

Informe de ventilación

CASO DE ESTUDIO SOBRE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE
Y CONFORT EN MUSEU DE LES CIÈNCIES Y HEMISFÈRIC

03.03.21 - 02.05.21

para la reducción de riesgo de contagios de COVID19 por aerosoles



VERSIÓN 1

María Cruz Minguillón, Xavier Querol, José Manuel Felisi y Tomás Garrido



Elaborada por: *CSIC-IDAEA y Mesura*



Esta guía ha contado con la participación y colaboración de: *Ministerio de Ciencia e Innovación, La Ciutat de les Arts i les Ciències y mimoCO₂*



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES

2. OBJETO DEL ESTUDIO Y PLANO

3. EVALUACIÓN DE RIESGO DE CONTAGIO POR AEROSOLES

3.1. Sala 1. Ciencia

3.2. Teatro de la Ciencia

3.3. Play

3.4. Sala Marte

3.5. Cromosoma 7

3.6. Hemisfèric

4. EVALUACIÓN DE LA VENTILACIÓN Y CONFORT

4.1. Temperatura

4.1.1. Sala 1. Ciencia

4.1.2. Teatro de la Ciencia

4.1.3. Play

4.1.4. Sala Marte

4.1.5. Cromosoma 7

4.1.6. Hemisfèric

4.2. Humedad

4.2.1. Sala 1. Ciencia

4.2.2. Teatro de la Ciencia

4.2.3. Play

4.2.4. Sala Marte

4.2.5. Cromosoma 7

4.2.6. Hemisfèric

5. EVALUACIÓN DE LA AFLUENCIA DE VISITANTES

5.1. Museo

5.2. Play

5.3. Sala Marte

5.4. Hemisfèric

6. CORRELACIÓN RIESGO DE CONTAGIO VS AFORO

6.1. Museo

6.2. Play

6.3. Sala Marte

6.4. Hemisfèric

7. CONCLUSIONES



1. Antecedentes

1. ANTECEDENTES

El control sobre la concentración de CO₂ tiene dos beneficios.

El primer beneficio sería que el mantener bajos niveles de CO₂ en ambientes interiores favorece una reducción de incidencia en la tasa de contagio aéreo de enfermedades como gripe, sarampión y tuberculosis, y ahora COVID-19. Una persona infectada, cada vez que exhala CO₂ al ambiente también lo hace con los virus que se quedan en el ambiente como el humo. Menos CO₂ interiores equivale a menos concentración vírica en ambiente.

Habitualmente se habla de valores de renovación de aire que asegure que estamos por debajo de 500 ppm sobre el valor exterior. Esto equivale a unas 900 ppm de umbral máximo. En espacios sin ventilación los valores suelen estar entre 1500 ppm y 3000 ppm según, volumen de la sala, ratio de ocupación y tiempo de estancia.

En pandemia el grupo de investigadores de AIREAMOS habla de umbrales de 700 ppm. Estos valores son indicadores de muy baja concentración de virus.

La ventilación reduce contagios, CO₂ dice si está bien

- OMS, CDC, Min. Sanidad y Ciencia: la ventilación es muy importante para frenar la transmisión.
- Demostrado para otras enfermedades de transmisión aérea como tuberculosis (caso en Taiwan)
- Difícil ventilar en invierno
- CO₂ nos ayuda a ver si la ventilación es suficiente



Fuente: José Luis Jiménez

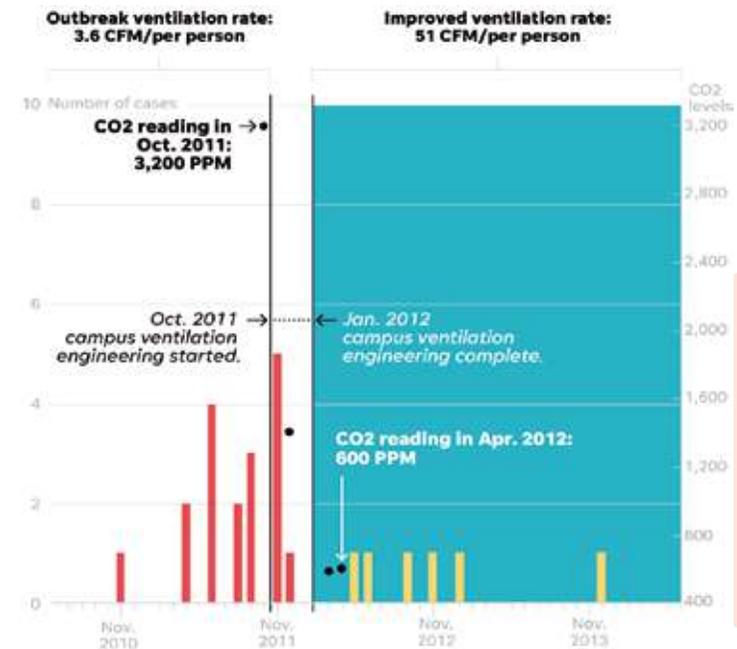


Figura 1: Reducción de riesgos gracias a la ventilación (dilución de contaminantes y concentración de virus crítica en el aire)

El segundo beneficio es la reducción del impacto del CO₂ en la somnolencia/aletargamiento por exposición a valores por encima de 1000 ppm.

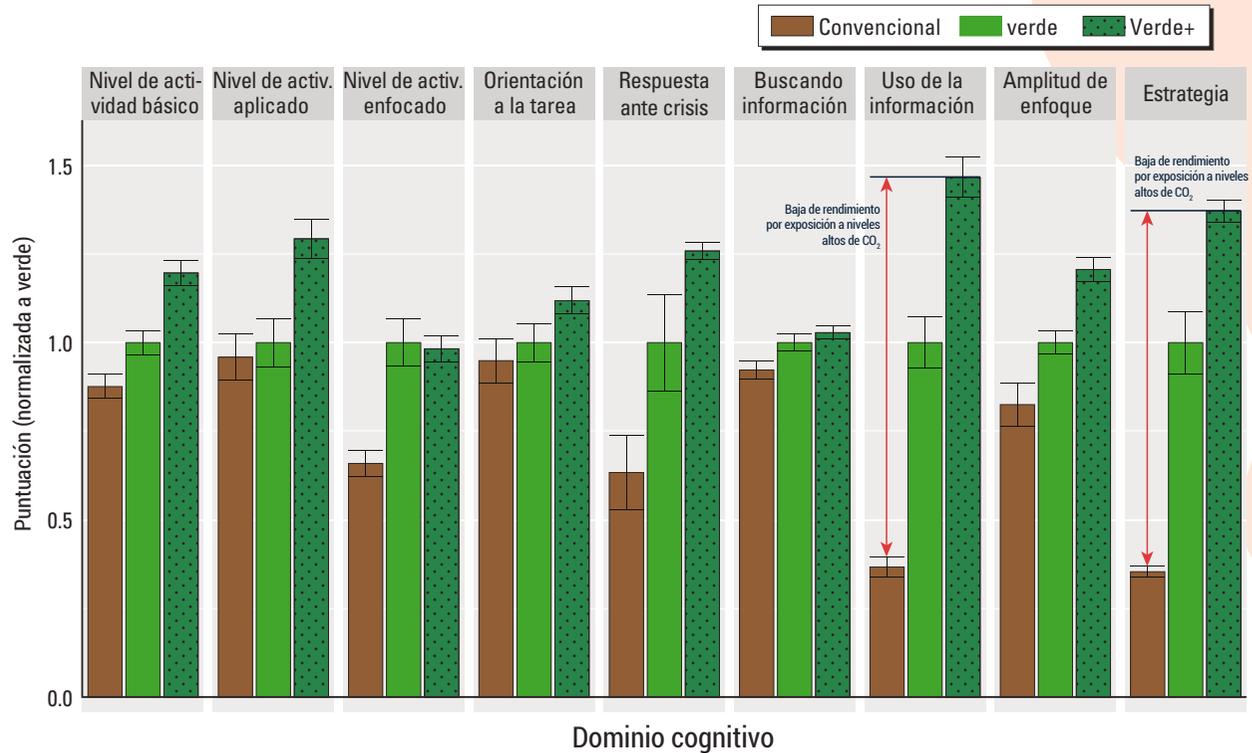
Si mantenemos un orden cercano a 700 ppm tendremos también el beneficio positivo que da tener un espacio saludable y activo.



CONCLUSIÓN:

El riesgo de contagio por aerosoles está en la dosis. Bajo tiempo de exposición a concentraciones bajas de CO₂ exhalado son el marco de un ESPACIO SALUDABLE.

No excluye el uso obligatorio de mascarillas en espacios públicos.



Descripción de los dominios cognitivos evaluados.

Dominio de función cognitiva	Descripción
Nivel de actividad básico	Capacidad general para tomar decisiones en todo momento.
Nivel de actividad aplicado	Capacidad para tomar decisiones orientadas a objetivos generales.
Nivel de actividad enfocado	Capacidad para prestar atención a las situaciones que se presentan.
Orientación a la tarea	Capacidad para tomar decisiones específicas que están orientadas a completar las tareas en cuestión.
Respuesta ante crisis	Capacidad para planificar, estar preparado y elaborar estrategias en situaciones de emergencia.
Buscando información	Capacidad para recopilar información según sea necesario de diferentes fuentes disponibles
Uso de la información	Capacidad para utilizar tanto la información proporcionada como la información que se ha recopilado para alcanzar las metas generales
Amplitud de enfoque	Capacidad para tomar decisiones en múltiples dimensiones y utilizar una variedad de opciones y oportunidades para lograr metas.
Estrategia	Parámetro de pensamiento complejo que refleja la capacidad de utilizar soluciones bien integradas con la ayuda de un uso óptimo de la información y la planificación.

Figura 2: Mostramos los beneficios en cuanto a rendimiento escolar en esta gráfica.

(Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments Joseph G. Allen, Piers MacNaughton, Usha Satish, Suresh Santanam, Jose Vallarino, and John D. Spengler. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.15110037>)

2. Objeto del estudio y plano

2. OBJETO DEL ESTUDIO Y PLANO

El objetivo de este estudio es incorporar conocimiento innovador sobre la calidad ambiental interior y su relación con el confort. El Museu de les Ciències y Hemisfèric servirán de referencia para la adecuada gestión de la ventilación/renovación aire en espacios interiores. La pandemia abre una oportunidad para aplicar tecnologías innovadoras en favor de repensar los espacios interiores como lugares que protegen nuestra salud y la de los que nos rodean.

Los espacios interiores saludables son compatibles con su gestión energética y su confort.

Para abordar el objetivo realizaremos un estudio con toma de datos masivos de CO₂, temperatura y humedad en los siguientes puntos:

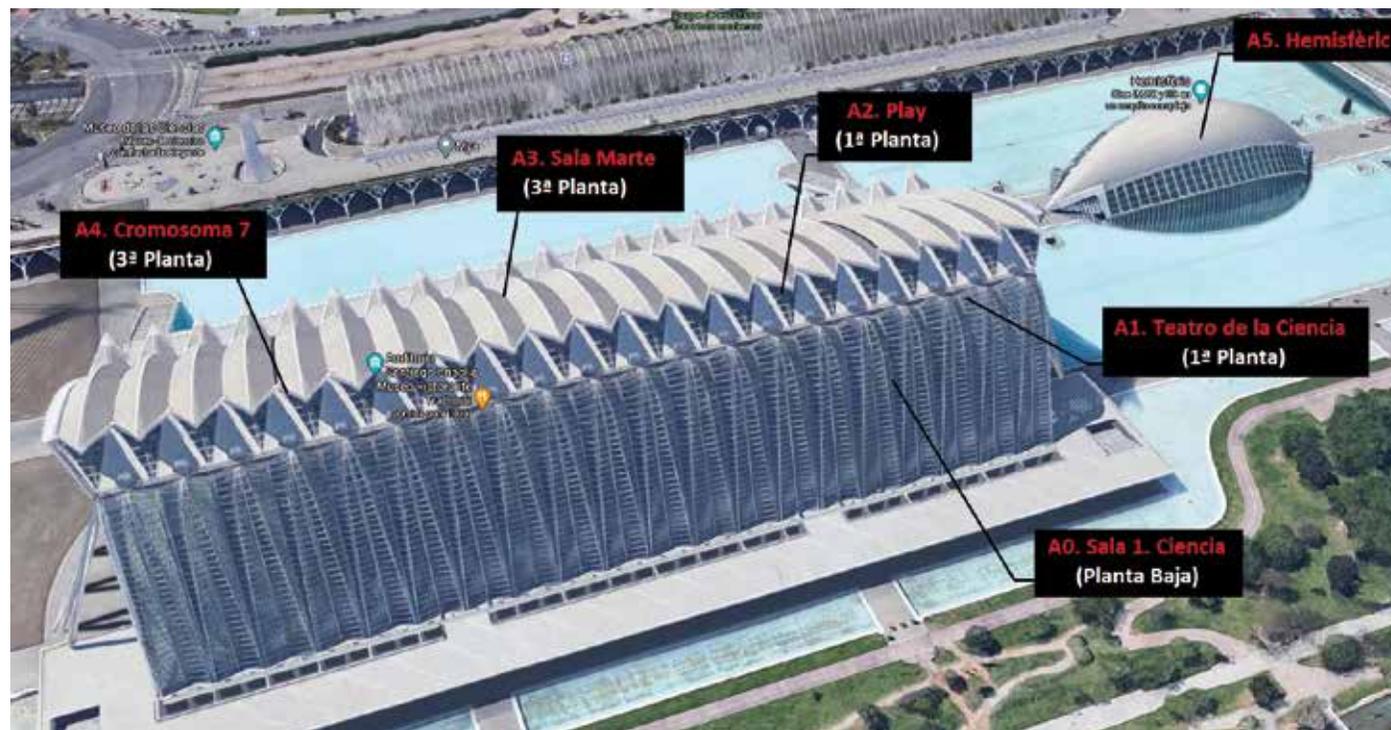


Figura 3: Plano de ubicación de los medidores.



A0. Sala 1 Ciencias



A1. Teatro de la Ciencia



A2. Play. Guitarra



Medidor CO₂



A3. Marte rover



A4. Cromosoma 7. Hablar



A5. Hemisfèric (1)



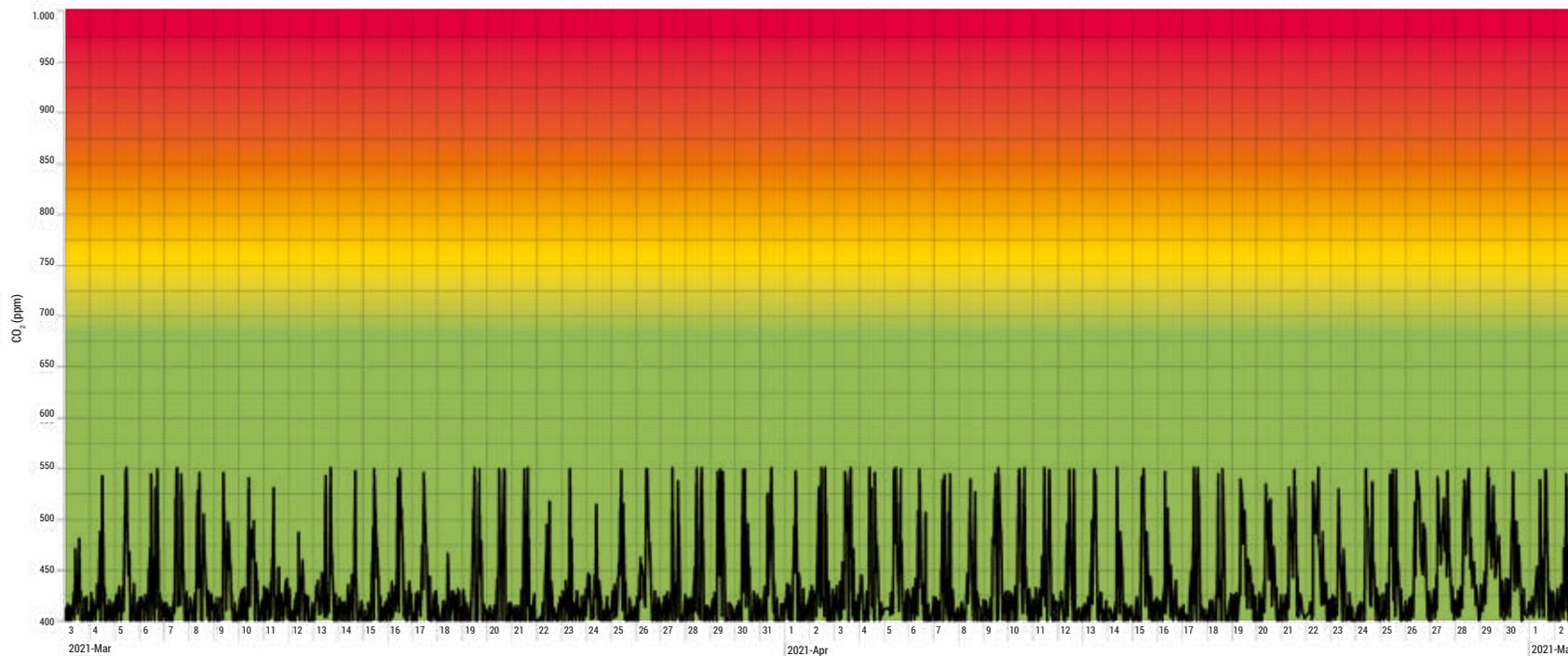
A5. Hemisfèric (2)

3. Evaluación de riesgo de contagio por aerosoles

3. EVALUACIÓN DE RIESGO DE CONTAGIO POR AEROSOLES

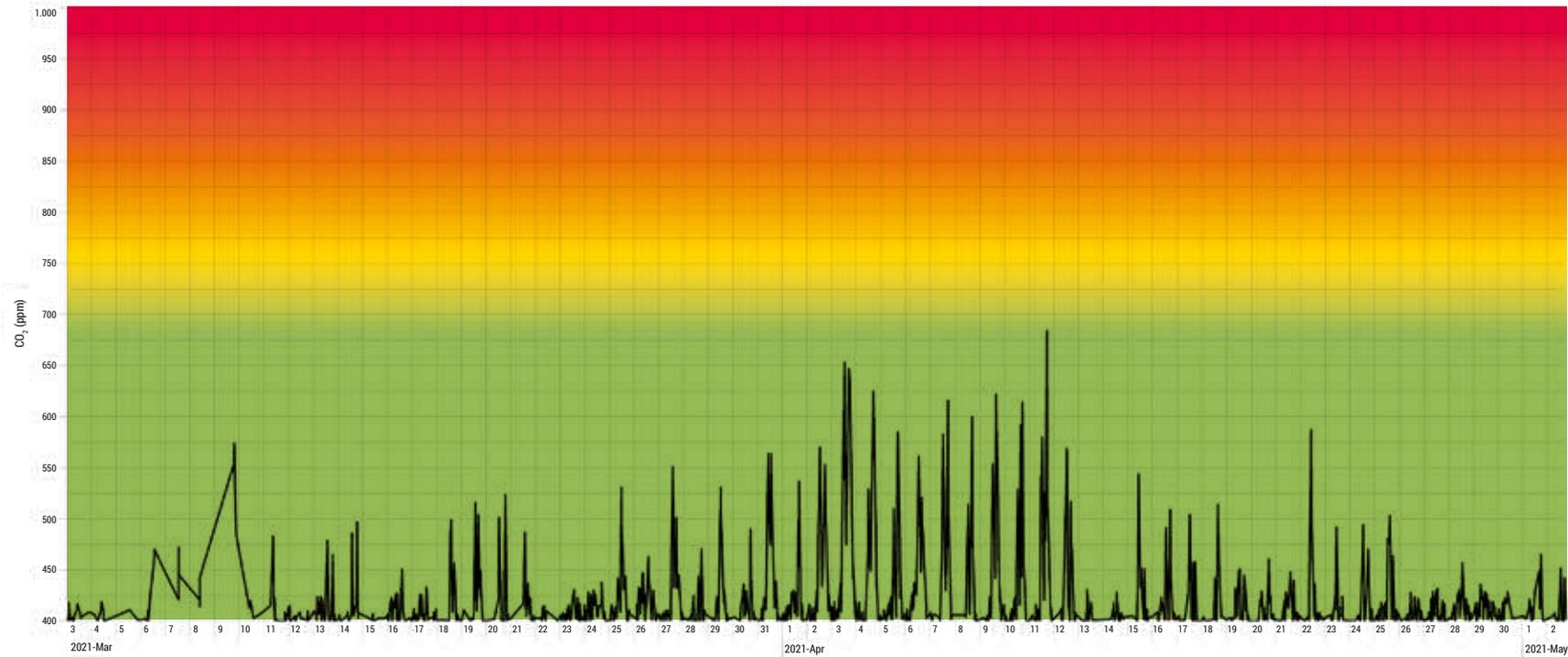
A continuación, se muestra la evolución del CO₂ entre el 3 de marzo y 2 de mayo de 2021.

3.1. Sala 1. Ciencia



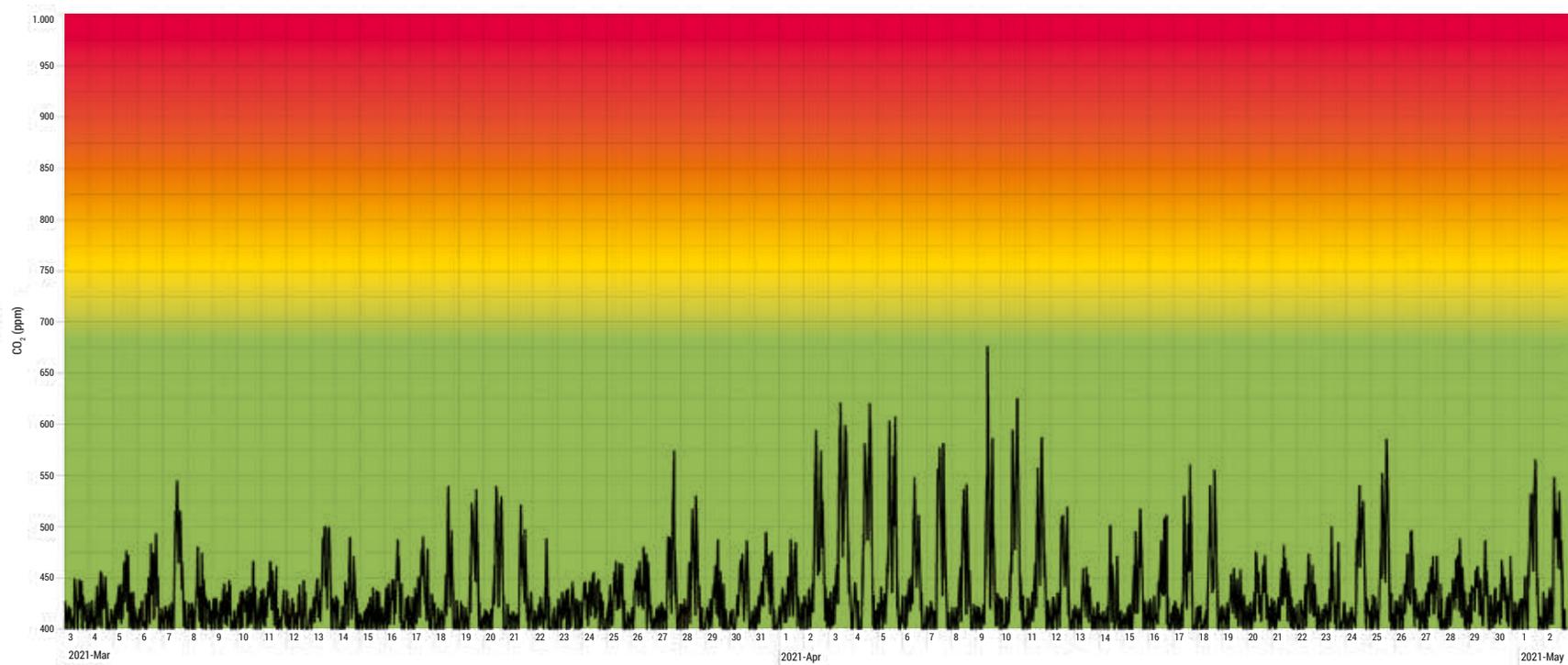
En esta sala, a pesar de manipular CO₂ sólido para la realización de talleres los valores se mantienen muy bajos por la ventilación pautada.

3.2. Teatro de la Ciencia



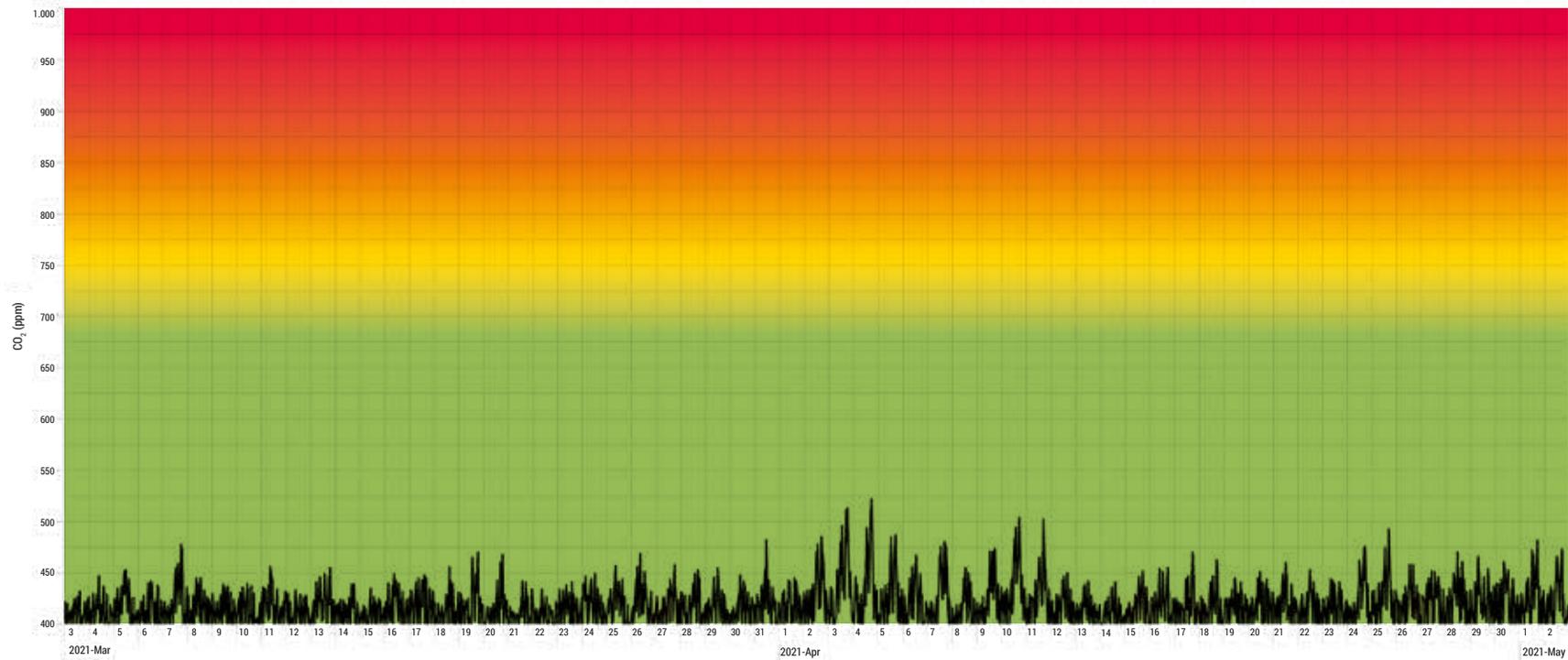
Los valores medios de CO₂ se mantienen por debajo de 450 ppm, teniendo picos entre 550 y 675 ppm.

3.3. Play



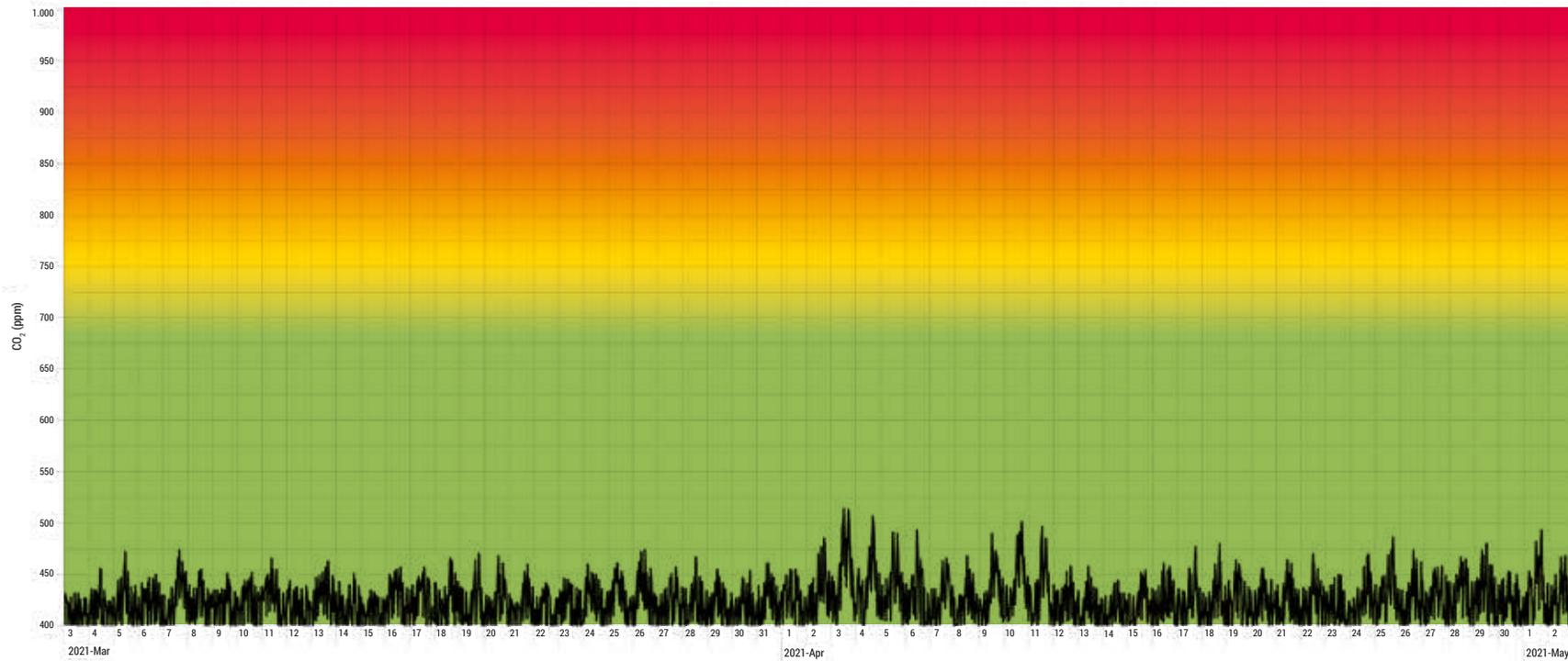
Los valores medios de CO₂ se mantienen por debajo de 450 ppm, teniendo picos entorno a 575 ppm.

3.4. Sala Marte



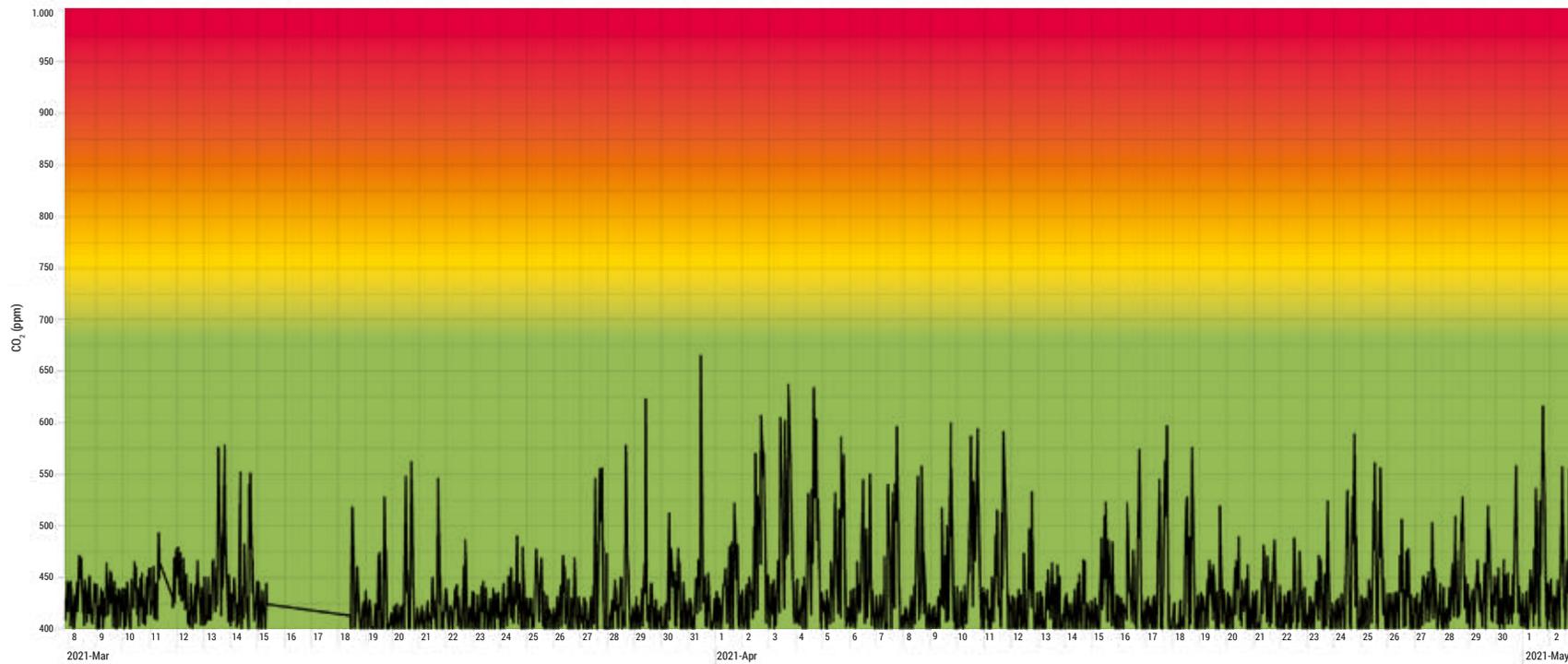
Los valores de CO₂ se mantienen por debajo de 450 ppm.

3.5. Cromosoma 7



Los valores de CO₂ se mantienen por debajo de 450 ppm.

3.6. Hemisfèric



Los valores medios de CO₂ se mantienen por debajo de 450 ppm, teniendo picos entre 500 y 600 ppm.

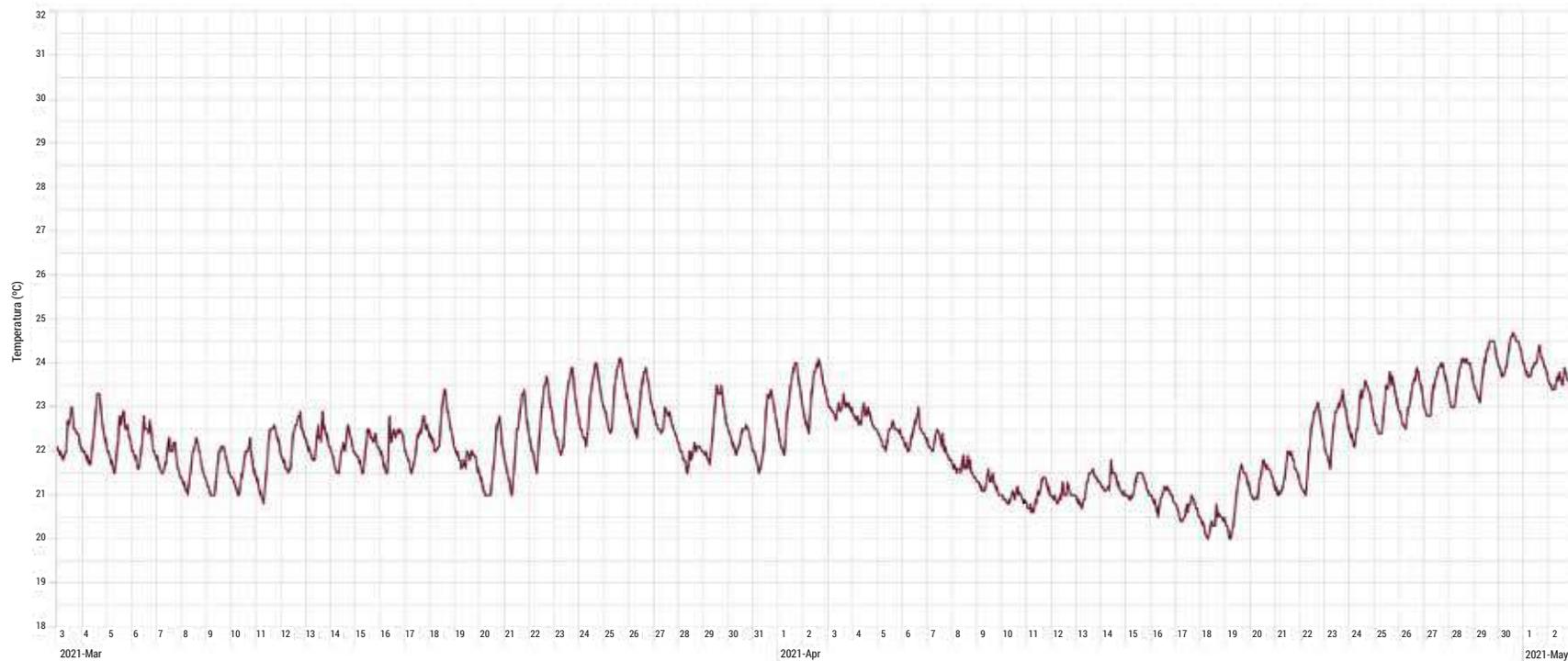
4. Evaluación de la ventilación y confort

4. EVALUACIÓN DE LA VENTILACIÓN Y CONFORT

4.1. Temperatura

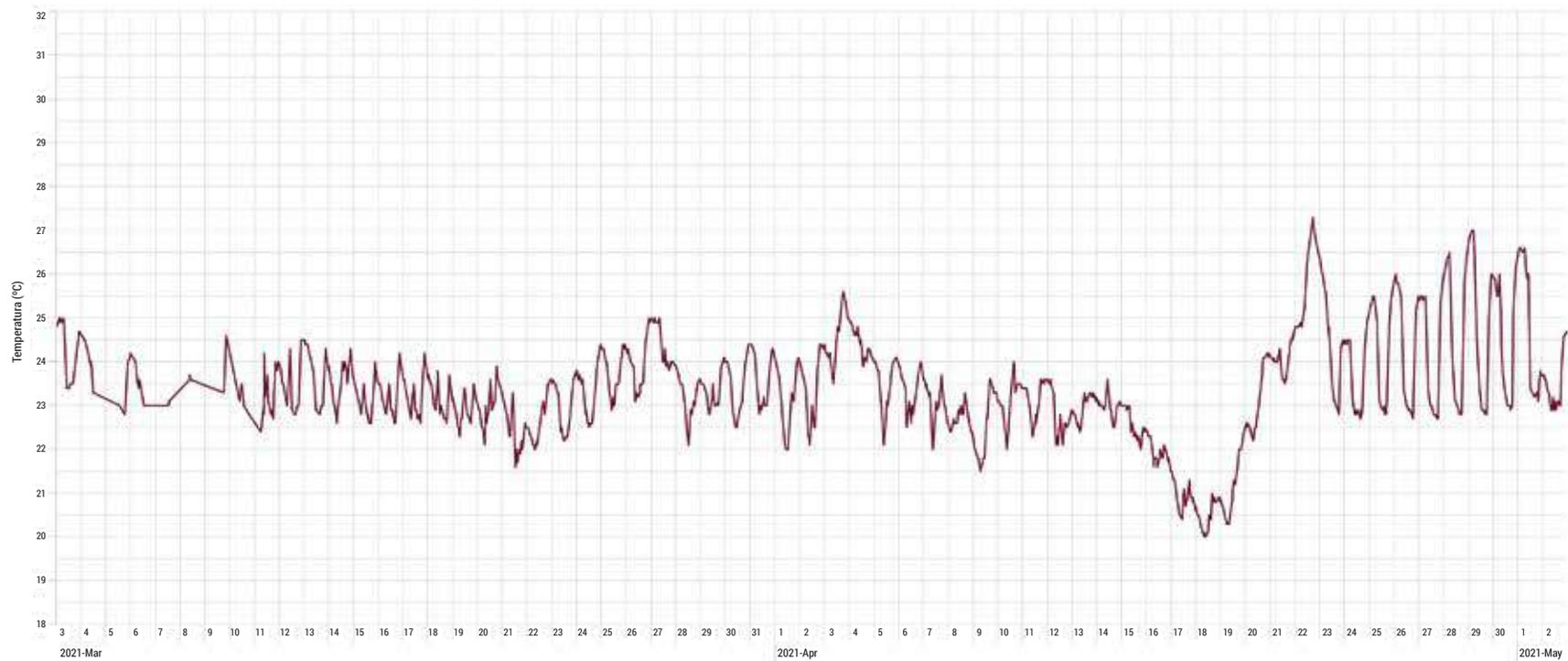
A continuación, se muestra la evolución de la Temperatura entre el 3 de marzo y 2 de mayo de 2021.

4.1.1. Sala 1. Ciencia



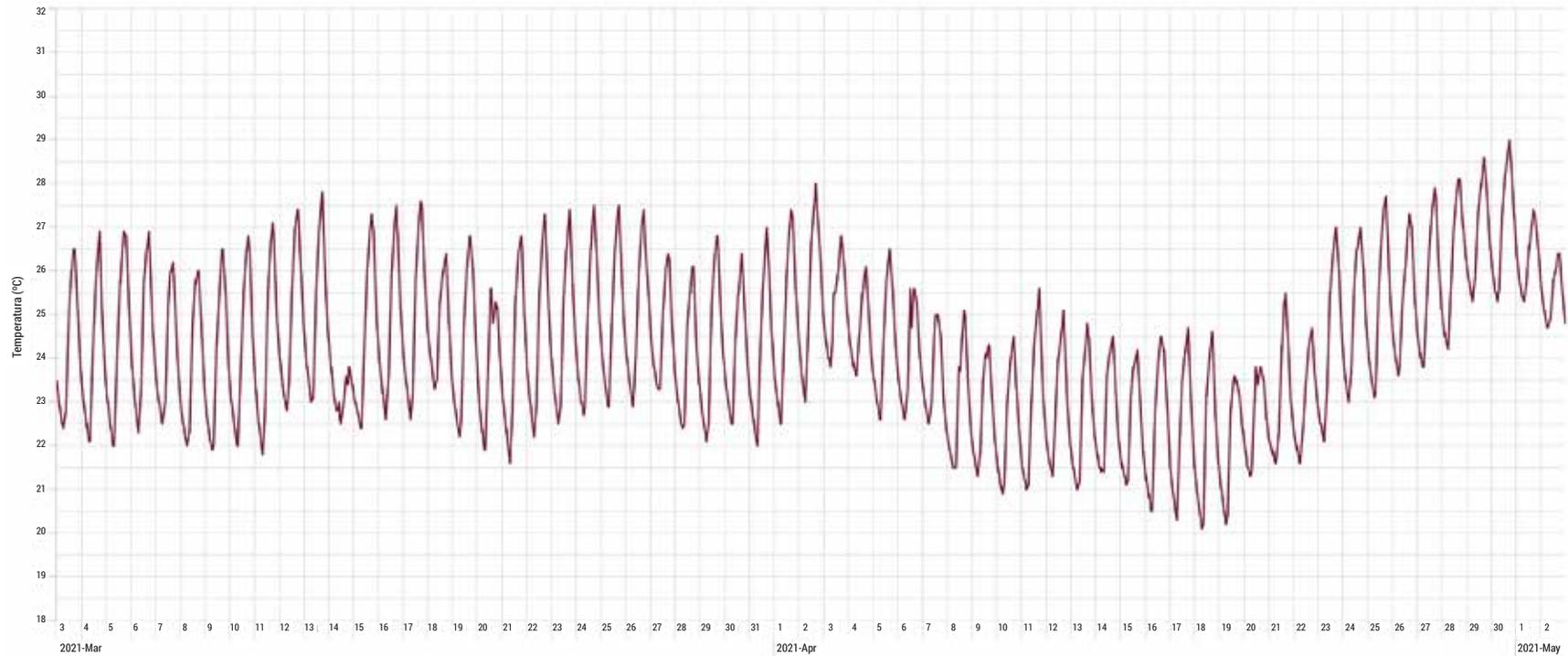
La temperatura oscila entre 20 °C y 24 °C, durante el día y la noche. La temperatura es muy homogénea y la oscilación diaria varía entre 1 °C y 2 °C.

4.1.2. Teatro de la Ciencia



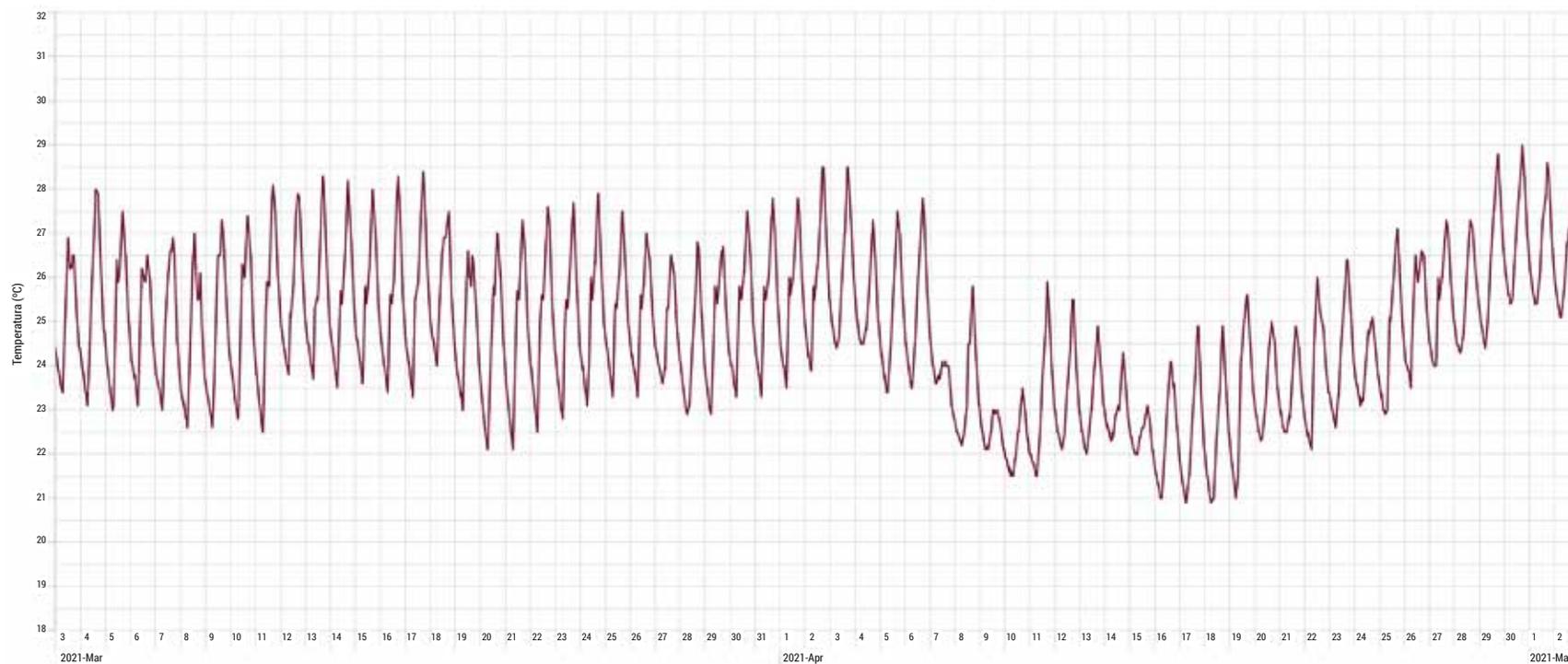
La temperatura oscila entre 20 °C y 27 °C, durante el día y la noche. La oscilación diaria varía ente 1 °C y 2,5 °C.

4.1.3. Play



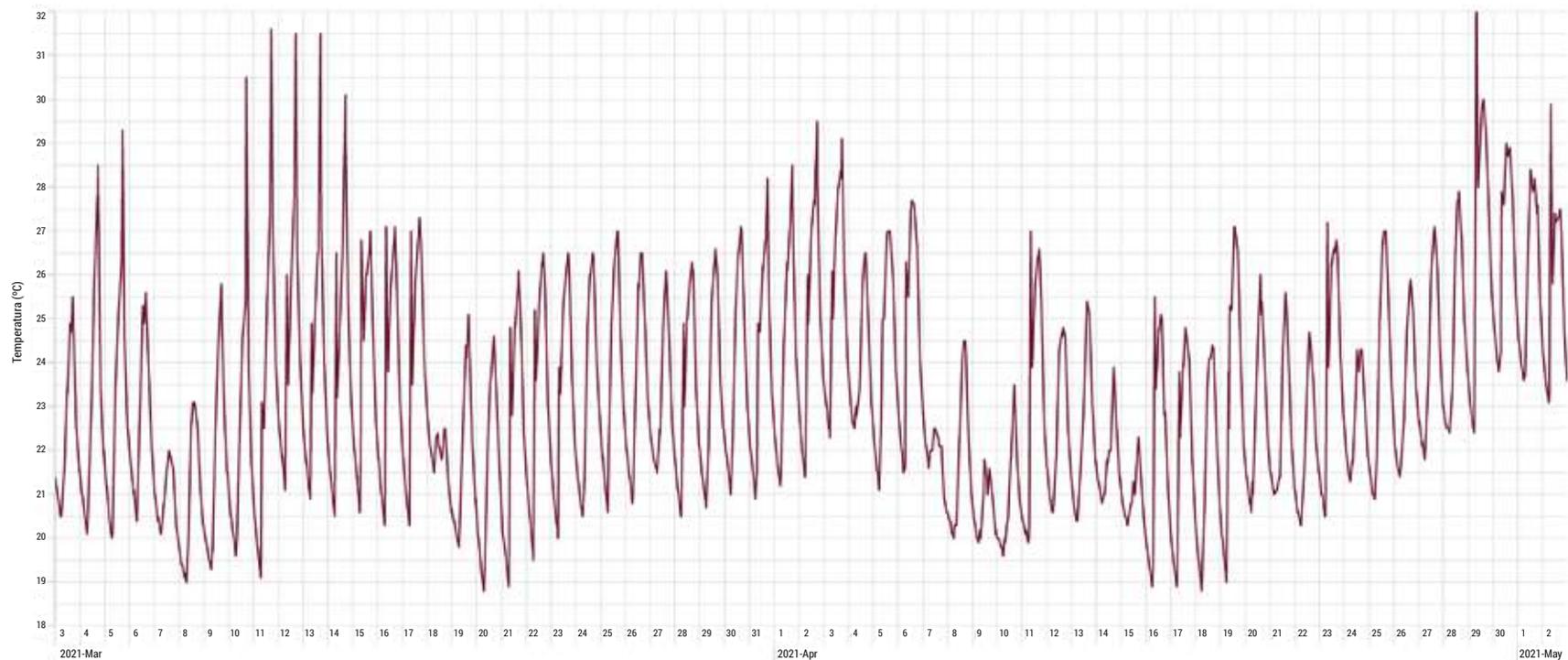
La temperatura oscila entre 20 °C y 29 °C, durante el día y la noche. La oscilación diaria varía ente 2 °C y 5 °C.

4.1.4. Sala Marte



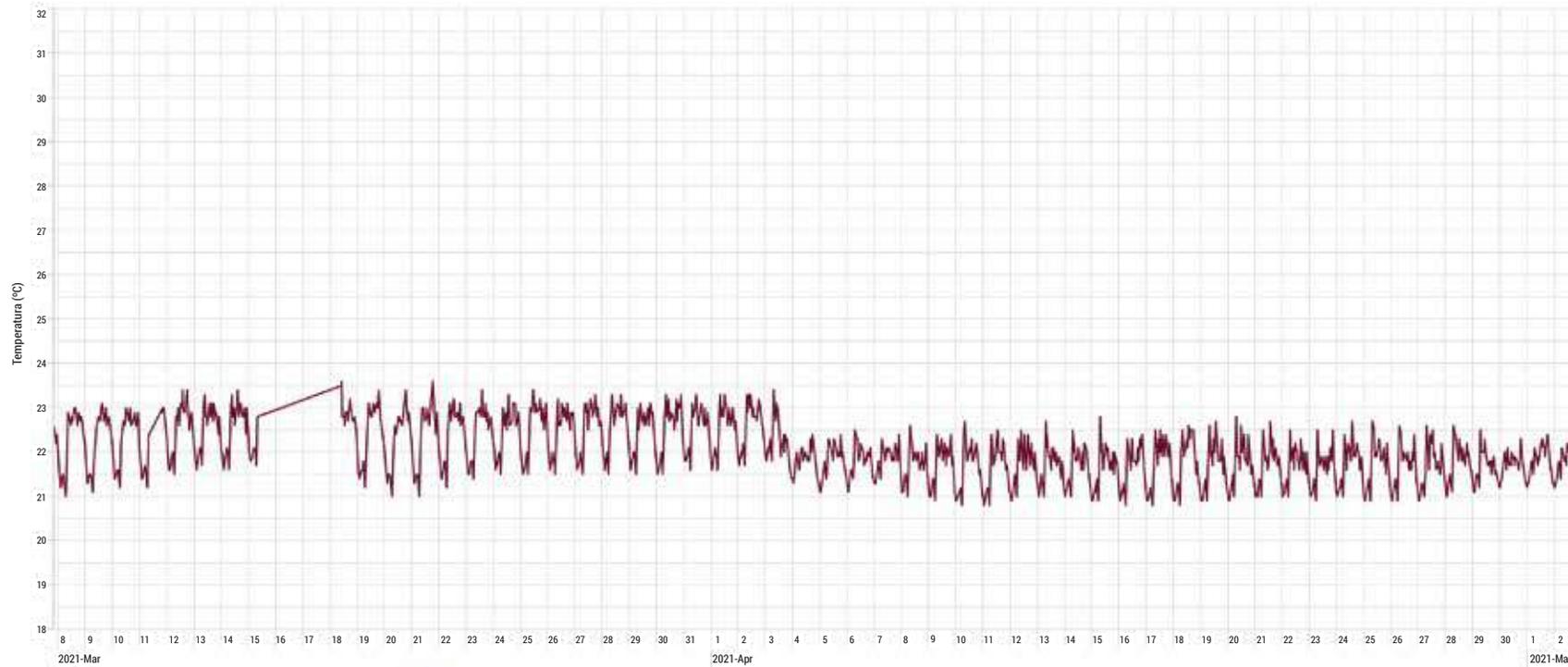
La temperatura oscila entre 21 °C y 29 °C, durante el día y la noche. La oscilación diaria varía ente 2 °C y 5 °C.

4.1.5. Cromosoma 7



La temperatura oscila entre 19 °C y 29 °C, durante el día y la noche. La oscilación diaria varía ente 3 °C y 6 °C, y se detectan picos puntuales de 32 °C por la incidencia directa del sol en el sensor.

4.1.6. Hemisfèric

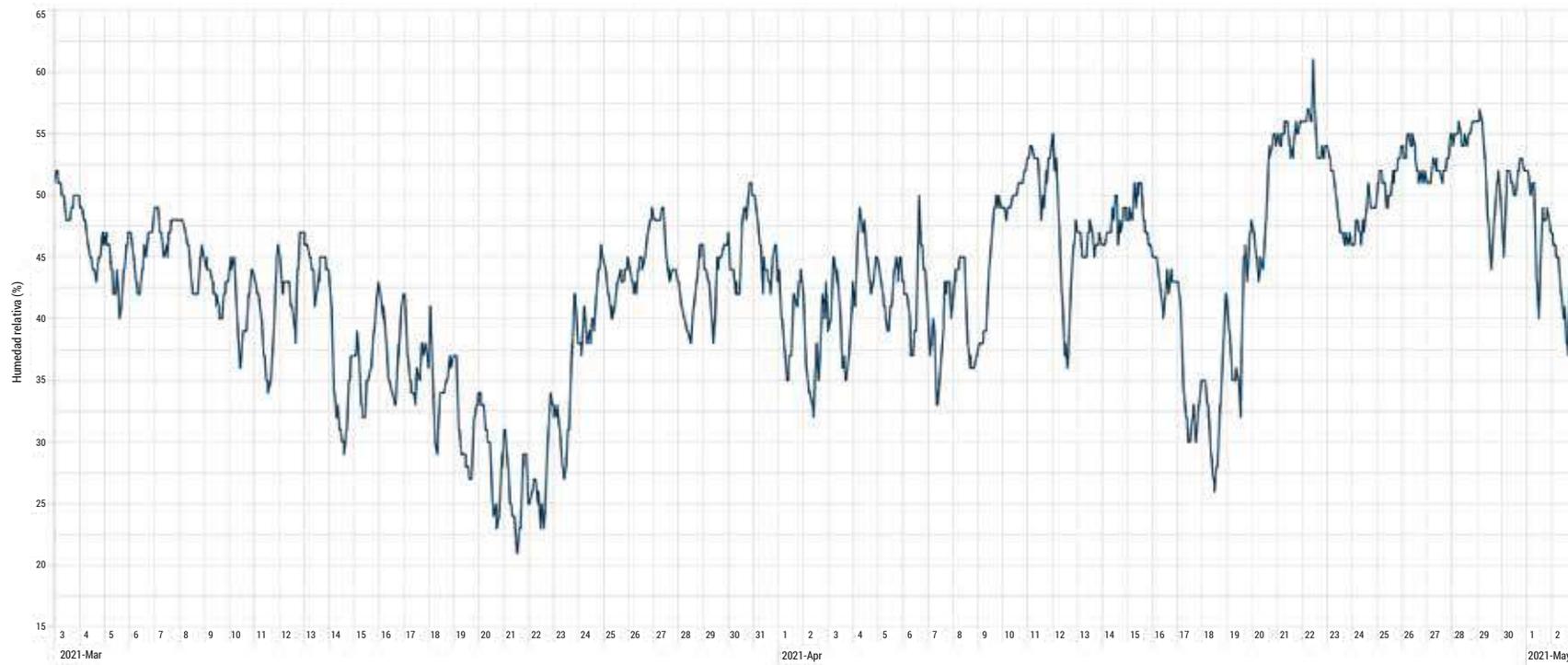


La temperatura oscila entre 21 °C y 23 °C, durante el día y la noche. La temperatura es muy homogénea y la oscilación diaria varía ente 1 °C y 2 °C.

4.2. Humedad

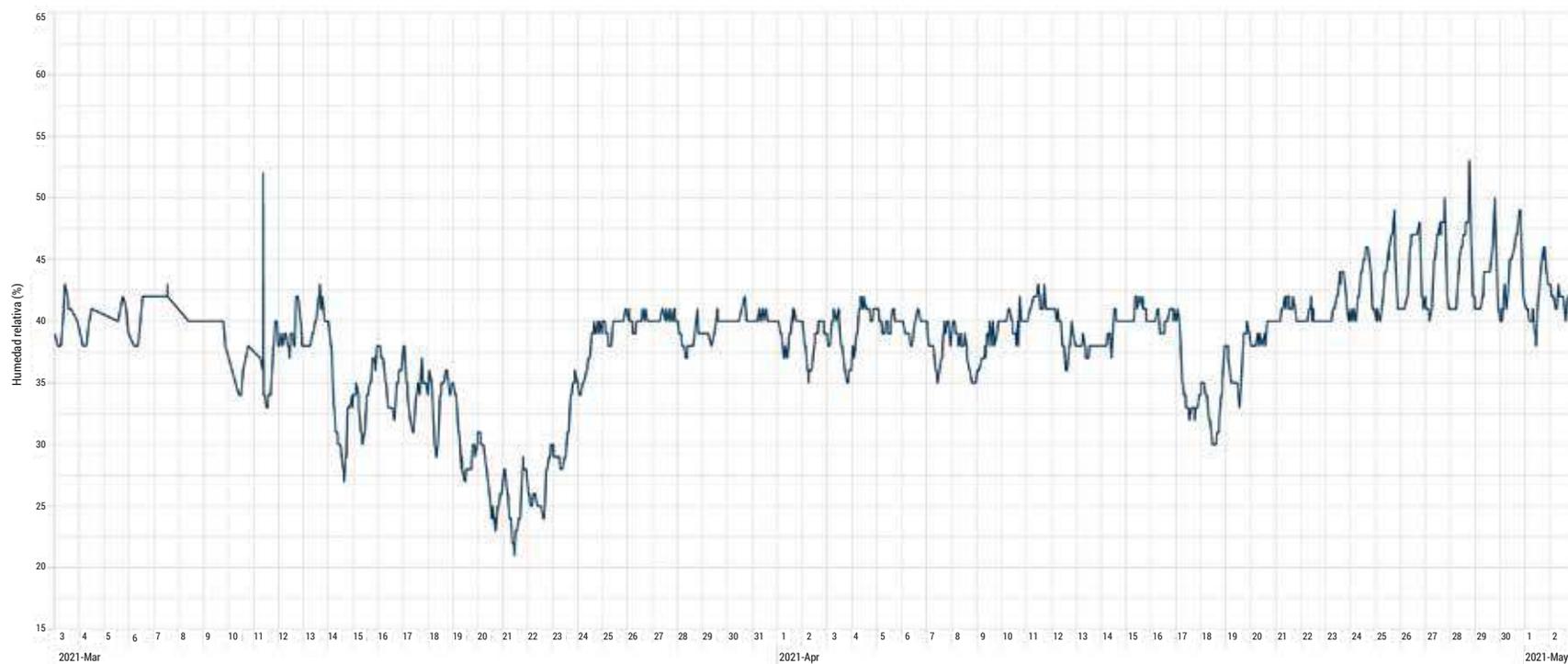
A continuación, se muestra la evolución de la Humedad entre el 3 de marzo y 2 de mayo de 2021.

4.2.1. Sala 1. Ciencia



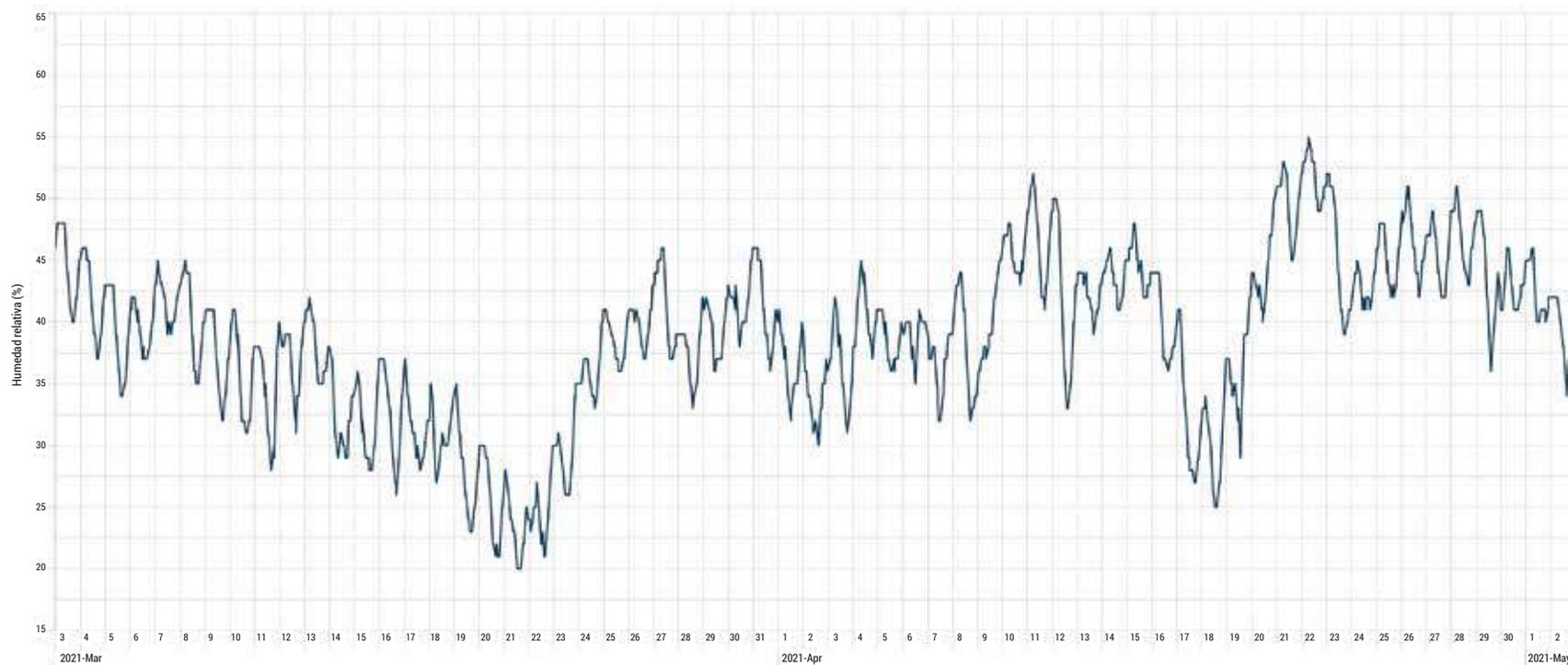
La humedad relativa oscila entre 25% y 55%. La oscilación diaria varía ente un 7% y 15%.

4.2.2. Teatro de la Ciencia



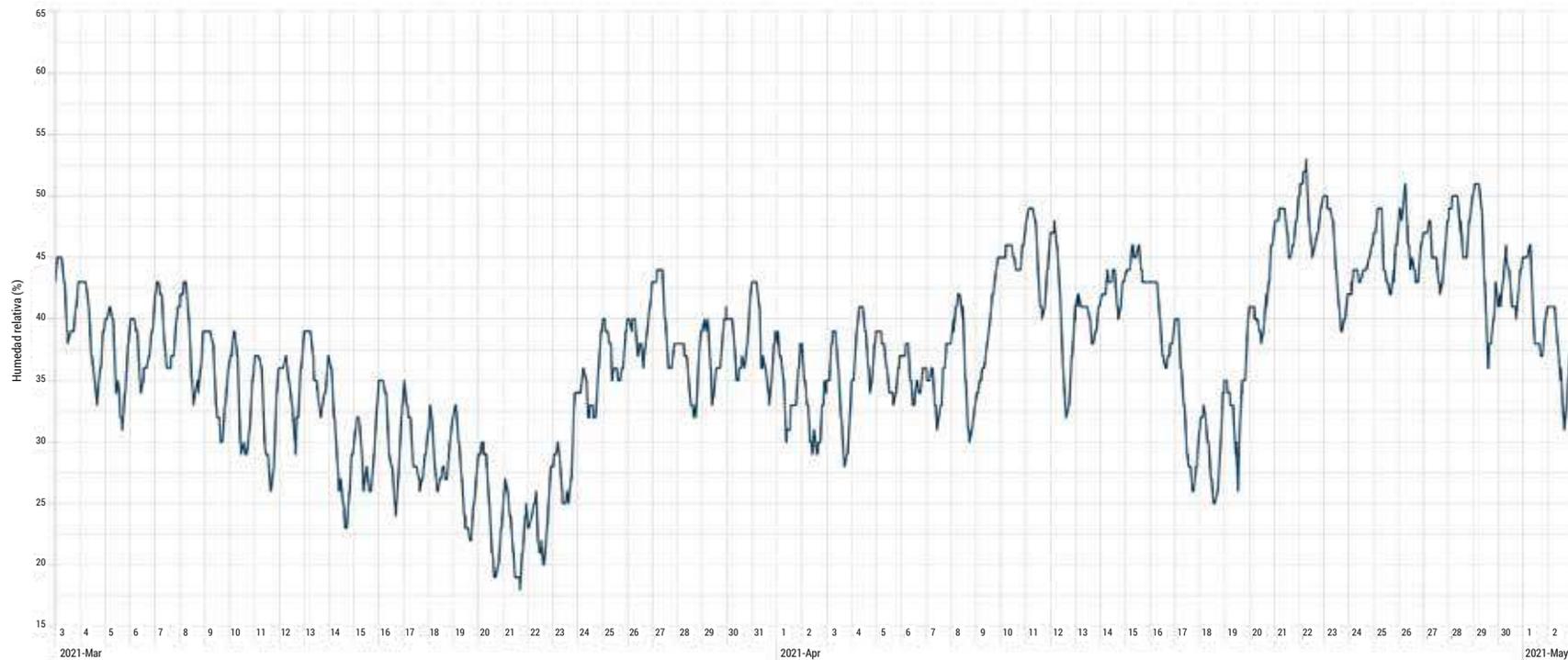
La humedad relativa oscila entre 25% y 47%. La oscilación diaria varía entre un 2% y 7%.

4.2.3. Play



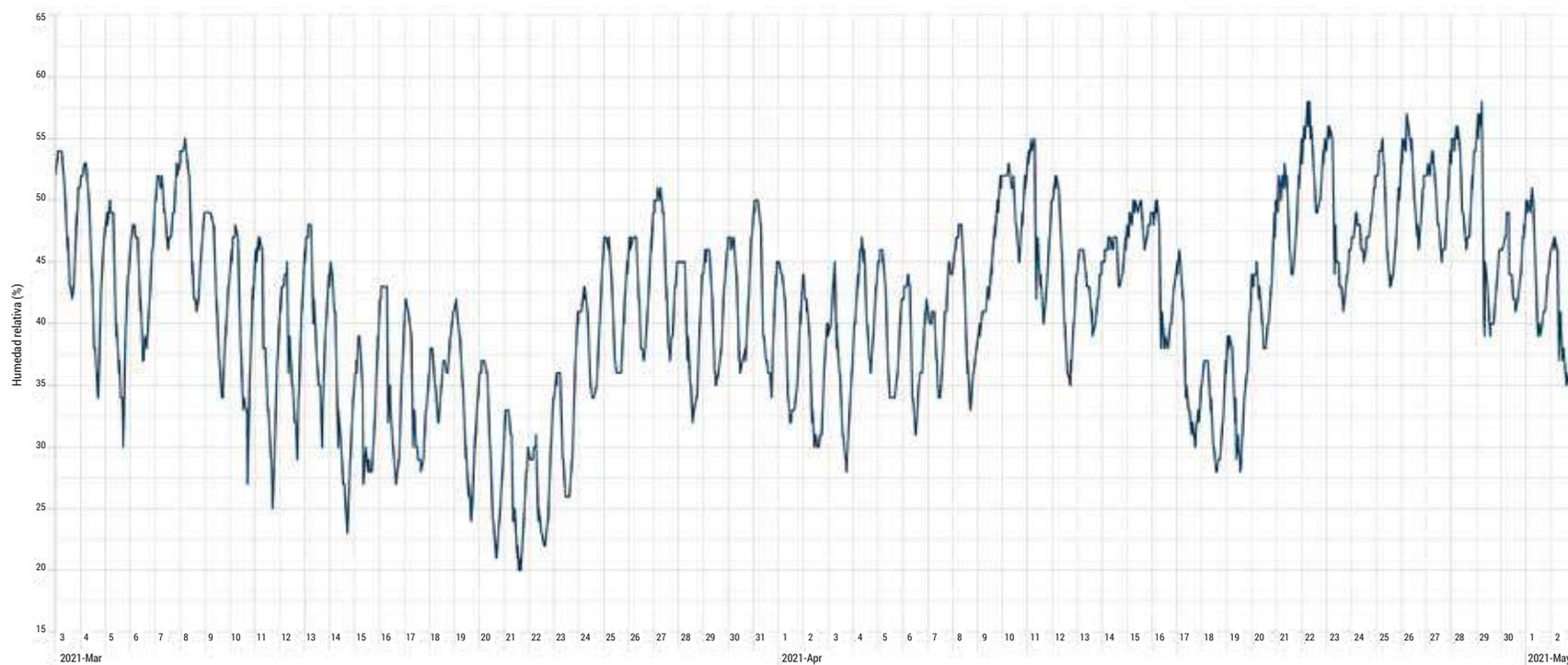
La humedad relativa oscila entre 22% y 50%. La oscilación diaria varía entre un 5% y 12%.

4.2.4. Sala Marte



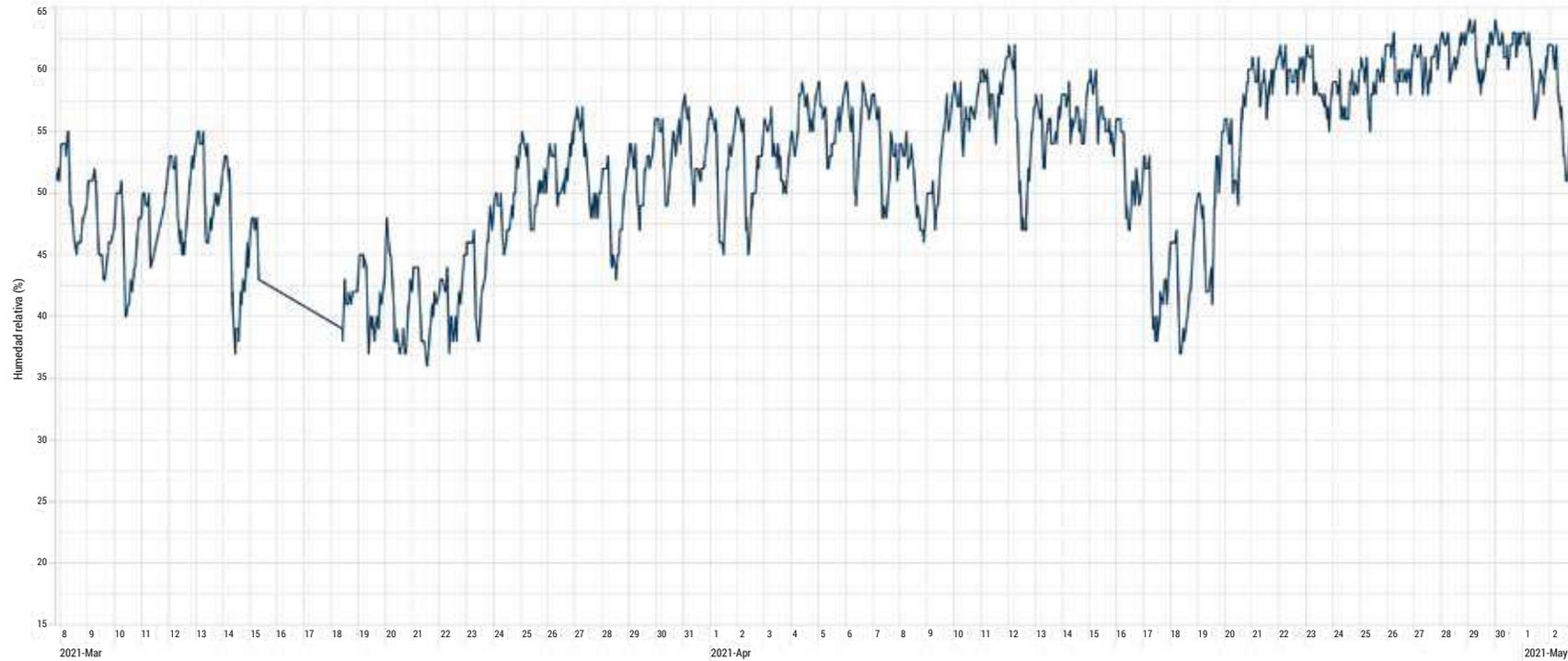
La humedad relativa oscila entre 22% y 50%. La oscilación diaria varía entre un 5% y 12%.

4.2.5. Cromosoma 7



La humedad relativa oscila entre 22% y 55%. La oscilación diaria varía entre un 5% y 15%.

4.2.6. Hemisfèric



La humedad relativa oscila entre 37% y 62%. La oscilación diaria varía ente un 5% y 10%.

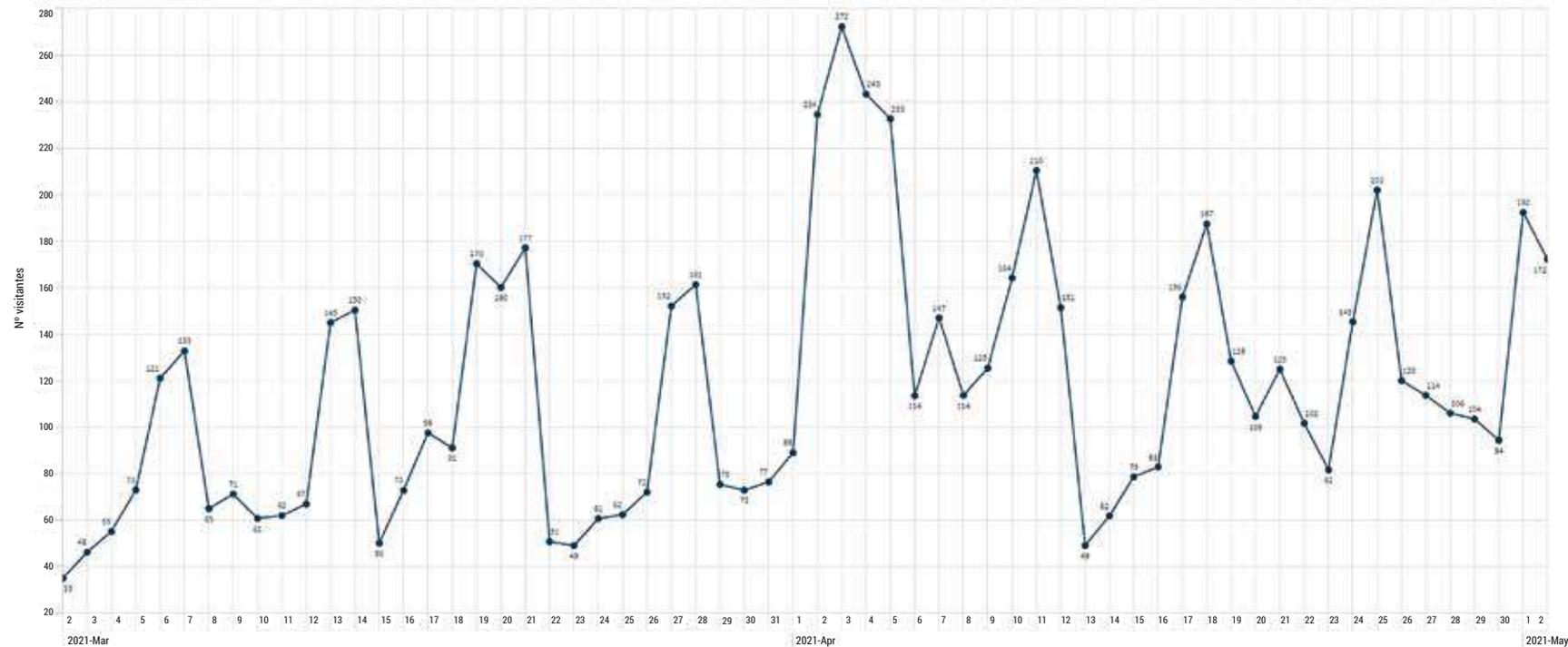
5. Evaluación de la afluencia de visitantes

5. EVALUACIÓN DE LA AFLUENCIA DE VISITANTES

A continuación, se muestra la distribución horaria y semanal de la afluencia de visitantes entre el 3 de marzo y 2 de mayo de 2021 en los diferentes espacios.

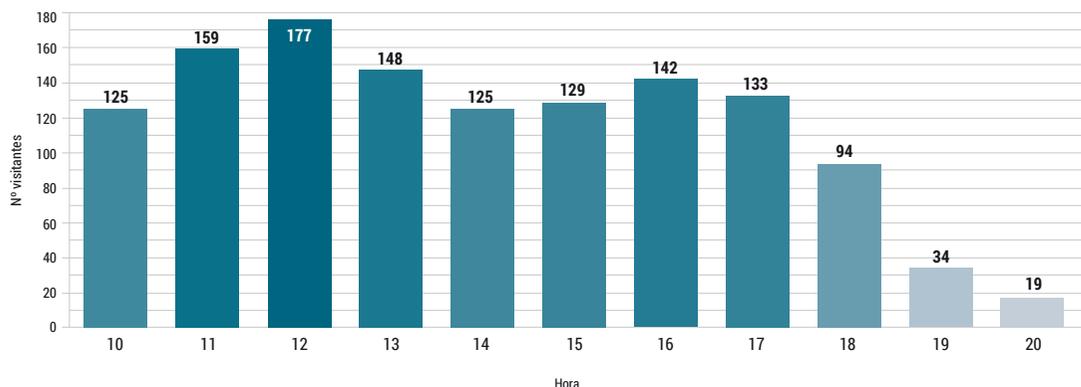
5.1. Museo

Nº de visitantes medio por día

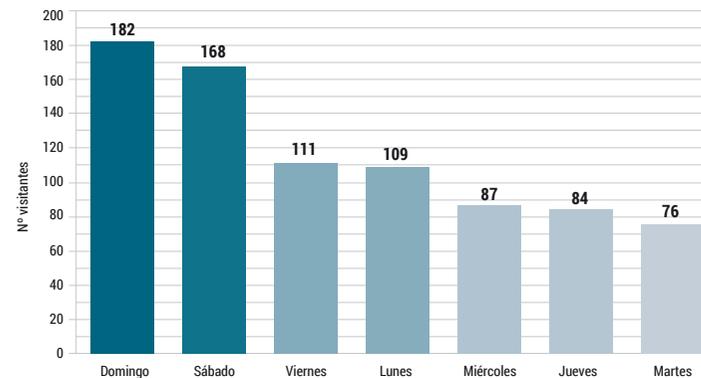


5.1. Museo

Nº de visitantes medio por hora



Nº de visitantes medio por día de la semana

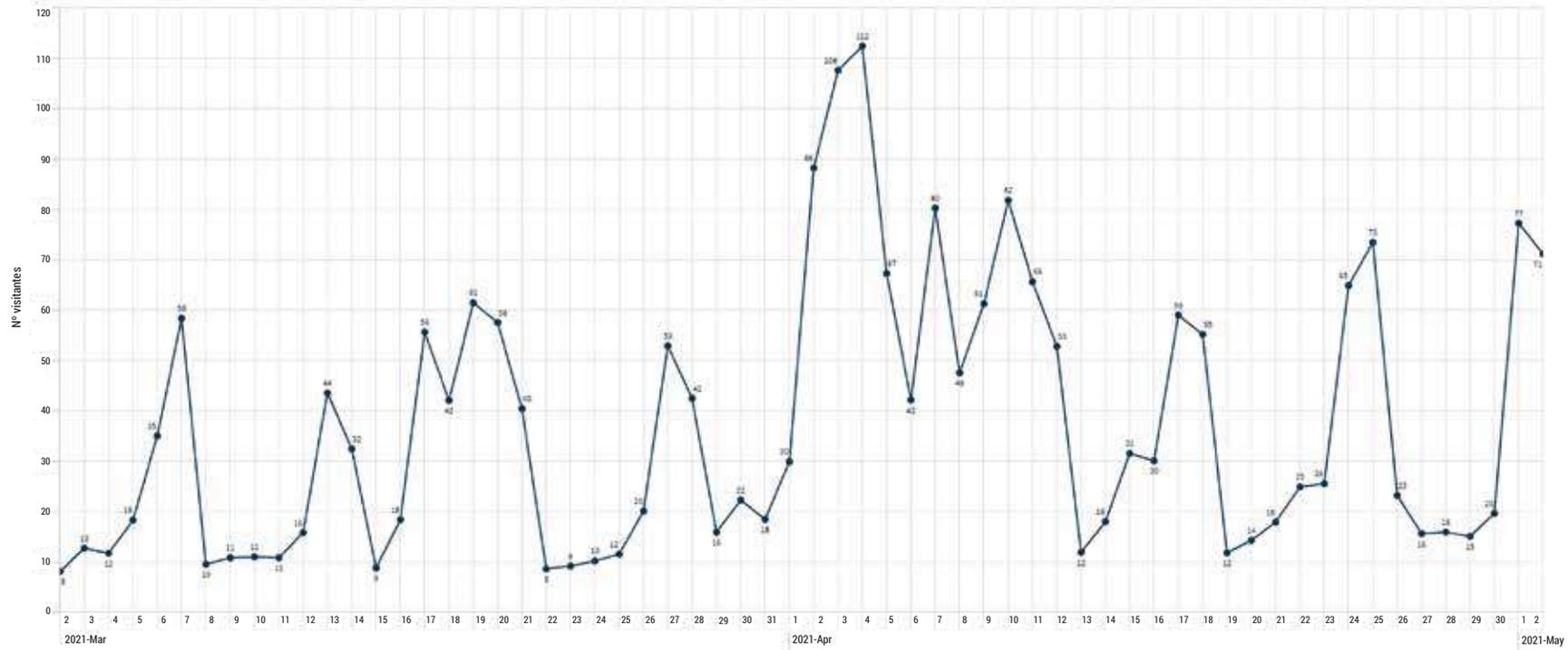


En la siguiente tabla se recoge el número de visitantes medio para diferentes tiempos del periodo estudiado:

<p>2 meses (entre 3 de marzo y 2 de mayo)</p> <p>117 visitantes</p>	<p>Fines de semana</p> <p>175 visitantes</p>	<p>Fin de semana de Pascua (3, 4 y 5 de Abril)</p> <p>249 visitantes</p>
---	--	--

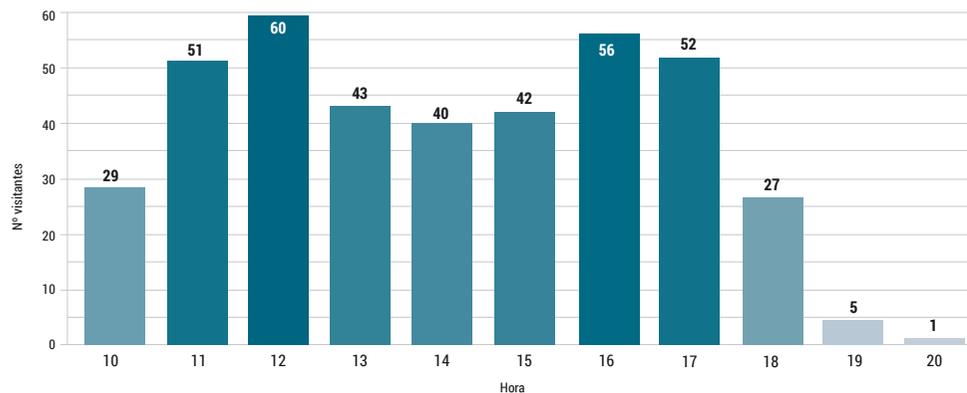
5.2. Play

Nº de visitantes medio por día

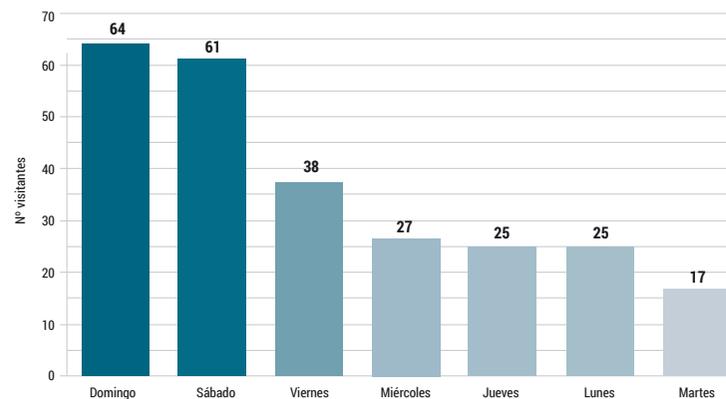


5.2. Play

Nº de visitantes medio por hora



Nº de visitantes medio por día de la semana

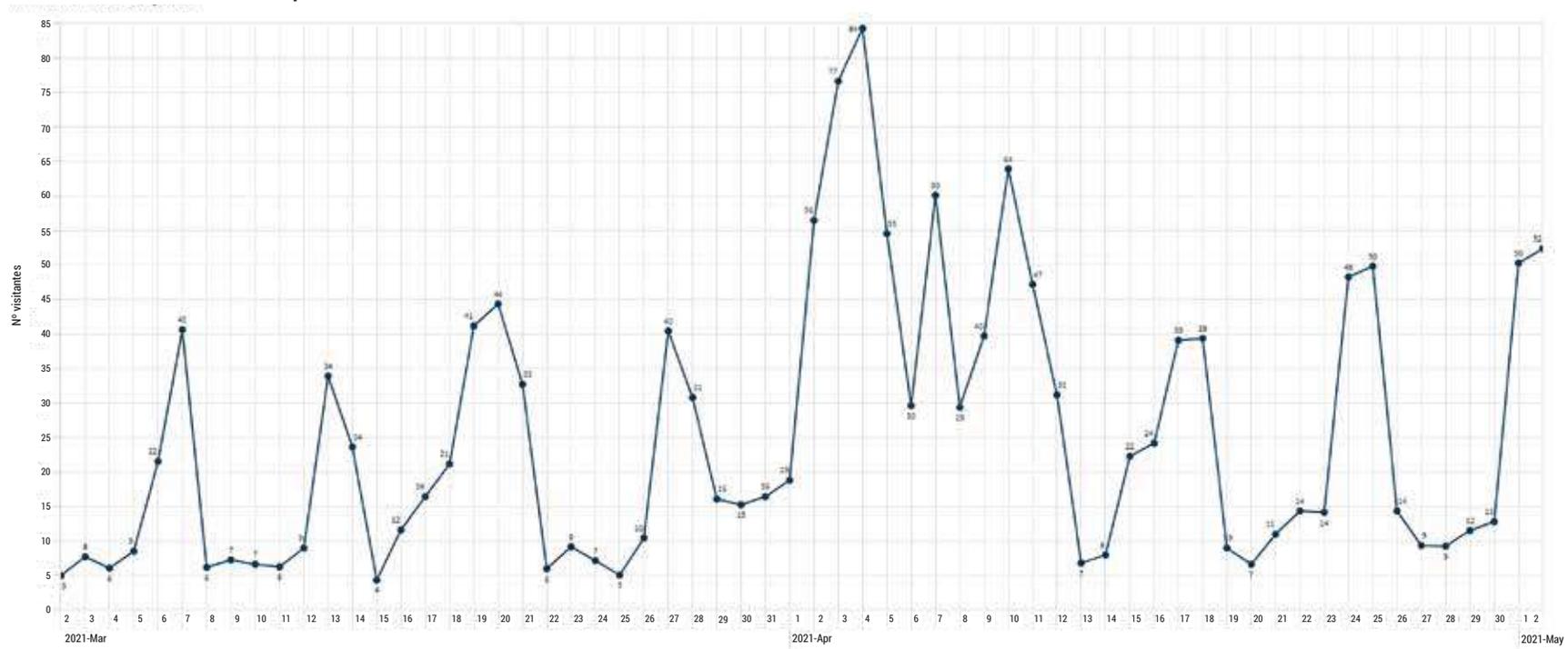


En la siguiente tabla se recoge el número de visitantes medio para diferentes tiempos del periodo estudiado:

<p>2 meses (entre 3 de marzo y 2 de mayo)</p>	<p>Fines de semana</p>	<p>Fin de semana de Pascua (3, 4 y 5 de Abril)</p>
<p>37 visitantes</p>	<p>63 visitantes</p>	<p>96 visitantes</p>

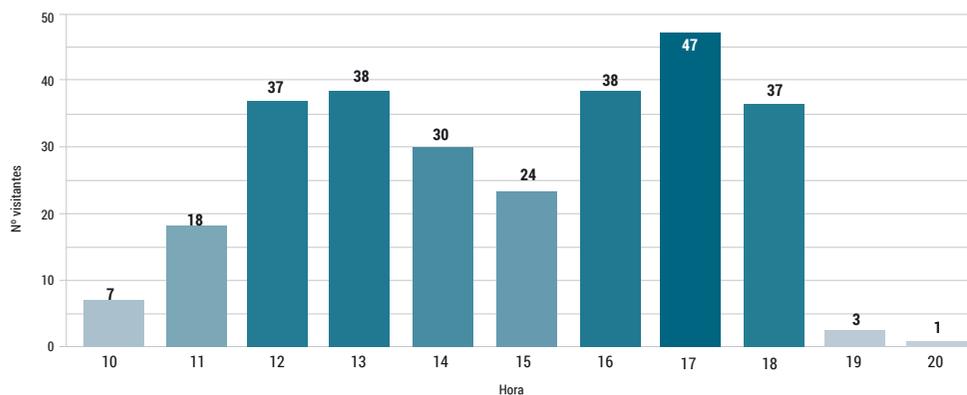
5.3. Sala Marte

Nº de visitantes medio por día

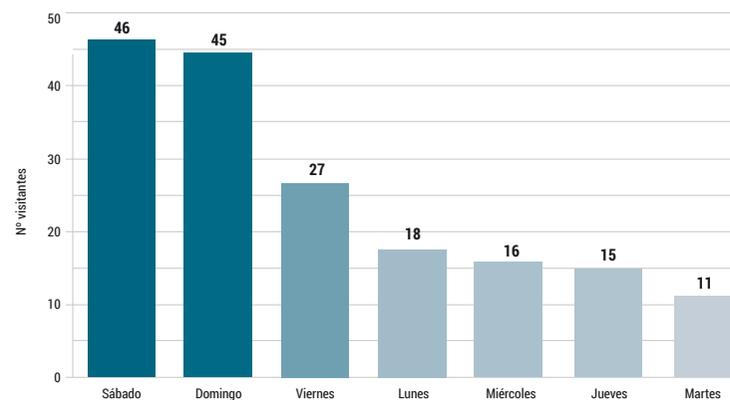


5.3. Sala Marte

Nº de visitantes medio por hora



Nº de visitantes medio por día de la semana

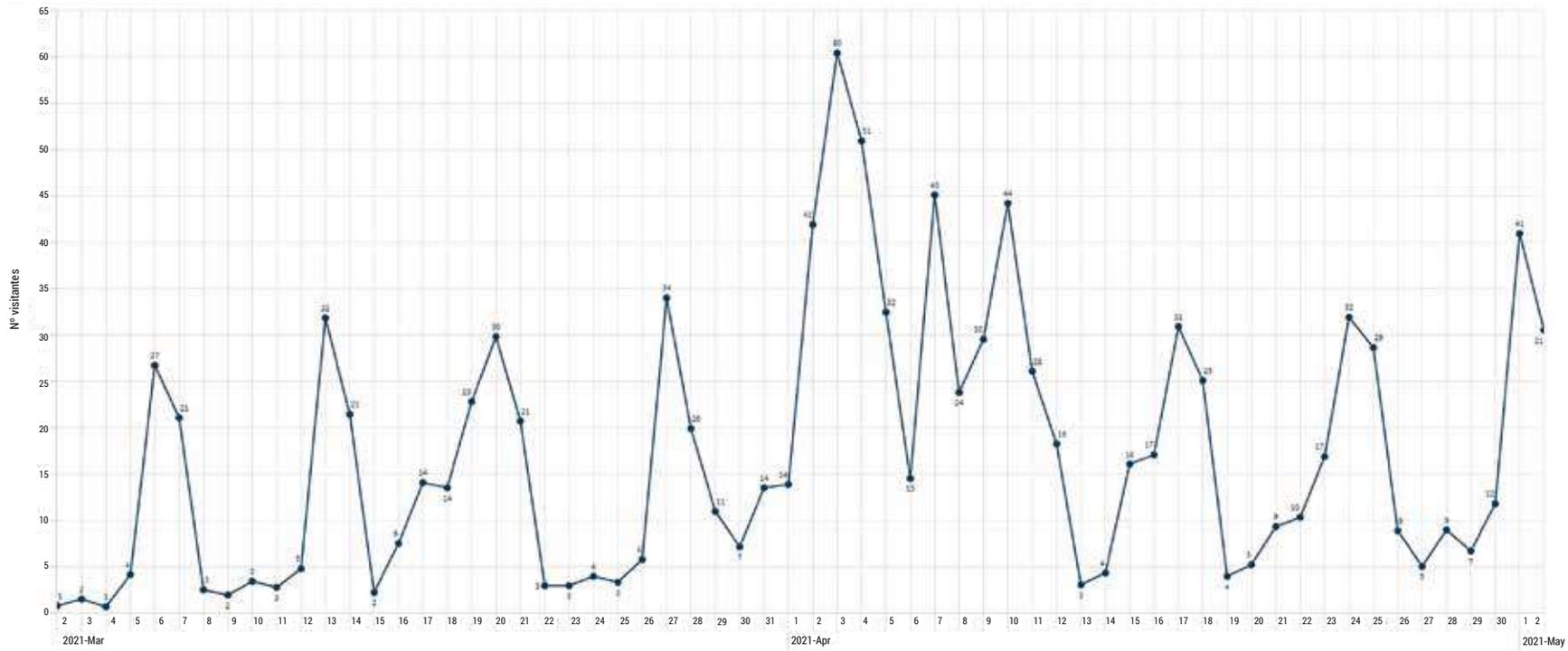


En la siguiente tabla se recoge el número de visitantes medio para diferentes tiempos del periodo estudiado:

<p>2 meses (entre 3 de marzo y 2 de mayo)</p> <p>25 visitantes</p>	<p>Fines de semana</p> <p>46 visitantes</p>	<p>Fin de semana de Pascua (3, 4 y 5 de Abril)</p> <p>72 visitantes</p>
--	---	---

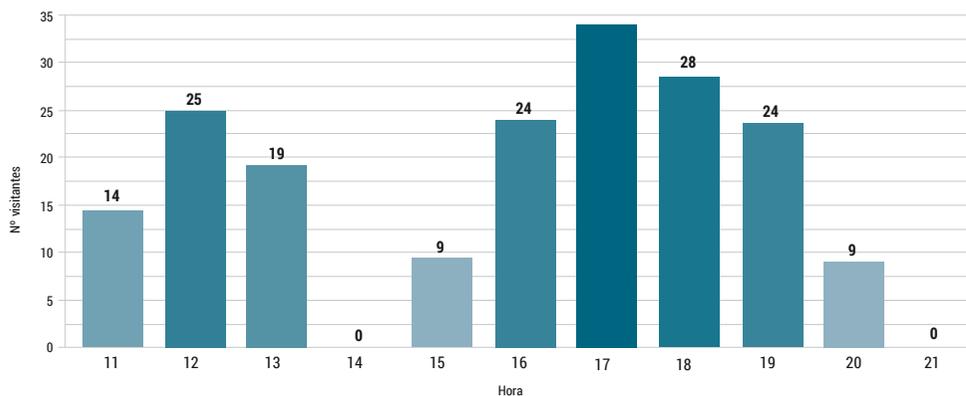
5.4. Hemisfèric

Nº de visitantes medio por día

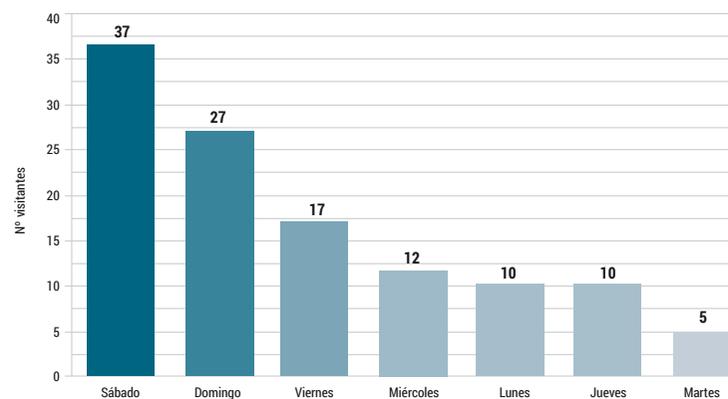


5.4. Hemisfèric

Nº de visitantes medio por hora



Nº de visitantes medio por día de la semana



En la siguiente tabla se recoge el número de visitantes medio para diferentes tiempos del periodo estudiado:

<p>2 meses (entre 3 de marzo y 2 de mayo)</p> <p>17 visitantes</p>	<p>Fines de semana</p> <p>32 visitantes</p>	<p>Fin de semana de Pascua (3, 4 y 5 de Abril)</p> <p>48 visitantes</p>
--	---	---

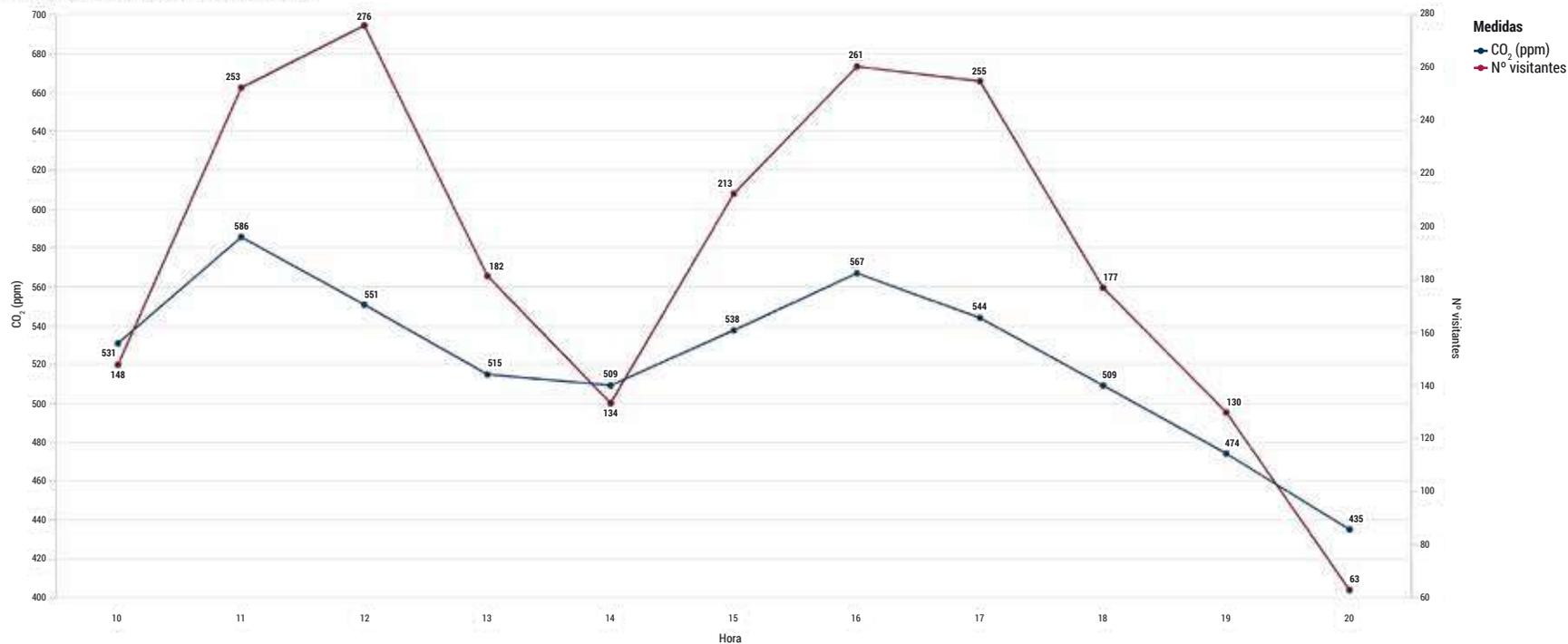
6. Correlación riesgo de contagio VS aforo

6. CORRELACIÓN RIESGO DE CONTAGIO VS AFORO

Tras la evaluación de la afluencia de visitantes, nos centramos en el día donde se obtuvieron los datos con mayor afluencia del periodo de estudio y que corresponde al viernes 3 de Abril de 2021. Estas serían las condiciones en las que mayor riesgo podría haber.

6.1. Museo

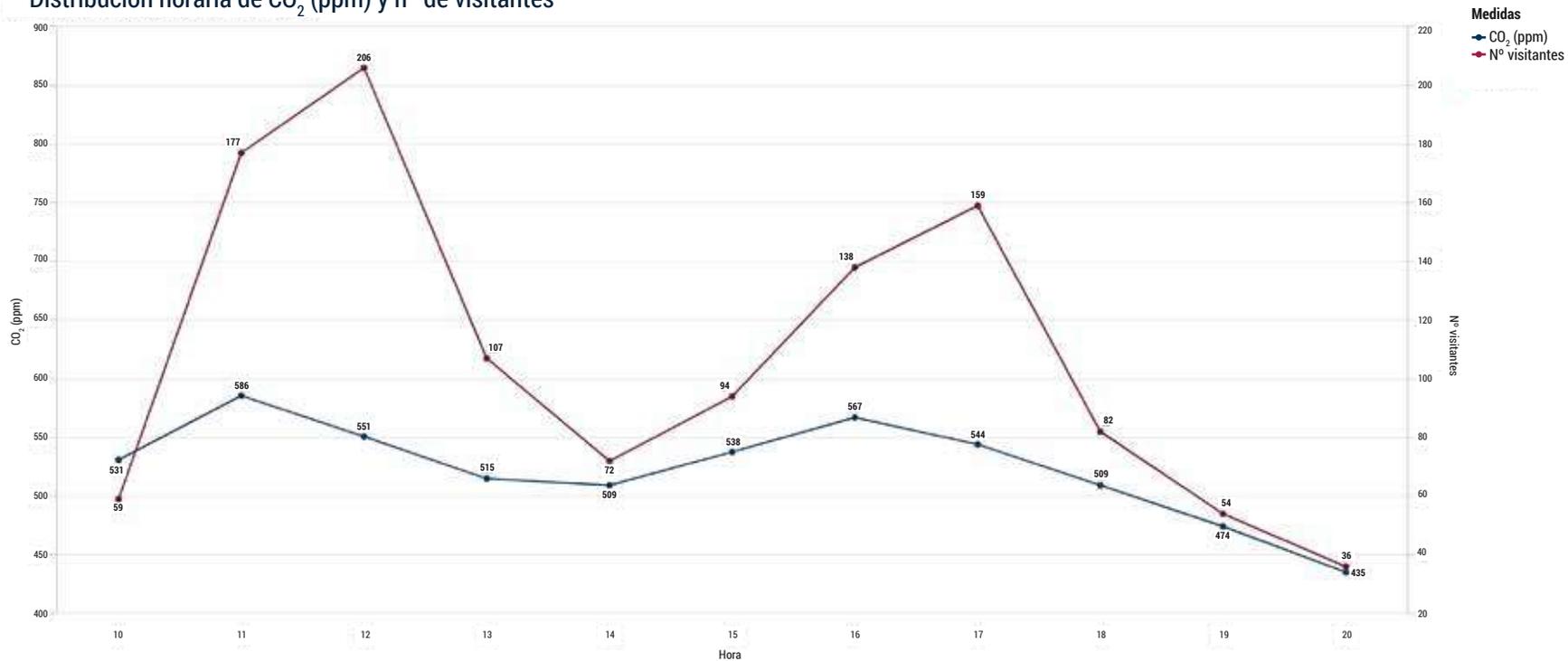
Distribución horaria de CO₂ (ppm) y nº de visitantes



El aumento de visitantes se traduce en un aumento de la concentración de CO₂ del espacio, pero siempre por debajo de 600 ppm.

6.2. Play

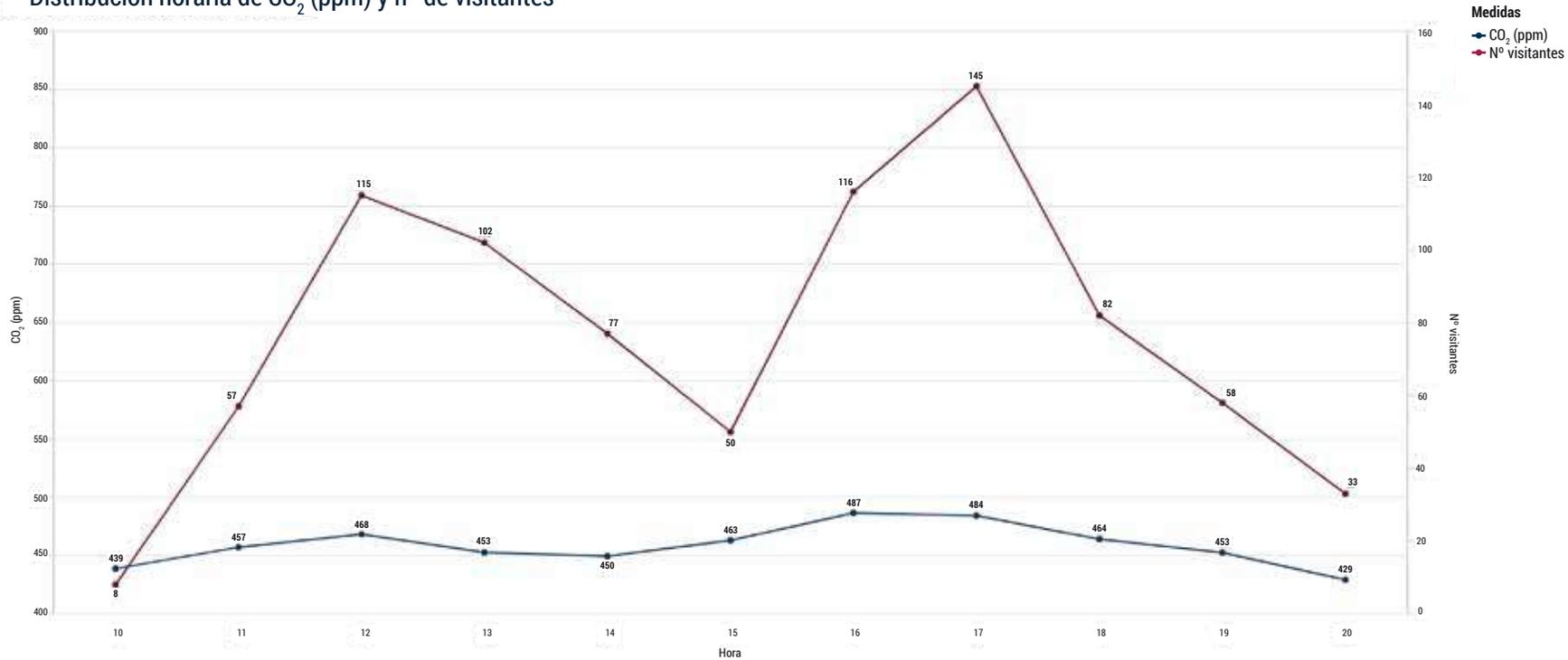
Distribución horaria de CO₂ (ppm) y nº de visitantes



El tiempo de estancia del visitante en este espacio es reducido y los picos de afluencia no hacen subir de forma proporcional la concentración de CO₂. El sistema de ventilación soporta fácilmente la renovación del aire.

6.3. Sala Marte

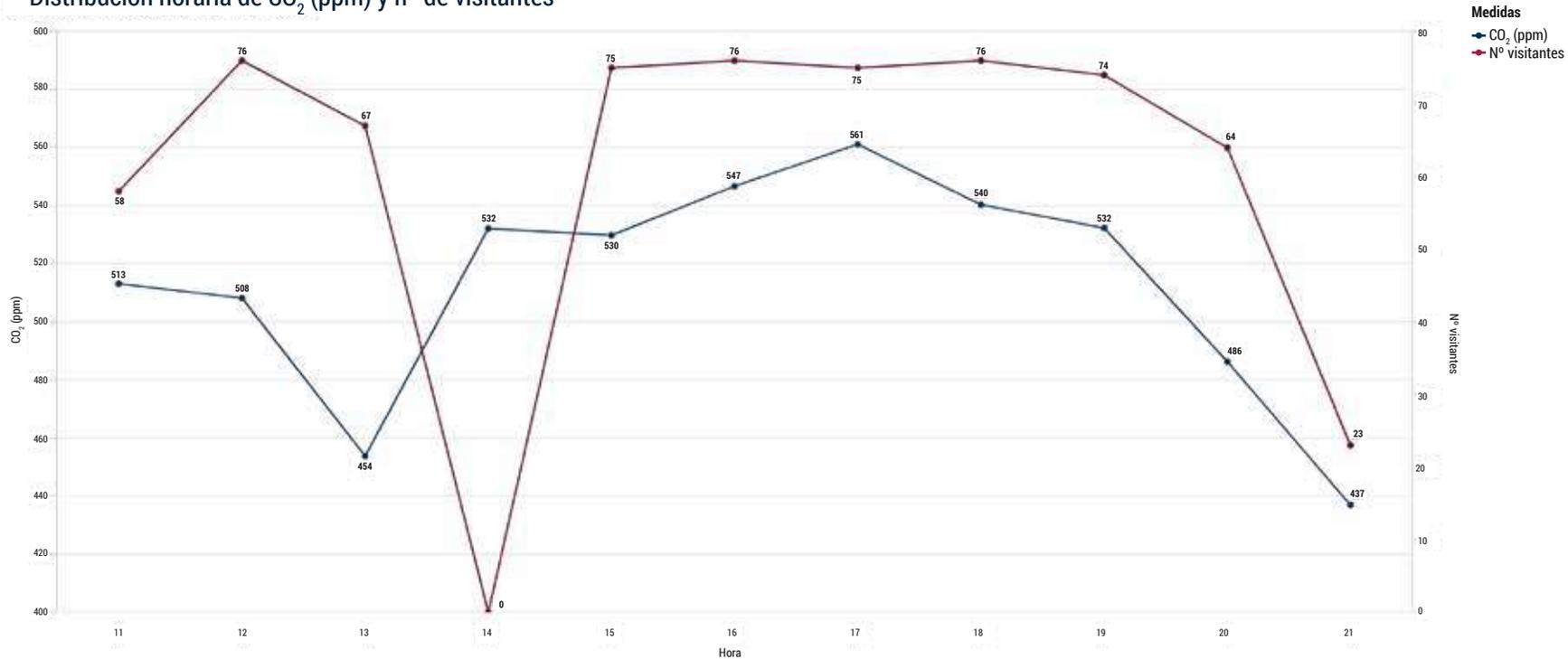
Distribución horaria de CO₂ (ppm) y nº de visitantes



El tiempo de estancia del visitante en este espacio es reducido y los picos de afluencia no hacen subir de forma proporcional la concentración de CO₂. El sistema de ventilación soporta fácilmente la renovación del aire.

6.4. Hemisfèric

Distribución horaria de CO₂ (ppm) y n° de visitantes



Aún estando durante 5 horas seguidas (entre las 15:00h y 20:00h) con el aforo máximo permitido, la concentración de CO₂ se mantiene estable por debajo de 600 ppm.

7. Conclusiones

7. CONCLUSIONES

1

La reducción del riesgo de transmisión del virus por aerosoles en espacios interiores se basa en la aplicación de principio de precaución, mediante uso de mascarillas y conseguir una ventilación adecuada que evite acumulación de aerosoles con carga vírica.

2

Desde el punto de vista del contagio por aerosoles, tanto el Museu de les Ciències (en todos sus espacios) como el Hemisfèric pueden aumentar el aforo de visitantes, ya que disponen de bastante margen hasta no superar el valor de 700-800 ppm.

3

En el caso de decidir no aumentar el aforo de visitantes, los responsables de ambos edificios pueden reducir la ventilación hasta no superar el valor de 700-800 ppm.

4

Aconsejamos seguir midiendo la evolución de CO₂, temperatura y humedad para realizar seguimiento de la ventilación, confort y consumo energético, así como para alertar de fallos en la ventilación.

5

Este piloto puede ser de utilidad para que otros museos, centros culturales y otros espacios interiores de pública concurrencia implementen sistema de monitorización de su ventilación segura frente a COVID-19 y otras infecciones que se transmiten por el aire.



Informe de ventilación

CASO DE ESTUDIO SOBRE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE
Y CONFORT EN MUSEU DE LES CIÈNCIES Y HEMISFÈRIC

03.03.21 - 02.05.21

para la reducción de riesgo de contagios de COVID19 por aerosoles

