

Pandemia Silenciosa

SILENT PANDEMIC **Estudiantes**

Jacob Santander 3ºB
Francisca Quijada 3ºB
Román Rivera 3ºD
Paulo Milla 3ºA
Poulette Valdés 3ºA
Esteban Montaño 3ºA
Emilia Collao 3ºB
Luis Olivares 3ºC
Felipe Sandoval 3ºC

Profesor guía

Verónica
Espinoza
vmec8862@gmail.com

Asesor científico

Víctor Aguilera CEAZA

- Artículo Recibido: 3 de diciembre, 2021
- Artículo Aceptado: 31 de diciembre, 2021
- Artículo Publicado: 20 de agosto, 2022

El Proyecto participó en

- * Congreso Regional Escolar de la Ciencia y la Tecnología 2022, PAR Explora de CONICYT Región de Coquimbo.
- * XIII Congreso Ferial Científico Astronómico ICEDUC en Antofagasta



Resumen

Nuestro trabajo tiene como propósito investigar el efecto de la acumulación de CO₂ durante el transcurso de la clase, considerando factores como la densidad de estudiantes, el tamaño de la sala y la falta de una adecuada ventilación, los cuales pueden repercutir en el rendimiento académico. Para ello, se realizó un trabajo práctico destinado a responder la siguiente pregunta de investigación: “¿Puede la acumulación de CO₂ proveniente de la respiración de los estudiantes afectar el desempeño o rendimiento académico en ausencia de ventilación?” La hipótesis propuesta sostiene que una alta densidad de estudiantes y la escasa ventilación en la sala de clases provocan un exceso de CO₂ en este espacio físico, lo que afecta negativamente el grado de concentración de los estudiantes.

El objetivo de nuestro trabajo es contribuir a un mejor entendimiento de los factores internos del establecimiento que afectan el rendimiento académico de los estudiantes. En específico, se estudiaron aspectos de la ventilación (acumulación de CO₂) en las salas de clases y su relación con el grado de concentración de los estudiantes durante el desarrollo de la clase.

Como resultado, se observó un efecto significativo de la ventilación y la densidad de estudiantes en la acumulación de CO₂ durante la clase. Esto evidencia una correlación significativa entre la acumulación de CO₂ y la atención de los estudiantes, indicando una disminución de la concentración a medida que aumenta el nivel de CO₂.

→ **Palabras claves**

CO₂, concentración de los estudiantes, ventilación..

Abstract

Our study aims to investigate the effect of CO₂ accumulation during lessons, considering factors such as student density, classroom size, and inadequate ventilation, all of which can impact academic performance. To this end, we conducted a practical investigation designed to address the following research question: “Can the accumulation of CO₂ from students' respiration affect academic performance in the absence of ventilation?”

The proposed hypothesis states that high student density and poor ventilation in the classroom lead to an excess of CO₂ in this physical space, which negatively affects students' concentration levels.

The objective of our work is to contribute to a better understanding of internal school factors that influence students' academic performance. Specifically, we examined aspects of classroom ventilation (CO₂ accumulation) and their relationship with students' concentration during lessons.

As a result, we observed a significant effect of ventilation and student density on CO₂ accumulation during lessons. This provides evidence of a significant correlation between CO₂ accumulation and students' attention, indicating a reduction in concentration as CO₂ levels increase.

→ **Keywords**

CO₂, Student concentration, Ventilation.

Introducción

El presente estudio surge durante una conversación previa al ingreso a clases acerca de cómo mejorar a grado el desempeño de los estudiantes. En la legislación actual sobre la higiene en las aulas no consta de directrices sobre la correcta ventilación de las salas (ministerio de salud 1983). En este contexto se nos presentó la oportunidad de medir uno de los factores internos como es la acumulación de CO₂, ya que es bien sabido que puede causar efectos como dolor de cabeza y cansancio (Norbäck et al.2012), inclusive si los estudiantes están expuestos a elevadas concentraciones de CO₂, superiores a 1000 ppm (Fisk y colaboradores, 2013; Krawczyk, y colaboradores, 2016), en ausencia de otras fuentes de CO₂ en interiores, han informado que pueden provocar también náuseas leves, somnolencia y disminución del rendimiento en la toma de decisiones. Esta problemática no es percibida debido a la naturaleza imperceptible e invisible de este gas, lo que nos motivó a medir la cantidad de CO₂ generados por los estudiantes mientras se desarrolla la clase con las condiciones que nos entrega el establecimiento y determinar si el CO₂ podría afectar el desarrollo normal de esta, por consiguiente la hipótesis quien argumenta nuestro trabajo señala que durante el transcurso de la clase, a medida que aumenta la concentración de CO₂ proveniente de la respiración del estudiante, afectará negativamente la atención de estos mismos. Para determinar cómo afecta la cantidad de CO₂ en el rendimiento se ha aplicado un instrumento aportado por la Psicóloga del Programa de Integración Escolar (Imagen 2 y 3), quien señaló que “La aplicación del instrumento utilizado tiene por objetivo medir y trabajar la capacidad

de concentración de la persona evaluada”. Y para ponderar los resultados nos basamos en un porcentaje de logro obtenido a partir de este instrumento. “A medida que más faltas sean encontradas, será indicador de que presenta dificultades para sostener la concentración en un corto tiempo”. Para lo cual nos realizamos la siguiente pregunta de investigación ¿Puede la acumulación de CO₂ proveniente de la respiración del alumnado afectar el desempeño o rendimiento académico en ausencia de ventilación?

Hipótesis

La densidad de estudiantes y la poca ventilación en la sala de clases provoca exceso de CO₂ disponible en este espacio físico, lo que afecta negativamente el grado de concentración de los estudiantes.

¿Puede la acumulación de CO₂ proveniente de la respiración del alumnado afectar el desempeño o rendimiento académico en ausencia de ventilación?

Objetivo general

Contribuir a un mejor entendimiento de los factores internos del colegio que afectan el rendimiento académico de los estudiantes. Específicamente, estudiamos aspectos de la ventilación (acumulación de CO₂) de las salas de clases, y su relación con el grado de concentración de los estudiantes durante el desarrollo de esta.

Objetivos específicos

1. Medir la concentración de CO₂ durante la clase (1 h)
2. Evaluar cambios en el rendimiento de los estudiantes durante la clase.
3. Estudiar la relación entre acumulación de CO₂ y cambios en el rendimiento de los estudiantes.

Metodología

Nuestro trabajo se basó en una investigación cuantitativa (mediciones de CO₂, temperatura, humedad, densidad de estudiantes, cuestionario de concentración) y cualitativa (ventilación, Tamaño de sala, ingesta de alimento).

En el objetivo 1 de la investigación: Medir la concentración de CO₂ durante la clase (1 h) fue para cuantificar cambios en la concentración de CO₂ para ello se efectuaron mediciones discretas en tres intervalos de tiempo durante el desarrollo de la clase de 1 h. Tiempo 1 que corresponde al inicio de la clase, Tiempo 2 que corresponde a 30 min después del inicio de la clase, y Tiempo 3 que corresponde al término de la clase (60 min). La concentración de CO₂ fue medida con un

detector de CO₂ Portátil (imagen 1) el cual además mide la temperatura y humedad del aire. Para cada intervalo de tiempo se tomaron 3 réplicas (mediciones), (c/1 min).



Imagen 1: detector de calidad del aire digital

Factores adicionales a la variabilidad en la concentración de CO₂ son la cantidad de estudiantes que asisten a las clases, el tamaño y ventilación de la sala. Para establecer la cantidad de estudiantes se utilizó la lista de asistencia. El tamaño de la sala de clases se clasificó en grande "sala de uso común" (178,2 m³) (foto 1) y pequeña "sala temática ciencia" (153,03 m³) (foto 2). La ventilación se relaciona con mantener la puerta abierta (foto 3) o por la cantidad de veces que se debe abrir por retiro o ingreso de estudiantes (con ventilación) o cerrada (foto 4) (sin ventilación).

Tabla 1: En esta tabla se hace referencia a todas las variables estudiadas en cuestión.

Cantidad de experimentos	Variables tomadas en consideración	Instrumentos Utilizados	Tiempo de desarrollo del experimento	cantidad de réplicas del experimento
14	Tiempo	Medidor CO ₂ (Revísar anexo 1)	Al inicio	3 (Tiempo 1)
	CO ₂	Cuestionario 1 (Revisar anexo 3)	A los 30 Min.	3 (Tiempo 2)
	Ventilación (puertas y ventanas abiertas)	Cuestionario 2 (Revisar anexo 40)	A los 60 Min.	3 (Tiempo 3)
	Densidad de estudiantes			
	Tamaño de las salas			



Foto 1: sala “grande” de uso común, estudiantes realizando test (foto tomada por Román Rivera)



Foto 2: Sala “pequeña” sala temática de ciencias (foto tomada por Felipe Sandoval)



Foto 3: Con ventilación (Foto tomada por Felipe Sandoval)



Foto 4: Sala sin ventilación (foto tomada por Román Rivera)

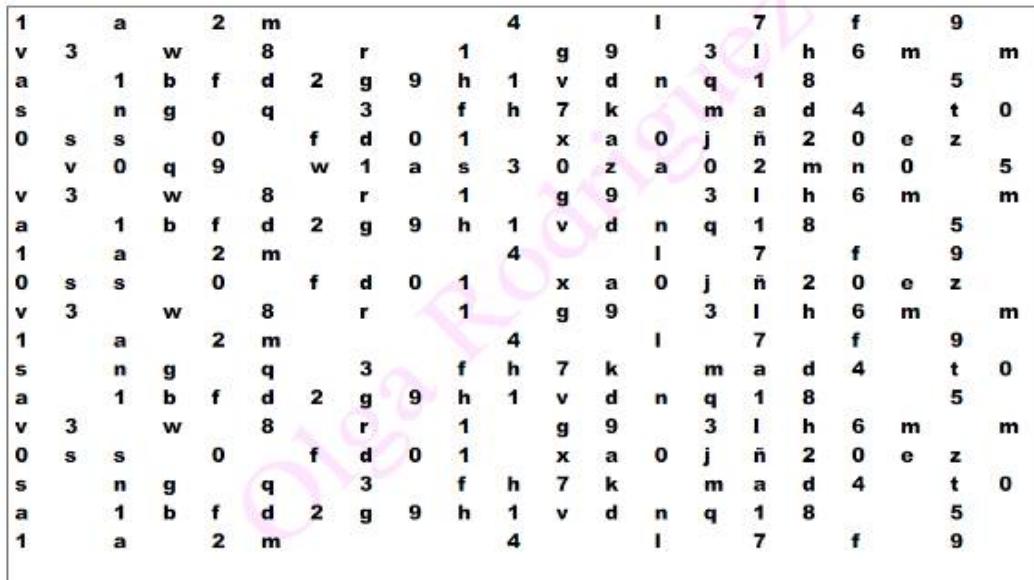
En el segundo objetivo fueron evaluados los cambios en el rendimiento de los estudiantes durante la clase. Se aplicó una actividad para determinar la atención de los estudiantes (ver imagen 2 y 3) (foto 1), utilizadas por las psicólogas del establecimiento para observar posibles cambios en el rendimiento de los estudiantes el cual consiste en rodear con un círculo cada número dentro de un campo de letras de la misma fuente (ver imagen 2) o contar cuántos asteriscos, círculos o estrellas hay en la hoja (ver imagen 3) durante un minuto

y medio. Esto era repetido tres veces, con la toma respectiva de datos (tabla 2). Para tener una muestra aleatoria de los estudiantes en esta actividad, se efectuó un sorteo (en una bolsa se sacaron todos los números según la cantidad de estudiantes en la clase y se tomaban 3 por día). Este procedimiento seleccionó a tres participantes y se repite en cada medición de CO₂. Los estudiantes que fueron seleccionados no fueron incluidos en la actividad subsiguientes.

Ha habido poco estudio del uso medicinal popular de



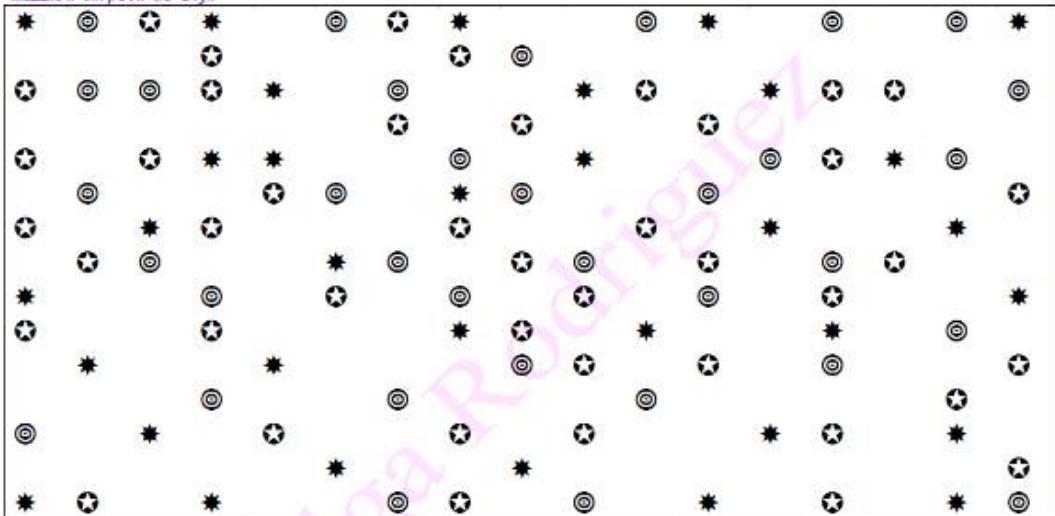
Rodea con un círculo todos los números



<http://olgarodriguez-olga.blogspot.com/>

20 --

Imagen 2: actividad para determinar el grado de concentración de los estudiantes



¿Cuantos hay?

*	◎	★

<http://olgarodriguez-olga.blogspot.com/>

21 --

Imagen 3: Actividad para determinar el grado de concentración de los estudiantes

Tabla 2: Registro de datos

Fecha	Tiempo	Hora	Respuestas %	CO2	Temp. °C	densidad	ventilación	mt2	observaciones
10-08	1	10:35	99	440	20	21	Con	Pequeña	Se abrió 2 veces la puerta para ingresar a 2 estudiantes
10-08	1	10:35	100	443	20	21	Con	Pequeña	Se retiraron 2 estudiantes, la puerta se abrió 8 veces (2 por inspectoría para retirar a los estudiantes) y 6 veces por razones administrativa del Liceo
10-08	1	10:35	94,69	449	20	21	Con	Pequeña	
10-08	2	11:00	96.46	906	17	23	Con	Pequeña	
10-08	2	11:00	68.14	961	17	23	Con	Pequeña	
10-08	2	11:00	100	994	17	23	Con	Pequeña	
10-08	3	11:25	99	449	17	21	Con	Pequeña	
10-08	3	11:25	74	441	17	21	Con	Pequeña	
10-08	3	11:25	98,23	442	17	21	con	Pequeña	
11-08	1	10:50	98,2	804	16	25	con	Pequeña	Ventana quebrada
11-08	1	10:50	89,4	928	16	25	Con	Pequeña	
11-08	1	10:50	88,5	895	16	25	Con	Pequeña	
11-08	2	11:10	100	448	16	25	Con	Pequeña	
11-08	2	11:10	100	449	16	25	Con	Pequeña	
11-08	2	11:10	99,1	443	16	25	Con	Pequeña	
11-08	3	11:30	100	448	16	25	Con	Pequeña	
11-08	3	11:30	100	445	17	25	Con	Pequeña	
11-08	3	11:30	99,1	532	17	25	con	Pequeña	
16-08	1	8:17	97.3	85	12	21	sin	grande	
16-08	1	8:17	99.1	873	12	21	sin	grande	
16-08	1	8:17	73.4	862	12	21	sin	grande	
16-08	2	8:32	100	2171	16	25	sin	grande	
16-08	2	8:32	100	2149	16	25	sin	grande	
16-08	2	8:32	76	2116	16	25	sin	grande	
16-08	3	8:55	100	2501	20	25	sin	grande	
16-08	3	8:55	99.1	2501	20	25	sin	grande	
16-08	3	8:55	85.8	2490	20	25	sin	grande	
17-08	1	10:53	50.4	636	16	22	sin	grande	la puerta fue abierta cuatro veces
17-08	1	10:53	60.1	642	16	22	sin	grande	
17-08	1	10:53	41.6	654	15	22	sin	grande	
17-08	2	11:15	100	443	18	19	sin	grande	

17-08	2	11:15	99.1	446	18	19	sin	grande	
17-08	2	11:15	90.2	449	18	19	sin	grande	
17-08	3	11:30	91.1	448	18	19	sin	grande	
17-08	3	11:30	99.1	447	18	19	sin	grande	
17-08	3	11:30	92.9	449	18	19	sin	grande	
18-08	1	10:43	98.2	446	15	19	sin	grande	fue abierta una vez la puerta
18-08	1	10:43	86.7	448	15	19	sin	grande	
18-08	1	10:43	97.3	449	15	19	sin	grande	
18-08	2	11:00	100	2570	18	21	sin	grande	
18-08	2	11:00	88.5	2688	18	21	sin	grande	
18-08	2	11:00	97.7	2688	18	21	sin	grande	
18-08	3	11:30	84	1918	19	21	sin	grande	
18-08	3	11:30	85.8	1984	19	21	sin	grande	
18-08	3	11:30	97.3	2006	19	21	sin	grande	
23-08	1	8:15	93.8	2831	12	23	con	grande	
23-08	1	8:15	91.1	3059	12	23	con	grande	
23-08	1	8:15	89.3	2617	12	23	con	grande	
23-08	2	8:35	100	445	12	25	con	grande	
23-08	2	8:35	95.5	440	12	25	con	grande	
23-08	2	8:35	98	441	12	25	con	grande	
23-08	3	8:55	99.1	576	12	25	con	grande	
23-08	3	8:55	95.5	510	12	25	con	grande	
23-08	3	8:55	94.7	587	12	25	con	grande	
24-08	1	10:45	28.4	4236	13	18	sin	grande	
24-08	1	10:45	58.7	4074	13	18	sin	grande	
24-08	1	10:45	29.3	4063	13	18	sin	grande	
24-08	2	11:07	25.3	4910	15	21	sin	grande	
24-08	2	11:07	97.2	4932	15	21	sin	grande	Estudiante recién entró en ese período
24-08	2	11:07	53.2	4932	15	21	sin	grande	
24-08	3	11:30	57.8	4679	17	21	sin	grande	
24-08	3	11:30	39.4	4690	17	21	sin	grande	
24-08	3	11:30	88.9	4690	17	21	sin	grande	

Dado que el cambio en el rendimiento, por ejemplo, el grado de atención durante la clase, también dependen entre otros factores de la alimentación previa a la clase, los estudiantes seleccionados en las actividades fueron consultados por la ingesta de alimentos (si o no) previo a la clase (cabe mencionar que, durante la creación de los modelos estadísticos y resultados finales, esta variable no fue tomada en consideración).

Los factores de variabilidad en la concentración de CO₂ considerados fueron: tiempo, la cantidad estudiantes, la ventilación y tamaño de la sala.

Objetivo 3: Luego para estudiar la relación entre acumulación de CO₂ y cambios en el rendimiento de los estudiantes se correlacionó los datos registrados por el instrumento detector de CO₂ portátil durante el transcurso de las clases y los resultados obtenidos de la actividad de concentración. Los cambios en la concentración de CO₂ y nivel de atención de los estudiantes con relación a los factores de variabilidad categóricos (tiempo, ventilación) y continuos (temperatura, densidad de estudiantes) se realizó mediante un modelo lineal mixto con el programa estadístico STATISTICA v 10.0.

Resultados

El modelo reprodujo (R^2) un 40% de la variabilidad del CO₂. Se observaron diferencias significativas ($F_{2,55}=8.4$, $p=0.001$) en la concentración de CO₂ al inicio, mitad y término de la clase, y entre salas con y sin ventilación (Figura 1).

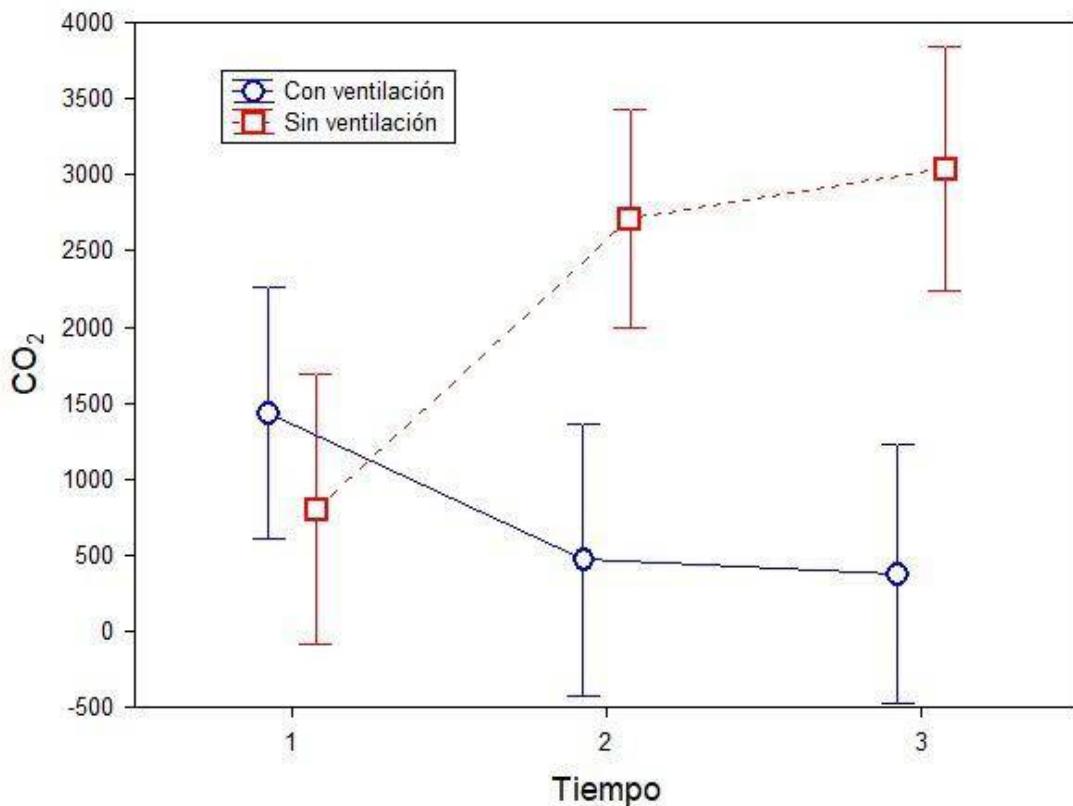


Figura 1: Variabilidad temporal en la concentración de CO₂ medida al interior de la sala durante la clase. El eje X indica el tiempo de medición de CO₂ al inicio (1), después de 30 (2) y 60 min (3).

La concentración de CO₂ fue mayor en salas sin ventilación. También la temperatura tuvo un efecto significativo en la concentración de CO₂. El modelo solo explicó el 26% de la variabilidad de la atención de los estudiantes. Se observaron diferencias significativas ($F_{1, 55}=5.1, p=0.03$) en la atención de estudiantes respecto de una sala con y sin ventilación (Figura 2). Encontramos una relación significativa ($r^2=0.3, p=0.0001$) entre la concentración de CO₂ y el nivel de atención de los estudiantes (Figura 3).

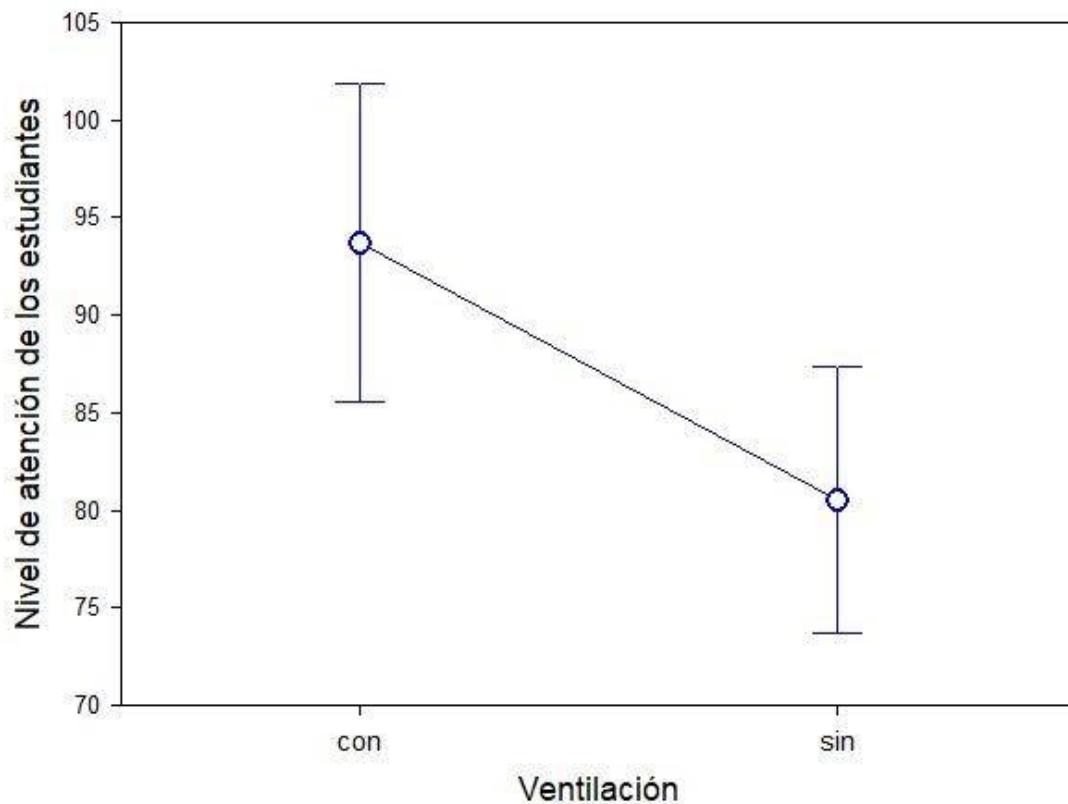


Figura 2: Efecto de la ventilación de la sala en el nivel de atención de los estudiantes.

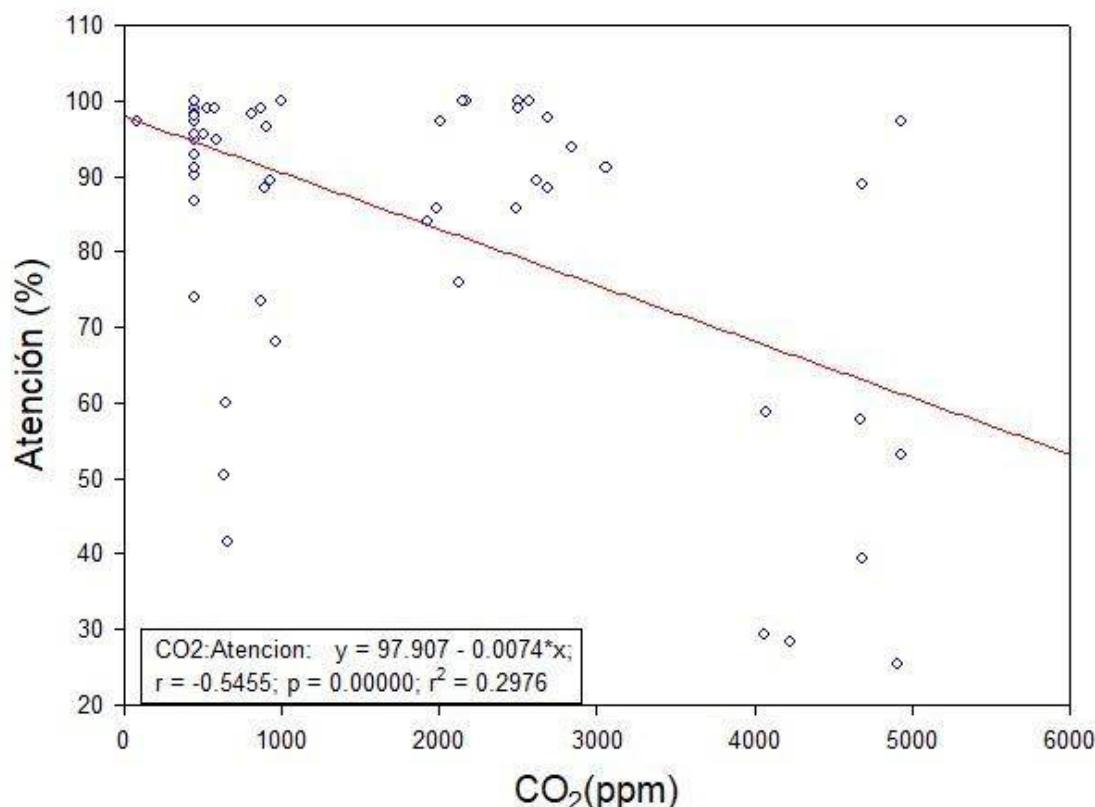


Figura 3: Correlación (Pearson) entre la concentración de CO₂ y nivel de atención de los estudiantes.

Existe una relación estrecha entre la ventilación y cantidad de CO₂, para ello podemos argumentar usando la figura 2 como referencia. Debido a que nos muestra como aumentan las concentraciones de CO₂ durante las tres etapas del experimento, ya que tiende a un aumento sostenido. Pero en su contraparte, cuando se lleva a cabo la implementación de la sala con ventilación podemos ver notoriamente como el CO₂ tiende a la baja, hasta llegar a niveles normales e inocuos. Y con respecto al nivel de atención de los estudiantes, podemos observar un descenso considerable cuando aumenta la concentración de CO₂ (figura 3). Podemos agregar que existe una proyección negativa de la atención de los estudiantes respecto a la concentración de CO₂, debido a que los mejores resultados se concentran en concentraciones menores, pero disipándose a medida que esta misma aumenta (figura 4). Esto nos indica que a medida que aumenta la concentración de CO₂ en las salas de clase la atención de los estudiantes disminuye.

Conclusión

En base a los resultados obtenidos en base a una ardua investigación; hemos llegado a la conclusión que la cantidad de CO₂ liberado por la respiración de los estudiantes en la sala de clases, aumenta durante el transcurso de esta misma y afecta en gran medida el nivel de atención de ellos mismos. Dicha aseveración fue corroborada al aplicar el instrumento para medir la capacidad de concentración la cual se aplicaba al inicio a media clase y al término de ella. Además, hemos podido evidenciar el aumento sostenido de la concentración de CO₂ cuando se encontraban los estudiantes sin ventilación (puertas y ventanas cerradas) (foto 5).



Foto 5: Medidor de la calidad de aire marcando en sala sin ventilación (foto tomada por Verónica Espinoza)

El uso de la computadora, proyector y teléfonos celulares, por parte de los estudiantes y docentes, puede también afectar la cantidad de CO₂ contenido dentro de una sala de clases. Según Mike Berners-Lee, director y principal consultor del Small World Consulting y experto en huella de gases de efecto invernadero y desarrollo organizacional señala que el celular por 2 minutos de uso libera 47 gramos de dióxido de carbono, por lo tanto, por una hora serían casi 1,5 kilos de dióxido de carbono (Berners-Lee 2021) y el computador por hora y encendido libera entre 52 y 234 gramos (según la comisión europea).

Además, podemos señalar que pueden existir otras variables que pueden afectar el desempeño académico (ninguna de estas variables fue considerada en este proyecto), por ejemplo

- Estudiantes que ingresan al establecimiento sin haber ingerido alimentos
- Estado de salud
- Problemas familiares

Bibliografía

Berners-Lee, M. et al. (2021). The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. ScienceDirect

Ministerio de salud. (1989). Decreto 289. Aprueba el reglamento sobre condiciones sanitarias mínimas de los establecimientos educacionales y deroga el decreto N°462, de 1983. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Soledispa Villegas, J. (2020). Análisis de niveles muy altos de CO2 en las aulas de clases mediante el sensor MQ-135. Repositorio Universidad de Guayaquil.

Fisk, et al. (2004). Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Lawrence Berkeley National Laboratory

Unocero. (2019). #EcoTech