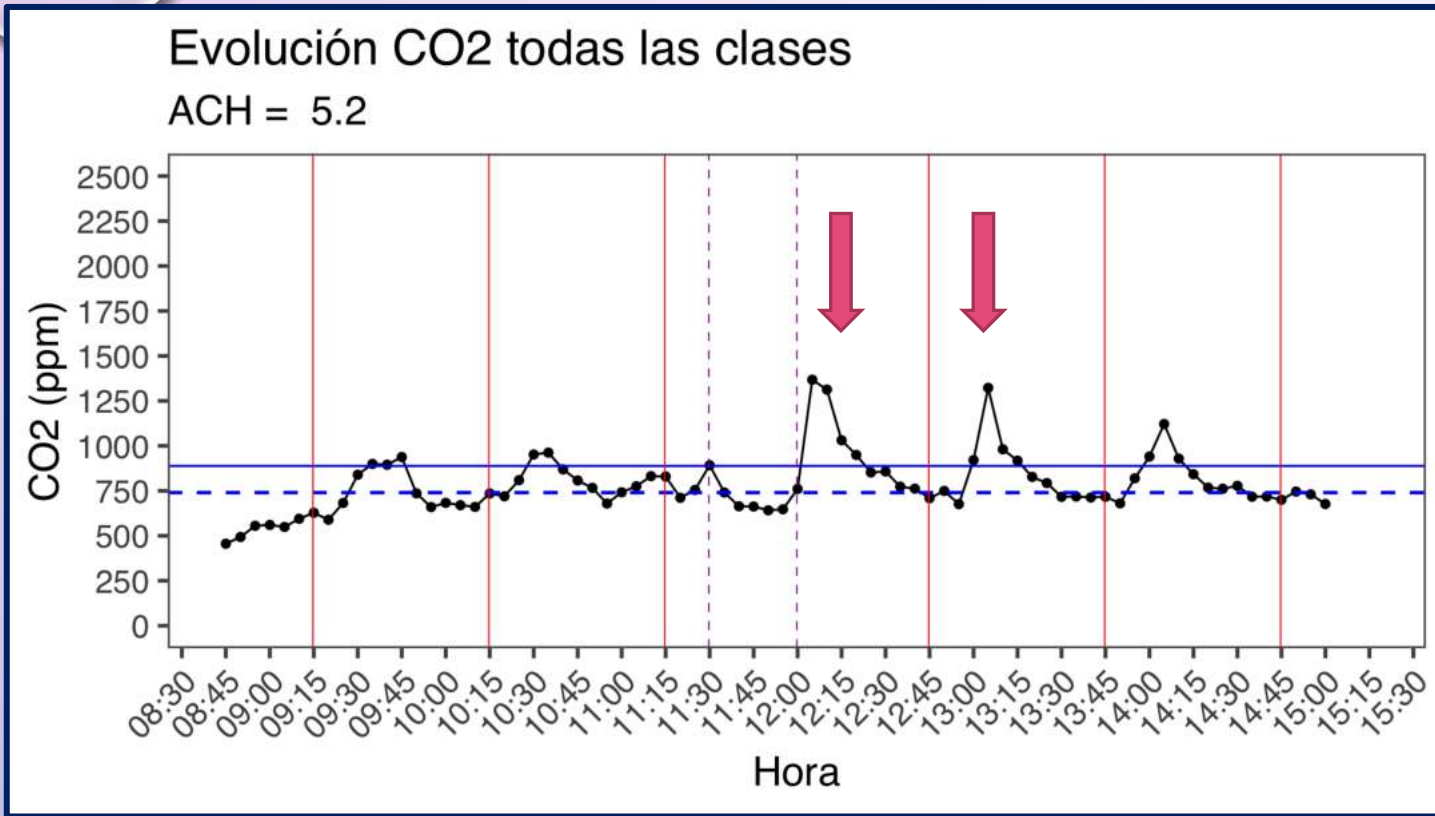
VALORES MEDIOS DE CO₂ POR NIVEL



VALORES MEDIOS DE CO ₂		
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

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

VALORES MEDIOS DE CO₂ POR HORA DE CLASE

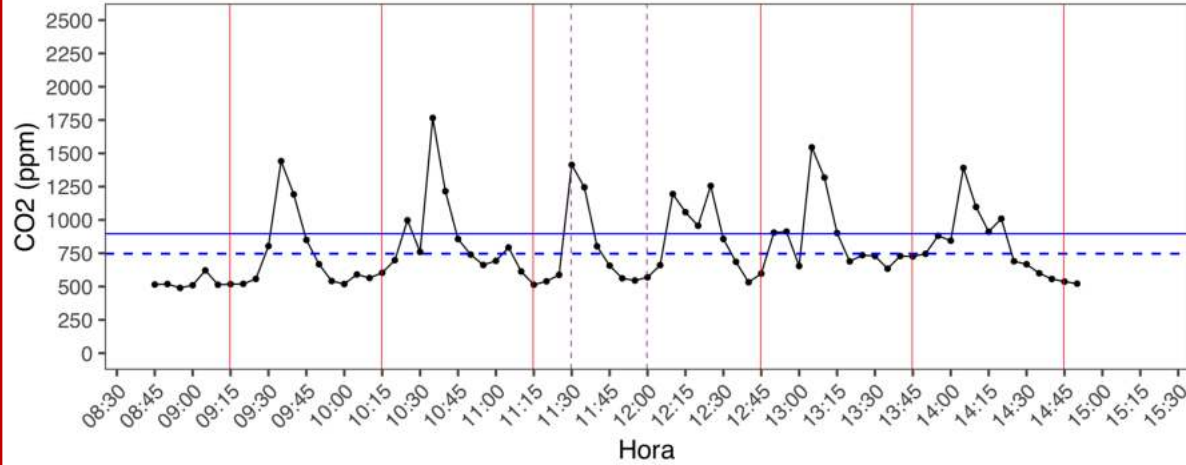


Hora_clase	CO ₂	Grupos
4	930.012	a
5	877.941	ab
3	830.161	bc
6	811.411	bc
2	765.516	cd
R	689.132	d
1	595.058	e

EVOLUCIÓN DE CO₂ EN AULAS ESPECÍFICAS

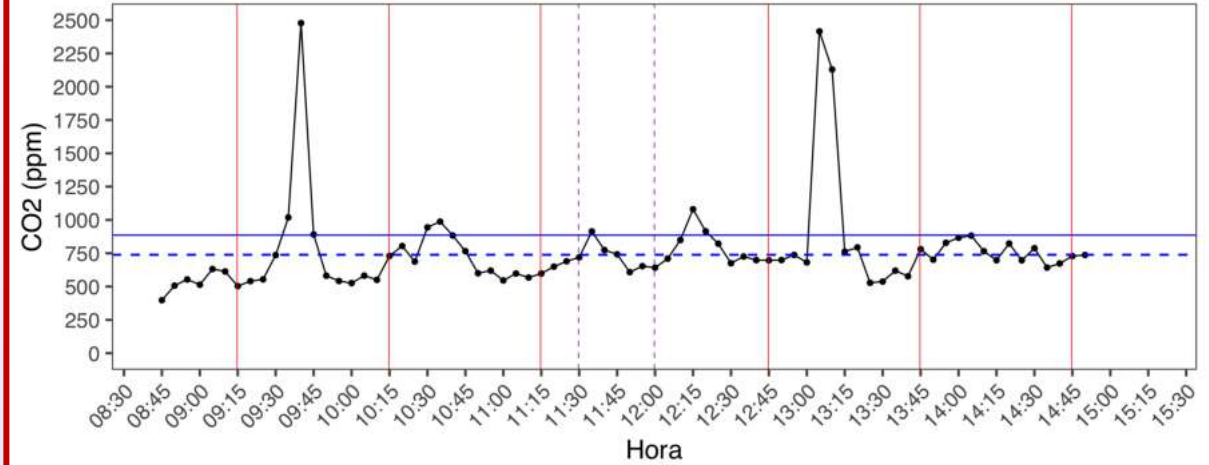
Aula_Plástica

ACH = 1.3



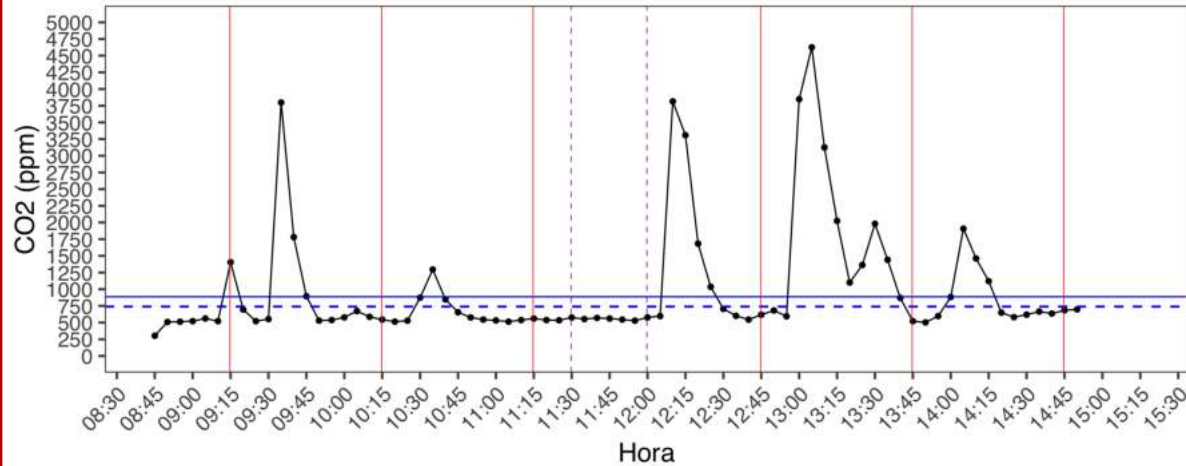
Desdoble_TIC

ACH = 2.5



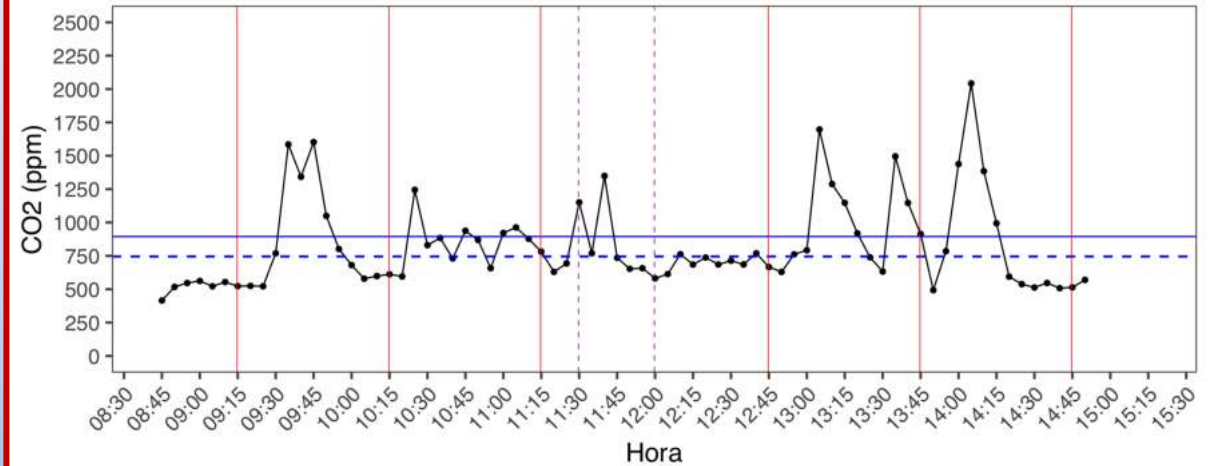
Aula_TIC

ACH = 4.4

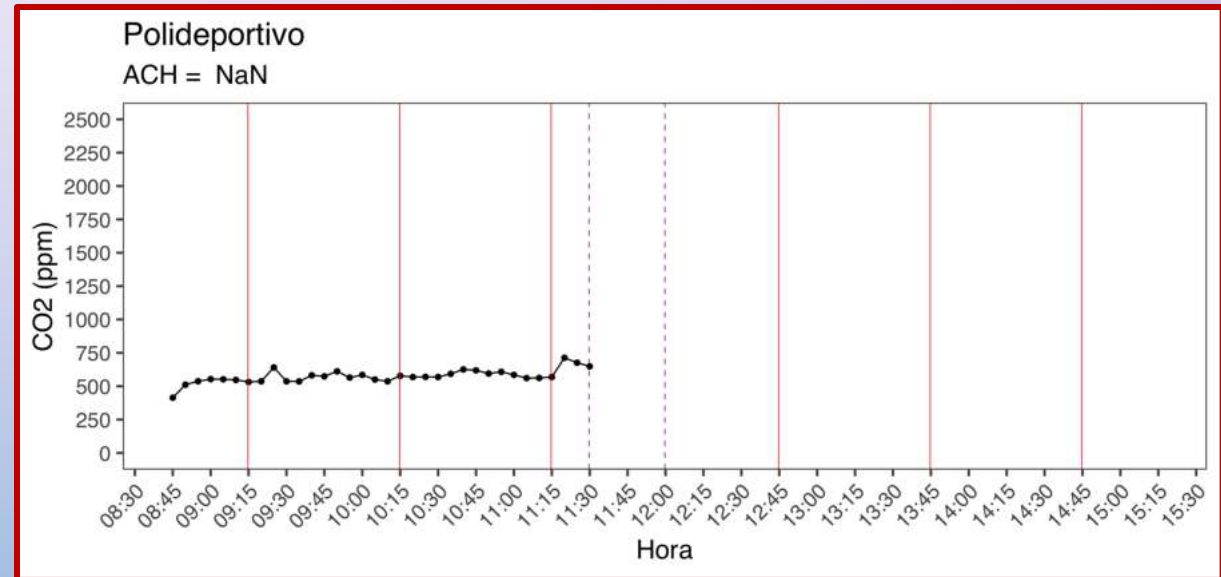
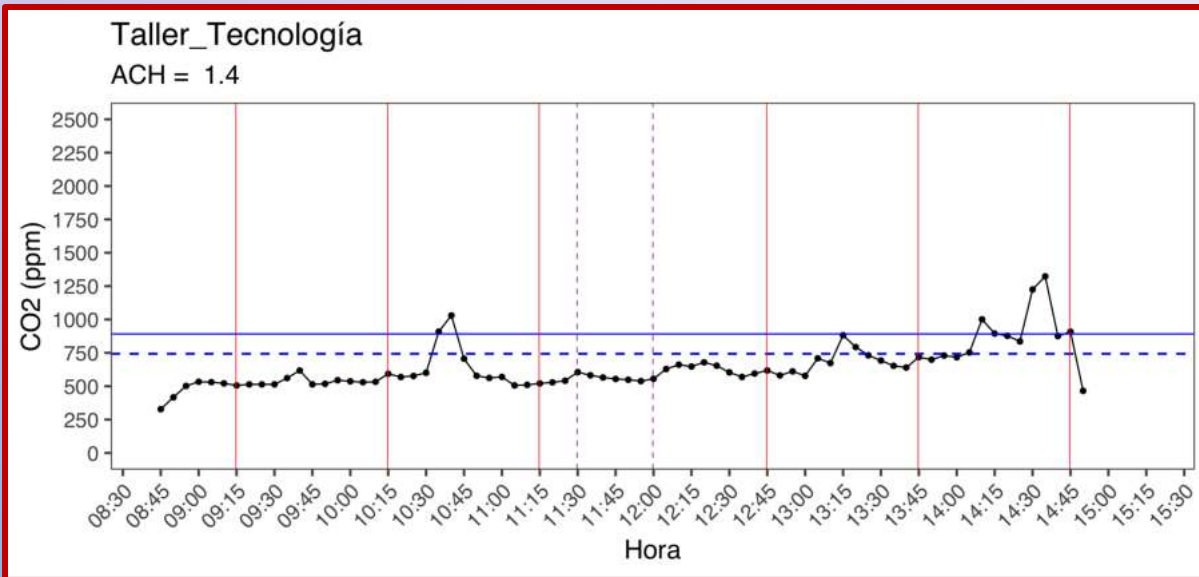
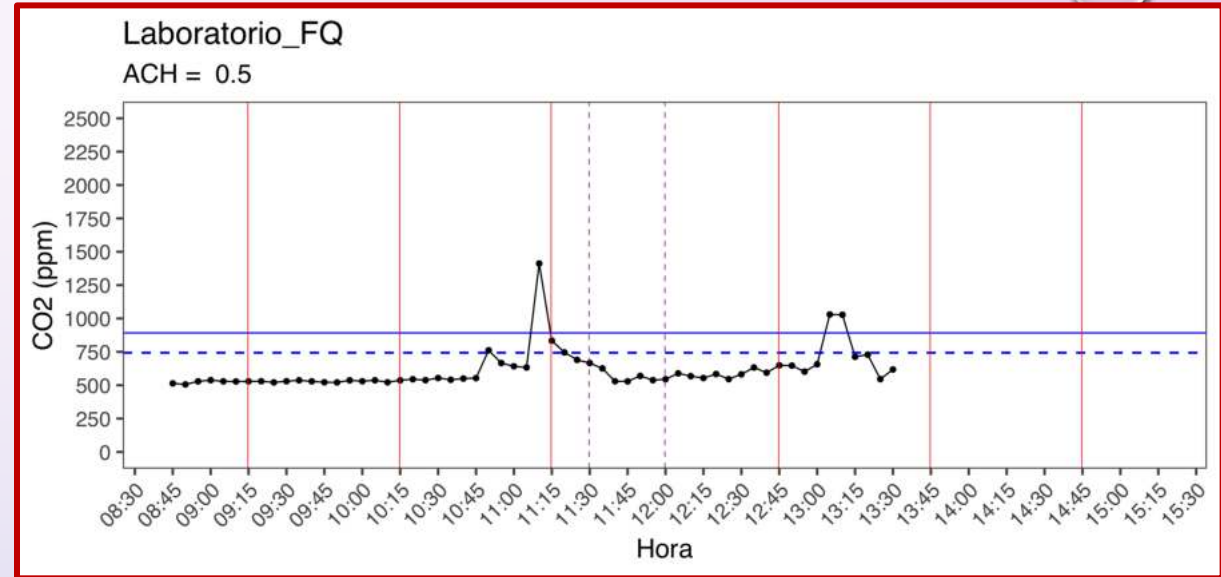
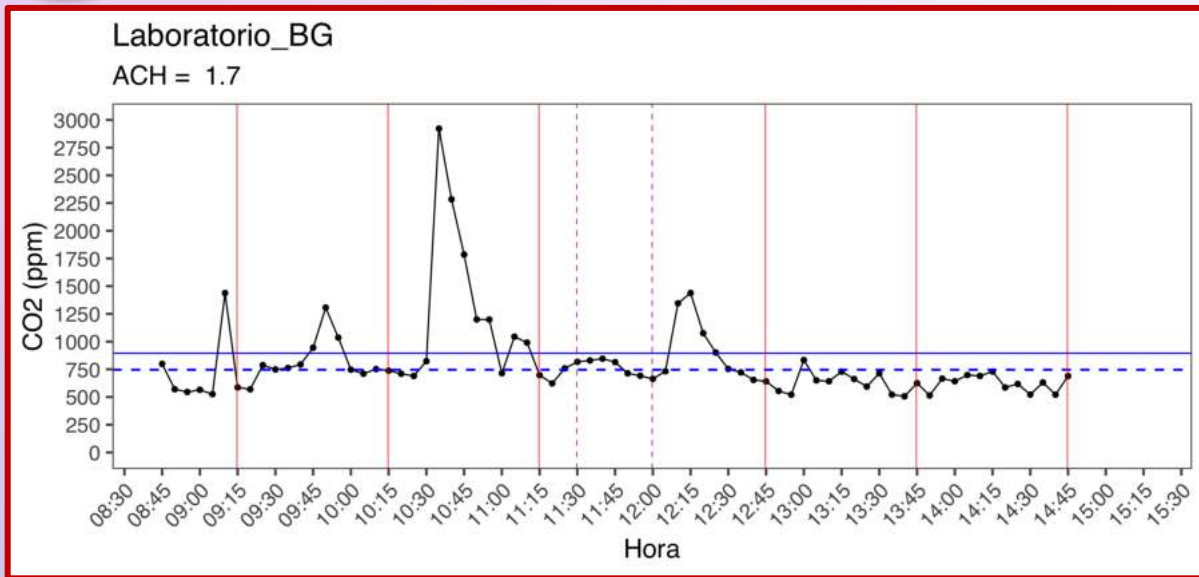


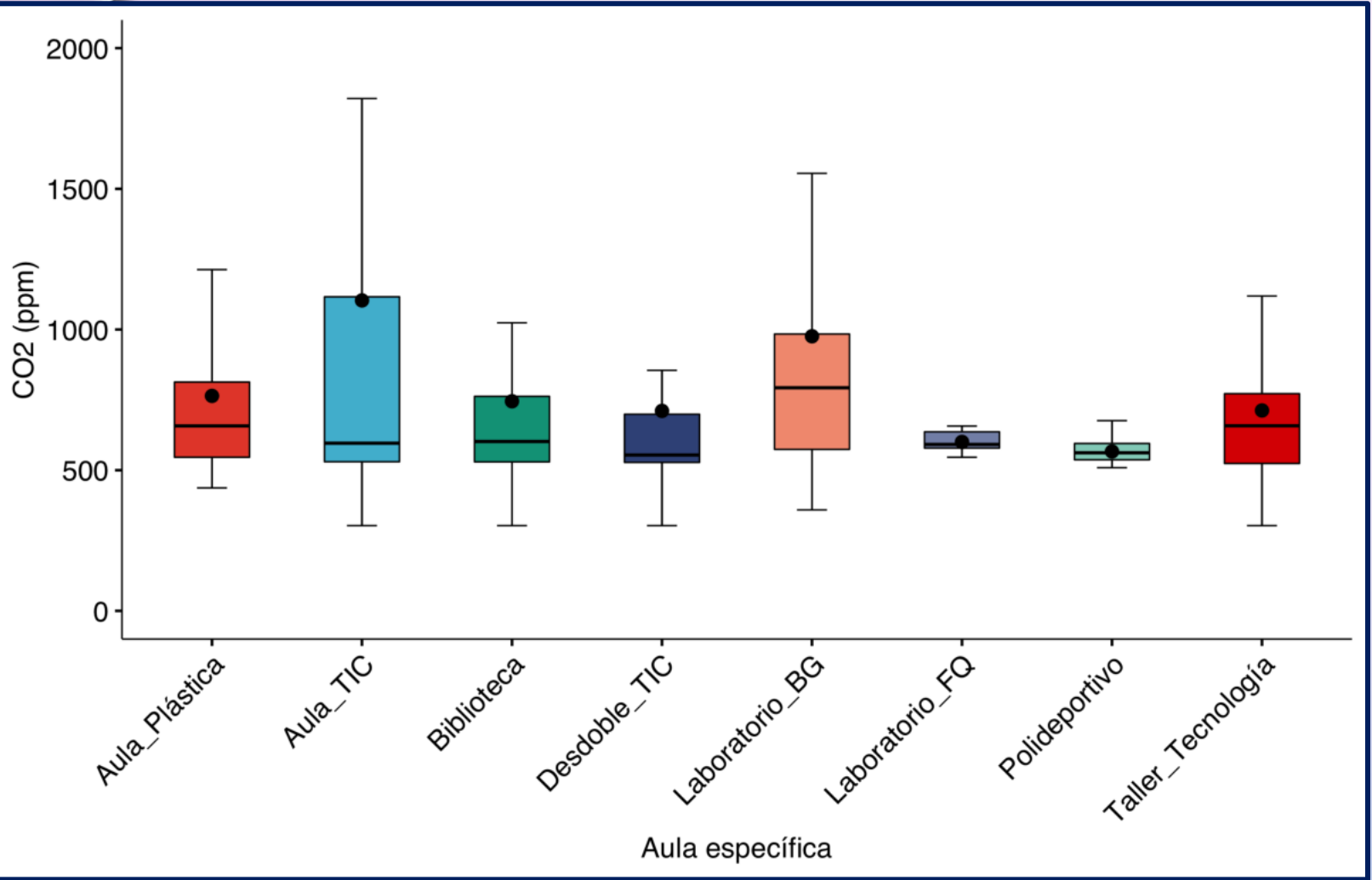
Biblioteca

ACH = 1.1



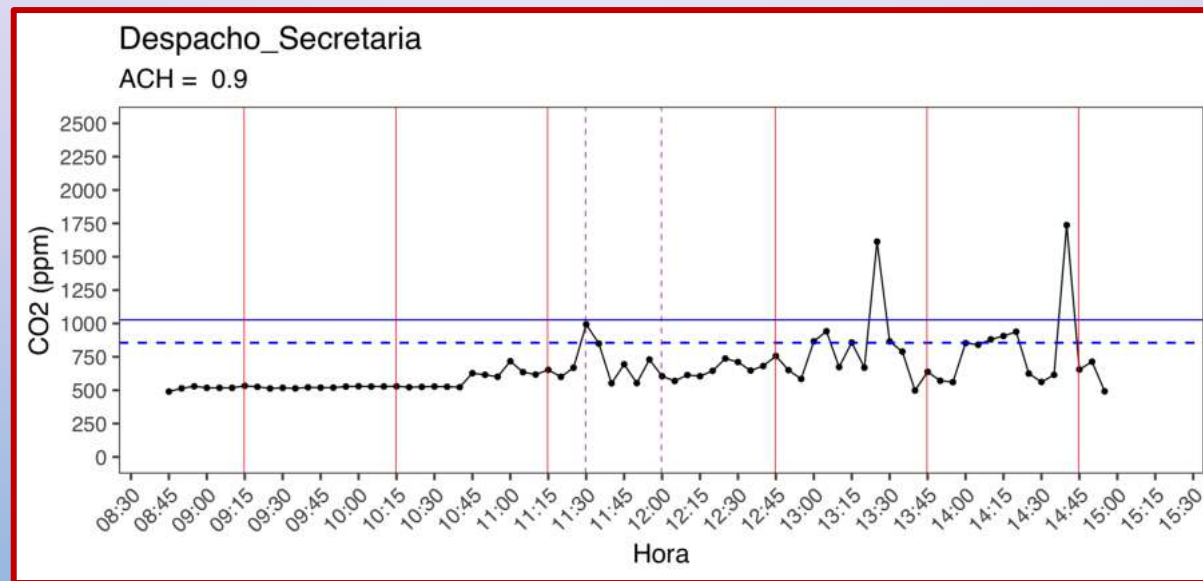
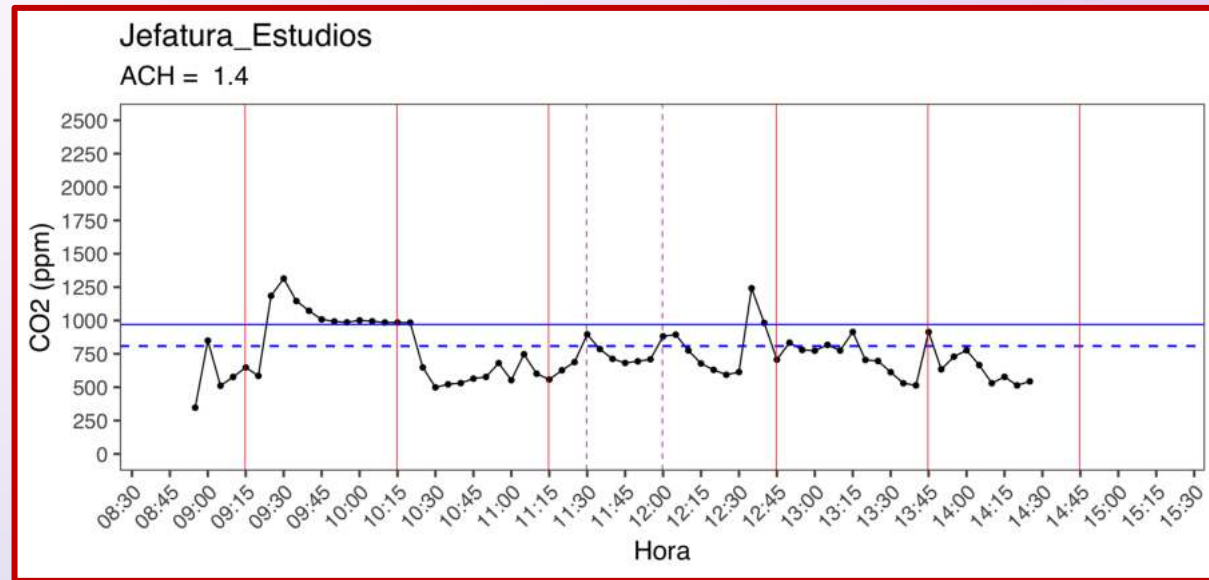
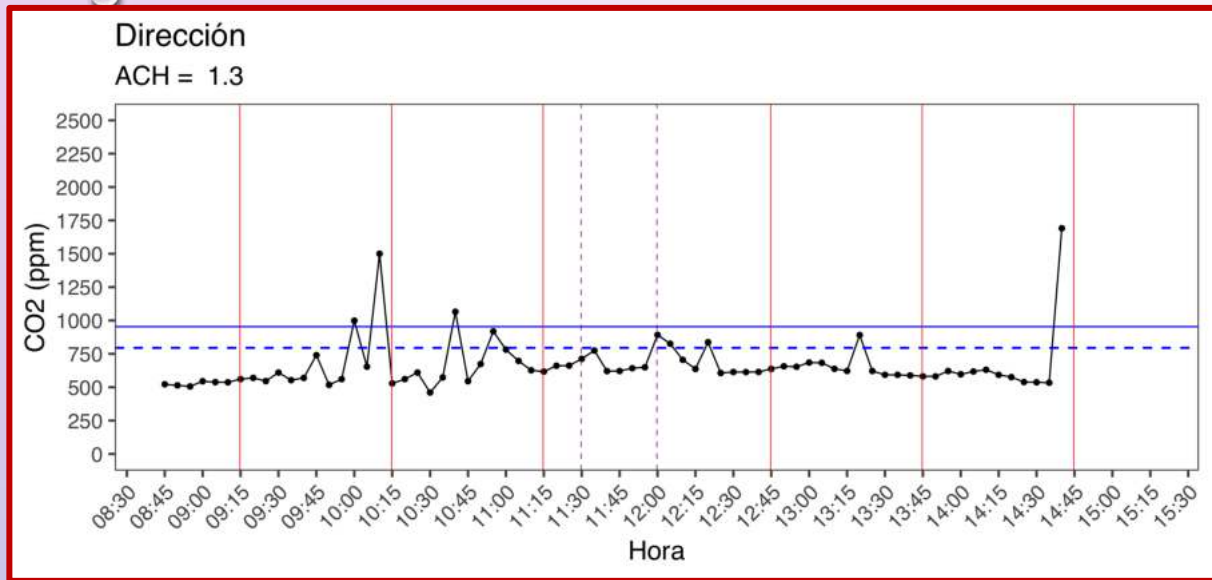
EVOLUCIÓN DE CO₂ EN AULAS ESPECÍFICAS





Aula especif.	CO ₂	Grupos
Aula_TIC	1103.378	a
Laboratorio_BG	976.032	ab
Aula_Plástica	764.078	bc
Biblioteca	745.025	bc
Taller_Tecnología	712.315	bc
Desdoble_TIC	710.773	bc
Laboratorio_FQ	600.417	bc
Polideportivo	566.578	c

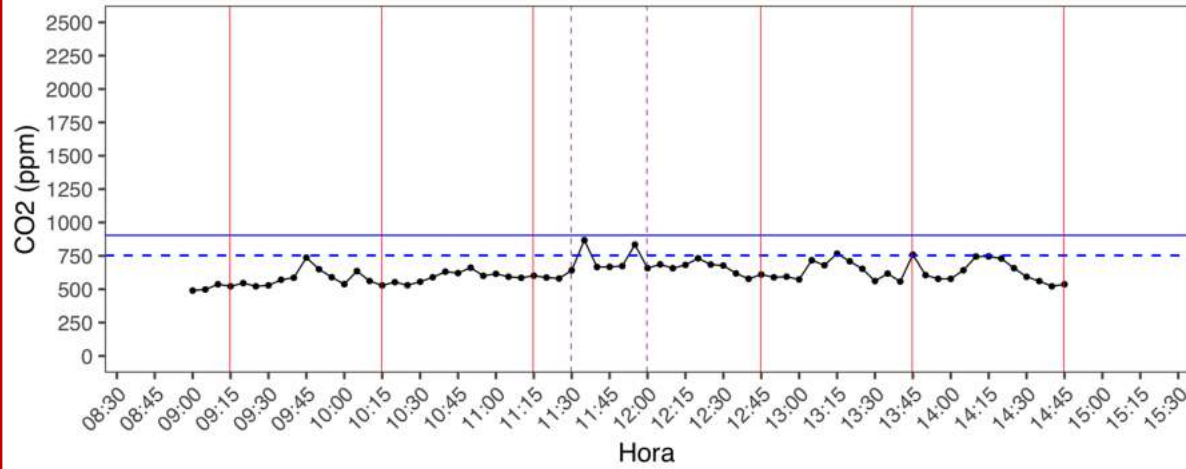
EVOLUCIÓN DE CO₂ EN OTRAS DEPENDENCIAS



EVOLUCIÓN DE CO₂ EN OTRAS DEPENDENCIAS

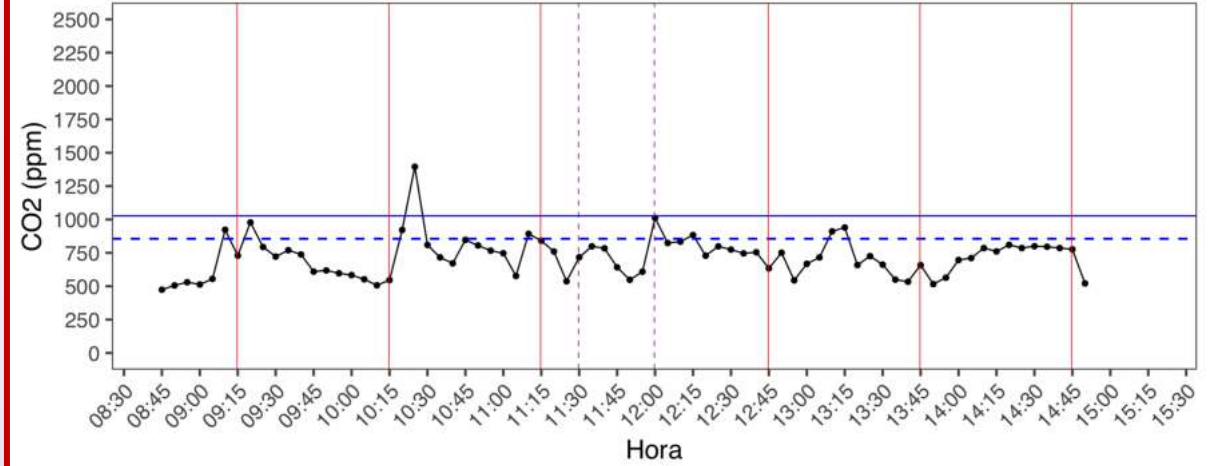
Sala_Profesores_SUM

ACH = 0.8



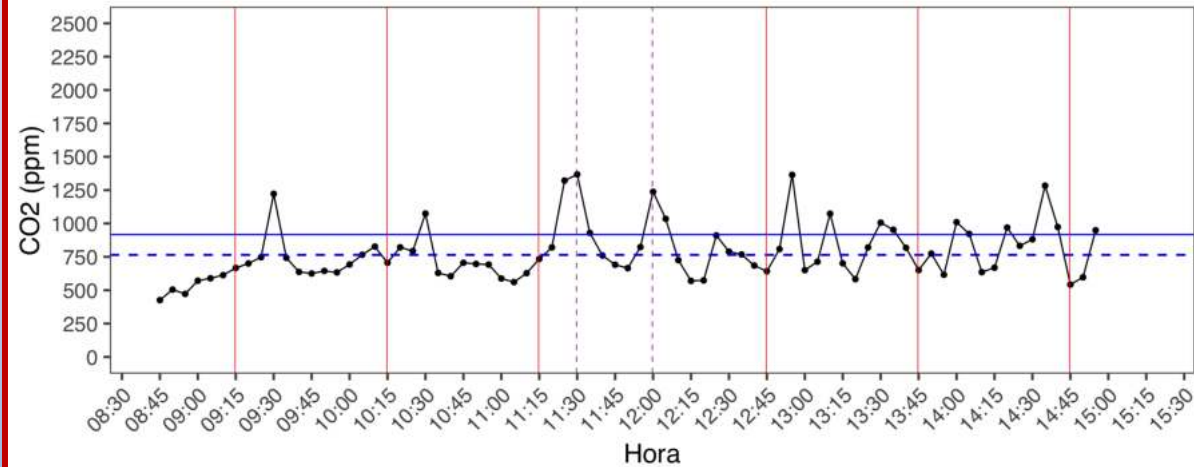
Secretaría_Administración

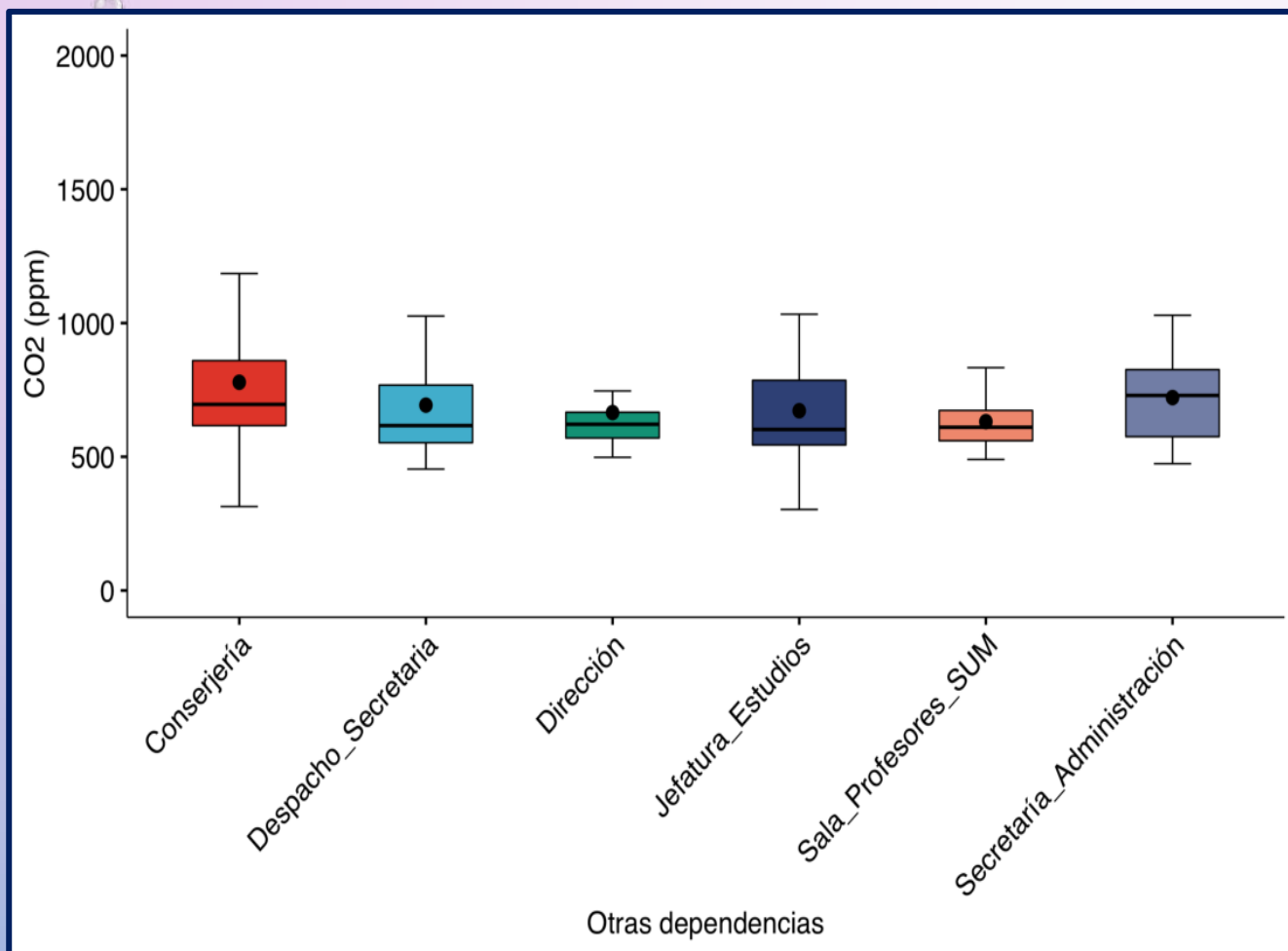
ACH = 0.5



Conserjería

ACH = 3.6





Dependencia	CO ₂	Grupos
Conserjería	778.616	a
Secretaría_Administración	721.290	ab
Despacho_Secretaria	692.981	bc
Jefatura_Estudios	672.110	bc
Dirección	665.302	bc
Sala_Profesores_SUM	631.277	c

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO A LO LARGO DE TODA LA JORNADA ESCOLAR

1. Los valores medios de ACH objetivo por hora para cada una de las estancias son elevados. Es probable que la pauta de ventilación establecida en el centro no haya alcanzado el número de renovaciones deseables, aún así solo el 16 % del tiempo que dura la jornada escolar se alcanza valores altos de las concentraciones de CO₂ exhalado y que se corresponden con mayor concentración de aerosoles en el ambiente.
2. Si ordenamos de mayor a menor los valores de CO₂ acumulado en las clases, encontramos la siguiente distribución: Los grupos de 1º ESO y 2º ESO difieren significativamente del resto de niveles por alcanzar los valores más altos. En una segunda categoría estarían los grupos de FPB y 3º ESO, en un tercer grupo estarían los niveles de 4º ESO y 1º BACH ,y el ultimo grupo, con los valores más bajos, incluye 2º B ACH, CFGM y CFGS. Se observa relación inversa entre edad del alumnado y acumulación de CO₂ en el aula.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO A LO LARGO DE TODA LA JORNADA ESCOLAR

3. En función de las condiciones específicas de este curso académico y las que han tenido lugar en las clases los días en las que se realizaron las mediciones (materia, número de ocupantes, volumen del espacio, hora del día.....) la media de renovaciones de aire necesarias objetivo, sería mayor en los niveles de 1º, 2º y 3º ESO.
4. Las tres primeras horas de la jornada son menos propensas a acumular CO_2 , siendo las horas posteriores al recreo las que presentan concentraciones más elevadas. La 4ª y 5ª hora de clase acumulan los valores medios más altos. Aunque en la 6ª hora se alcanzan niveles por encima de la concentración de CO_2 en estado estable, estos valores son inferiores a los alcanzados en las dos horas previas.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO A LO LARGO DE TODA LA JORNADA ESCOLAR

5. La distribución de los valores medios de CO_2 en las aulas específicas es más irregular y está relacionada con la frecuencia de ocupación. De estas, el Aula TIC destaca por sus altas concentraciones de CO_2 y el polideportivo por sus bajas concentraciones de CO_2 .
6. En otras dependencias la mayor parte de la jornada escolar el CO_2 acumulado se ha mantenido bajo y dentro de la zona de poco riesgo de contagio del Covid. De este grupo de estancias, la sala de profesores_SUM es la más segura pues nunca se ha sobrepasado el nivel de la concentración de CO_2 en estado estable. Por el contrario, conserjería es la que más CO_2 acumula.

Finalmente, teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, sería conveniente establecer una nueva pauta de ventilación modificando el tiempo, la frecuencia o distribución de estas a lo largo de la jornada.



**EVOLUCIÓN DEL CO₂
ESTUDIANDO LAS VARIABLES
INDEPENDIENTEMENTE**

VALORES MEDIOS DE CO₂ EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PERSONAS

Nº Personas	Clase /Estancia
1-4	Conserjería, Despacho_Secretaria, Dirección, Jefatura_Estudios, Secretaría_Administración
5-9	2_BACH_B, 2_BACH_D, Aula_Plástica, Biblioteca, Laboratorio_BG, Sala_Profesores_SUM, Taller_Tecnología
10-14	1_BACH_B, 1_BACH_C, 1_CFGS,, 2_BACH_B, 2_BACH_D, 2_ESO_B, 2_FPB, 4_ESO_C, Aula_Plástica, Biblioteca, Laboratorio_BG, Laboratorio_FQ, Taller_Tecnología
15-19	1_BACH_C, 1_ESO_B, 1_ESO_C, 1_FPB, 2_BACH_A, 2_BACH_B, 2_BACH_C, 2_BACH_D, 2_ESO_A, 2_ESO_E,, 3_ESO_B, 4_ESO_A, 4_ESO_C, Aula_TIC, Sala_Profesores_SUM
20-24	1_BACH_A, 1_BACH_B, 1_BACH_C, 1_BACH_D, 1_CFGM, 1_CFGS, 1_ESO_A, 1_ESO_B, 1_ESO_E, 2_BACH_A, 2_BACH_B, 2_ESO_B, 2_ESO_C, 2_ESO_D, 2_ESO_E, 3_ESO_A, 4_ESO_B, Aula_TIC, Taller_Tecnología
25-30	1_CFGM, 1_ESO_D, 2_CFGS, 2_ESO_A, 2_ESO_B, 2_ESO_C, 3_ESO_B, 3_ESO_C, 4_ESO_A, 4_ESO_B, Aula_TIC, Desdoble_TIC, Taller_Tecnología

N_Pers.	CO ₂	Grupos
25-30	830.842	a
15-19	822.319	a
20-24	793.029	ab
10-14	765.436	abc
5-9	719.024	bc
1-4	713.592	c

Clasificación estancias por rangos

VALORES MEDIOS DE CO₂ EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE ORDENADORES

Rango Ordenadores	Clase/Estancia	Nº Ordenadores	
0	Laboratorio_FQ Taller_Tecnología	0	
1-9	1_ESO_A, 1_ESO_B, 1_ESO_C, 1_ESO_D, 1_ESO_E 2_ESO_A, 2_ESO_B, 2_ESO_C, 2_ESO_D, 2_ESO_E 3_ESO_A, 3_ESO_B, 3_ESO_C 4_ESO_A, 4_ESO_B, 4_ESO_C 1_BACH_A, 1_BACH_B, 1_BACH_C, 1_BACH_D 2_BACH_A, 2_BACH_B, 2_BACH_C, 2_BACH_D Laboratorio_BG Biblioteca Conserjería Despacho_Secretaria Secretaría_Administración	1	
	Dirección	2	
	Jefatura_Estudios		
	Aula_Plástica	4	
	Sala_Profesores_SUM	7	
	10-19	2_FPB	11
	20-29	1_CFGM	24
1_FPB		20	
2_CFGS		29	
Desdoble_TIC		23	
30-39	1_CFGS	35	
	Aula_TIC	36	

N_Ordenadores	CO ₂	Grupos
30-39	844.497	a
1-9	795.250	a
20-29	768.248	a
10-19	734.488	a
0	691.970	a

Clasificación
estancias por rangos

VALORES MEDIOS DE CO₂ EN FUNCIÓN DE SUPERFICIE SALIDA AIRE PUERTAS

Superficie_PUERTAS	Clase/ Estancia
1,47	Despacho_Secretaria Jefatura_Estudios
1,575	Dirección
1,68	1_BACH_D
2,64	1_FPB, 2_FPB, Aula_Plástica, Biblioteca, Conserjería,, 2_BACH_D
2,73	Aula_TIC
2,94	Laboratorio_BG, Laboratorio_FQ, Secretaría_Administración
3,045	4_ESO_C
3,15	1_ESO_A
3,36	1_ESO_B, 1_ESO_C, 1_ESO_D, 1_ESO_E, 2_BACH_B, 2_BACH_C, 2_ESO_A, 2_ESO_B, 2_ESO_C, 2_ESO_D, 2_ESO_E, 3_ESO_A, 3_ESO_B, 3_ESO_C, 4_ESO_B, Desdoble_TIC 1_BACH_A
4,11	1_BACH_B, 1_BACH_C, 1_CFGS, 2_BACH_A, Taller_Tecnología, 4_ESO_A
5,04	2_CFGS
5,28	1_CFGM
7,92	Sala_Profesores_SUM

Superf. (m ²) . CO ₂	Grupos
2.73 1103.378	a
3.15 851.832	b
2.94 818.410	bc
3.045 793.780	bcd
1.68 785.330	cd
2.64 746.541	cd
5.28 712.358	cd
3.36 704.724	cd
1.47 684.373	cd
1.575 665.302	cd
4.11 664.117	cd
5.04 659.970	cd
7.92 631.277	d

Clasificación
estancias por rangos

VALORES MEDIOS DE CO₂ EN EN FUNCIÓN DE SUPERFICIE ENTRADA DE AIRE VENTANAS

Superficie_ VENTANAS	Clase/Estancia
[1,2)	4_ESO_C, Despacho_Secretaria, Jefatura_Estudios, Secretaría_Administración
[2,3)	1_ESO_A, 1_ESO_B, 1_ESO_E, 2_BACH_D, 2_ESO_C,, 2_ESO_D, 2_ESO_E, 3_ESO_A, 3_ESO_B, 3_ESO_C, 4_ESO_A, Aula_TIC, Desdoble_TIC
[3,4)	1_BACH_A, 1_BACH_B, 1_BACH_C, 1_BACH_D, 1_CFGS, 1_ESO_C, 1_ESO_D, 1_FPB, 2_BACH_A, 2_ESO_A, 2_ESO_B, 4_ESO_B, Aula_Plástica
[4,5)	2_BACH_B, 2_BACH_C, 2_CFGS, 2_FPB, Conserjería, Laboratorio_FQ, Taller_Tecnología
[5,6)	Laboratorio_BG
[6,7]	1_CFGM Biblioteca Dirección Sala_Profesores_SUM

Superf (m ²)	CO ₂	Grupos
[5, 6)	976.032	a
[2, 3)	847.094	ab
[3, 4)	802.391	b
[1, 2)	728.298	c
[4, 5)	726.758	c
[6, 7]	680.382	c

Clasificación estancias por rangos

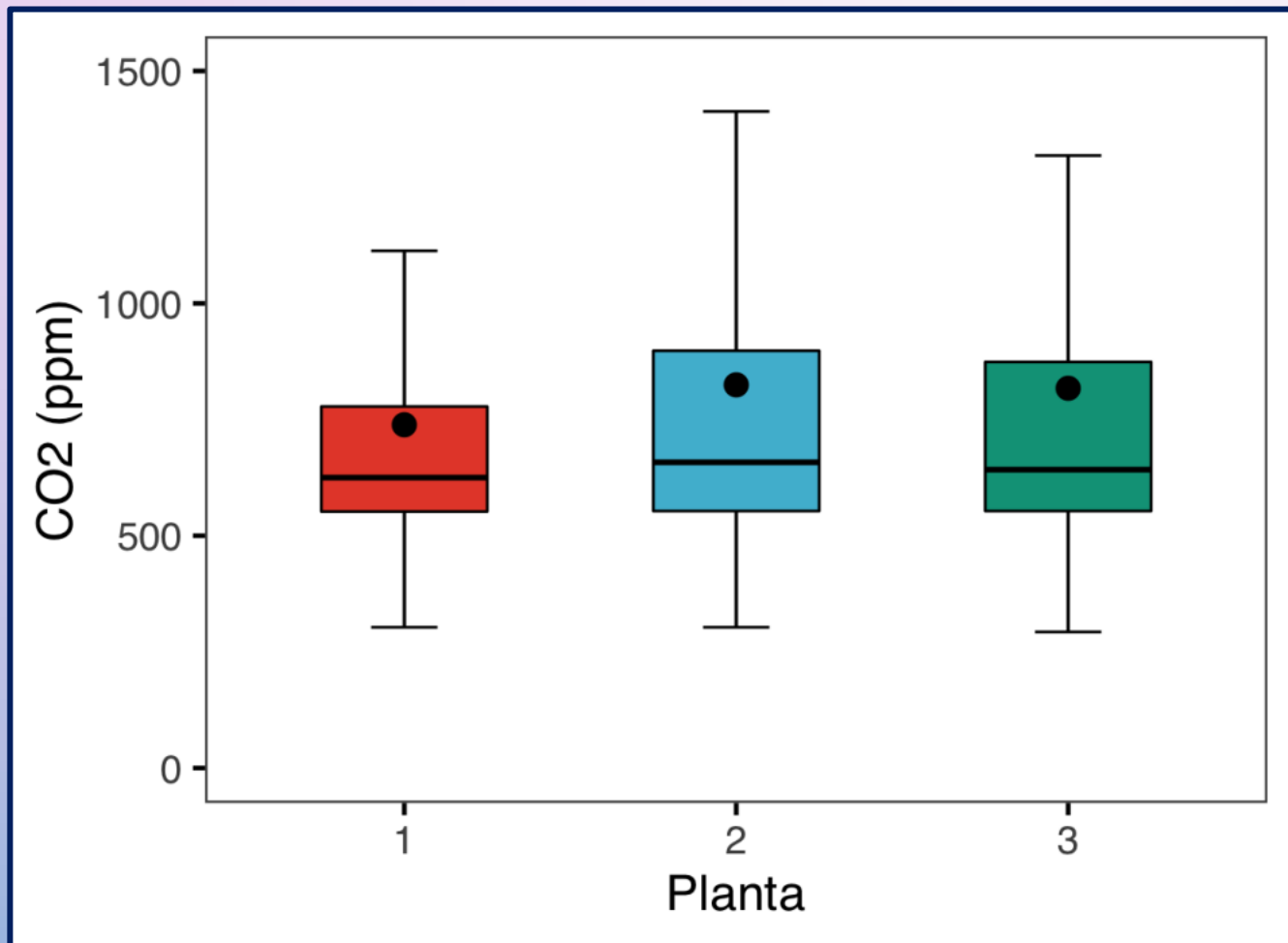
VALORES MEDIOS DE CO₂ EN FUNCIÓN DE VOLUMEN DE LA ESTANCIA

Volumen	Clase/Estancia
[0,100)	Conserjería Despacho_Secretaria Dirección Jefatura_Estudios Secretaría_Administración
[100,200)	1_ESO_A, 1_ESO_B, 1_ESO_C, 1_ESO_D, 1_ESO_E 2_ESO_A, 2_ESO_B, 2_ESO_C, 2_ESO_D, 2_ESO_E 3_ESO_A, 3_ESO_B ,3_ESO_C 4_ESO_C 1_BACH_A, 1_BACH_C, 1_BACH_D 2_BACH_A, 2_BACH_B, 2_BACH_C ,2_BACH_D 1_FPB, 2_FPB, 2_CFGS 4_ESO_C Desdoble_TIC, Laboratorio_BG, Laboratorio_FQ
[200,300)	1_BACH_B, 1_CFGM, 1_CFGS, 4_ESO_B, Aula_Plástica, Aula_TIC, Biblioteca, Taller_Tecnología
[400,500]	4_ESO_A Sala_Profesores_SUM

Volumen	CO ₂	Grupos
[100,200)	822.748	a
[200,300)	759.964	b
[0,100)	713.592	bc
[400,500]	647.623	c

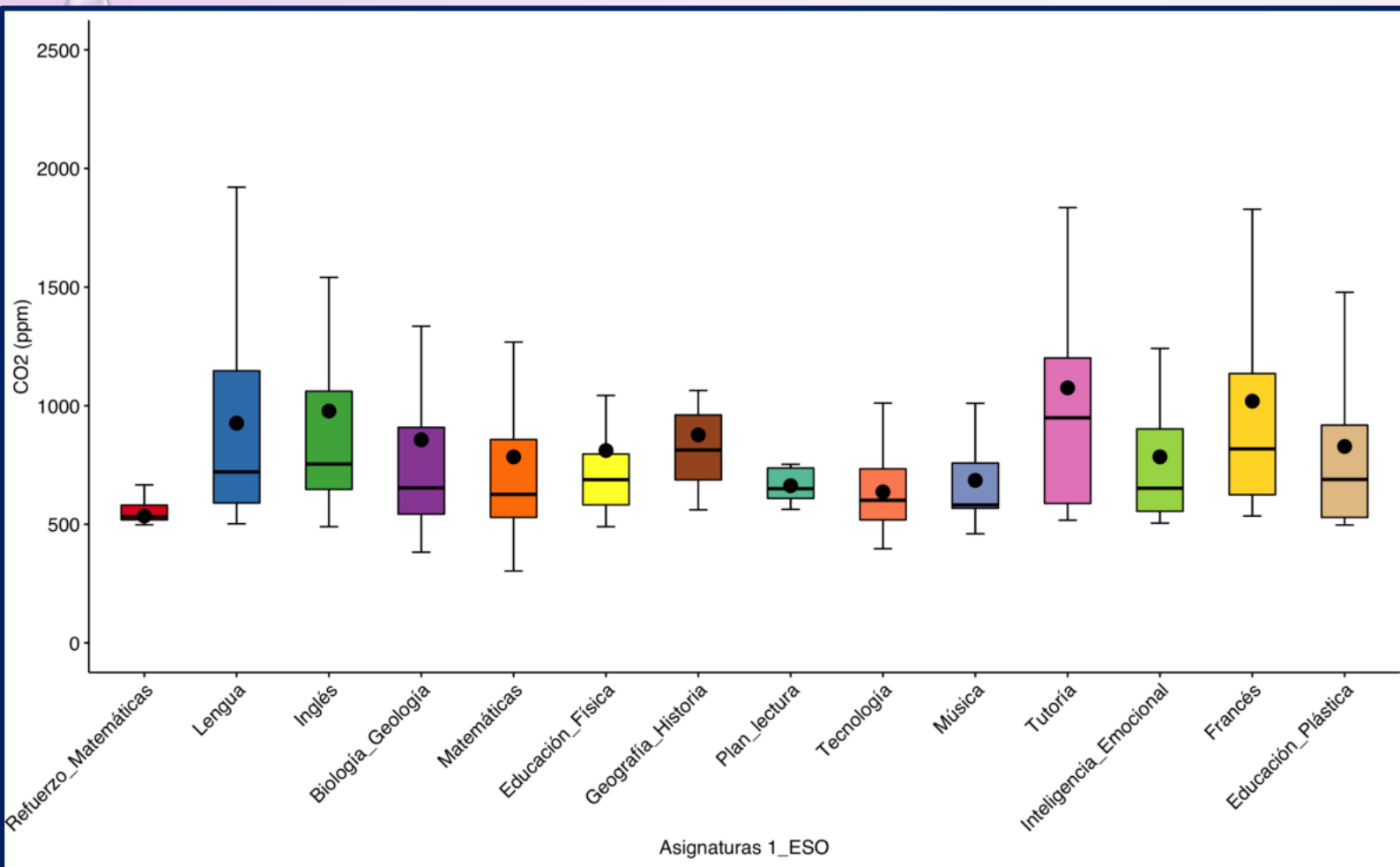
Clasificación
estancias por rangos

VALORES MEDIOS DE CO₂ EN FUNCIÓN DE LA PLANTA EN LA QUE SE UBICA LA ESTANCIA



Planta	CO ₂	Grupos
2	824.569	a
3	817.240	a
1	738.673	b

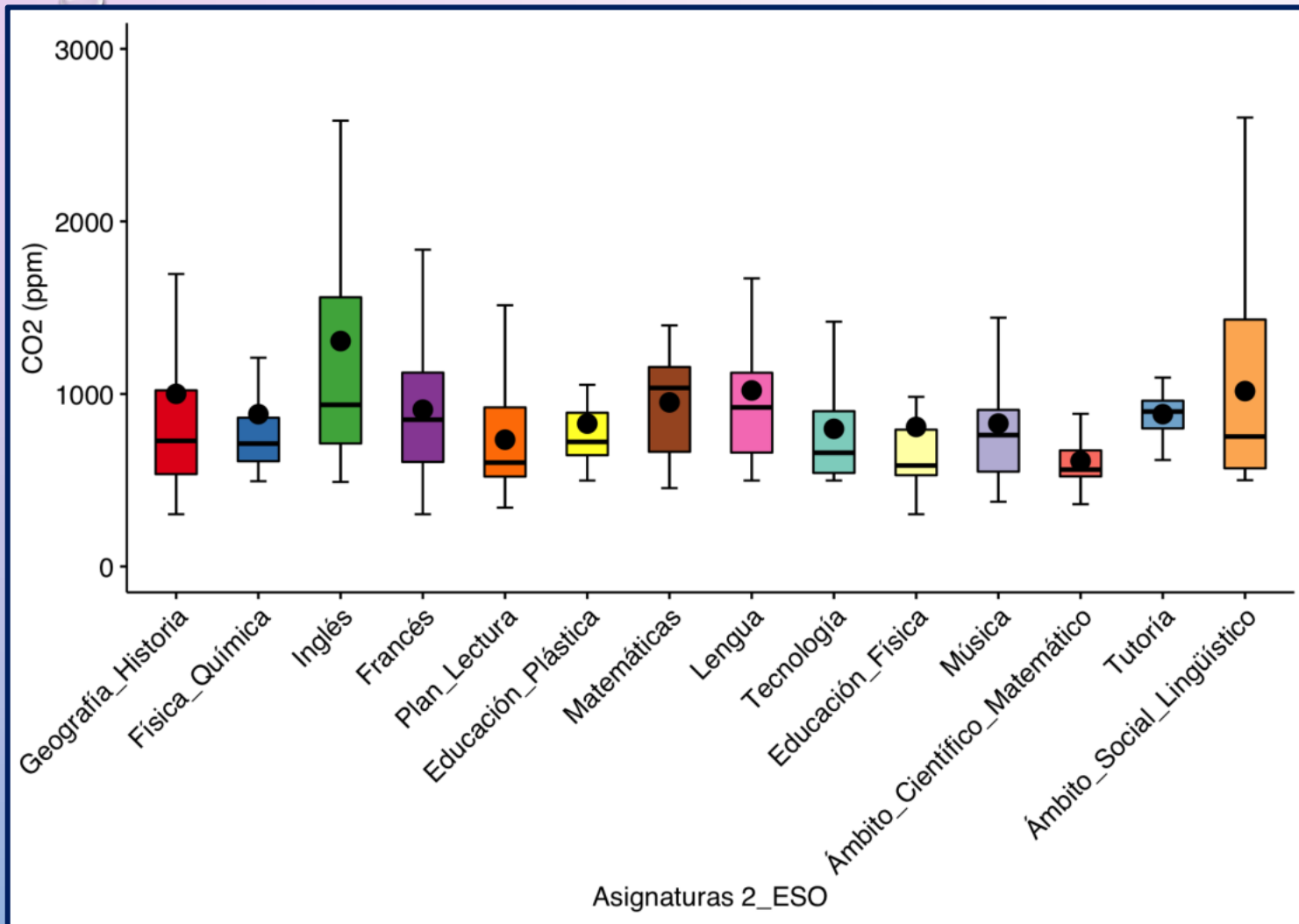
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE 1º ESO A LOS VALORES CO₂



Asignatura.	CO ₂	Grupos
Tutoría	1075.052	a
Francés	1019.042	ab
Inglés	977.282	ab
Lengua	926.074	ab
Geografía_Historia	876.750	ab
Biología_Geología	856.060	ab
Educación_Plástica	828.000	ab
Educación_Física	811.152	ab
Inteligencia_Emocional	784.222	ab
Matemáticas	784.000	b
Música	685.062	b
Plan_lectura	662.400	b
Tecnología	636.364	b
Refuerzo_Matemáticas	534.500	b

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

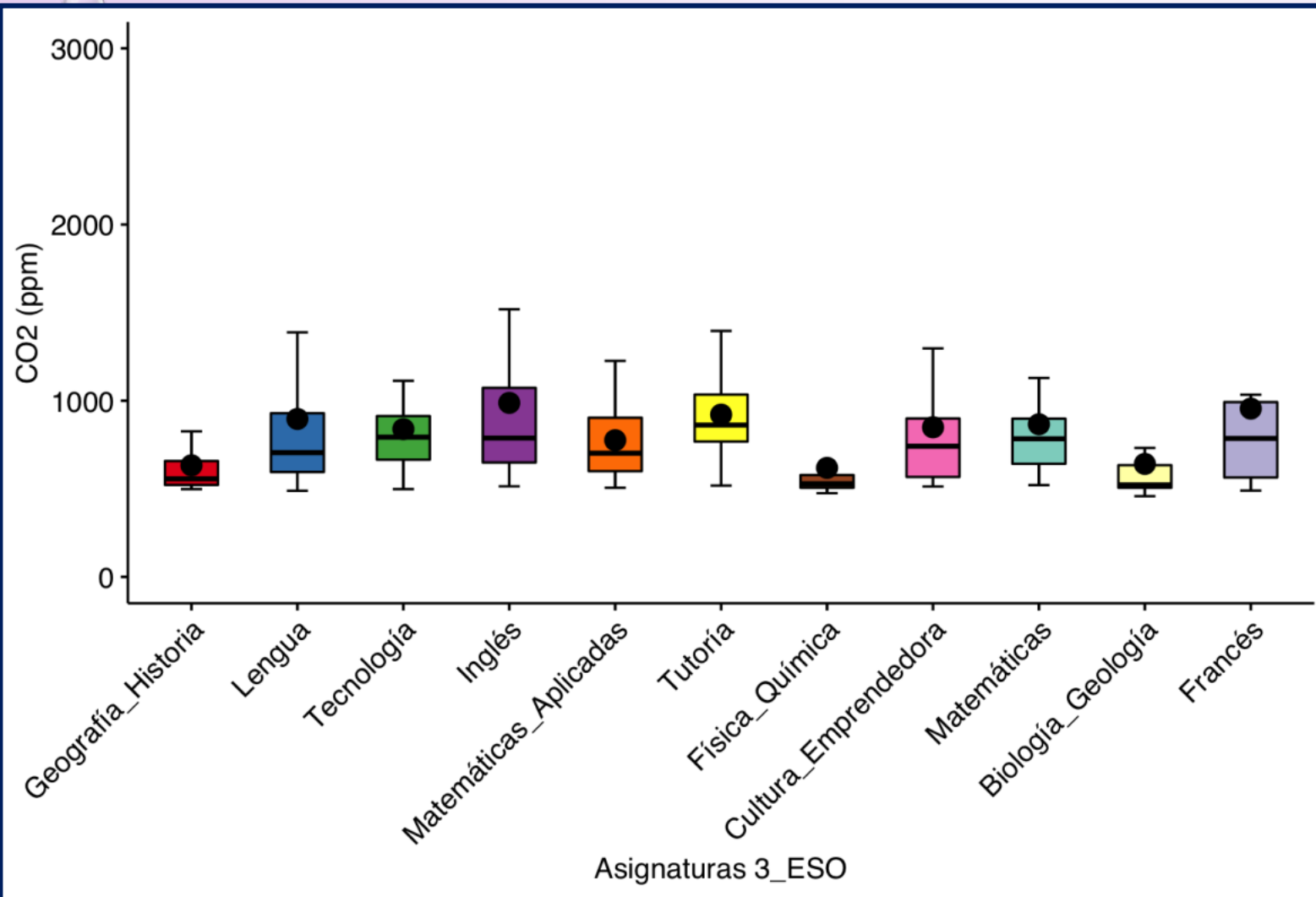
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE 2º ESO A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Inglés	1306.421	a
Lengua	1020.214	ab
Ámbito_Social_Lingüístico	1016.500	ab
Geografía_Historia	1000.651	abc
Matemáticas	951.167	abc
Francés	908.941	bc
Física_Química	882.797	bc
Tutoría	882.760	bc
Música	828.559	bc
Educación_Plástica	828.000	bc
Educación_Física	808.854	bc
Tecnología	797.753	bc
Plan_Lectura	734.805	bc
Ámbito_Científico_Matemático	611.214	c

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

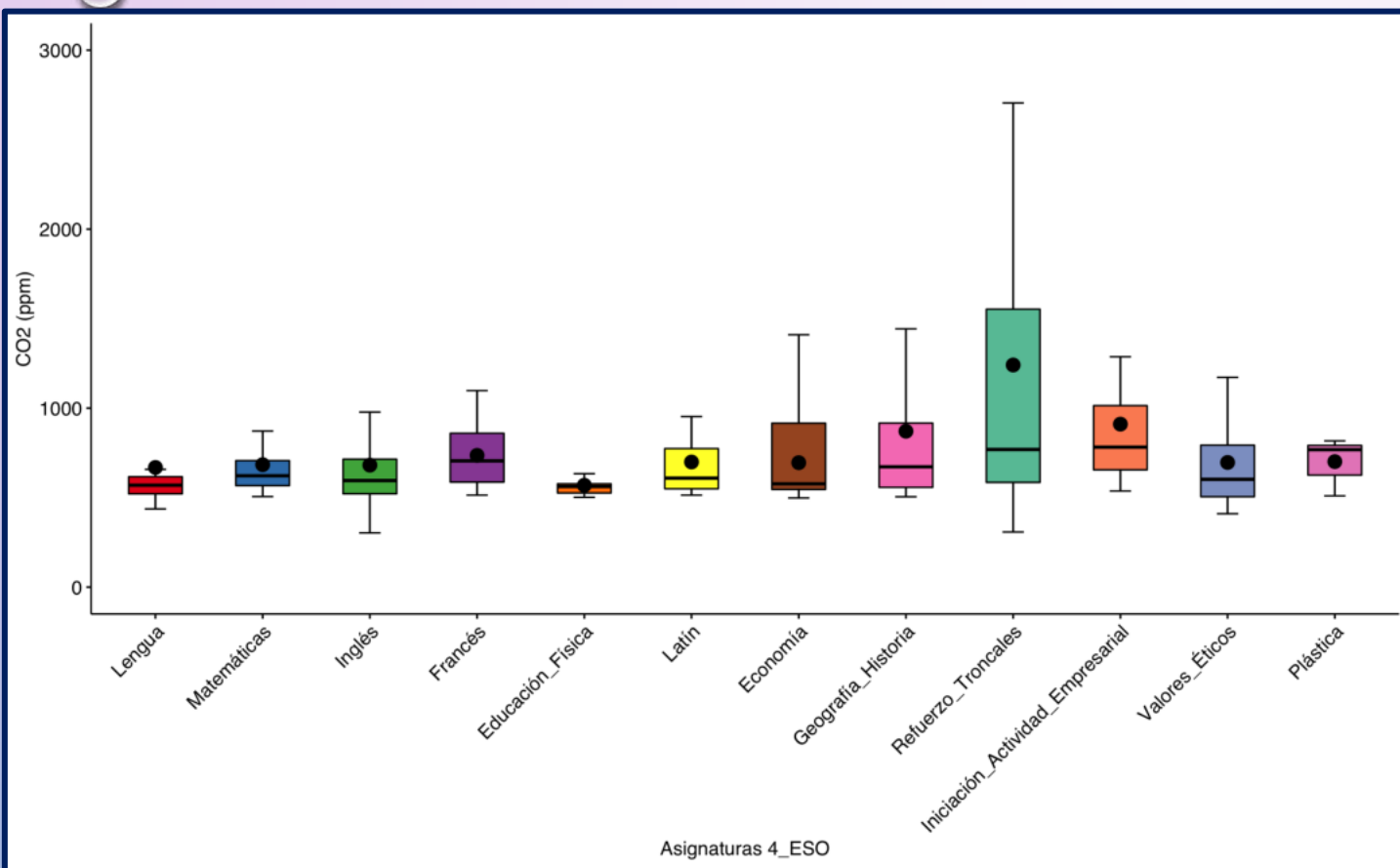
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE 3º ESO A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Inglés	987.653	a
Francés	955.300	ab
Tutoría	921.150	ab
Lengua	896.507	ab
Matemáticas	866.400	ab
Cultura_Emprendedora	849.083	ab
Tecnología	838.696	ab
Matemáticas_Aplicadas	775.833	ab
Biología_Geología	641.381	b
Geografía_Historia	633.175	b
Física_Química	618.833	b

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

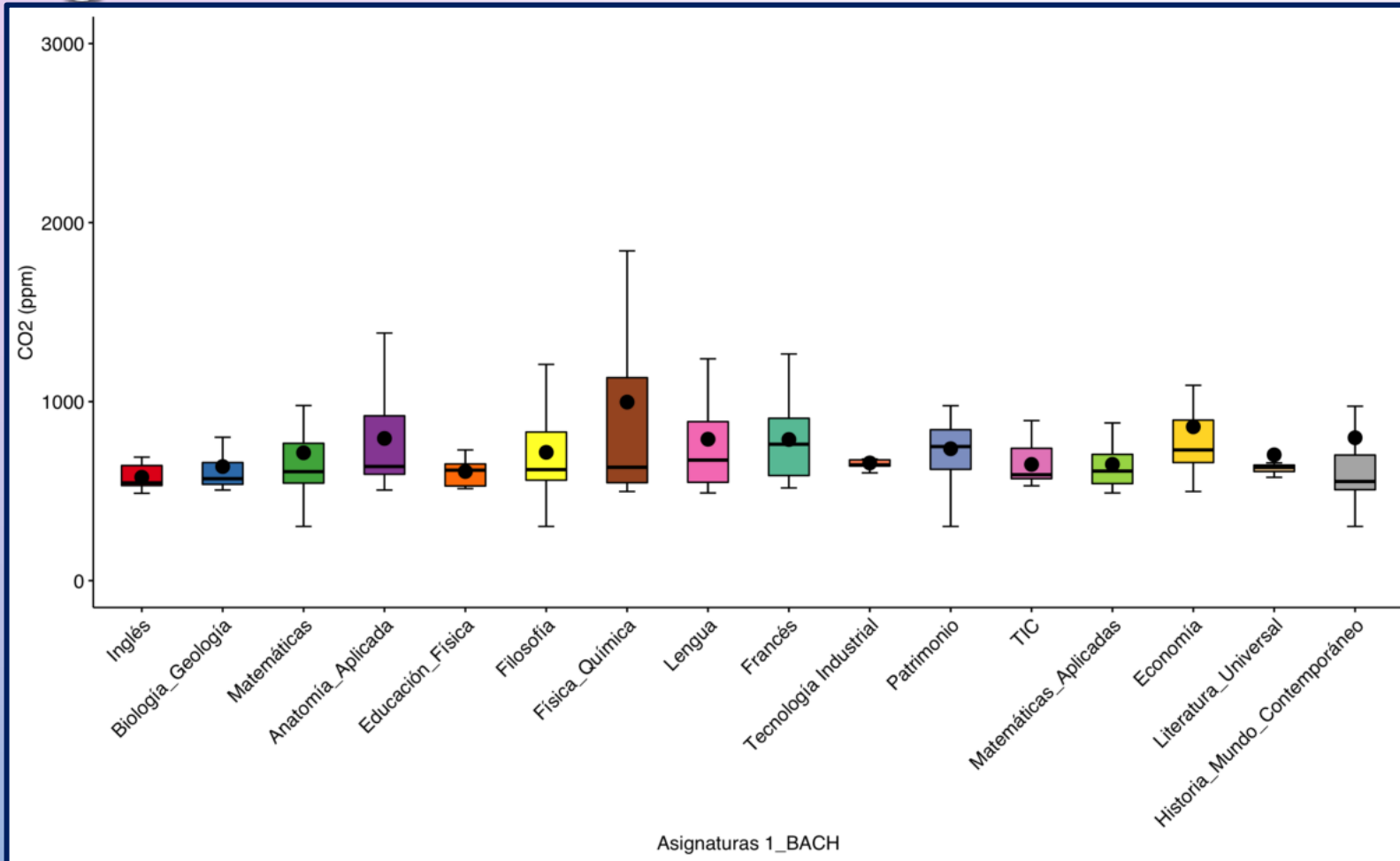
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE 4º ESO A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Refuerzo_Troncales	1240.952	a
Iniciación_Actividad_Empresarial	910.667	ab
Geografía_Historia	870.979	b
Francés	736.167	b
Plástica	701.333	b
Latín	699.130	b
Valores_Éticos	696.500	b
Economía	695.320	b
Matemáticas	684.306	b
Inglés	681.557	b
Lengua	668.696	b
Educación_Física	569.444	b

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

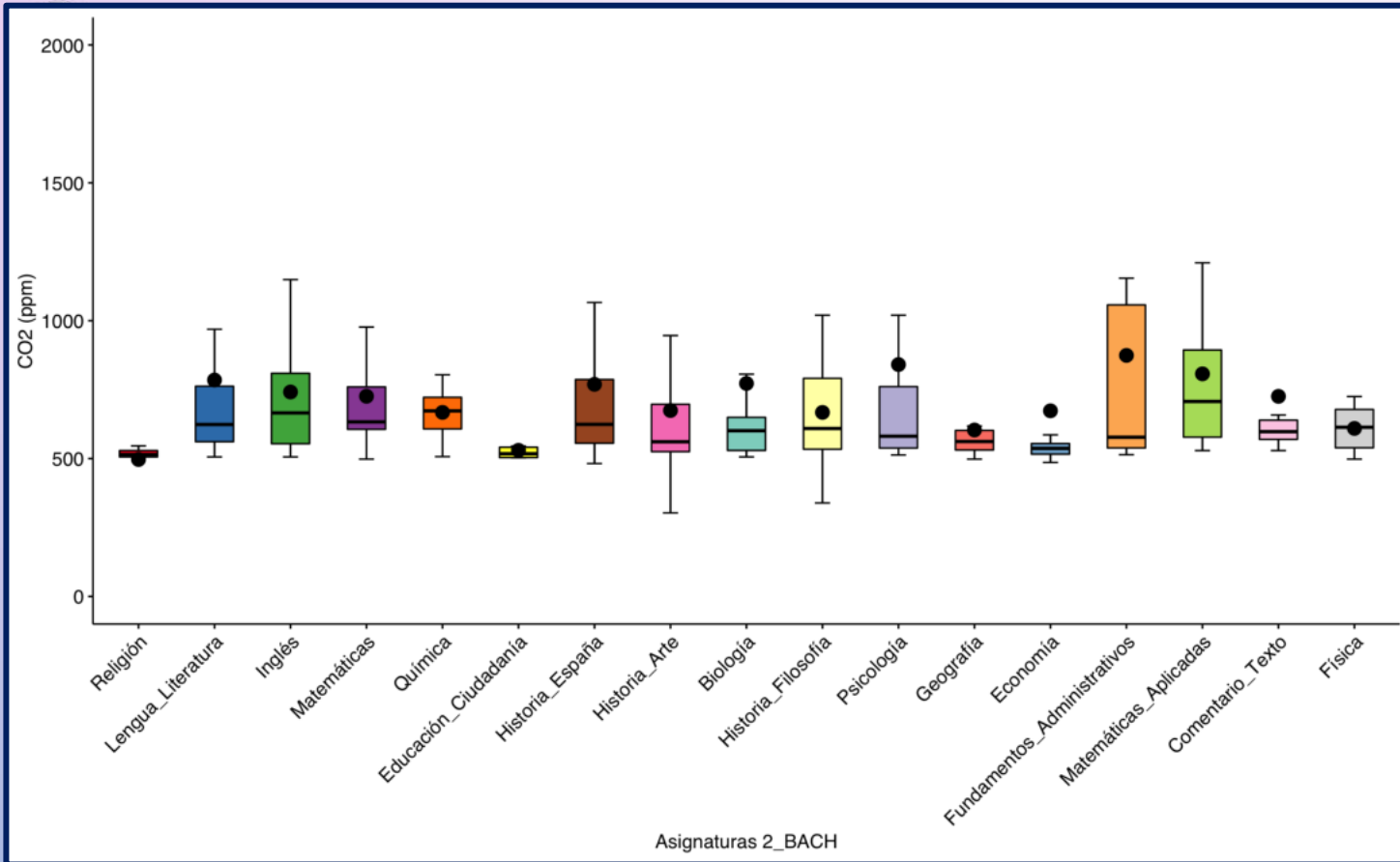
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE 1º BACH A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Física_Química	997.500	a
Economía	859.441	ab
Historia_Mundo_Contemporáneo	798.261	ab
Anatomía_Aplicada	794.318	ab
Lengua	790.061	ab
Francés	788.375	ab
Patrimonio	736.857	ab
Filosofía	716.815	b
Matemáticas	714.375	b
Literatura_Universal	703.000	b
Tecnología Industrial	657.500	b
Matemáticas_Aplicadas	649.600	b
TIC	649.083	b
Biología_Geología	637.395	b
Educación_Física	609.581	b
Inglés	577.650	b

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

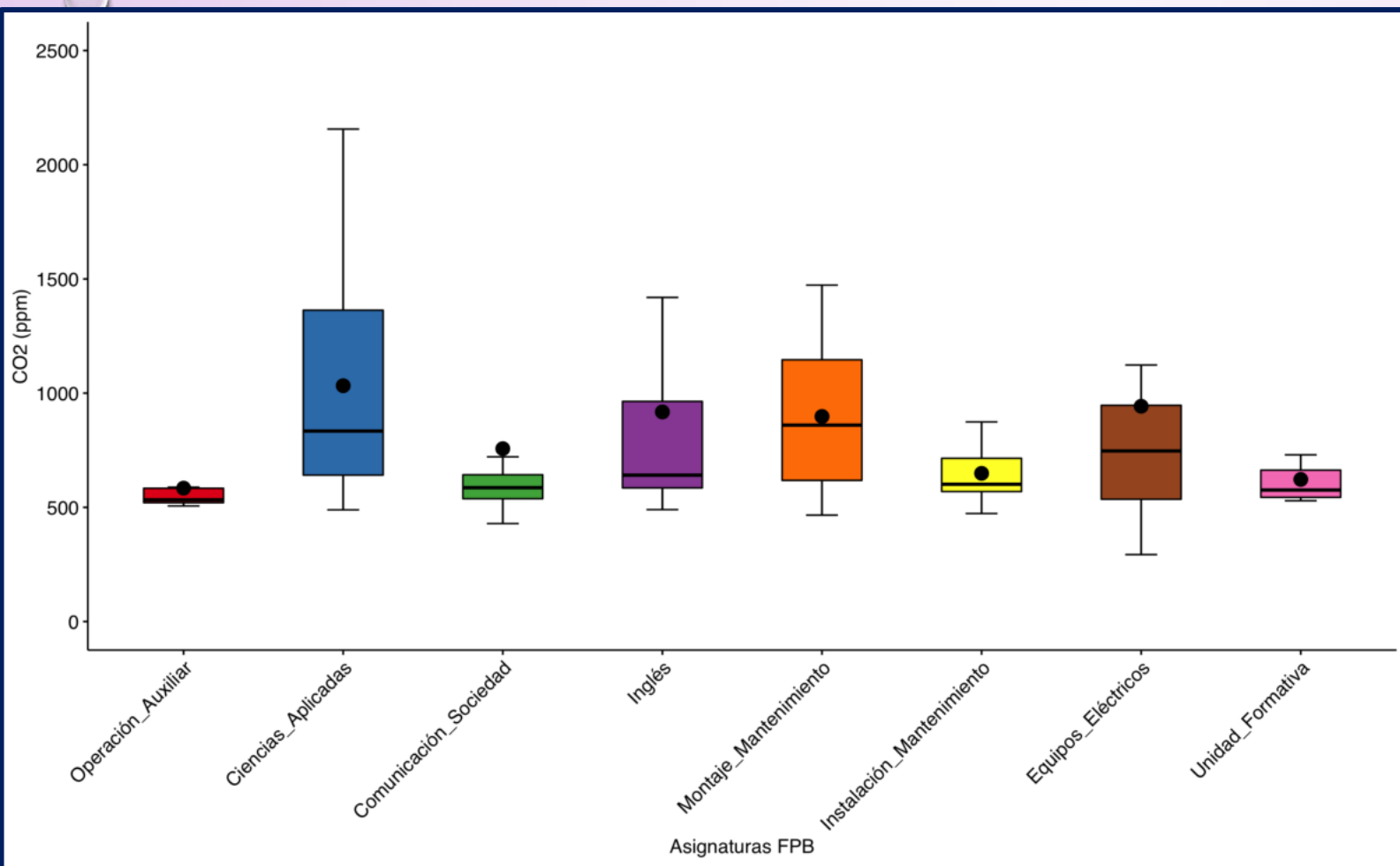
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE 2º BACH A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Fundamentos_Administrativos	874.167	a
Psicología	840.907	a
Matemáticas_Aplicadas	807.250	a
Lengua_Literatura	784.833	a
Biología	772.435	a
Historia_España	769.243	a
Inglés	741.429	a
Matemáticas	725.980	a
Comentario_Texto	725.667	a
Historia_Arte	674.356	a
Economía	673.211	a
Química	667.478	a
Historia_Filosofía	667.415	a
Física	609.375	a
Geografía	603.586	a
Educación_Ciudadanía	530.000	a
Religión	496.667	a

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

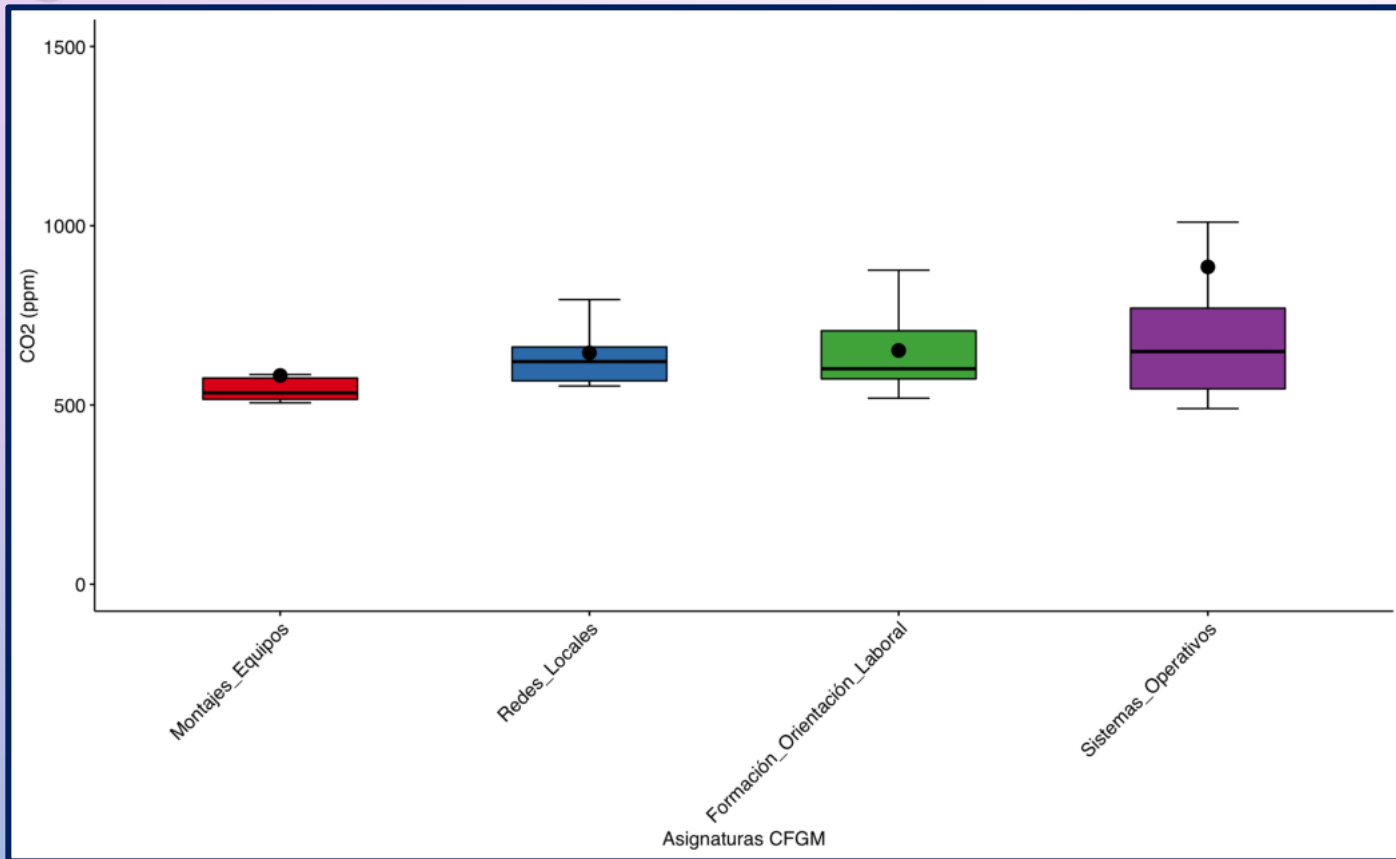
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE FPB A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Ciencias_Aplicadas	1032.646	a
Equipos_Eléctricos	942.676	ab
Inglés	917.667	ab
Montaje_Mantenimiento	897.857	ab
Comunicación_Sociedad	756.975	ab
Instalación_Mantenimiento	648.870	b
Unidad_Formativa	622.250	b
Operación_Auxiliar	584.100	b

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

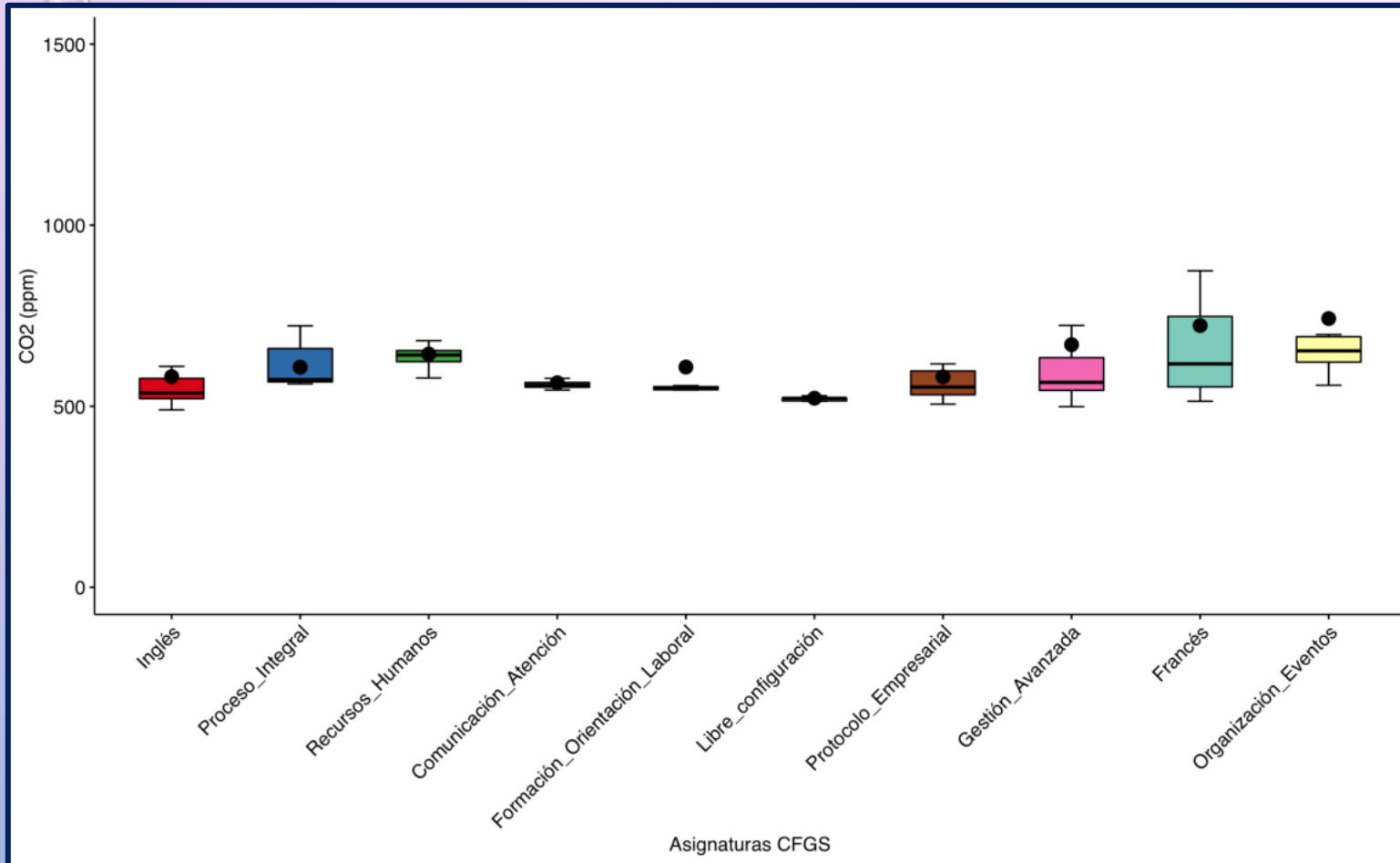
CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE CFGM A LOS VALORES CO₂



Asignatura	CO ₂	Grupos
Sistemas_Operativos	885.190	a
Formación_Orientación_Laboral	652.000	a
Redes_Locales	645.458	a
Montajes_Equipos	582.400	a

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

CONTRIBUCIÓN DE LAS ASIGNATURAS DE CFGS A LOS VALORES CO₂



Asignatura.	CO2	Grupos
Organización_Eventos	742.167	a
Francés	722.884	a
Gestión_Avanzada	670.028	a
Recursos_Humanos	644.083	a
Formación_Orientación_Laboral	608.250	a
Proceso_Integral	607.833	a
Inglés	581.879	a
Protocolo_Empresarial	581.235	a
Comunicación_Atención	564.833	a
Libre_configuración	522.300	a

Las asignaturas que no aparecen en la gráfica es porque no se impartieron los días en los que se tomaron las medidas de CO₂

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTEMENTE

1. El número de personas que ocupan una estancia influye en las concentraciones acumuladas de CO₂. A partir de 20 personas ya se nota un efecto considerable en los valores medios de CO₂.
2. La presencia de ordenadores no tiene influencia en las concentraciones de CO₂ determinadas en las estancias donde los ordenadores estaban ubicados.
3. La superficie de salida del aire por las puertas en la mayoría de las estancias se encuentra entre 2 y 4 m², sin embargo, la media de CO₂ acumulado no es significativamente diferente entre ellas.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTEMENTE

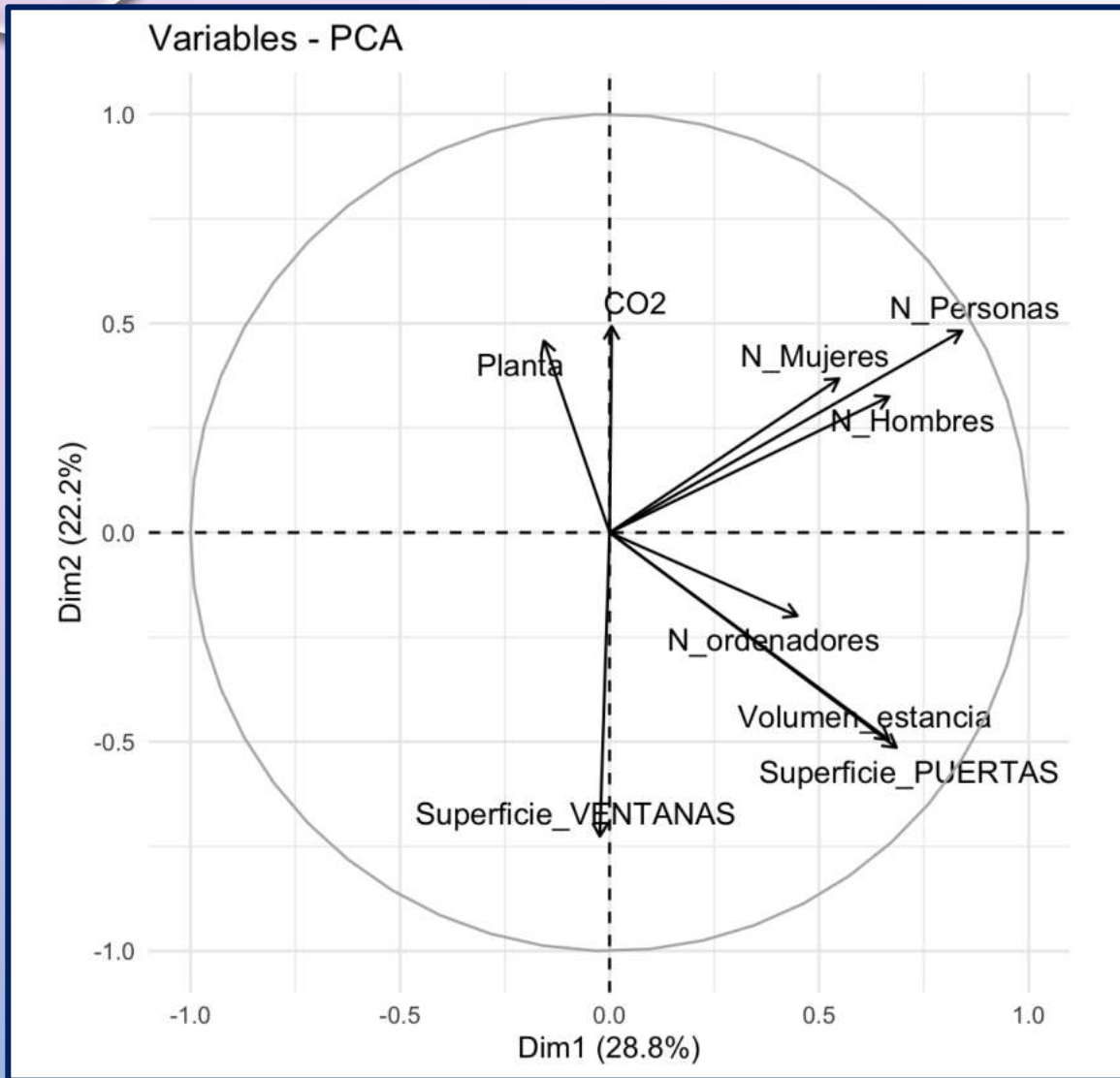
4. Las estancias de ocupación media que presentan un área de entrada de aire entre 4 y 7 m² son las que significativamente presentan menor concentración de CO₂. Al igual que ocurre con las dependencias con 1-2 m² de superficie de entrada de aire, pero de escasa ocupación
5. Las estancias con más de 400 m³ y las de 100 m³ de volumen, pero de escasa ocupación, acumulan poco CO₂.
6. Las aulas ubicadas en la segunda y tercera planta acumulan mayores concentraciones de CO₂. Este efecto podría deberse a la mayor temperatura alcanzada en esta zona del IES.
7. Las diferentes asignaturas de currículum contribuyen de forma diferente a la acumulación de CO₂. Esto deriva de la diversidad metodológica de cada una y de la actividad concreta que se realizara el día muestreado.



ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES PCA

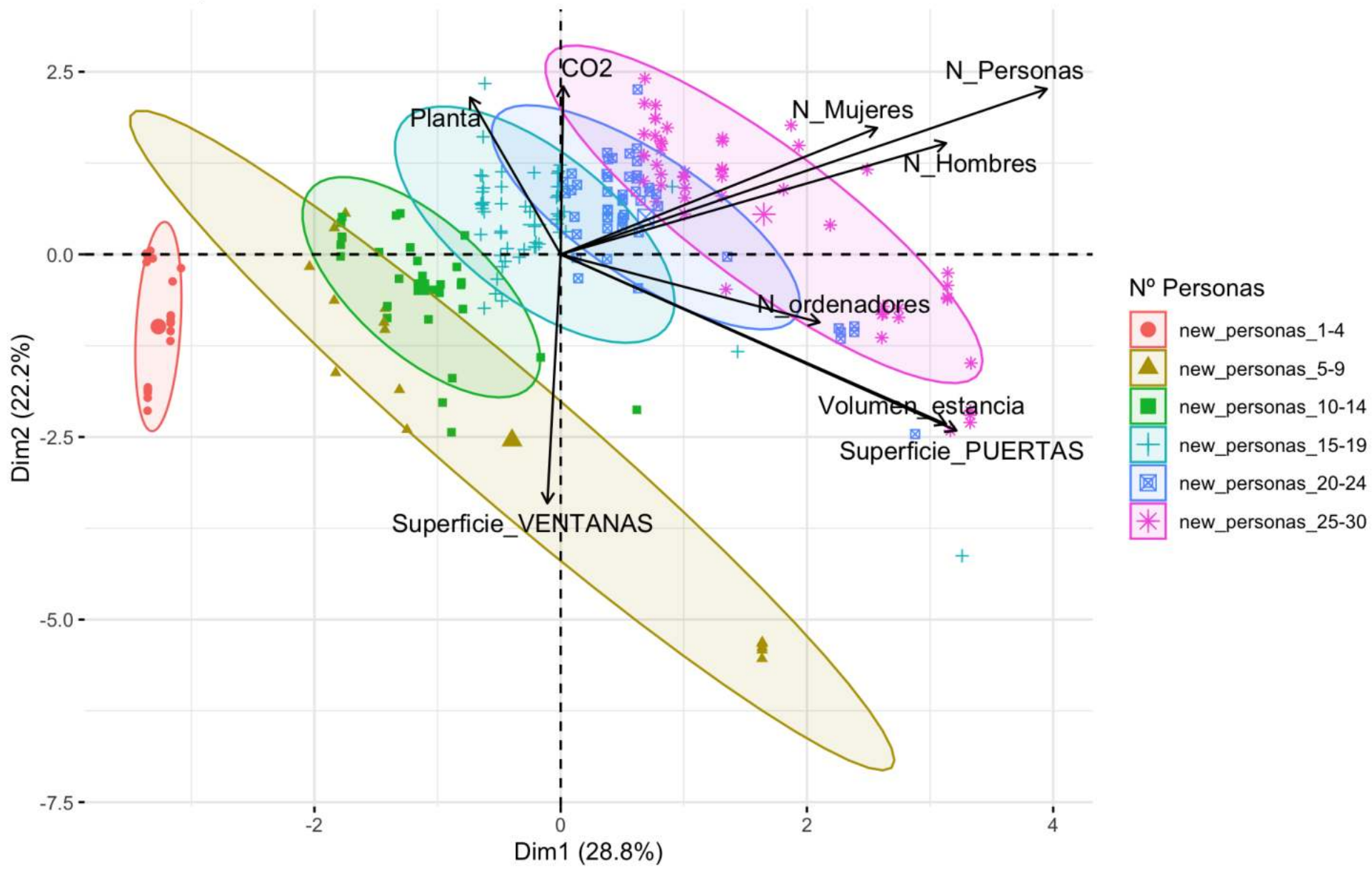
Estudio de la interrelación de las
variables estudiadas



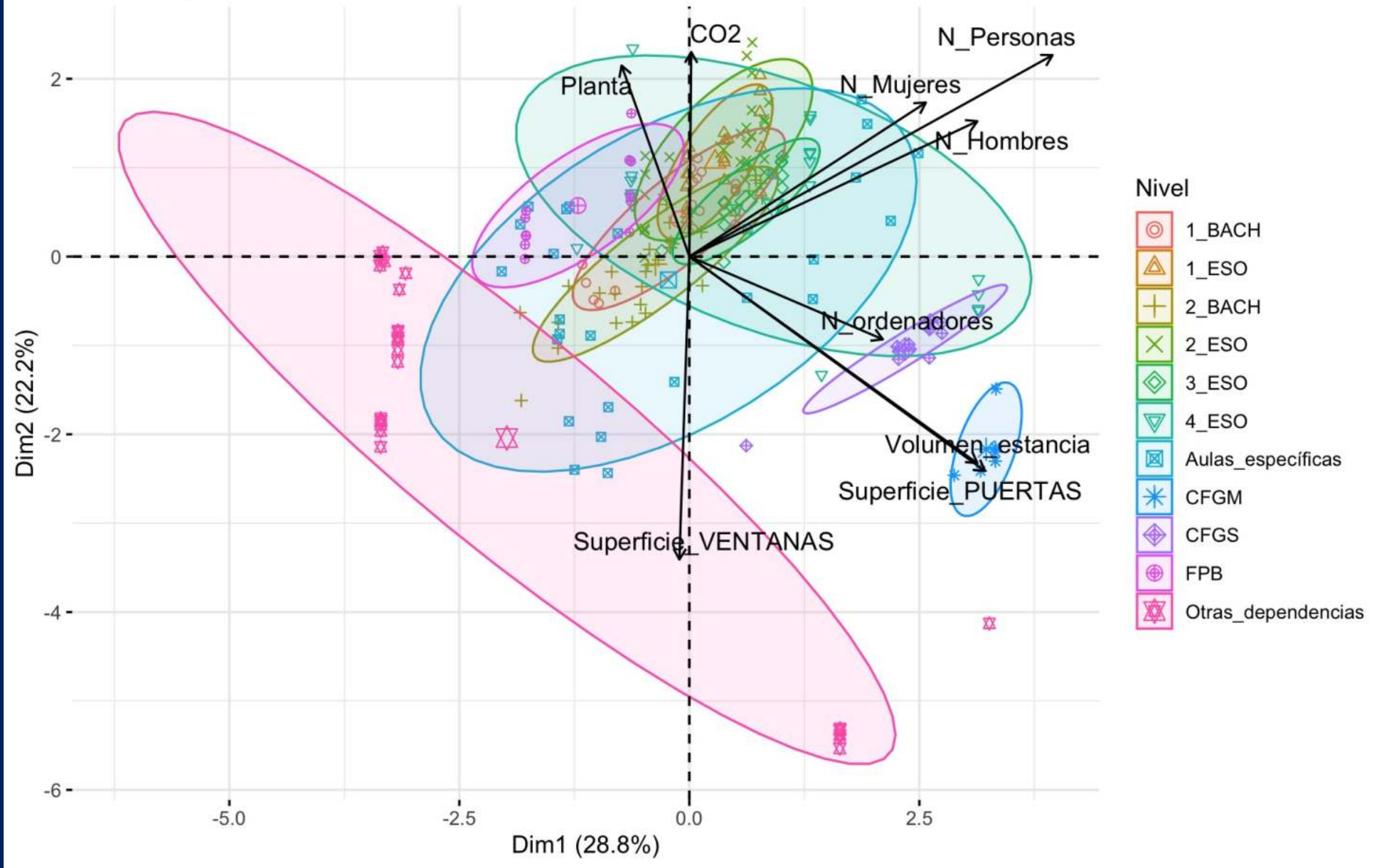


Variable	correlation	p.value
CO2	4.93113e-01	8.05729e-15
N_Personas	4.82139e-01	3.77859e-14
Planta	4.58091e-01	9.26255e-13
N_Mujeres	3.68007e-01	1.98767e-08
N_Hombres	3.24688e-01	9.05412e-07
N_ordenadores	-1.98915e-01	3.11228e-03
Volumen_estancia	-4.95231e-01	5.94198e-15
Superficie_PUERTAS	-5.13812e-01	3.74215e-16
Superficie_VENTANAS	-7.26050e-01	3.78560e-37

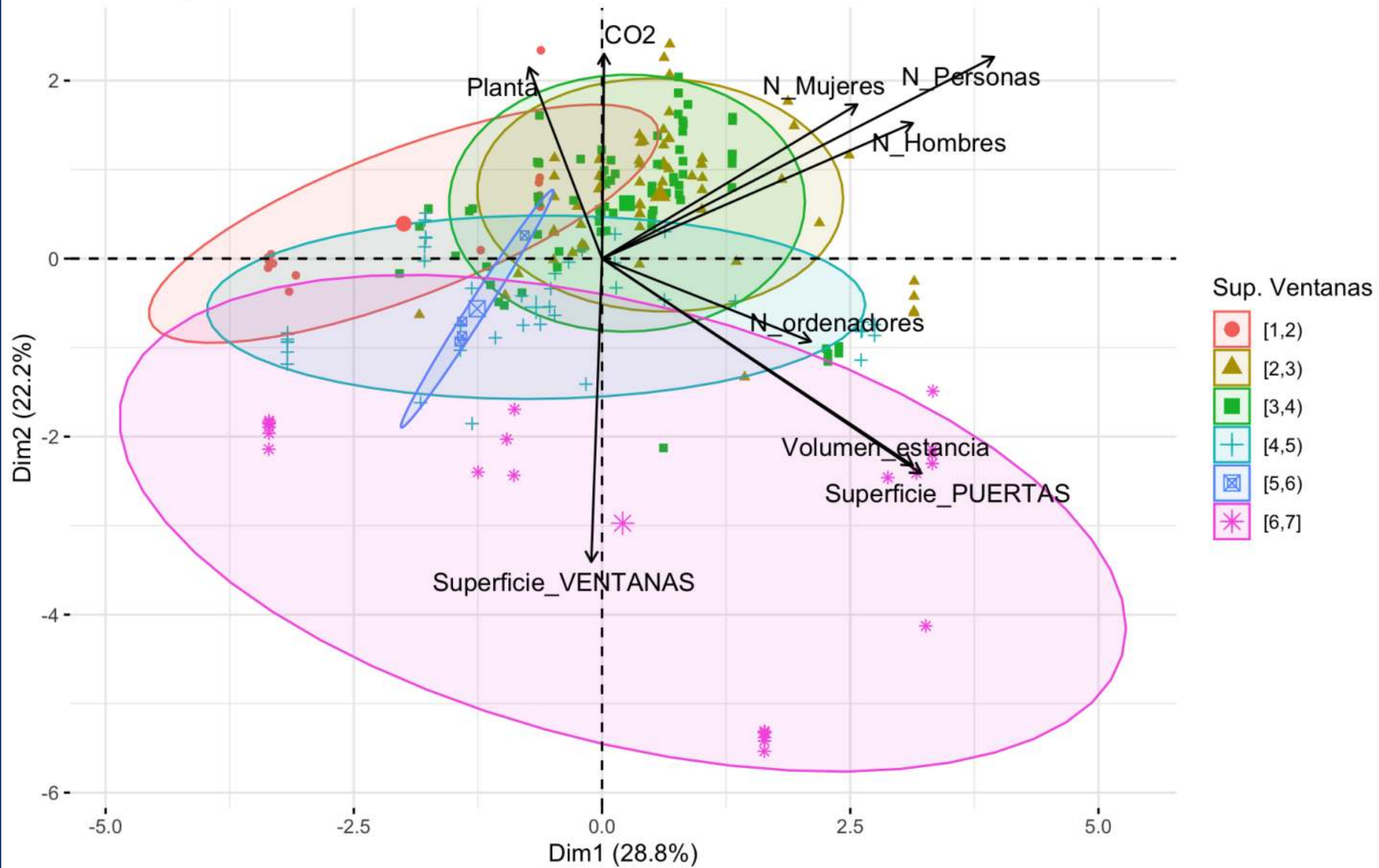
PCA - Biplot



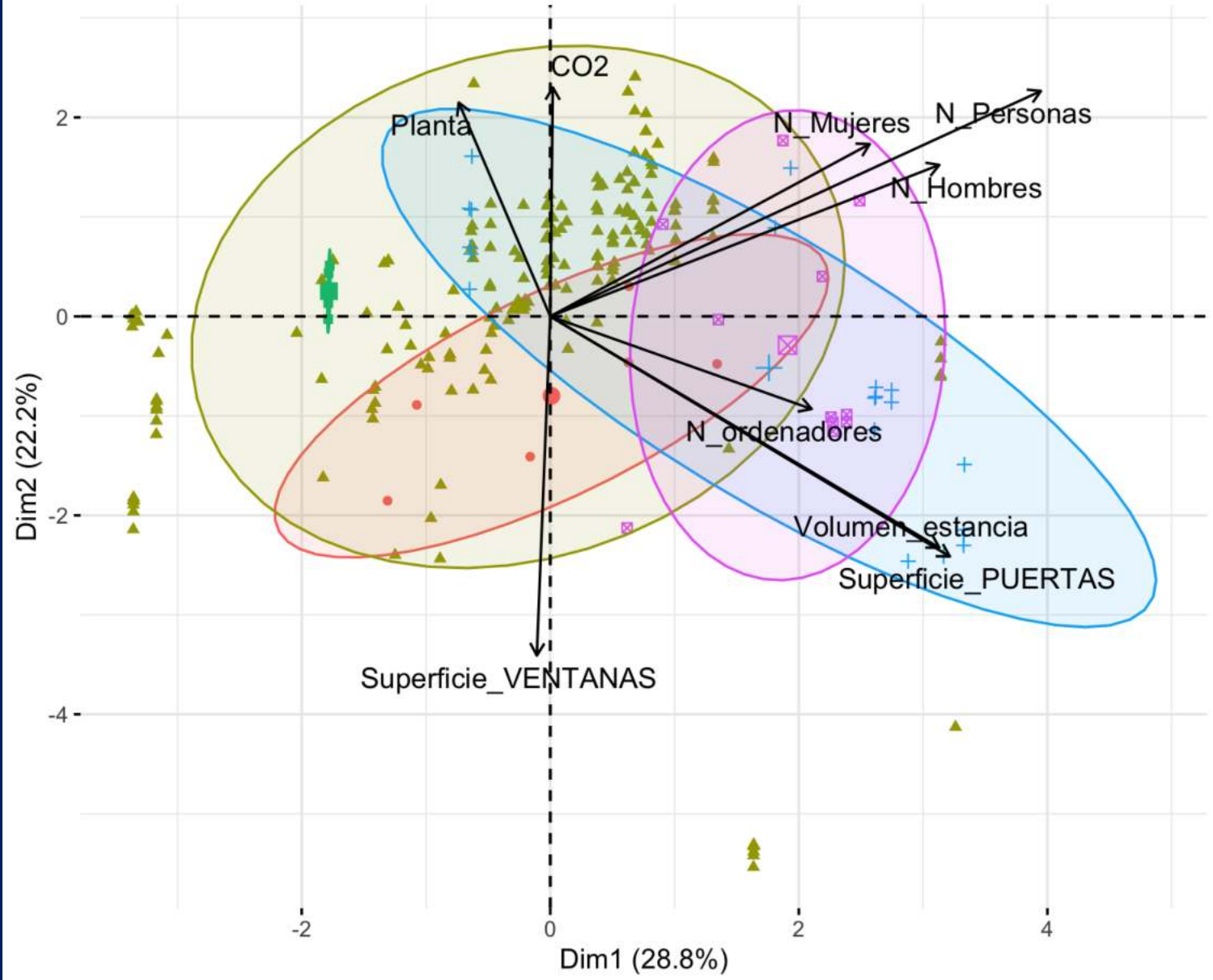
PCA - Biplot



PCA - Biplot



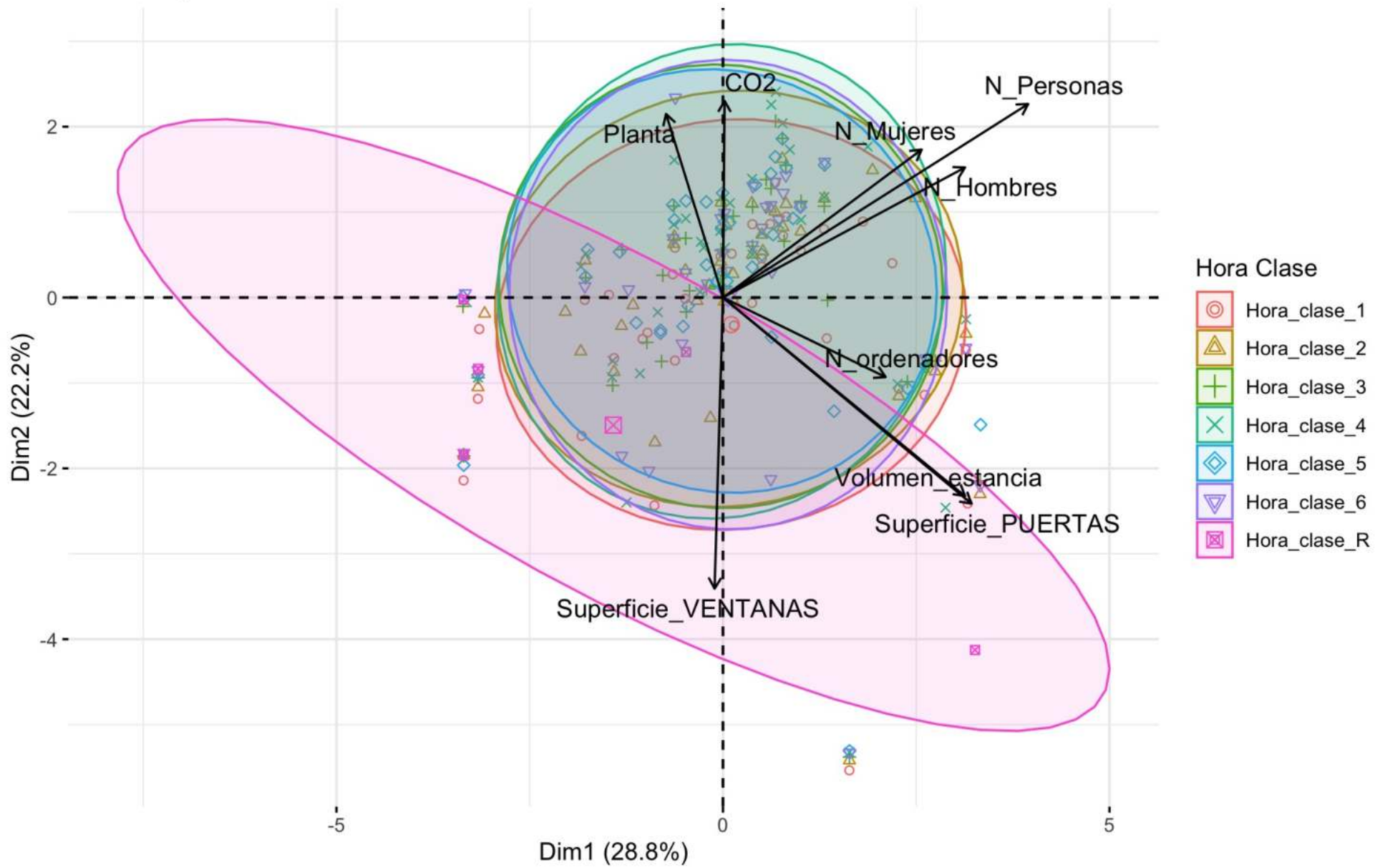
PCA - Biplot



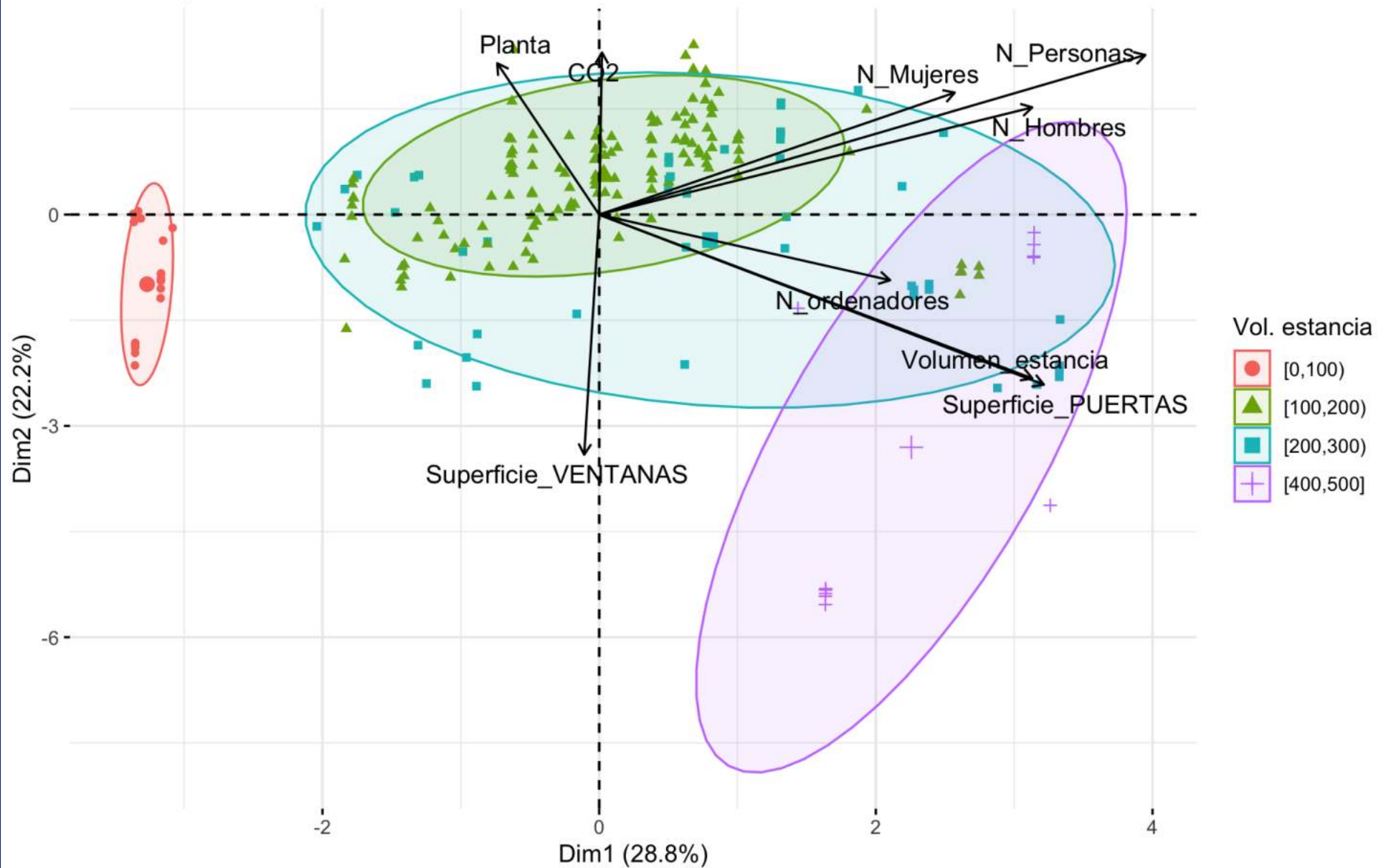
Nº ordenadores

- new_ordenadores_0 (Red circle)
- new_ordenadores_1-9 (Green triangle)
- new_ordenadores_10-19 (Green square)
- new_ordenadores_20-29 (Blue plus)
- new_ordenadores_30-39 (Purple square with X)

PCA - Biplot



PCA - Biplot



CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL PCA

1. El orden de dependencia, y por tanto de importancia, de las variables con correlación positiva que **aumentan la concentración de CO₂** en el aire es el siguiente:
 - **En primer lugar, Número de personas**
 - **En segundo lugar, Localización en la Planta del Edificio.**

La variable que más contribuye positivamente a la concentración de CO₂ es el número de personas. Es decir, la concentración de CO₂ en una estancia depende principalmente del número de ocupantes de esta. Los hombres contribuyen algo más al incremento de esta concentración. La variable número de personas es la primera que debería tenerse en cuenta, dentro de la autonomía posible del centro, para controlar la acumulación de aerosoles en las aulas, procurando que este no sea muy elevado. La segunda variable que influye es la planta, las estancias en las plantas bajas acumulan menos CO₂.

CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DEL PCA

2. Las variables que afectan **disminuyendo la concentración de CO₂** y que tienen correlación negativa con esta son, por orden de importancia, las siguientes:
 - **En primer lugar, Superficie de Ventanas**
 - **En segundo lugar, Superficie de Puertas**
 - **En tercer lugar, Volumen de la Estancia**

Así pues, a mayor superficie de ventanas menor será la concentración de CO₂, los vectores son totalmente opuestos. La superficie de las puertas y volumen de la estancia influye también, aunque en menor medida, ya que los vectores forman un ángulo de 130° respecto al vector CO₂, pero se encuentra en un cuadrante opuesto del lado opuesto en el círculo de correlación. Respecto a la variable número de ordenadores, esta forma un ángulo aún menor, pero la longitud de su vector es inferior a la de los anteriores y su número de correlación negativa muy bajo. Esto indicaría que su acción habría de interpretarse en interacción con otras variables como el volumen de la estancia, superficie de puertas y ventanas, etc., ya que no contribuye mucho a la concentración de CO₂.

3. El orden establecido en ambos casos establece un orden de priorización, tanto en positivo como en negativo, a la hora de tomar decisiones para el control de transmisión del virus Covid 19 dentro de las posibilidades de actuación del centro.

BIBLIOGRAFÍA.

- MINGUILLÓN, M. C, QUEROL, X, FELISI, J.M. y GARRIDO, T. “**Guía para ventilación en las aulas**”. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEA.CSIC. Ministerio de Ciencia e Innovación y Mesura. Versión 3. 6 nov 2020.
- BERENGUER , M.J y BERNAL F.”NTP 549: “**El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior**” Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales.
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

MUCHAS GRACIAS