

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**VERIFICACIÓN DE NIVELES DE DIÓXIDO DE CARBONO Y CARGA  
MICROBIOLÓGICA EN DEPENDENCIAS DE LA UNIVERSIDAD FEDERICO  
SANTA MARÍA - SEDE JOSÉ MIGUEL CARRERA, VIÑA DEL MAR.**

Trabajo de Titulación para optar al  
Título de Técnico Universitario en  
CONTROL DEL MEDIO  
AMBIENTE

Alumno:

Radin Sepúlveda Fuentes

Profesor Guía:

Miguel Zazópulos

Profesional Correferente:

Carla Gacitúa

## AGRADECIMIENTOS

Muchas veces creemos saber lo que queremos, sin embargo, no siempre tomamos la decisión más asertiva, aun mas siendo una interrogante tan importante como que es lo que queremos para nuestro futuro... tomar esa decisión cuando recién se comienza a entender el costo de la vida misma, lleva muchas veces a tomar una decisión errónea, tal como me sucedió a mí...

Sin embargo, agradezco la oportunidad de poder volver a elegir lo que será mi futuro, agradezco a muchas personas y que quizás con solo una acción simple, me permitieron llegar a este momento.

Primeramente, agradezco a Iván Diaz del equipo PACE de Casa Central por el interés y dedicación que entregó en todo momento y aún más al solicitarle ayuda, a la señorita María Teresa Peña y a todo el equipo PACE Sede Viña que me ayudaron con este proceso y obviamente a mi jefa de carrera, María Elisa Escobar quien al momento de solicitarle el ingreso a la carrera no tuvo objeción alguna, al contrario fui muy bien recibido por ella.

Debo agradecer al profesor Miguel Zazópulos y al Departamento de Química y Medio Ambiente de la Sede Viña del Mar por darme la oportunidad de trabajar con ellos junto a mi compañera Catalina Arancibia quien me acompañó en la toma de mediciones para este trabajo y por darme todas las herramientas necesarias para enriquecer mis conocimientos en el área de laboratorio.

Me siento eternamente agradecido por quien es mi compañera, amiga, profesora, maestra y mucho más, quien durante todo este tiempo tuvo mucha paciencia, que depositó una gran confianza en mi persona y por siempre estar dispuesta a responder cada una de mis inquietudes. Mujer increíble que ha sido un gran apoyo, muchas gracias, Carla Gacitúa.

Y Finalmente agradecer a mi familia, que a pesar de todo siempre dan su apoyo incondicional y me han permitido siempre seguir mi propio camino y como no agradecer a mi personita especial quien me motiva y alienta cada día, gracias por su amor, cariño y confianza.

## RESUMEN

**KEYWORDS:** CO<sub>2</sub> - CARGA MICROBIOLÓGICA - VENTILACIÓN - USM - SALA

El objetivo de este trabajo consiste en realizar mediciones de CO<sub>2</sub> y un muestreo microbiológico del aire durante los días 08 de noviembre al 16 de diciembre de 2021 con un total de 111 mediciones en la Universidad Técnica Federico Santa María en Viña del Mar, la cual se encuentra en su retorno a la presencialidad para así controlar una buena ventilación. Para las mediciones de CO<sub>2</sub> se utilizan dos equipos con sondas de dióxido de carbono, mientras que para el muestreo microbiológico se emplea un filtrador de aire para la toma de muestras previo cultivo de estas.

En cuanto a CO<sub>2</sub> el resultado de mayor preocupación es el de la sala G105 con una medición de 1057 ppm de CO<sub>2</sub> de la primera sonda y de 950 ppm para la segunda sonda, cabe mencionar que esta sala se encuentra con 16 personas en su interior y tiene la puerta cerrada y ventanas abiertas. Mientras que el valor más aceptable lo presenta la sala C128 donde el valor para la primera sonda es de 394 ppm y para la segunda sonda es de 461 ppm, dentro de la sala se hallan 7 personas, con puertas y ventanas abiertas. Según la Norma UNE-EN 13779:2005 una buena calidad de aire se encuentra entre 400 y 600 ppm, en base a esto puede afirmarse que la sala C128 posee una buena calidad de aire, mientras que la sala G105 supera estos rangos, poseyendo una calidad baja según la norma. Estos valores pueden cambiar relativamente dependiendo si puertas y ventanas se encuentran cerradas o abiertas.

Asimismo, parte de esta investigación es conocer la concentración microbiana del ambiente de las salas de clases y lugares utilizados dentro de la Universidad, además, como un primer acercamiento para futuros estudios y aplicación de medidas de prevención de enfermedades que podrían incidir en la salud.

De acuerdo con los resultados obtenidos en donde solo se tienen rangos comparativos desde otros estudios y ciertos límites sugeridos por entidades como la OMS, se obtienen solo 7 mediciones (8,14%) con una carga microbiológica extremadamente alta, y 79 mediciones (91,86%) con una carga microbiológica adecuada y/o media con un promedio de 145 UFC/m<sup>3</sup>. Concluyendo que los niveles microbiológicos están dentro de lo aconsejable a excepción de casos particulares en los que podrían ser tema de una investigación exhaustiva en donde se haga una evaluación de la composición microbiana.

Además, en el caso de Dental donde el uso de Lysoform fue un método utilizado para el análisis, se observa cambios considerables donde disminuyen entre un 50-90% la carga microbiológica respecto a la medición más alta luego de un paciente.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.....	7
SIGLAS.....	7
SIMBOLOGÍA.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
ALCANCES.....	9
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES.....	10
1.1. DIÓXIDO DE CARBONO.....	11
1.2. CARGA MICROBIOLÓGICA.....	13
CAPÍTULO II: PARTE EXPERIMENTAL.....	16
2.1. DIÓXIDO DE CARBONO.....	17
2.1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	17
2.1.2. PROCEDIMIENTO REALIZADO.....	17
2.1.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	17
2.1.4. REACTIVOS Y SOLUCIONES UTILIZADAS.....	17
2.2. CARGA MICROBIOLÓGICA.....	18
2.2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	18
2.2.2. PROCEDIMIENTO REALIZADO.....	18
2.2.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	19
2.2.4. REACTIVOS Y SOLUCIONES UTILIZADAS.....	19
2.2.5. PREPARACIÓN DE REACTIVOS Y SOLUCIONES UTILIZADAS.....	19
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	20
3.1. RESULTADOS DIÓXIDO DE CARBONO.....	21
3.1.1. RESULTADOS GENERALES.....	21
3.1.2. INFLUENCIA DE PUERTAS Y VENTANAS.....	26
3.1.3. INFLUENCIA DE CANTIDAD DE PERSONAS.....	32
3.2. RESULTADOS CARGA MICROBIOLÓGICA.....	34
3.2.1. RESULTADOS GENERALES.....	34
3.2.2. INFLUENCIA DE VENTANAS Y PUERTAS.....	38
3.2.3. INFLUENCIA DE CANTIDAD DE PERSONAS.....	39
3.3. DIÓXIDO DE CARBONO VS CARGA MICROBIOLÓGICA.....	42
3.4. SALA DENTAL.....	44
3.5. HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA.....	48
CONCLUSIONES.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Fuentes amplificadoras de microorganismos.....	14
Tabla 3-1: Cuadro resumen de resultados y promedio CO <sub>2</sub> (2 mediciones simultaneas) en las salas de clase de la Sede Viña del Mar.....	21
Tabla 3-2: Valores de Estadística Descriptiva a partir de datos de Tabla 3-1.....	23
Tabla 3-3: Cuadro resumen de resultados mediciones de CO <sub>2</sub> en Dental de la Sede Viña del Mar. ....	25
Tabla 3-4: Valores de dióxido de carbono en partes por millón (ppm) según la condición de ventilación de la sala de clases al momento de estar ocupada por los usuarios y realizar la medición. ....	26
Tabla 3-5: Cuadro resumen de resultados mediciones de CO <sub>2</sub> , con condición de puerta y ventana cerrada. ....	27
Tabla 3-6: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de dióxido de carbono por tratamiento (puertas y ventanas abiertas; puertas y ventanas, una abierta y la otra cerrada; puertas y ventanas cerradas).....	27
Tabla 3-7: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de CO <sub>2</sub> por tratamiento (puertas y ventanas abiertas; puertas y ventanas cerradas).....	29
Tabla 3-8: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de dióxido de carbono por tratamiento (puertas y ventanas abiertas; puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada).....	30
Tabla 3-9: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de dióxido de carbono por tratamiento (puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada; puertas y ventanas cerradas).....	31
Tabla 3-10: Cuadro resumen de resultados mediciones microbiológicas. ....	34
Tabla 3-11: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-10.....	36
Tabla 3-12: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-10 [Log <sub>10</sub> ()].....	36
Tabla 3-13: Cuadro resumen de resultados según condición de ventilación.....	38
Tabla 3-14: Cuadro resumen de resultados microbiológicos sala DENTAL.....	44
Tabla 3-15: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-14.....	45
Tabla 3-16: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 2-14 [log <sub>10</sub> ()].....	45
Tabla 3-17: Cuadro resumen de lecturas de HR y T °C en las salas de clase. ....	48
Tabla 3-18: Estadística descriptiva de datos obtenidos a partir de Tabla 3-17. ....	48
Tabla 3-19: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-17.....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Diagrama de caja y bigotes de los resultados promedio de nivel de dióxido de carbono.....	24
Gráfico 3-2: Modelo de regresión lineal entre la cantidad de personas en sala y cantidad de CO <sub>2</sub> con puertas y ventanas abiertas. ....	32
Gráfico 3-3: Modelo de regresión lineal entre la cantidad de personas en sala y cantidad de CO <sub>2</sub> con puerta o ventana, una abierta y la otra cerrada. ....	33
Gráfico 3-4: Diagrama de cajas recuento microbiológico en Log <sub>10</sub> () .....	37
Gráfico 3-5: Diagrama de dispersión de cantidad de personas vs carga microbiológico .....	39
Gráfico 3-6: Diagrama de dispersión de personas vs carga microbiológica sala G105 .....	40
Gráfico 3-7: Diagrama de dispersión de personas vs recuento microbiológico sala G105 ..	40
Gráfico 3-8: Diagrama de dispersión de personas vs recuento microbiológico sala C126 ..	41
Gráfico 3-9: Relación CO <sub>2</sub> vs Recuento Microbiológico.....	42
Gráfico 3-10: Relación CO <sub>2</sub> vs Recuento Microbiológico. SALA C126 .....	43
Gráfico 3-11: Análisis microbiológico sala DENTAL miércoles 15 dic, 2021 .....	46
Gráfico 3-12: Análisis microbiológico sala DENTAL jueves 16 dic, 2021.....	47

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### SIGLAS

OMS	: Organización mundial de la salud
UFC	: Unidad formadora de colonias
UNE	: Asociación Española de Normalización
HR	: Humedad relativa
USM	: Universidad Santa María
JMC	: José Miguel Carrera

### SIMBOLOGÍA

CO <sub>2</sub>	: Dióxido de carbono
ppm	: Partes por millón
L	: Litro
min	: minuto
mm	: milímetro
m	: metro
h	: hora
s	: segundo
mL	: mililitro
g	: gramo
>	: Mayor que
°C	: Grados Celsius
m <sup>3</sup>	: metro cúbico
r	: Índice de correlación

## INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias. La concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede aportar información sobre distintos aspectos y circunstancias de un edificio tales como posibilidad de efectos sobre la salud de sus ocupantes, correlación con problemas y quejas por olor o como dato para estudiar la ventilación de un local. (María José Berenguer, 2000)

Por otro lado, la atmósfera es un medio para la dispersión de muchos tipos de microorganismos (esporas, bacterias, virus y hongos). Algunos se han adaptado favoreciendo su supervivencia y permanencia en el entorno. Los microorganismos dispersados por el aire tienen una gran importancia biológica y económica. Producen enfermedades en plantas, animales y humanos, causan alteración de alimentos y materiales orgánicos y contribuyen al deterioro y corrosión de estructuras.

Distintos actores del colectivo científico consideran que se hace imprescindible conocer la composición y la calidad microbiana de ambientes internos como el mecanismo más elemental de prevención de enfermedades y para conocer el riesgo al que está expuesta la comunidad.

De acuerdo con lo anterior, en este trabajo se realizan una prospección preliminar de mediciones tanto de CO<sub>2</sub> como de carga microbiológica a partir de la utilización de sondas de CO<sub>2</sub> y muestreador de aire previa incubación de la muestra obtenida. Esto se realiza entre los días 08 de noviembre al 16 de diciembre de 2021 en las dependencias de la USM, Sede Viña del Mar, en las salas de clases con estudiantes y profesor en las condiciones de trabajo establecidas por las prácticas académicas en tiempos de pandemia: usuarios con mascarillas, con distanciamiento social y ventanas y puertas del recinto abiertas para permitir una adecuada ventilación cruzada que permita la entrada de aire exterior, permitiendo conocer la calidad ambiental de estos lugares que son utilizados por la universidad como un acercamiento previo a futuros estudios como método de prevención y control ambiental.



## ALCANCES

Se reconoce que hay muchos factores no considerados en este estudio como el volumen de las aulas (posible de incorporar en un futuro, pero deducible ya que las salas están identificadas), la tasa de renovación de aire, la concentración de CO<sub>2</sub> en estado estable, edad y sexo de los ocupantes de las salas y la medición en varios puntos del mismo recinto, entre otros (se puntualiza que se trató de interferir al mínimo el desarrollo de la clase), por lo que debe ser considerado como un aporte preliminar. Sin embargo, en el contexto de tener una idea del estado de situación local, dentro de los recursos y voluntades disponibles es que se hace esta entrega de resultados.

Por otro lado, en cuanto a lo referido a la carga microbiológica en dependencias de la universidad, en este estudio solo se realiza un recuento es estos, es decir, solo se cuantifica y no se considera la identificación de cada una de las especies o tipo de microorganismos que fueron incubados.

Hay que destacar que ninguna de las salas estudiadas cuenta con sistemas de renovación o purificación de aire, sólo ventilación natural.

## **CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. DIÓXIDO DE CARBONO**

Hoy en día, la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire de los espacios interiores se ha utilizado como un indicador indirecto del riesgo de transmisión del SARS-COV-2 en caso de que alguna de las personas que se encontraran en el lugar estuviera produciendo aerosoles con el virus. Estudiar el funcionamiento de un sistema de ventilación implica, básicamente, la medición del caudal de ventilación puede conocerse midiendo directamente el flujo de aire, pero a menudo es más fácil realizar estimaciones a través de mediciones de dióxido de carbono. La comparación, por ejemplo, de valores puntuales de dióxido de carbono entre distintas habitaciones, zonas de un mismo local, puntos de tratamiento del aire o a distintas alturas respecto al suelo, puede ayudar a la identificación y diagnóstico de distintas deficiencias en el sistema de renovación de aire de un edificio.

Además de las acciones específicas para favorecer la ventilación de espacios cerrados, es importante que se consideren otras intervenciones para reducir el riesgo de transmisión de virus y otros patógenos respiratorios, como son el control de aforos y el diseño de uso de espacios y actividades para disminuir la concentración de aerosoles.

Los últimos avances científicos en relación con el SARS-COV-2 indican que la vía respiratoria, es por donde se propaga más comúnmente al inhalar aire contaminado por coronavirus. La difusión de este mediante aerosoles lleva a considerar el mayor riesgo de propagación del virus en espacios interiores que exteriores y en especial en aquellos que cuenten con una ventilación deficiente. Es por esto, que es importante asegurar una ventilación adecuada de espacios interiores lo que depende en gran medida del tipo de ventilación realizada: ventilación natural o ventilación forzada mediante sistemas de ventilación/climatización. En este sentido, dos serían las medidas principales a recomendar al respecto:

En caso de ventilación natural: Aumentar la ventilación exterior al máximo posible y en caso de ventilación forzada: Aumentar al máximo posible el aire renovado, priorizando este frente a la recirculación de aire.

Es un hecho aceptado que virus SARS-COV-2 que causa el COVID-19 es un virus que se transmite por las partículas de aerosol que contiene el agente patógeno producidas por el enfermo y es capaz de infectar a otras personas.

Por otra parte, la Consejería de Sanidad del Ayuntamiento de Madrid (2020), en un documento sobre el impacto de los sistemas de ventilación en la transmisión del SARS-COV-2, realiza recomendaciones generales para los edificios de uso público. En general, si la concentración de CO<sub>2</sub> en una habitación sobrepasa las 1000 ppm, indicaría una mala ventilación y habría que ventilar de inmediato y al máximo posible; un valor entre 500 y 700 ppm sería un valor aceptable; si llegara a 800 ppm, habría que ventilar. No se establecen diferencias respecto de valores basales de dióxido de carbono respecto del aire exterior como los otros documentos consultados.

Dado que el objetivo de la Consejería de Sanidad está relacionado con el agente causante de COVID, se hace adecuado una dimensión de análisis donde el valor máximo a aceptar es 700 partes por millón de dióxido de carbono como valor límite superior.

Para la determinación del dióxido de carbono pueden utilizarse tubos colorimétricos o monitores portátiles ya sean foto acústicos o de infrarrojo, siendo estos últimos los más versátiles y de uso más extendido, ya que permiten tanto mediciones puntuales como mediciones promediadas en el tiempo mediante la utilización de acumuladores de datos que luego pueden estudiarse con un equipo informático.

Es muy importante que la persona que lleve a cabo las mediciones mantenga el sensor lejos de su área respiratoria, ya que en la respiración se expiran entre 30.000 y 40.000 ppm de dióxido de carbono, cantidades que pueden falsear las lecturas (María José Berenguer, 2000).

El dióxido de carbono se utiliza a menudo como una medida indirecta de ventilación. Cuando un edificio está ocupado, las concentraciones de CO<sub>2</sub> en el interior son elevadas por el CO<sub>2</sub> exhalado por los ocupantes. Cuando los ocupantes se van y no hay otras fuentes de CO<sub>2</sub> presentes (por ejemplo, personas, fuentes de combustión, etc.), la tasa de disminución de la concentración de CO<sub>2</sub> se puede usar para estimar cuan rápido el aire del exterior (a aproximadamente 400 ppm de CO<sub>2</sub>) reemplaza el volumen de aire interior.

Finalmente, factores ambientales como la humedad y la temperatura influyen sobre la vulnerabilidad del huésped. El frío y el ambiente reseco dificulta el trabajo batiente de los cilios de las células del epitelio respiratorio para eliminar patógenos. Durante los meses de frío disminuye la secreción de moco del epitelio respiratorio, y esto aumentaría la vulnerabilidad del huésped. Por otra parte, una humedad relativa sobre el 80% contribuye a eliminar la persistencia del virus (Correia et al 2020).

El contenido de dióxido de carbono puede ser utilizado como un indicador de acumulación de aire viciado por la respiración y, por lo tanto, de partículas líquidas donde está presente el patógeno en las personas infectadas.

## **1.2. CARGA MICROBIOLÓGICA**

Hay muchas bacterias que se transmiten por vía aérea y pueden causar enfermedades al entrar en contacto con humanos. Dentro del mundo bacteriano, las bacterias Gram negativas crecen en todo tipo de suelos, agua y sobre seres vivos. La membrana externa de estas bacterias contiene unas moléculas denominadas endotoxinas que se liberan al medio cuando la célula muere y durante el crecimiento de ésta.

Las endotoxinas son moléculas tóxicas biológicamente activas puesto que, al entrar en contacto con los seres humanos, interaccionan con diversas células humanas dando lugar a fiebre, alteraciones respiratorias, e incluso la muerte. Por otra parte, el crecimiento de algunas bacterias implica el deterioro de los materiales utilizados en construcción o la generación de malos olores.

Otros microorganismos propagados por los bioaerosoles son los hongos. Algunos crecen sobre la piel utilizando la queratina de ésta como nutriente, con lo que producen infecciones cutáneas. Otros causan enfermedades similares a la gripe que raramente son un riesgo grave para la salud. Pero la mayoría de los hongos encontrados en el ambiente no causan infecciones en humanos, excepto en casos de inmunodeficiencia. Un caso aparte es el de quirófanos y otras salas de alto riesgo en hospitales. En estas situaciones, los hongos ambientales pueden entrar en contacto directo con células internas y producir graves infecciones, por lo que es imprescindible controlar los niveles de hongos oportunistas.

Algunos hongos producen micotoxinas, productos químicos tóxicos, que también pueden ser transferidas vía aérea. Igual que ocurría con las bacterias, los hongos también producen alteraciones en los materiales de construcción y generan malos olores (como a moho), sobre todo si las superficies están húmedas.

La composición de los microorganismos en ambientes cerrados puede variar tanto en calidad como en cantidad de acuerdo a factores como la comunidad de microorganismos que residen de manera predominante en el aire exterior, tipo de edificación y localización geográfica, número de personas presentes y actividades que se realizan, condiciones micro climáticas como humedad relativa y temperatura, puntos locales de vegetación, sistemas de ventilación y limpieza del sitio. También en alfombras se sabe que crecen bacterias y hongos, y en el polvo de cualquier casa se encuentran algas y hongos. Igualmente, los seres humanos aportamos al ambiente gran cantidad de bacterias: la piel soporta millones de bacterias y en la boca de cualquier ser humano viven millones de estas que pueden ser expulsados al exterior mediante la respiración.

Además de bacterias y hongos, muchos virus se transmiten por vía aérea. Ejemplos habituales son los Rinovirus, que causan la mayoría de los constipados comunes, el virus de la Influenza, agente causante de la gripe y como no nombrar a SARS-COV-2 que puede propagarse desde la boca o la nariz de una persona infectada en forma de pequeñas partículas líquidas que expulsa cuando tose, estornuda, habla, canta o respira.

En la Tabla 1-1 se muestra las fuentes amplificadoras de microorganismos en lugares interiores, siendo estos factores influyentes en la toma de muestras y análisis.

Tabla 1-1: Fuentes amplificadoras de microorganismos.

Fuentes amplificadoras de microorganismos	
Fuente	Microorganismo
Materiales aislantes Pintura de la pared Papel de pared	Hongos
Alfombras	Bacterias Hongos
Polvo	Algas Hongos
Seres humanos	Bacterias
Sistemas de aire acondicionado	Bacterias Endotoxinas Hongos Amebas

Fuente: Ginés Ortiz y Vicente Catalán. (2007).

En cuanto la humedad y temperatura, factores que influyen en este análisis, valores de HR entre 60-90% permiten el desarrollo de los microorganismos siendo una HR de 85% requerido por las bacterias para su normal desarrollo y 90% para mohos y hongos. Por otra parte, la importancia de la temperatura es que mientras mayor sea esta menor será la humedad. Además, según afirma la OMS la temperatura ambiente más adecuada para el organismo es entre 18° y 24°C.

En un documento “El síndrome del edificio enfermo: Metodología de evaluación” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, 1994) se entregan recomendaciones frente a una contaminación biológica y se explica la dificultad de tener criterios de valoración debido a la existencia de una gran variabilidad de factores propios de la naturaleza de los contaminantes biológicos. Sin embargo, se da a conocer un valor límite de 10000 UFC/m<sup>3</sup> (UFC: unidades formadoras de colonia), siendo esto solo un valor preliminar del estudio.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (Nevalainen A. and Morawska L, 2009) entre 10-100 UFC/m<sup>3</sup> son niveles normales en una atmósfera limpia, niveles intermedios se encuentran entre 100-1000 UFC/m<sup>3</sup>, mientras que niveles por encima de 1000 UFC/m<sup>3</sup> son niveles altos y sobre 5000 UFC/m<sup>3</sup> son suficientes para causar problemas de salud.

Además, algunos países tienen guías de especificaciones en cuanto al número de microorganismos al interior de edificaciones no industriales, sin embargo, entre ellas presentan diferencias. En Suiza niveles mayores a 1000 UFC/m<sup>3</sup> indican contaminación, en

Europa las especificaciones establecen que 500 UFC/m<sup>3</sup> representan un nivel intermedio, mientras que niveles mayores a 1000 UFC/m<sup>3</sup> indican un alto nivel (Crook y Burton, 2010) y en Canadá el Ministerio de Labor sugieren que la concentración microbiana en ambientes internos no debe exceder las 1000 UFC/m<sup>3</sup>.

Por otro lado, la norma UNE 100012 sobre Higienización de Sistemas de Climatización establecen unos estándares microbiológicos del aire de ambientes interiores, en este se informa que los recuentos microbiológicos totales deben ser inferiores a 800 UFC/m<sup>3</sup>. Además, se considera que hay una amplificación bacteriana cuando los recuentos en el interior superen en 200 UFC/m<sup>3</sup> a los obtenidos en el exterior. Por último, tras una higienización, se estima que el valor del recuento general de microbios debe ser inferior a 100 UFC/m<sup>3</sup> en la impulsión.

Otros estudios realizados hacen diferenciación entre bacterias y hongos entregando valores de resultados por ejemplo en un estudio realizado en salones de una escuela secundaria en Jodhpur, Rajasthan en India, la concentración bacteriológica obtenida es de 198.33 a 347.5 UFC/m<sup>3</sup>. Otro estudio en el laboratorio de Microbiología de la Universidad Distrital, la mayor carga bacteriana es de 1152,8 UFC/m<sup>3</sup> y el promedio de bacterias es de 463,6 UFC/m<sup>3</sup>, siendo un espacio dedicado a la enseñanza, con un alto flujo de estudiantes durante todo el día. Si bien en ningún estudio se obtienen niveles altos con incidencias en la salud de personas, en cada uno de estos el tema de la ventilación y limpieza es un punto influyente.

## **CAPÍTULO II: PARTE EXPERIMENTAL**



## **2.1. DIÓXIDO DE CARBONO**

### **2.1.1. FUNDAMENTO TEÓRICO**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión de sustancias que contienen carbono. En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias. La concentración de CO<sub>2</sub> en un ambiente interior puede aportar información sobre distintos aspectos y circunstancias de un edificio tales como posibilidad de efectos sobre la salud de sus ocupantes, correlación con problemas y quejas por olor o como dato para estudiar la ventilación de un local. (María José Berenguer, 2000)

### **2.1.2. PROCEDIMIENTO REALIZADO**

El método consiste en tomar en 2 puntos distintos y simultáneos el nivel de dióxido de carbono, temperatura y humedad relativa presente en la sala de clases con las personas al interior de esta, manteniendo el sensor lejos del área de respiración y a un valor de altura del piso equivalente a la cabeza de una persona sentada en una silla.

Se realiza la medición una hora después de iniciar la clase, aproximadamente y se registra la condición de ventilación del recinto al momento de llegar a tomar la muestra, por lo que se tienen las condiciones de salas con puertas y ventanas abiertas, puertas y ventanas cerradas y puerta o ventana una abierta y la otra cerrada. Luego de realizar estas mediciones se registraron los resultados en una tabla donde se promedian los resultados de CO<sub>2</sub> en una sola columna y se utiliza esa columna para determinar los análisis posteriores. Se registra la sala, la cantidad de estudiantes y profesor en el recinto

### **2.1.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

Testo 440 con sonda de dióxido de carbono modelo 0632 1551, tiene una exactitud de  $\pm (50\text{ppm} + 3\% \text{ v.m.})$  en un rango de medición entre 1 a 5000 ppm y  $\pm (100\text{ppm} + 5\% \text{ v.m.})$  en un rango de medición entre 5000 a 10000 ppm con una resolución de 1 ppm.

### **2.1.4. REACTIVOS Y SOLUCIONES UTILIZADAS**

No fue utilizado ningún reactivo ni solución para esta parte del trabajo.

## **2.2. CARGA MICROBIOLÓGICA**

### **2.2.1. FUNDAMENTO TEÓRICO**

En cuanto a los microorganismos, estos pueden ser transportados rápidamente, en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias con el movimiento del aire que representa el mejor camino de dispersión. El transporte se realiza sobre partículas de polvo, fragmentos de hojas secas, piel, fibras de la ropa, en gotas de agua o en gotas de saliva eliminadas al toser, estornudar o hablar.

En cuanto al agar nutritivo, es un medio de cultivo nutritivo no selectivo, en el cual la pluripectona y el extracto de carne constituyen la fuente de carbono, nitrógeno y aportan nutrientes para el desarrollo bacteriano. El agregado de cloruro de sodio mantiene el balance osmótico y el agar es el agente solidificante. Puede ser suplementado con sangre ovina desfibrinada estéril para favorecer el crecimiento de microorganismos exigentes en sus requerimientos nutricionales y permite una clara visualización de las reacciones de hemólisis.

Además, Lysoform aerosol desinfectante utilizado es un aerosol de acción antimicrobiana que mata virus, bacterias y hongos en un 99,9%

### **2.2.2. PROCEDIMIENTO REALIZADO**

Para el recuento microbiológico realizado se utiliza el equipo muestreador de aire con un flujo de aire de 250 [L] / 3 [min] que impactaba en una placa Petri. Este fue puesto en un lugar central de la sala de clases donde se encuentran distribuidos los alumnos de mejor manera con una altura de 1 [m].

La placa Petri contiene en su interior agar nutritivo, medio de cultivo utilizado para propósitos generales, para el aislamiento y recuento de microorganismos con escasos requerimientos nutricionales. Estas se incuban entre 24 a 48 [h] en una estufa a 36,5°C previamente desinfectada. Colocando una placa control, midiendo la temperatura y realizando limpieza de esta periódicamente.

El recuento microbiológico se hace a través de un contador de colonias manual. Luego el valor obtenido es verificado a través de la tabla incluida en el Muestreador de aire obteniendo así el valor de UFC/m<sup>3</sup>.

Cabe mencionar que para objeto de esta parte solo se toman en cuenta aquellos microorganismos que pueden ser incubados a 36,5°C, es decir, solo son tomados en cuenta en este estudio las bacterias, hongos y mohos, sin embargo, estos no son identificados ni diferenciados.

Caso particular el de sala Dental, en él se hace uso de Lysoform como método de análisis. Se hace una primera medición antes de la atención de un paciente una segunda medición luego de finalizar la atención de este, se añade Lysoform y luego de 30 [s] se vuelve a tomar una tercera medición y para finalizar, pasados 10 [min] se toma la última medición.

### **2.2.3. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS**

Muestreador de Aire MAS-100 VF, con cabezal de muestreo 300 x 0,6 [mm] y un flujo nominal de 100 [L] / [min]  $\pm$  4,0 %

Estufa universal de secado

Contador de colonias manual

Balanza electrónica

Placa Petri 90 [mm]

Matraz Erlenmeyer 500 [mL]

Varilla de vidrio

Espátula

Mechero

### **2.2.4. REACTIVOS Y SOLUCIONES UTILIZADAS**

Agar Nutritivo

Etanol 95%

Lysoform Aerosol desinfectante

### **2.2.5. PREPARACIÓN DE REACTIVOS Y SOLUCIONES UTILIZADAS**

Agar nutritivo:

Suspender 31 [g] del polvo en 1 [L] de agua purificada.

Mezclar y dejar reposar 5 [min].

Calentar agitando frecuentemente y hervir 1 o 2 [min] hasta su disolución total.

Esterilizar en autoclave a 121°C

Distribuir en recipientes apropiados y mantener en ambiente refrigerado 2-8 °C

### **CAPITULO III: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### 3.1. RESULTADOS DIÓXIDO DE CARBONO

#### 3.1.1. RESULTADOS GENERALES

Tabla 3-1: Cuadro resumen de resultados y promedio CO<sub>2</sub> (2 mediciones simultaneas) en las salas de clase de la Sede Viña del Mar.

N°	Fecha	Sala	N° Personas	PUERTA	VENTANA	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	$\bar{x}$ CO <sub>2</sub>
1	lunes, 8 de noviembre de 2021	G206	5	ABIERTA	ABIERTA	508	488	498
2	lunes, 8 de noviembre de 2021	G105	16	CERRADA	ABIERTA	1057	950	1004
3	lunes, 8 de noviembre de 2021	G203	7	ABIERTA	ABIERTA	453	485	469
4	lunes, 8 de noviembre de 2021	G204	10	ABIERTA	ABIERTA	459	472	466
5	lunes, 8 de noviembre de 2021	G105	12	CERRADA	ABIERTA	684	684	684
6	lunes, 8 de noviembre de 2021	C126	10	ABIERTA	ABIERTA	497	572	535
7	lunes, 8 de noviembre de 2021	C128	7	ABIERTA	ABIERTA	394	461	428
8	miércoles, 10 de noviembre de 2021	W101	7	ABIERTA	ABIERTA	422	465	444
9	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G204	12	ABIERTA	ABIERTA	475	532	504
10	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C126	14	ABIERTA	ABIERTA	512	475	494
11	miércoles, 10 de noviembre de 2021	W101	4	ABIERTA	ABIERTA	452	422	437
12	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G204	6	ABIERTA	ABIERTA	496	537	517
13	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C129	10	ABIERTA	ABIERTA	597	632	615
14	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G206	9	ABIERTA	ABIERTA	437	437	437
15	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G204	4	ABIERTA	ABIERTA	438	438	438
16	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C126	8	ABIERTA	ABIERTA	431	460	446
17	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C128	6	ABIERTA	ABIERTA	423	469	446
18	jueves, 11 de noviembre de 2021	G202	7	ABIERTA	CERRADA	541	548	545
19	jueves, 11 de noviembre de 2021	G105	12	ABIERTA	ABIERTA	547	543	545
20	jueves, 11 de noviembre de 2021	C127	8	CERRADA	ABIERTA	499	464	482
21	jueves, 11 de noviembre de 2021	G203	9	CERRADA	CERRADA	679	713	696
22	jueves, 11 de noviembre de 2021	G202	8	ABIERTA	ABIERTA	574	509	542
23	jueves, 11 de noviembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	456	409	433
24	jueves, 11 de noviembre de 2021	C128	9	ABIERTA	ABIERTA	445	400	423
25	lunes, 15 de noviembre de 2021	H103	5	ABIERTA	ABIERTA	486	460	473
26	lunes, 15 de noviembre de 2021	H102	9	CERRADA	ABIERTA	629	610	620
27	lunes, 15 de noviembre de 2021	G105	8	CERRADA	ABIERTA	628	614	621
28	lunes, 15 de noviembre de 2021	G203	9	ABIERTA	ABIERTA	435	466	451
29	lunes, 15 de noviembre de 2021	H107	16	ABIERTA	ABIERTA	513	513	513
30	lunes, 15 de noviembre de 2021	C126	13	ABIERTA	ABIERTA	537	545	541
31	lunes, 15 de noviembre de 2021	C128	9	ABIERTA	ABIERTA	446	372	409
32	miércoles, 17 de noviembre de 2021	G204	9	CERRADA	ABIERTA	795	708	752
33	miércoles, 17 de noviembre de 2021	COCINA	4	ABIERTA	ABIERTA	530	465	498
34	miércoles, 17 de noviembre de 2021	C226	7	ABIERTA	CERRADA	580	645	613
35	miércoles, 17 de noviembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	463	484	474
36	miércoles, 17 de noviembre de 2021	C129	8	ABIERTA	ABIERTA	492	534	513
37	miércoles, 17 de noviembre de 2021	G204	3	ABIERTA	ABIERTA	417	442	430
38	miércoles, 17 de noviembre de 2021	G206	14	ABIERTA	ABIERTA	457	495	476
39	miércoles, 17 de noviembre de 2021	C226	4	ABIERTA	ABIERTA	458	500	479
40	miércoles, 17 de noviembre de 2021	C126	10	ABIERTA	ABIERTA	414	467	441
41	miércoles, 17 de noviembre de 2021	C129	7	ABIERTA	ABIERTA	458	475	467
42	jueves, 18 de noviembre de 2021	G201	3	ABIERTA	CERRADA	502	486	494
43	jueves, 18 de noviembre de 2021	G202	10	CERRADA	ABIERTA	580	579	580
44	jueves, 18 de noviembre de 2021	H103	7	CERRADA	ABIERTA	611	581	596
45	jueves, 18 de noviembre de 2021	G202	6	CERRADA	ABIERTA	496	519	508
46	jueves, 18 de noviembre de 2021	C126	9	ABIERTA	ABIERTA	427	427	427
47	jueves, 18 de noviembre de 2021	C128	8	ABIERTA	ABIERTA	418	418	418
48	lunes, 22 de noviembre de 2021	G201	9	ABIERTA	ABIERTA	539	517	528
49	lunes, 22 de noviembre de 2021	G105	12	CERRADA	ABIERTA	879	936	908
50	lunes, 22 de noviembre de 2021	H103	5	ABIERTA	ABIERTA	518	498	508
51	lunes, 22 de noviembre de 2021	H102	5	ABIERTA	ABIERTA	523	467	495
52	lunes, 22 de noviembre de 2021	C126	10	ABIERTA	ABIERTA	483	427	455
53	lunes, 22 de noviembre de 2021	C128	11	ABIERTA	ABIERTA	457	409	433
54	miércoles, 24 de noviembre de 2021	G204	13	ABIERTA	ABIERTA	525	516	521
55	miércoles, 24 de noviembre de 2021	C226	4	ABIERTA	ABIERTA	536	476	506
56	miércoles, 24 de noviembre de 2021	C126	14	ABIERTA	ABIERTA	487	464	476
57	miércoles, 24 de noviembre de 2021	C129	3	ABIERTA	ABIERTA	473	486	480
58	jueves, 25 de noviembre de 2021	G202	4	ABIERTA	ABIERTA	608	574	591
59	jueves, 25 de noviembre de 2021	G201	5	ABIERTA	CERRADA	616	681	649
60	jueves, 25 de noviembre de 2021	G105	5	ABIERTA	ABIERTA	504	494	499

61	jueves, 25 de noviembre de 2021	G203	9	ABIERTA	CERRADA	848	776	812
62	jueves, 25 de noviembre de 2021	C126	12	ABIERTA	ABIERTA	511	517	514
63	lunes, 29 de noviembre de 2021	G206	3	ABIERTA	ABIERTA	443	480	462
64	lunes, 29 de noviembre de 2021	G201	10	ABIERTA	ABIERTA	502	504	503
65	lunes, 29 de noviembre de 2021	G105	11	CERRADA	ABIERTA	603	628	616
66	lunes, 29 de noviembre de 2021	H103	3	ABIERTA	CERRADA	518	531	525
67	lunes, 29 de noviembre de 2021	H102	5	CERRADA	CERRADA	725	764	745
68	lunes, 29 de noviembre de 2021	G203	10	ABIERTA	ABIERTA	476	437	457
69	lunes, 29 de noviembre de 2021	C126	12	ABIERTA	ABIERTA	428	428	428
70	miércoles, 1 de diciembre de 2021	G204	12	ABIERTA	ABIERTA	541	526	534
71	miércoles, 1 de diciembre de 2021	C226	6	CERRADA	ABIERTA	508	540	524
72	miércoles, 1 de diciembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	447	508	478
73	jueves, 2 de diciembre de 2021	G202	16	ABIERTA	ABIERTA	520	477	499
74	jueves, 2 de diciembre de 2021	G201	4	ABIERTA	ABIERTA	501	474	488
75	jueves, 2 de diciembre de 2021	G105	8	ABIERTA	ABIERTA	477	468	473
76	jueves, 2 de diciembre de 2021	H103	4	CERRADA	ABIERTA	524	482	503
77	jueves, 2 de diciembre de 2021	G103	11	CERRADA	CERRADA	743	692	718
78	jueves, 2 de diciembre de 2021	G202	8	ABIERTA	ABIERTA	517	498	508
79	jueves, 2 de diciembre de 2021	C126	13	ABIERTA	ABIERTA	406	470	438
80	lunes, 6 de diciembre de 2021	G206	4	ABIERTA	ABIERTA	461	461	461
81	lunes, 6 de diciembre de 2021	G201	8	ABIERTA	ABIERTA	477	463	470
82	lunes, 6 de diciembre de 2021	G105	7	CERRADA	ABIERTA	554	543	549
83	lunes, 6 de diciembre de 2021	H103	3	ABIERTA	ABIERTA	477	448	463
84	lunes, 6 de diciembre de 2021	G203	7	ABIERTA	ABIERTA	454	467	461
85	lunes, 6 de diciembre de 2021	C126	7	ABIERTA	ABIERTA	445	445	445
86	jueves, 9 de diciembre de 2021	G202	4	ABIERTA	ABIERTA	486	467	477
87	jueves, 9 de diciembre de 2021	G202	7	ABIERTA	ABIERTA	468	476	472
88	jueves, 9 de diciembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	410	455	433
89	lunes, 13 de diciembre de 2021	G206	6	ABIERTA	ABIERTA	489	512	501
90	lunes, 13 de diciembre de 2021	G105	10	CERRADA	ABIERTA	635	736	686
91	lunes, 13 de diciembre de 2021	G201	29	ABIERTA	ABIERTA	529	529	529
92	lunes, 13 de diciembre de 2021	G202	9	ABIERTA	ABIERTA	489	489	489
93	lunes, 13 de diciembre de 2021	C126	9	ABIERTA	ABIERTA	409	464	437
94	miércoles, 15 de diciembre de 2021	G204	13	ABIERTA	ABIERTA	521	476	499
95	miércoles, 15 de diciembre de 2021	C126	12	ABIERTA	ABIERTA	402	489	446
96	jueves, 16 de diciembre de 2021	G201	6	ABIERTA	ABIERTA	459	495	477
97	jueves, 16 de diciembre de 2021	G206	7	ABIERTA	ABIERTA	500	495	498

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3-1 se muestra el cuadro resumen de los resultados de las lecturas realizadas para dióxido de carbono, por salas, hora (pasada aproximadamente 1 [h]) y fechas. Se indica también el número de individuos por sala. También se muestra la condición de la sala al momento de realizar la lectura con los individuos (puertas y ventanas abiertas o cerradas).

Se mide con dos sondas de dióxido de carbono el CO<sub>2</sub> correspondiente a la tabla, este corresponde a la cuantificación del nivel de las variables consideradas con estudiantes y el profesor al momento de medir. En estas columnas de “CO<sub>2</sub>” se observan aquellos valores sobre 700 ppm de dióxido de carbono considerados como valor máximo recomendado por la Consejería de Sanidad del Ayuntamiento de Madrid.

Del total de 97 medidas realizadas en diferentes salas y horarios, 6 de ellas superan el valor de 700 ppm de dióxido de carbono, lo que representa un 6,2% de los resultados sobre ese límite para el valor de referencia del criterio de la Consejería de Sanidad del Ayuntamiento de Madrid que relaciona el nivel de dióxido de carbono observado con el riesgo de transmisión del virus SARS-COV-2. En este caso es recomendable la ventilación inmediata del recinto, manteniendo puertas y ventanas abiertas si estuvieran cerradas.

En cuanto a la relación de los resultados y la ventilación de las salas de clases, se observa que 2 de los 6 valores (de los 97 totales) sobre 700 ppm de dióxido de carbono tenían las salas con puertas y ventanas completamente cerradas al momento de hacer la medición, y 4

salas tenían ventana abierta y puerta cerrada, lo que impide la circulación cruzada de aire. Por lo consiguiente este factor ventilación adecuada es crítico y se hace necesario insistir en mantener los recintos abiertos con corriente de aire para permitir una ventilación adecuada. Afortunadamente, los profesores toman a bien la recomendación de modificar la acción observada inicialmente.

No deja de llamar la atención la concentración de CO<sub>2</sub> (teniendo mismo número de individuos), respecto de la condición puerta y ventana cerradas y de puerta y ventana abiertas. Por ejemplo, en las mediciones del lunes 15 de noviembre de 2021 y jueves 25 de noviembre de 2021 en la sala G203 mostradas en la Tabla 3-1 la concentración de CO<sub>2</sub> bajó desde 812 a 451 ppm (valores promedio de las dos columnas de CO<sub>2</sub>) (en diferentes días), lo que significa que la condición de aireación es indispensable para tener bajos índices del indicador.

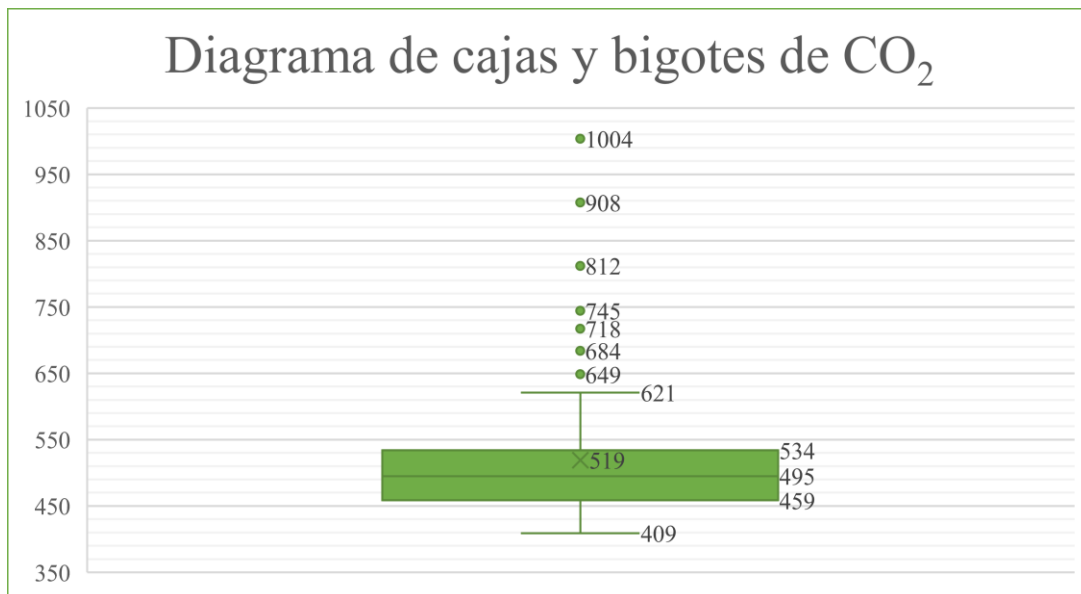
Tabla 3-2: Valores de Estadística Descriptiva a partir de datos de Tabla 3-1.

<i>Valores de Estadística Descriptiva</i>	
Media	519
Error típico	10,3934
Mediana	495
Moda	437
Desviación estándar	102,3632
Varianza de la muestra	10478,2164
Curtosis	6,6799
Coefficiente de asimetría	2,3274
Rango	595
Mínimo	409
Máximo	1004
Suma	50362
Cuenta	97

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la medida de posición de tendencia central media es diferente a la mediana y moda, se presenta una cola hacia la izquierda por la ubicación de estas variables en la distribución, que se ve reflejado también por el coeficiente de asimetría.

La varianza es mucho mayor que la media, lo que es índice de una distribución contagiosa o heterogénea de los resultados. Esto es esperable dado que provienen de diferentes universos y los datos descriptivos han sido tomados en el conjunto de los datos de los diferentes tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-1: Diagrama de caja y bigotes de los resultados promedio de nivel de dióxido de carbono.

En el Gráfico 3-1 se observan los cinco números resumen: los valores: mínimo (409 ppm), máximo (1004 ppm), el valor del primer cuartil (459 ppm, 25% de los datos) la mediana (495 ppm) bajo el cual está el 50% de los datos y el cuartil 3 (534 ppm, 75% de los datos). La caja encierra los valores entre el primer y tercer cuartil y dentro de ella se encuentra la mediana. Se observa de manera gráfica y utilizando los cuartiles (en el fondo medianas) como métrica, que los datos de dióxido de carbono muestran una asimetría hacia la derecha. Esto significa que el 50% de los resultados está bajo 495 ppm (valor de la mediana), lo cual es positivo desde el punto de vista de contar con un ambiente adecuado. También encontramos valores atípicos, es decir, no están dentro de los límites del gráfico permitiendo observar de mejor manera la existencia de valores, que si fuera el caso, podrían estar erróneos.



Tabla 3-3: Cuadro resumen de resultados mediciones de CO<sub>2</sub> en Dental de la Sede Viña del Mar.

Fecha	Sala	N° Personas	PUERTA	VENTANA	CO <sub>2</sub>
jueves, 11 de noviembre de 2021	DENTAL A	2	CERRADA	CERRADA	718
jueves, 18 de noviembre de 2021	DENTAL A	2	CERRADA	ABIERTA	481
jueves, 25 de noviembre de 2021	DENTAL A	3	CERRADA	ABIERTA	563
jueves, 2 de diciembre de 2021	DENTAL A	1	CERRADA	CERRADA	515
miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL A	2	CERRADA	ABIERTA	468
jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL A	1	CERRADA	ABIERTA	498
jueves, 11 de noviembre de 2021	DENTAL B	3	CERRADA	ABIERTA	628
jueves, 18 de noviembre de 2021	DENTAL B	3	CERRADA	ABIERTA	636
miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL B	2	CERRADA	ABIERTA	550
jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL B	1	CERRADA	ABIERTA	494
miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL C	4	CERRADA	ABIERTA	578
jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL C	3	CERRADA	ABIERTA	511
miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL D	3	CERRADA	ABIERTA	516
jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL D	3	CERRADA	ABIERTA	487

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3-3 se observa el resumen de resultados de dióxido de carbono en Dental donde se puede observar que 5 de los datos registrados está por debajo de los 500 ppm lo cual es una buena calidad de aire, y 9 de estos se encuentran bajo 700 ppm señalando una calidad de aire aceptable. En realidad, 14 de los 15 resultados (93,3%) están bajo 700 ppm que es el valor de seguridad tolerable.

Sin embargo, considerando el tamaño de la sala y la cantidad de personas que se encuentran en el espacio, es recomendable mantener siempre una buena ventilación en este lugar ya que como observamos en condiciones de ventanas y puertas cerradas y con 2 personas en su interior se logra registrar el nivel máximo recomendado de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

### 3.1.2. INFLUENCIA DE PUERTAS Y VENTANAS

Tabla 3-4: Valores de dióxido de carbono en partes por millón (ppm) según la condición de ventilación de la sala de clases al momento de estar ocupada por los usuarios y realizar la medición.

PUERTA ABIERTA Y VENTANA ABIERTA	PUERTA ABIERTA Y VENTANA ABIERTA	PUERTA O VENTANA, UNA ABIERTA Y LA OTRA CERRADA	PUERTA CERRADA Y VENTANA CERRADA
498	455	1004	696
469	433	684	745
466	521	545	718
535	506	482	
428	476	620	
444	480	621	
504	591	752	
494	499	613	
437	514	494	
517	462	580	
615	503	596	
437	457	508	
438	428	908	
446	534	649	
446	478	812	
545	499	616	
542	488	525	
433	473	524	
423	508	503	
473	438	549	
451	461	686	
513	470		
541	463		
409	461		
498	445		
474	477		
513	472		
430	433		
476	501		
479	529		
441	489		
467	437		
427	499		
418	446		
528	477		
508	498		
495			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-5: Cuadro resumen de resultados mediciones de CO<sub>2</sub>, con condición de puerta y ventana cerrada.

Fecha	Hora	Sala	N° Pers.	PUERTA	VENTANA	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	$\bar{x}$ CO <sub>2</sub>
jueves, 11 de noviembre de 2021	10:22	G203	9	CERRADA	CERRADA	679	713	696
lunes, 29 de noviembre de 2021	09:30	H102	5	CERRADA	CERRADA	725	764	745
jueves, 2 de diciembre de 2021	10:13	G103	11	CERRADA	CERRADA	743	692	718

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3-5 se observa el resumen de resultados de dióxido de carbono con condición de puerta y ventana cerrada, donde se observa que todos los datos están por encima de los 696 ppm lo cual es una mala calidad de aire, cabe recordar que los máximos tolerables serían 700 ppm.

En cuanto a la condición de puerta y ventana cerrada, esta sí tiene una relación con el flujo de aire por lo cual esta condición sí influye con los valores de dióxido de carbono en el aire.

Tabla 3-6: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de dióxido de carbono por tratamiento (puertas y ventanas abiertas; puertas y ventanas, una abierta y la otra cerrada; puertas y ventanas cerradas)

Análisis de varianza de un factor					
RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Número de valores sobre 700 ppm
AA	73	34940	478	1610	0
AC-CA	21	13264	632	19154	4
CC	3	2158	719	590	2

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	505710,646	2	252855	47,5180	5,4881*10 <sup>-15</sup>	3,0932
Dentro de los grupos	500198,133	94	5321			
Total	1005908,78	96				

AA: Puertas y ventanas abiertas

AC-CA: Puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada.

CC: Puertas y ventanas cerrada.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la Tabla 3-6 muestran que dado que el F de ANOVA calculado (47,5180) es mayor que el valor crítico de F de ANOVA (3,0932), se rechaza  $H_0$ , por lo tanto existen diferencias significativas entre los valores medios de dióxido de carbono respecto del tratamiento de ventilación empleado, es decir con puertas y ventanas abiertas se obtiene un menor valor promedio, un valor intermedio se obtiene con una ventilación parcial (o puerta o ventana cerrado y la otra abierta) y los valores más altos son con puertas y ventanas cerrados.

El valor p es altamente significativo para el rechazo de la hipótesis de nulidad.

Por otro lado, se observa en la Tabla 3-4 que bajo la condición de ventilación con puertas y ventanas abiertas (AA) de los 73 valores ninguno supera las 700 ppm establecidas como valor límite por la Consejería del Ayuntamiento de Madrid. El valor medio es de 478 ppm de dióxido de carbono, la mediana es de 467 ppm y con una desviación estándar (raíz de la varianza) de 40,1 ppm entre observaciones completamente independientes y, además procedentes de universos (salas y estudiantes) distintos. Este es un hecho sumamente positivo porque manteniendo las condiciones de ventilación cruzada se logran valores de aire adecuados en las salas de clases.

Además, el tener tanto las puertas y ventanas cerradas indica condiciones poco adecuadas de aire a los usuarios, aumentando el riesgo en caso de haber una persona enferma con probabilidad de contagio a los demás, dado que el promedio obtenido fue el mayor (719 ppm), el número de observaciones sobre 700 ppm de dióxido de carbono fueron 2 de los 3 casos totales en dicha condición. En consecuencia, es una conducta de riesgo el trabajar bajo esas condiciones.

Y por último, el tener una ventilación parcial ya sea o la puerta o la ventana abierta también resulta ser una medida también poco adecuada, aunque menos que la condición de ambas cerradas. El valor medio es de 632 ppm de dióxido de carbono con una desviación estándar de 138 ppm y 4 de las 20 observaciones sobre 700 ppm.

Se debe puntualizar que se utiliza el ANOVA a pesar de conocer que la condición de desviación típica entre el bloque de mayor variabilidad y el de menor variabilidad es superior a 2. Ello debilita un poco las conclusiones del ANOVA, pero para no utilizar un método no paramétrico se puede utilizar una prueba t de Student entre pares de bloques de tratamientos, tanto con homogeneidad como con no homogeneidad de varianzas para evaluar la equivalencia entre los valores medios de los tratamientos de ventilación ensayados.

A continuación, se muestran los valores de t de Student para evaluar si existen diferencias significativas entre los valores medios de tratamientos tomados como bloques independientes de a pares.

Tabla 3-7: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de CO<sub>2</sub> por tratamiento (puertas y ventanas abiertas; puertas y ventanas cerradas)

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales			
		AA	CC
Media		478	719
Varianza		1610,0	590,5
Observaciones		73	3
Varianza agrupada		1582,4822	
Diferencia hipotética de las medias		0	
Grados de libertad		74	
Estadístico t		-10,2	
P(T<=t) una cola		3,4469*10 <sup>-16</sup>	
Valor crítico de t (una cola)		1,6	
Valor crítico de t (dos colas)		1,9	
Ho: media AA = media CC			
H1: media AA < media CC (una cola)			

AA: Puertas y ventanas abiertas

CC: Puertas y ventanas cerradas

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que hay diferencias significativas entre los valores medios del tratamiento puerta y ventanas abiertas respecto de puerta y ventanas cerradas, dado que t calculado es mayor que t crítico y con un valor p altamente significativo (se rechaza Ho con un alto grado de significancia).

Tabla 3-8: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de dióxido de carbono por tratamiento (puertas y ventanas abiertas; puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada)

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	AA	AC-CA
Media	479	632
Varianza	1610,0349	19154,7226
Observaciones	73	21
Varianza agrupada	5424,0975	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	92	
Estadístico t	-8,38	
P(T<=t) una cola	$2,7806 \cdot 10^{-13}$	
Valor crítico de t (una cola)	1,6616	
Valor crítico de t (dos colas)	1,9861	
Ho: media A = media B		
H1: media A < media B (una cola)		

AA: Puertas y ventanas abiertas

AC-CA: Puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada.

Fuente: Elaboración propia

Se observan diferencias significativas entre los valores medios del tratamiento puerta y ventanas abiertas respecto de puerta o ventana una abierta y la otra cerrada, dado que t calculado es 8,38 y t crítico de una cola es 1,66 con un valor p de  $2,7806 \cdot 10^{-11}$ . Esto significa que, desde el punto de vista estadístico, los valores medios de los tratamientos AA y AC-CA no son equivalentes.

La última etapa de este análisis es la comparación entre los valores medios de los tratamientos puerta o ventana, una abierta y la otra cerrada con respecto a puertas y ventanas cerradas.

Tabla 3-9: Resultados del ANOVA para el contraste de hipótesis del nivel de dióxido de carbono por tratamiento (puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada; puertas y ventanas cerradas)

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	AC-CA	CC
Media	632	719
Varianza	19154	590
Observaciones	21	3
Varianza agrupada	17467	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	-1,0753	
P(T<=t) una cola	0,1469	
Valor crítico de t (una cola)	1,7171	
Valor crítico de t (dos colas)	2,0738	
Ho: media A = media B		
H1: media A > media B (una cola)		

AC-CA: Puertas o ventanas, una abierta y la otra cerrada.

CC; Puertas y ventanas cerradas.

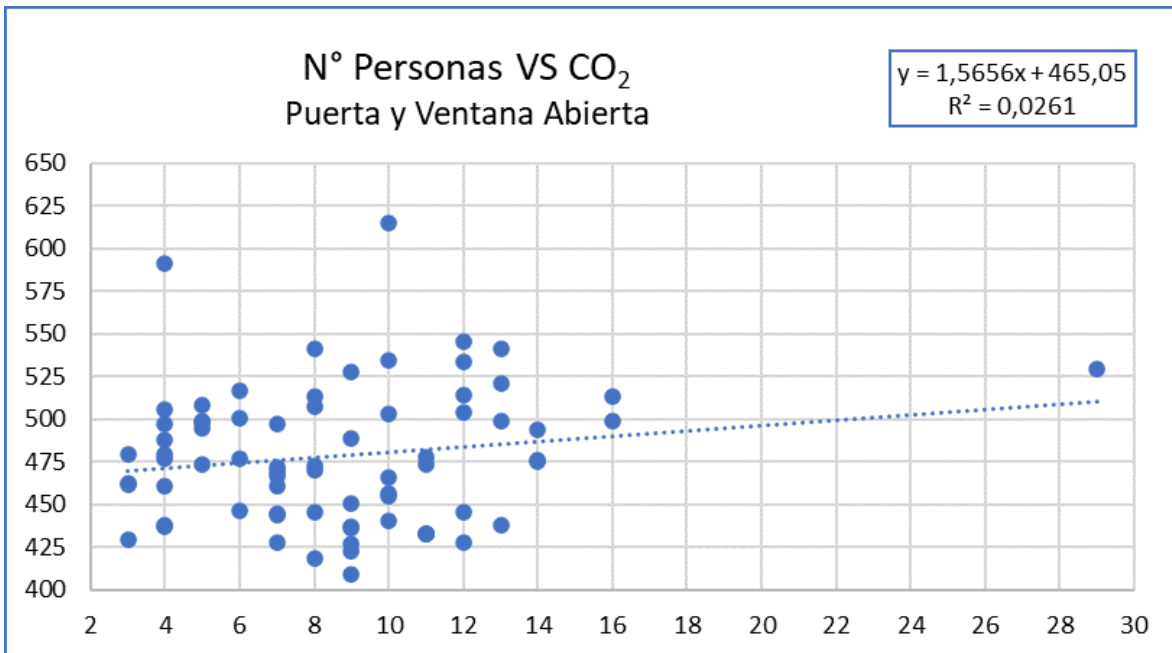
Fuente: Elaboración propia.

Se aplicó una prueba t de Student para diferencia de medias suponiendo varianzas iguales, dado que existe homogeneidad de varianzas entre este par de clústers de resultados de los niveles de dióxido de carbono de acuerdo con los tratamientos puertas y ventanas cerradas puerta o ventana abierta y la otra cerrada y puertas y ventanas cerradas.

El resultado muestra que el estadístico t calculado es mayor que el t crítico, por lo que se rechaza la hipótesis de nulidad y significa que los valores medios de los tratamientos son significativamente diferentes, con un valor p de 0,1469 comparados al alfa de 0,05. Dado que, si el valor p es mayor que alfa, la decisión es que no se puede rechazar la hipótesis nula. No hay suficiente evidencia para concluir que la diferencia entre las medias es estadísticamente significativa.

Es evidente que el número de personas en un recinto está relacionado de manera directa con el nivel de dióxido de carbono, a mayor número de individuos, mayor concentración del gas. Por otro lado, hay que destacar que el número de individuos por sala es una de las variables confundentes que pueden afectar a los resultados entre el nivel de dióxido de carbono y la condición de ventilación, es decir puede influir sobre los resultados mostrados de manera importante. A medida que hay menos individuos, menos concentración de dióxido de carbono, pero se debe determinar si la variable número de individuos se tiende a distribuir de manera homogénea en los distintos tratamientos de ventilación.

### 3.1.3. INFLUENCIA DE CANTIDAD DE PERSONAS

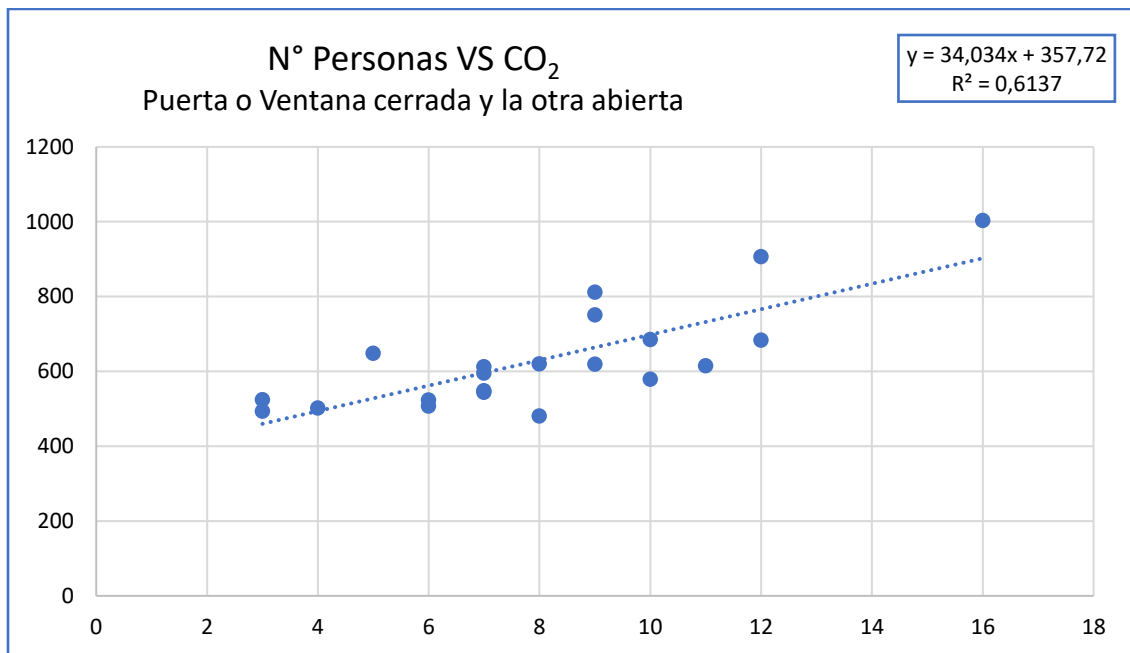


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-2: Modelo de regresión lineal entre la cantidad de personas en sala y cantidad de CO<sub>2</sub> con puertas y ventanas abiertas.

Para verificar la relación número de personas con los valores de CO<sub>2</sub> se hizo un gráfico con estas dos variables y los resultados fueron los siguientes. El índice de correlación ( $r$ ) tiene un valor de 0,16 lo cual nos indica que la variable número de personas con la condición de puertas y ventanas abiertas es débil, por lo tanto hay una relación débil entre ellos, en este caso pudiendo explicarse que al tener puertas y ventanas abiertas no permite que el CO<sub>2</sub> se quede estancado dentro de la sala de clases, más bien se desplace hacia el exterior dándonos este resultado, además se encuentran todos los universos medidos donde cada uno tiene condiciones especiales dándonos valores variados.





Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-3: Modelo de regresión lineal entre la cantidad de personas en sala y cantidad de CO<sub>2</sub> con puerta o ventana, una abierta y la otra cerrada.

El índice de correlación tiene un valor de 0,78 siendo un valor muy cercano a 1 indicando que existe una alta relación, si bien no es relación perfecta ya que se entiende que hay factores que no se están considerando tal como el tamaño de la sala, tamaño de ventanas o que tan abiertas se pueden encontrar estas, entre otros. Por lo tanto, se concluye que una sala de clases con esta condición de ventilación debe tener un aforo adecuado ya que el número de personas si influye en la cantidad de CO<sub>2</sub> o, por el contrario, mantener puertas y ventanas abiertas.

## 3.2. RESULTADOS CARGA MICROBIOLÓGICA

### 3.2.1. RESULTADOS GENERALES

Tabla 3-10: Cuadro resumen de resultados mediciones microbiológicas.

N°	Fecha	SALA	N° Personas	PUERTA	VENTANA	Observado	Valor Tabla	UFC/m <sup>3</sup>	Log <sub>10</sub> ( )
1	lunes, 8 de noviembre de 2021	C128	7	ABIERTA	ABIERTA	26	27	108	2,03
2	lunes, 8 de noviembre de 2021	G105	12	CERRADA	ABIERTA	30	32	128	2,11
3	lunes, 8 de noviembre de 2021	G204	10	ABIERTA	ABIERTA	35	37	148	2,17
4	lunes, 8 de noviembre de 2021	G105	16	CERRADA	ABIERTA	39	42	168	2,23
5	lunes, 8 de noviembre de 2021	C126	10	ABIERTA	ABIERTA	41	44	176	2,25
6	lunes, 8 de noviembre de 2021	G203	7	ABIERTA	ABIERTA	44	47	188	2,27
7	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G204	6	ABIERTA	ABIERTA	34	36	144	2,16
8	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G206	9	ABIERTA	ABIERTA	34	36	144	2,16
9	miércoles, 10 de noviembre de 2021	W101	7	ABIERTA	ABIERTA	37	39	156	2,19
10	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G204	12	ABIERTA	ABIERTA	38	41	164	2,21
11	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C126	14	ABIERTA	ABIERTA	43	46	184	2,26
12	miércoles, 10 de noviembre de 2021	G204	4	ABIERTA	ABIERTA	43	46	184	2,26
13	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C126	8	ABIERTA	ABIERTA	54	59	236	2,37
14	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C129	10	ABIERTA	ABIERTA	71	81	324	2,51
15	miércoles, 10 de noviembre de 2021	W101	4	ABIERTA	ABIERTA	>250	1885	7540	3,88
16	miércoles, 10 de noviembre de 2021	C128	6	ABIERTA	ABIERTA	N.C	1885	7540	3,88
17	jueves, 11 de noviembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	26	27	108	2,03
18	jueves, 11 de noviembre de 2021	G105	12	ABIERTA	ABIERTA	31	33	132	2,12
19	jueves, 11 de noviembre de 2021	G202	8	ABIERTA	ABIERTA	32	34	136	2,13
20	jueves, 11 de noviembre de 2021	G203	9	CERRADA	CERRADA	38	41	164	2,21
21	jueves, 11 de noviembre de 2021	C127	8	CERRADA	ABIERTA	40	43	172	2,24
22	jueves, 11 de noviembre de 2021	C128	9	ABIERTA	ABIERTA	44	47	188	2,27
23	jueves, 11 de noviembre de 2021	G202	7	ABIERTA	CERRADA	>250	1885	7540	3,88
24	lunes, 15 de noviembre de 2021	G203	9	ABIERTA	ABIERTA	22	23	92	1,96
25	lunes, 15 de noviembre de 2021	C126	13	ABIERTA	ABIERTA	26	27	108	2,03
26	lunes, 15 de noviembre de 2021	H107	16	ABIERTA	ABIERTA	32	34	136	2,13
27	lunes, 15 de noviembre de 2021	G105	8	CERRADA	ABIERTA	39	42	168	2,23
28	lunes, 15 de noviembre de 2021	H103	5	ABIERTA	ABIERTA	44	47	188	2,27
29	lunes, 15 de noviembre de 2021	H102	9	CERRADA	ABIERTA	N.C	1885	7540	3,88
30	lunes, 15 de noviembre de 2021	C128	9	ABIERTA	ABIERTA	>250	1885	7540	3,88
31	jueves, 18 de noviembre de 2021	G201	3	ABIERTA	CERRADA	7	7	28	1,45
32	jueves, 18 de noviembre de 2021	C128	8	ABIERTA	ABIERTA	14	14	56	1,75
33	jueves, 18 de noviembre de 2021	H103	7	CERRADA	ABIERTA	15	15	60	1,78
34	jueves, 18 de noviembre de 2021	G202	6	CERRADA	ABIERTA	20	21	84	1,92
35	jueves, 18 de noviembre de 2021	C126	9	ABIERTA	ABIERTA	20	21	84	1,92
36	jueves, 18 de noviembre de 2021	G202	10	CERRADA	ABIERTA	40	43	172	2,24
37	lunes, 22 de noviembre de 2021	C126	10	ABIERTA	ABIERTA	11	11	44	1,64
38	lunes, 22 de noviembre de 2021	H103	5	ABIERTA	ABIERTA	29	30	120	2,08
39	lunes, 22 de noviembre de 2021	H102	5	ABIERTA	ABIERTA	31	33	132	2,12
40	lunes, 22 de noviembre de 2021	C128	11	ABIERTA	ABIERTA	34	36	144	2,16
41	lunes, 22 de noviembre de 2021	G105	12	CERRADA	ABIERTA	119	151	604	2,78
42	lunes, 22 de noviembre de 2021	G201	9	ABIERTA	ABIERTA	N.C	1885	7540	3,88
43	miércoles, 24 de noviembre de 2021	C129	3	ABIERTA	ABIERTA	11	11	44	1,64
44	miércoles, 24 de noviembre de 2021	G204	13	ABIERTA	ABIERTA	14	14	56	1,75
45	miércoles, 24 de noviembre de 2021	C126	14	ABIERTA	ABIERTA	21	22	88	1,94
46	miércoles, 24 de noviembre de 2021	C226	4	ABIERTA	ABIERTA	22	23	92	1,96
47	jueves, 25 de noviembre de 2021	G203	9	ABIERTA	CERRADA	19	20	80	1,90
48	jueves, 25 de noviembre de 2021	C126	12	ABIERTA	ABIERTA	22	23	92	1,96
49	jueves, 25 de noviembre de 2021	G105	5	ABIERTA	ABIERTA	26	27	108	2,03
50	jueves, 25 de noviembre de 2021	G201	5	ABIERTA	CERRADA	45	49	196	2,29
51	jueves, 25 de noviembre de 2021	G202	4	ABIERTA	ABIERTA	>250	1885	7540	3,88
52	lunes, 29 de noviembre de 2021	G201	10	ABIERTA	ABIERTA	26	27	108	2,03
53	lunes, 29 de noviembre de 2021	C126	12	ABIERTA	ABIERTA	28	29	116	2,06
54	lunes, 29 de noviembre de 2021	H103	3	ABIERTA	CERRADA	42	45	180	2,26
55	lunes, 29 de noviembre de 2021	G206	3	ABIERTA	ABIERTA	43	46	184	2,26
56	lunes, 29 de noviembre de 2021	G203	10	ABIERTA	ABIERTA	47	50	200	2,30
57	lunes, 29 de noviembre de 2021	G105	11	CERRADA	ABIERTA	57	63	252	2,40
58	lunes, 29 de noviembre de 2021	H102	5	CERRADA	CERRADA	73	83	332	2,52
59	miércoles, 1 de diciembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	11	11	44	1,64
60	miércoles, 1 de diciembre de 2021	G204	12	ABIERTA	ABIERTA	25	26	104	2,02
61	miércoles, 1 de diciembre de 2021	C226	6	CERRADA	ABIERTA	29	30	120	2,08
62	jueves, 2 de diciembre de 2021	G202	8	ABIERTA	ABIERTA	20	21	84	1,92
63	jueves, 2 de diciembre de 2021	C126	13	ABIERTA	ABIERTA	20	21	84	1,92
64	jueves, 2 de diciembre de 2021	H103	4	CERRADA	ABIERTA	27	28	112	2,05
65	jueves, 2 de diciembre de 2021	G103	11	CERRADA	CERRADA	31	33	132	2,12
66	jueves, 2 de diciembre de 2021	G105	8	ABIERTA	ABIERTA	34	36	144	2,16
67	jueves, 2 de diciembre de 2021	G202	16	ABIERTA	ABIERTA	38	41	164	2,21
68	jueves, 2 de diciembre de 2021	G201	4	ABIERTA	ABIERTA	47	51	204	2,31
69	lunes, 6 de diciembre de 2021	C126	7	ABIERTA	ABIERTA	8	8	32	1,51
70	lunes, 6 de diciembre de 2021	G206	4	ABIERTA	ABIERTA	9	9	36	1,56
71	lunes, 6 de diciembre de 2021	H103	3	ABIERTA	ABIERTA	13	13	52	1,72
72	lunes, 6 de diciembre de 2021	G201	8	ABIERTA	ABIERTA	17	17	68	1,83
73	lunes, 6 de diciembre de 2021	G105	7	CERRADA	ABIERTA	24	25	100	2,00
74	lunes, 6 de diciembre de 2021	G203	7	ABIERTA	ABIERTA	35	37	148	2,17
75	jueves, 9 de diciembre de 2021	C126	11	ABIERTA	ABIERTA	7	7	28	1,45
76	jueves, 9 de diciembre de 2021	G202	7	ABIERTA	ABIERTA	19	20	80	1,90
77	jueves, 9 de diciembre de 2021	G202	4	ABIERTA	ABIERTA	41	44	176	2,25
78	lunes, 13 de diciembre de 2021	C126	9	ABIERTA	ABIERTA	33	35	140	2,15
79	lunes, 13 de diciembre de 2021	G202	9	ABIERTA	ABIERTA	48	52	208	2,32
80	lunes, 13 de diciembre de 2021	G105	10	CERRADA	ABIERTA	55	61	244	2,39
81	lunes, 13 de diciembre de 2021	G201	29	ABIERTA	ABIERTA	77	89	356	2,55
82	lunes, 13 de diciembre de 2021	G206	6	ABIERTA	ABIERTA	83	97	388	2,59
83	miércoles, 15 de diciembre de 2021	C126	12	ABIERTA	ABIERTA	18	19	76	1,88
84	miércoles, 15 de diciembre de 2021	G204	13	ABIERTA	ABIERTA	39	42	168	2,23
85	jueves, 16 de diciembre de 2021	G206	7	ABIERTA	ABIERTA	31	33	132	2,12
86	jueves, 16 de diciembre de 2021	G201	6	ABIERTA	ABIERTA	38	41	164	2,21

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3-10 se muestra el cuadro resumen de los resultados de las lecturas realizadas para análisis microbiológico por salas y fechas. Se muestra también el número de individuos por sala, la condición de la sala al momento de realizar la lectura con los individuos (puertas y ventanas abiertas o cerradas).

Se observa la columna “observación” que corresponde a lo examinado en las placas Petri con personas al interior del lugar, siendo esto solo un resultado preliminar que no indica el nivel de contaminación microbiológica al no contener ninguno de los estándares de entrega de resultados, en este además se encuentran los valores “NC” (no contable) donde se observa una gran cantidad de microorganismos y dispersados de forma en que no fue posible obtener la estimación real; y el valor “>250” (mayor que doscientas cincuenta colonias) siendo un valor límite para el recuento en este estudio.

En la columna “valor tabla” se observa la conversión del recuento observado manualmente hacia el valor equivalente por el procedimiento realizado.

En las últimas dos columnas se puede apreciar el valor obtenido en UFC/m<sup>3</sup> y debido a que las poblaciones microbianas pueden ser grandes y variadas, comúnmente se convierten los números aritméticos a valores logarítmicos para simplificar el análisis de datos e interpretación. Es por ello, que para el análisis gráfico de estos utilizan los valores de logaritmos contenidos en la columna “Log<sub>10</sub>()”

En rojo en la tabla en la columna “UFC/m<sup>3</sup>” se observan aquellos valores sobre 1000 UFC/m<sup>3</sup> calificado como valor máximo recomendado por la OMS. Del total de 86 medidas realizadas en diferentes salas y horarios, 7 de ellas están sobre el valor de 1000 UFC/m<sup>3</sup>, lo que representa un 8,14% de los resultados, incluso superando 5000 UFC/m<sup>3</sup>, en este caso es recomendable una intervención y una búsqueda de la causa ya que podría afectar a la salud de las personas.

Siguiendo con el análisis de acuerdo con lo descrito por la OMS, 23 mediciones (26,74%) son menores a 100 UFC/m<sup>3</sup>, es decir, un ambiente limpio. 56 de estas (65,12%) se encuentran entre 100 y 1000 UFC/m<sup>3</sup>, siendo niveles intermedios de carga microbiológica, pero no alertando de algún tipo de anomalía.

De la misma forma que la OMS, la norma UNE 100012 sobre Higienización de Sistemas de Climatización entrega valores estimativos obteniendo así que solo 7 de ellas superan el valor máximo de 800 UFC/m<sup>3</sup>, lo que representa un 8,14% de los resultados.

En cuanto a la relación de los resultados ventilación, CO<sub>2</sub>, número de personas con la carga microbiológica se puede observar una relación directa, baja o no tan influyente e incluso nula en los resultados, ya que por lo dicho anteriormente son muchos los factores que predominan en la proliferación de microorganismos, parte de esto se puede observar a continuación.

Tabla 3-11: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-10.

<i>Estadística descriptiva microbiológico</i>	
Media	747
Error típico	219,5072
Mediana	144
Moda	7540
Desviación estándar	2035,6262
Varianza de la muestra	4143774,1899
Curtosis	7,8572
Coefficiente de asimetría	3,1068
Rango	7512
Mínimo	28
Máximo	7540
Suma	64268
Cuenta	86

Fuente: Elaboración propia.

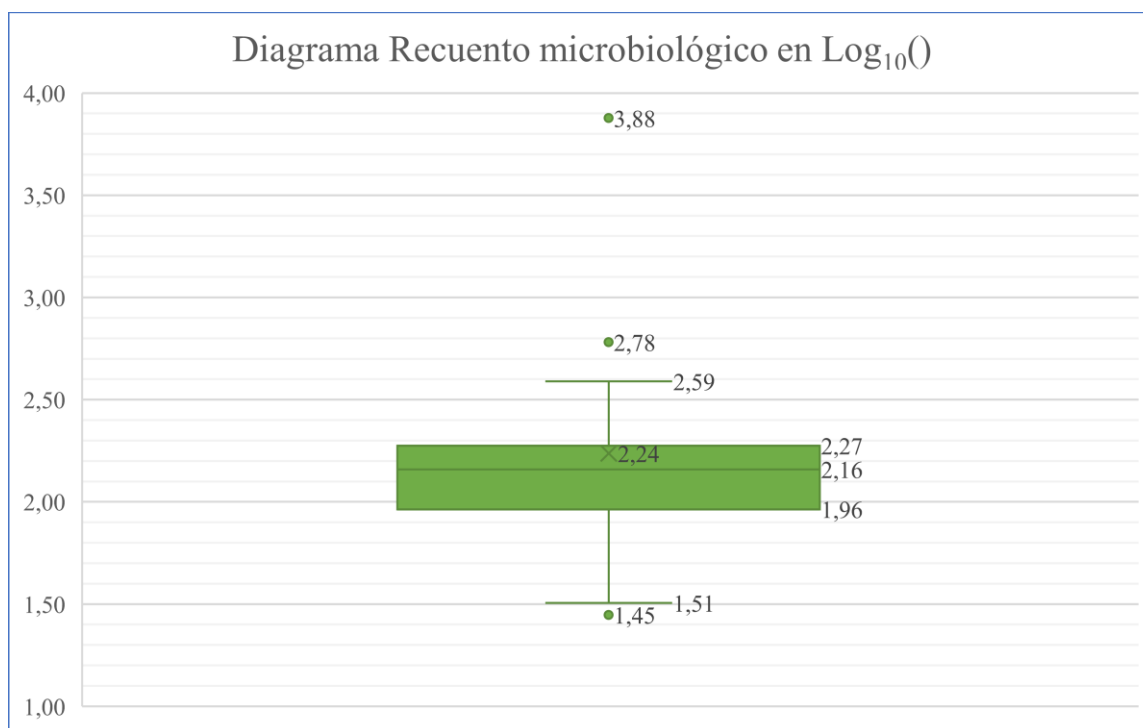
Tabla 3-12: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-10 [ $\text{Log}_{10}()$ ]

<i>Estadística descriptiva microbiológico <math>\text{Log}_{10}()</math></i>	
Media	2,24
Error típico	0,0592
Mediana	2,16
Moda	3,88
Desviación estándar	0,5493
Varianza de la muestra	0,3017
Curtosis	4,2158
Coefficiente de asimetría	2,0265
Rango	2,43
Mínimo	1,45
Máximo	3,88
Suma	192,40
Cuenta	86

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las medidas de posición de tendencia central media, mediana y moda no son coincidentes, se presenta una asimetría positiva con una cola hacia la derecha por la ubicación

de estas variables en la distribución, que se ve reflejado también por el coeficiente de asimetría. Es esperable que los valores extremos tiendan a hacer subir la media como medida de tendencia central. La varianza es mucho mayor a la media, indicando una distribución heterogénea, sin embargo, si se observa la tabla 2 que proviene de los mismos datos, la varianza es mucho menor que la media, lo que es índice de una distribución homogénea de los resultados. Esto es esperable dado que, si bien provienen de datos muy variados, el trabajar con logaritmos permite obtener un análisis más simplificado.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-4: Diagrama de cajas recuento microbiológico en Log<sub>10</sub>()

En el Gráfico 3-4 se observan los cinco números resúmenes: los valores: mínimo (1,45 UFC/m<sup>3</sup>), máximo (3,88 UFC/m<sup>3</sup>), el valor del primer cuartil (1,96 UFC/m<sup>3</sup>), 25% de los datos) la mediana (2,16 UFC/m<sup>3</sup>) bajo el cual está el 50% de los datos y el cuartil 3 (2,27 UFC/m<sup>3</sup>, 75% de los datos).

La caja encierra los valores entre el primer y tercer cuartil y dentro de ella se encuentra la mediana. Se observa de manera gráfica y utilizando los cuartiles (en el fondo medianas) como métrica, que los datos de recuentos microbiológicos muestran una asimetría hacia la derecha. Esto significa que el 50% de los resultados está bajo 2,16 UFC/m<sup>3</sup> (valor de la mediana), lo cual es positivo desde el punto de vista de contar con una carga microbiana adecuada. En realidad, más de la mitad de los resultados está bajo 3 UFC/m<sup>3</sup> que es el valor de seguridad tolerable. Se debe recordar que, dados estos antecedentes y el de la variable medida, que las muestras proceden de diferentes universos y tratamientos.

### 3.2.2. INFLUENCIA DE VENTANAS Y PUERTAS

Tabla 3-13: Cuadro resumen de resultados según condición de ventilación.

	<100 UFC/m <sup>3</sup>	[100-1000[ UFC/m <sup>3</sup>	>=1000 UFC/m <sup>3</sup>	TOTAL
Puerta y ventana abierta	19	40	5	64
Puerta o ventana cerrada	4	16	2	22

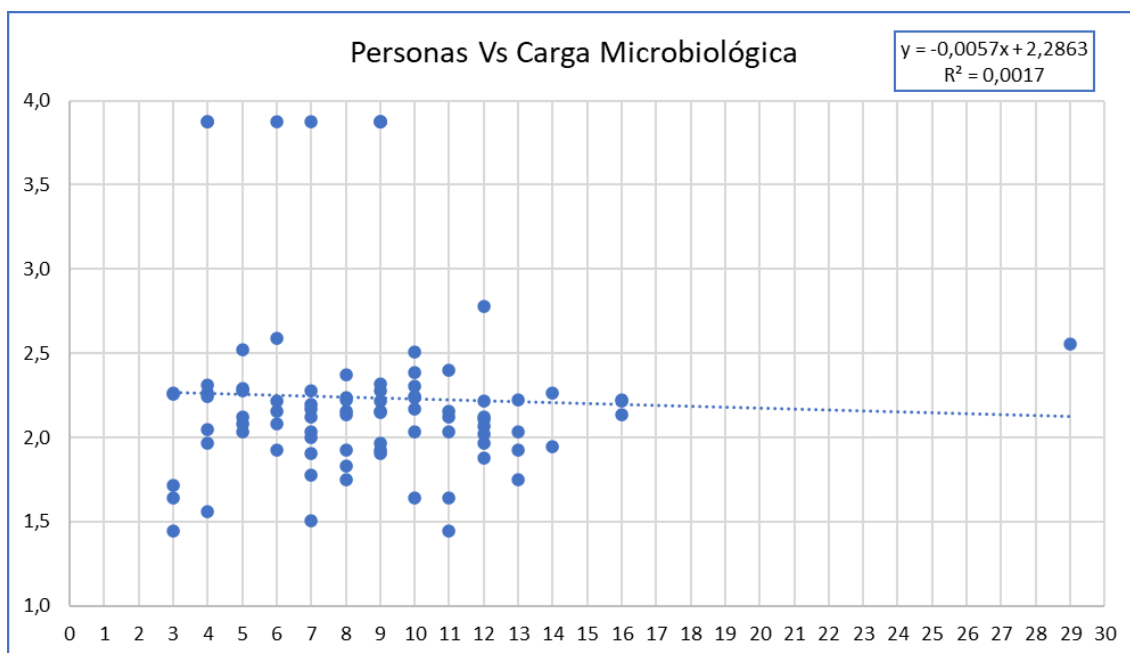
Fuente: Elaboración propia.

Como se dijo anteriormente son muchos los factores que influyen en la proliferación de microorganismos en un ambiente, si se toman en cuenta el tema de ventilación, por ejemplo, como se muestra en la Tabla 3-13, se puede observar que, de las 64 mediciones con puertas y ventanas abiertas, 5 (7,8%) indican más de 1000 UFC/m<sup>3</sup>, es decir, una carga extremadamente alta. Además 40 (62,5%) indican valores entre 100-1000 UFC/m<sup>3</sup>, es decir, una carga microbiológica media. Finalmente 19 (29,7%) indican valores menores a 100 UFC/m<sup>3</sup>, correspondiendo a un ambiente limpio.

Para mediciones con puerta o ventana cerrada se encuentran 22 mediciones de las cuales 2 (9,1%) indican más de 1000 UFC/m<sup>3</sup>, es decir, una carga extremadamente alta. Además 16 (72,7%) indican valores entre 100-1000 UFC/m<sup>3</sup>, es decir, una carga microbiológica media. Finalmente 4 (18,2%) indican valores menores a 100 UFC/m<sup>3</sup>, correspondiendo a un ambiente limpio.

Se puede observar a partir de este análisis que existe una notable variación en cuanto a tener puertas y ventanas abiertas y puertas o ventana cerrada, donde se aprecia que de 18% con valores menores a 100 UFC/m<sup>3</sup> se llega alrededor de un 30% de mediciones con un ambiente limpio, esto significa que mientras exista una mayor ventilación, se esperaría obtener una carga microbiológica mucho más baja, por esto es muy importante el mantener una buena ventilación en las residencias de la universidad.

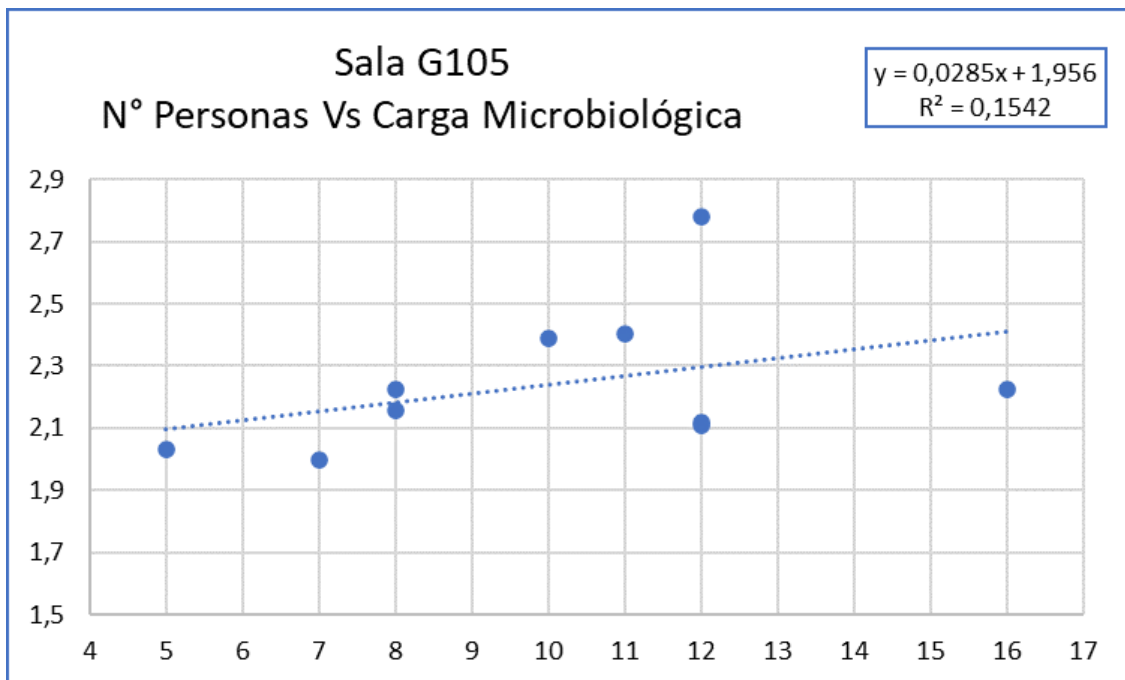
### 3.2.3. INFLUENCIA DE CANTIDAD DE PERSONAS



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-5: Diagrama de dispersión de cantidad de personas vs carga microbiónico

Como se ve en el Gráfico 3-5 se encuentra la forma en que están distribuidos los niveles microbiónicos en cuanto a cantidad de personas que se encuentran en la sala al momento de la medición, gracias al coeficiente de correlación ( $R = -0,0408$ ), siendo este negativo y muy bajo, se puede inferir que no existe relación lineal en cuanto a cantidad de personas y niveles microbiónicos, siendo esto lo esperado ya que son variados los universos del que se toman medidas. Sin embargo, para realizar un análisis más objetivo se puede observar las mediciones de una misma sala.

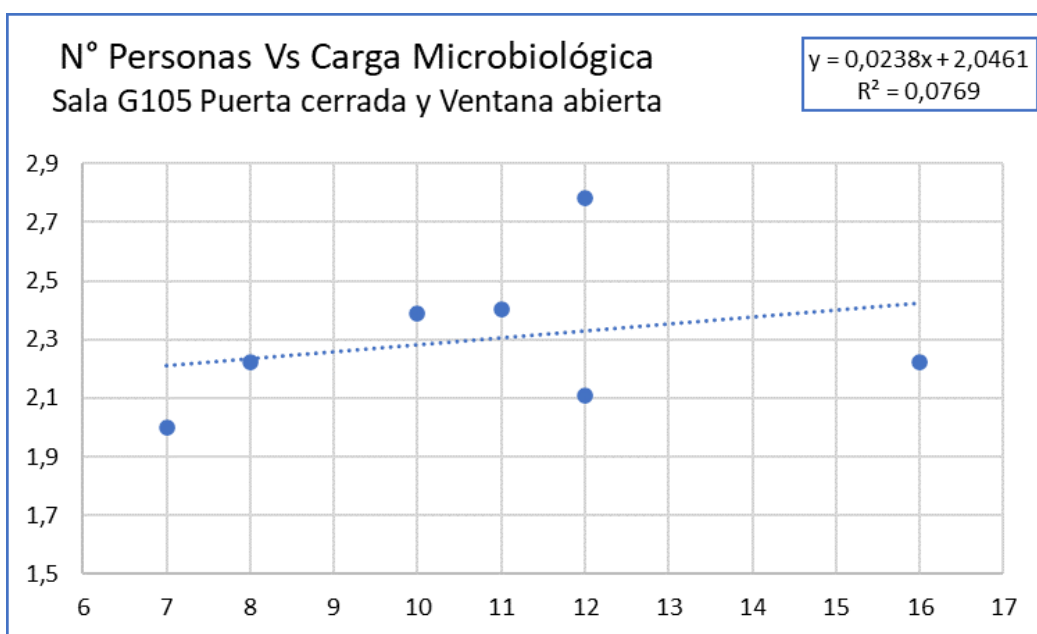


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-6: Diagrama de dispersión de personas vs carga microbiológica sala G105

En este caso se encuentra el ejemplo de la sala G105, se puede apreciar que si bien el índice de correlación ( $R = 0,3926$ ) aumenta, sigue siendo un valor cercano a 0, señalando una positividad baja de relación lineal entre la variable número de personas y la cantidad de microorganismos en el aire.

Ahora bien, anteriormente se dijo que el factor ventilación en una sala de clases si era influyente en el resultado de la medición. A continuación, se observan el Grafico 2-7 y 2-8, ambos con tipo de ventilación distinta, la sala G105 con puerta cerrada y ventana abierta y la sala C126 con puertas y ventanas abiertas.

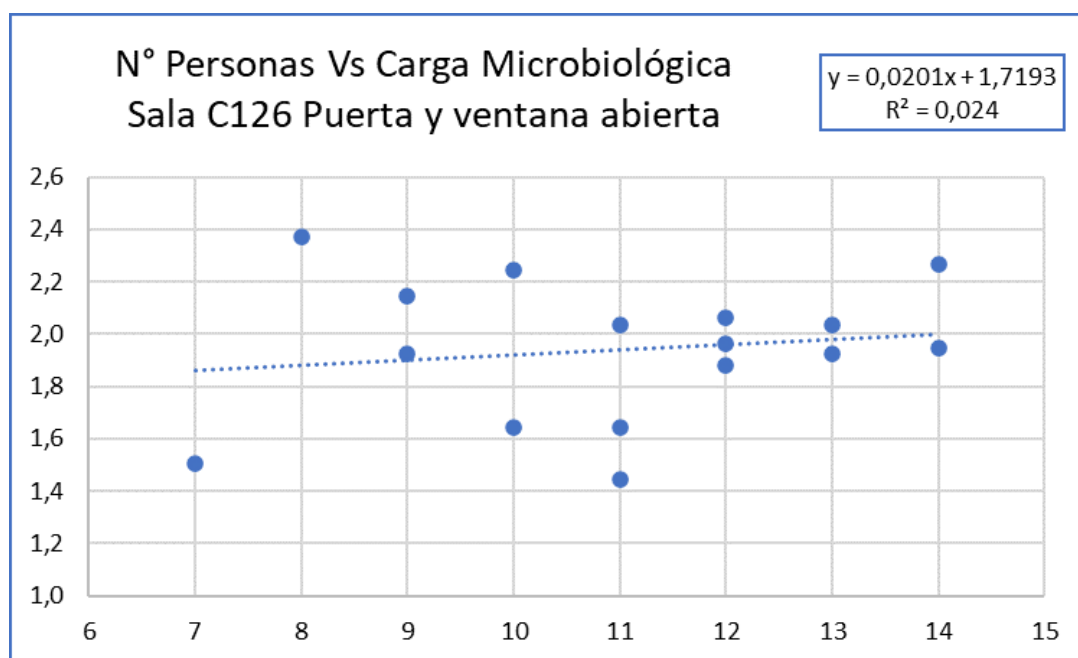


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-7: Diagrama de dispersión de personas vs recuento microbiológico sala G105



Se observa para la sala G105, un índice de correlación ( $R= 0,2774$ ) inferior al mostrado en el gráfico anterior ( $R= 0,3926$ ) donde se encuentra la sala en ambas condiciones de ventilación, siendo un valor positivo bajo, además al existir la condición de ventana cerrada existe menos ventilación que como se ve anteriormente, esto permite un aumento en carga microbiológica.



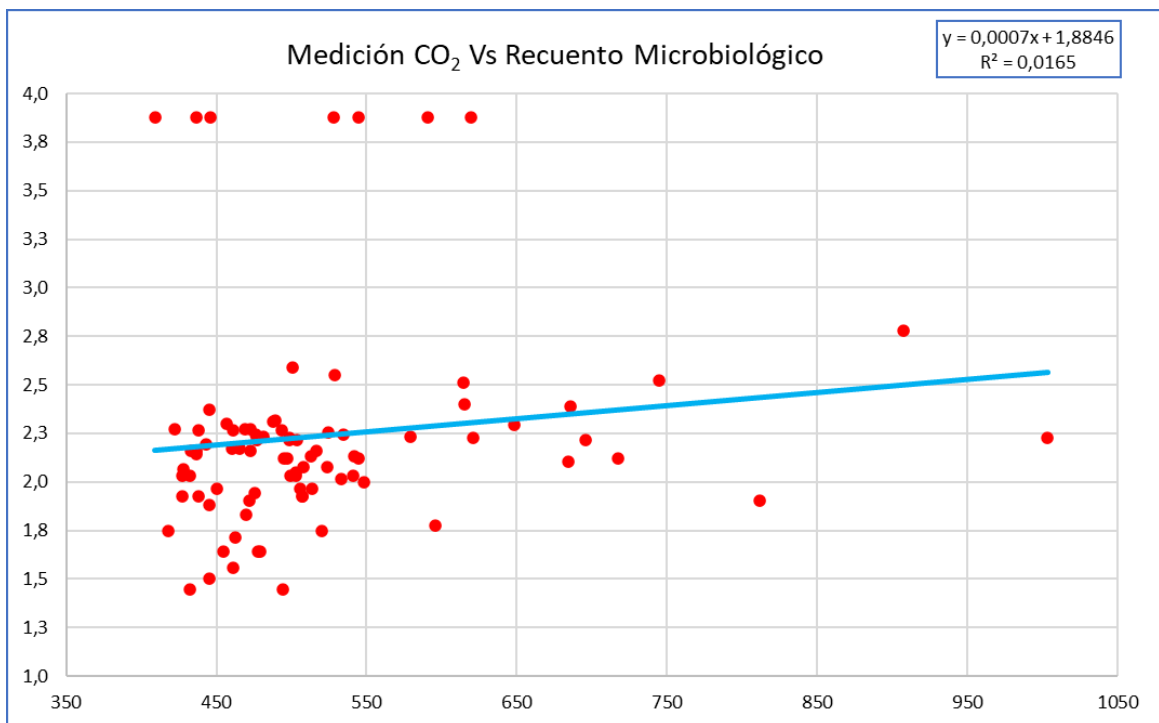
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-8: Diagrama de dispersión de personas vs recuento microbiológico sala C126

Por otro lado, la sala C126, con una condición de ventilación distinta, se observa un índice de correlación ( $R= 0,154$ ) muy bajo, esto se puede explicar a que, al estar con puertas y ventanas abiertas, permite que el aire esté constantemente limpiándose, por ello, una alta o poca cantidad de personas en el interior no provoca cambios bruscos en la carga microbiológica.

Nuevamente es importante remarcar, tal y como se ve en los gráficos que una buena ventilación inhibe en el aumento microbiológico y el impacto que puede producir la cantidad de personas, ya que los seres humanos son un medio amplificador de microorganismos. Otro punto para considerar es que al estar en pandemia y con el uso de mascarilla obligatorio una cantidad de bacterias considerables no logran ser expulsadas al aire, lo que podría explicar el poco impacto de la cantidad de personas al momento de realizar las mediciones.

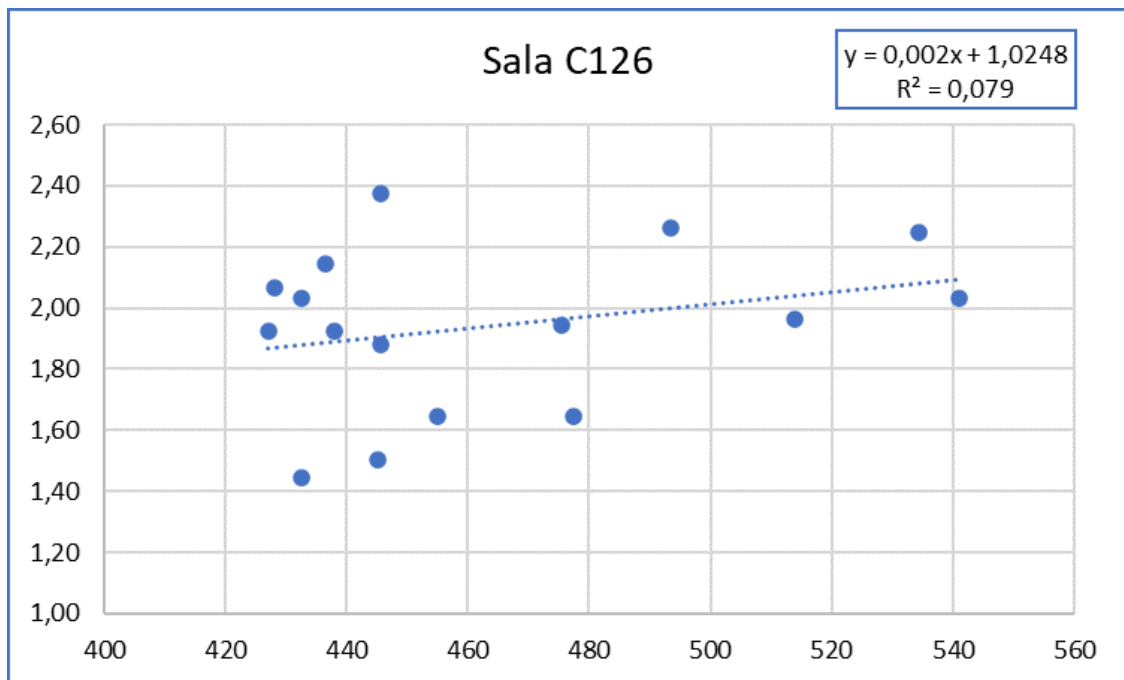
### 3.3. DIÓXIDO DE CARBONO VS CARGA MICROBIOLÓGICA



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-9: Relación CO<sub>2</sub> vs Recuento Microbiológico.

En el Gráfico 3-9 se observa la dispersión de los datos y la correlación entre la cantidad de CO<sub>2</sub> medida y la carga microbiológica registrada, donde se observa un coeficiente de correlación ( $R = 0,1284$ ) cercano a 0, esto indica una muy baja relación lineal entre estas variables. Por otro lado, es lo esperado ya que el CO<sub>2</sub> no está dentro de los factores que amplifican la cantidad de microorganismos en el ambiente, además, esta grafica contiene todos los universos medidos donde se encuentran resultados muy variados y dispersos.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-10: Relación CO<sub>2</sub> vs Recuento Microbiológico. SALA C126

Se puede observar en el gráfico 3-10 a la sala C126, en condición de puerta y ventana abiertas, con un coeficiente de correlación ( $R = 0,2810$ ) positivo bajo, es lo que se espera ya que son variables totalmente independientes. No olvidar que, según lo señalado anteriormente, la cantidad de personas influye tanto en la cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire como en la cantidad de microorganismos, sin embargo, según los datos obtenidos en este estudio la influencia de las personas con la cantidad de microorganismos observados no fue un factor relevante, siendo esta la única posible relación entre estas variables que no se encuentra presente. Por esto, que exista una cantidad considerable de CO<sub>2</sub> no significa que existirá una gran cantidad de microorganismos o viceversa, ya que ambos tienen distintos factores que contribuyen a su proliferación.

### 3.4. SALA DENTAL

Tabla 3-14: Cuadro resumen de resultados microbiológicos sala DENTAL.

N°	Fecha	SALA	Personas	PUERTA	VENTANA	Observado	Valor Tabla	UFC/m <sup>3</sup>	Log <sub>10</sub>	Diferencia %
1	jueves, 11 de noviembre de 2021	DENTAL A	2	CERRADA	CERRADA	31	33	132	2,12	
2	jueves, 11 de noviembre de 2021	DENTAL B	3	CERRADA	ABIERTA	68	111	444	2,65	236,4
3	jueves, 18 de noviembre de 2021	DENTAL B	3	CERRADA	ABIERTA	145	198	792	2,90	
4	jueves, 25 de noviembre de 2021	DENTAL A	3	CERRADA	ABIERTA	11	11	44	1,64	
5	jueves, 2 de diciembre de 2021	DENTAL A	1	CERRADA	CERRADA	25	26	104	2,02	
6	miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL A	2	CERRADA	ABIERTA	24	25	100	2,00	
7	miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL B	2	CERRADA	ABIERTA	40	43	172	2,24	72
8	miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL C	4	CERRADA	ABIERTA	20	21	84	1,92	-51,2
9	miércoles, 15 de diciembre de 2021	DENTAL D	3	CERRADA	ABIERTA	19	20	80	1,90	-53,5
10	jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL A	1	CERRADA	ABIERTA	75	86	344	2,54	
11	jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL B	1	CERRADA	ABIERTA	143	194	776	2,89	125,6
12	jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL C	3	CERRADA	ABIERTA	71	81	324	2,51	-58,2
13	jueves, 16 de diciembre de 2021	DENTAL D	3	CERRADA	ABIERTA	26	27	108	2,03	-86,1

Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Tabla 3-14 los datos obtenidos de las mediciones de la sala Dental de la USM JMC. Acá sucede algo particular y es que desde la primera medición (DENTAL A) que se realiza antes de un paciente a la segunda medición (DENTAL B) que se realiza al momento de finalizar la consulta del paciente, con este en su interior, ocurría un aumento considerable de carga microbiológica, esto es esperado ya que es de conocimiento general que en la boca del ser humano existe miles de bacterias y estas durante la consulta eran expulsadas al aire.

En la anterior tabla se aprecia, además, el porcentaje de diferencia entre una medición a otra. En la medición del jueves 11, por ejemplo, se aprecia un aumento de 236,4% de carga microbiológica luego de realizarse la consulta del paciente. Es por esto, que al observar este aumento considerable de carga microbiológica se hace necesario la realización de una tercera y cuarta medición (DENTAL C Y D) luego de añadir Lysoform, como medida preliminar para disminuir tal aumento.

Tabla 3-15: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-14.

<i>Estadística descriptiva microbiológico DENTAL</i>	
Media	269,5
Error típico	71,6
Mediana	132
Desviación estándar	258,2481
Varianza de la muestra	66692,1026
Curtosis	0,6928
Coefficiente de asimetría	1,3528
Rango	748
Mínimo	44
Máximo	792
Suma	3504
Cuenta	13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-16: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 2-14 [ $\log_{10}()$ ]

<i>Estadística descriptiva microbiológico <math>\log_{10}()</math> DENTAL</i>	
Media	2,26
Error típico	0,11
Mediana	2,12
Desviación estándar	0,3992
Varianza de la muestra	0,1594
Curtosis	-0,9837
Coefficiente de asimetría	0,3873
Rango	1,26
Mínimo	1,64
Máximo	2,90
Suma	29,36
Cuenta	13

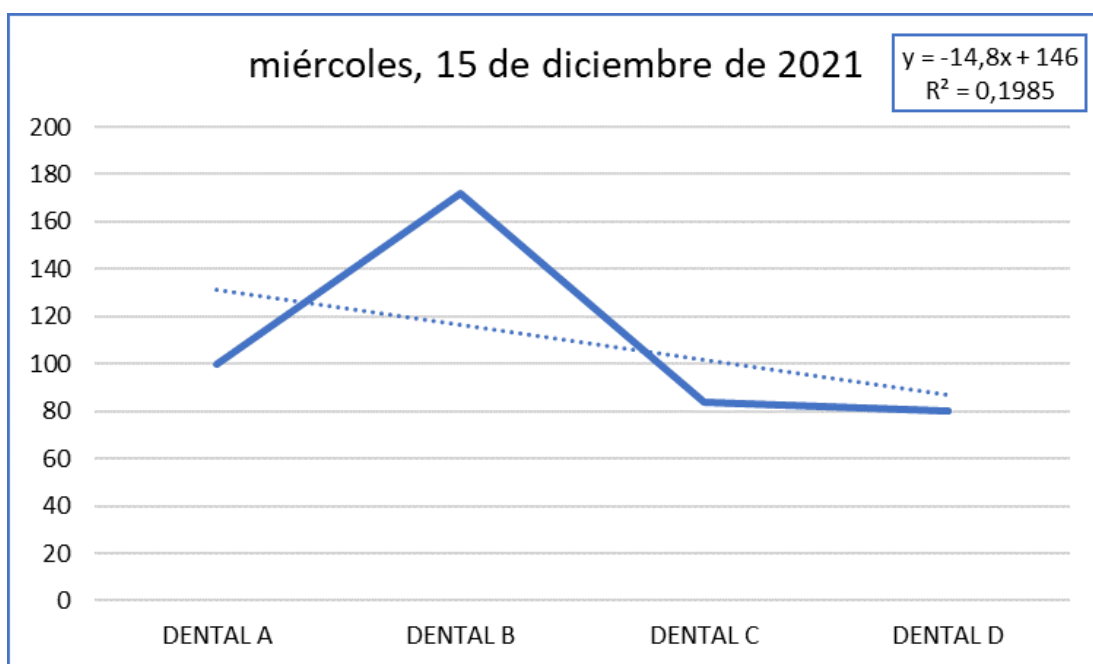
Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las medidas de posición de tendencia central media, mediana y moda no son coincidentes, se presenta una asimetría positiva con una cola hacia la derecha por la ubicación

de estas variables en la distribución, que se ve reflejado también por el coeficiente de asimetría. Es esperable que los valores extremos tiendan a hacer subir la media como medida de tendencia central. Una vez más la varianza es mucho mayor a la media, indicando una distribución heterogénea, sin embargo, si se observa la Tabla 2-16 que proviene de los mismos datos, la varianza es mucho menor que la media, lo que es índice de una distribución homogénea de los resultados. Esto es esperable ya que como se dijo anteriormente si bien provienen de datos muy variados, el trabajar con logaritmos permite obtener un análisis más simplificado.

Finalmente se encuentran las gráficas de los casos de miércoles 15 de diciembre de 2021 y jueves 16 de diciembre de 2021.

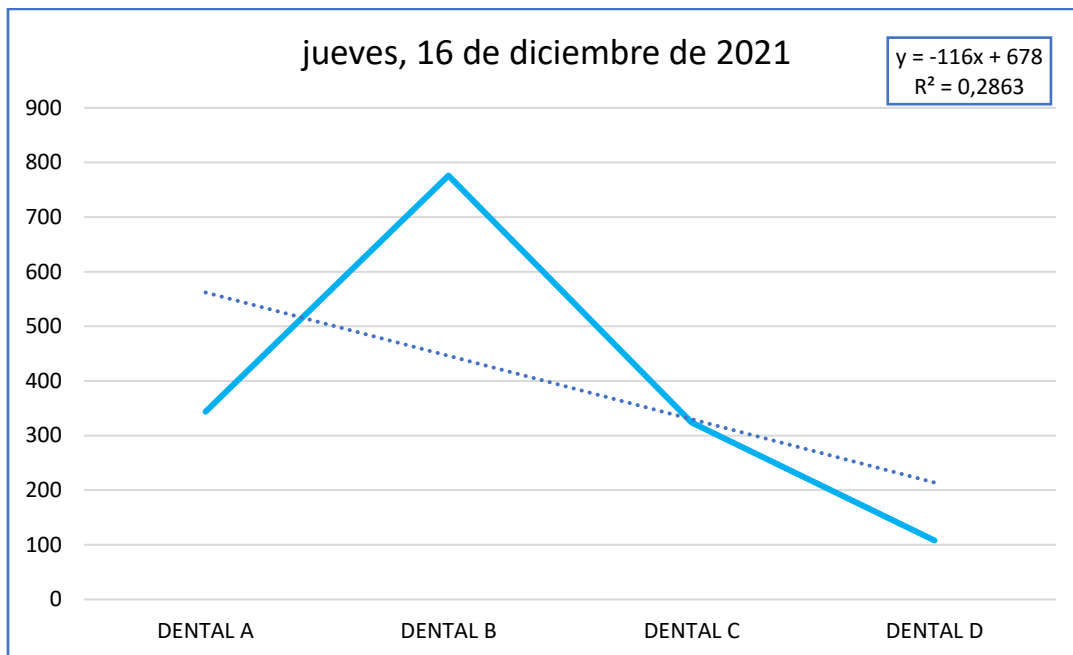
Cabe recordar que con el aumento considerable de carga microbiológica que ocurría luego de la consulta de un paciente, se busca la manera de disminuir esta con la adición de Lysoform.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-11: Análisis microbiológico sala DENTAL miércoles 15 dic, 2021

Para el miércoles 15, se obtiene una primera medición antes del paciente con una carga de 100 UFC/m<sup>3</sup>. Luego al finalizar la consulta se toma una nueva medición con un resultado de 172 UFC/m<sup>3</sup>, aumentando en un 72% la carga microbiológica. Luego con la adición de Lysoform y pasados 30 [s] se vuelve a tomar la medición obteniendo un valor de 84 UFC/m<sup>3</sup>, disminuyendo en un 51,2% y finalmente pasados los 10 [min] se obtiene un recuento de 80 UFC/m<sup>3</sup> disminuyendo un 53,5% respecto el aumento luego del paciente.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3-12: Análisis microbiológico sala DENTAL jueves 16 dic, 2021.

En tanto, para el jueves 16 se obtiene una primera medición antes del paciente con una carga de 344 UFC/m<sup>3</sup>. Luego al finalizar la consulta se toma una nueva medición con un resultado de 776 UFC/m<sup>3</sup>, aumentando en un 125,6% la carga microbiológica. Luego con la adición de Lysoform y pasados 30 [s] se vuelve a tomar la medición obteniendo un valor de 324 UFC/m<sup>3</sup>, disminuyendo en un 58,2% y finalmente pasados los 10 [min] se obtiene un recuento de 108 UFC/m<sup>3</sup> disminuyendo un 86,1% respecto el aumento luego del paciente.

Gracias a este último análisis se puede verificar la importancia de aplicar metodologías de higienización donde se puede apreciar una gran disminución luego de la adición de desinfectante Lysoform en el ambiente, sobre todo en sala Dental donde existe un ambiente que debe contener un nivel de asepsia adecuado. Además, este procedimiento puede aplicarse en cualquier residencia de la universidad para mantener la prevención y limpieza de estos lugares obteniendo los mismos resultados.

### 3.5. HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA

Tabla 3-17: Cuadro resumen de lecturas de HR y T °C en las salas de clase.

Humedad	T° C	Humedad	T° C	Humedad	T° C
66,5	16,4	53,5	19,6	60,4	17,2
67,6	17,7	53,9	19,9	61,5	16,6
60,4	19,5	53,3	20,4	59,5	17,1
59,8	20,2	49,1	21,6	58,9	17,8
57,8	20,9	50,5	20,9	58,1	18,1
50,8	21,6	53,9	20,0	58,1	18,2
37,9	25,0	68,9	15,3	56,5	18,8
66,0	15,7	66,9	16,2	56,4	18,5
64,7	16,4	66,3	16,4	59,0	18,8
66,0	16,3	63,3	17,5	56,1	21,3
66,4	16,0	62,4	18,4	53,5	21,9
62,5	17,5	60,6	18,9	76,9	15,5
64,5	17,2	53,8	21,4	77,9	15,5
57,9	18,9	50,2	22,5	77,3	16,3
57,1	19,0	71,1	16,6	76,4	16,1
54,7	19,9	70,4	17,0	67,0	18,0
55,3	19,5	69,9	16,7	61,4	19,6
70,2	14,6	69,6	17,0	75,8	16,4
71,5	14,6	59,3	20,7	68,0	17,9
72,4	14,2	60,3	20,1	60,1	20,5
67,2	16,4	70,9	16,6	54,3	18,1
64,2	16,7	72,8	16,3	56,6	18,1
64,5	17,2	71,3	16,6	57,3	18,6
61,8	18,2	67,3	17,3	55,4	20,7
59,4	19,4	65,0	17,0	48,8	21,4
61,4	19,8	61,8	17,8	64,5	18,3
56,2	17,0	63,5	17,7	59,7	20,3
57,8	17,0	62,0	19,5	57,5	21,4
57,0	17,3	55,8	20,8	60,1	20,5
44,0	20,7	50,7	24,2	58,8	20,7
44,8	22,6	57,4	18,6	49,3	22,6
40,3	24,6	60,0	18,4	63,8	17,5
37,2	24,6	59,5	18,4	64,6	17,6
58,8	18,2	57,7	18,5	64,0	18,1
63,3	17,4	59,0	18,3	62,2	18,8
54,5	19,3	57,7	20,4	60,2	19,3
55,3	18,7	50,8	22,0	57,3	20,2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-18: Estadística descriptiva de datos obtenidos a partir de Tabla 3-17.

<i>Estadística descriptiva de temperatura</i>	
Media	18,7
Error típico	0,21
Mediana	18,4
Moda	16,4
Desviación estándar	2,216
Varianza de la muestra	4,911
Curtosis	0,249
Coficiente de asimetría	0,596
Rango	10,8
Mínimo	14,2
Máximo	25
Suma	2074
Cuenta	111

Fuente: Elaboración propia.



La temperatura más confortable para el ser humano en estado de reposo es de entre 18° y 20°C, rango entre los cuales se encuentra la media de las mediciones realizadas y mayor al rango en que estas influyen sobre la vulnerabilidad del huésped ante enfermedades respiratorias por tener que realizar las clases con ventanas y puertas abiertas en las salas.

Tabla 3-19: Estadística descriptiva a partir de datos de Tabla 3-17.

<i>Estadística descriptiva de Humedad Relativa</i>	
Media	60,4
Error típico	0,7
Mediana	60
Moda	64,5
Desviación estándar	7,8188
Varianza de la muestra	61,1331
Curtosis	0,7407
Coefficiente de asimetría	-0,2578
Rango	40,7
Mínimo	37,2
Máximo	77,9
Suma	6701,3
Cuenta	111

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Humedad relativa es un factor importante al momento de hablar sobre microorganismos en el aire, como se dijo anteriormente una HR con valores entre 60-90% permiten el desarrollo de los microorganismos, sin embargo, la media de las mediciones solo se acerca al límite mínimo de este rango y todas fueron menor a 85% requerido por las bacterias para su normal desarrollo y 90% requerido para mohos y hongos. Por esto la HR medida, no permite una mayor proliferación de bacterias, siendo importante mantener un monitoreo de esta variable para que no exista un aumento de la carga microbiológica.

Los desafíos para seguir este monitoreo es continuar con las mediciones de manera sistemática e insistir en las recomendaciones de realizar la actividad de clases con puertas y ventanas abiertas.

## CONCLUSIONES

En cuanto a CO<sub>2</sub> el 50% de los resultados está bajo los 500 ppm lo cual es un indicador de una buena calidad de aire y bajo 700 ppm hay 91 resultados de las 97 mediciones realizadas. Se afirma que existe una condición que está relacionada con los resultados obtenidos de dióxido de carbono la cual es la ventilación, es decir si las ventanas y puertas se encuentran abiertas, cerradas o cerrada y abierta el valor de CO<sub>2</sub> cambia dependiendo si existe un flujo de aire que permita que este se vaya renovando. También la variable número de personas esta relaciona con el valor de CO<sub>2</sub> al momento de realizar las mediciones, por esto es importante mantener los aforos y aún más cuando no estén las condiciones de ventilación adecuadas como se remarcó anteriormente.

Además, una buena ventilación de las salas de clase permite obtener un ambiente mucho más limpio y con una carga microbiológica baja, si bien las personas son un amplificador de microorganismos ya que estos se transportan en la ropa, piel y son expulsados por la boca al momento de hablar, respirar o toser, no fue un factor influyente según el análisis realizado, esto aún más minorizado por el uso obligatorio de mascarilla durante la pandemia.

La cantidad de CO<sub>2</sub> no se relaciona de ninguna forma con la cantidad de microorganismos que se encuentran en el aire, por ello que exista una gran cantidad de uno no significa encontrar una gran cantidad del otro.

El uso de Lysoform es un método adecuado para disminuir la carga microbiológica, sin embargo, esto debe ir acompañado de una higienización constante y adecuada, aun mas en estos tiempos de pandemia.

La metodología de este estudio se puede complementar con la identificación del microbiota en salas de clases, cuyos resultados permitan actuar de forma específica para combatir y prevenir futuras enfermedades.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Asadi S, Wexler AS, Cappa CD, Barreda S, Bouvier NM, Ristenpart WD. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Sci Rep* [Internet]. 20 de febrero de 2019 [citado 20 de octubre de 2020];9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6382806/>

Britanialab. (2021, marzo). Ficha técnica agar nutritivo. [https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_60707641dee11.pdf](https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_60707641dee11.pdf)

César Alberto Romero Bohórquez, Diego Fernando Castañeda Alvarado, Gloria Stella Acosta Peñaloza. (2016). Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia.

Consejería de Sanidad del Ayuntamiento de Madrid (2020), Impacto de los sistemas de ventilación en la transmisión del Sars-CoV-2. Viceconsejería de Salud Pública y Plan COVID 19. Comunidad de Madrid

Correia G, L. Rodríguez, M. Gameiro da Silva, T. Gonçalves, Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission, *Medical Hypotheses*, 141,2020, <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109781>.

David Ricardo Hernández-Velandia, Luz Marina Lizarazo-Forero. (2015). Determinación y comparación aerobiológica en tres archivos de la Empresa de Energía de Boyacá, Tunja (Colombia).

Ginés Ortiz y Vicente Catalán. (2007). Calidad microbiológica en ambientes interiores.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene (1994). El síndrome del edificio enfermo. Metodología de evaluación.

Kavita Naruka\* and Jyoti Gaur. (2013). Microbial air contamination in a school.

María del Carmen de la Rosa, María Ángeles Mosso y Carlos Ullán\*. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos.

María José Berenguer (2000). NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. INSST. [https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074#:~:text=Es%20muy%20importante%20que%20la,que%20pueden%20falsear%20las%20lecturas.](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074#:~:text=Es%20muy%20importante%20que%20la,que%20pueden%20falsear%20las%20lecturas.)

María Ángela Daza Pérez, Diana Ximena Martínez Benavides, Paola Andrea Caro Hernández. (2015). Contaminación microbiológica del aire al interior y el síndrome del edificio enfermo.

Minguillón, M.; Querol, X.; Felisi, J; Garrido, T. Guía para ventilación de las aulas CSIC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España. 2020.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 2021. Carbon dioxide peaks near 420 parts per million at Mauna Loa observatory. ArtMID/587/ArticleID/2764

Nevalainen A, Morawska L (eds.). 2009. Biological agents in indoor environments. Assessment of health risks. Organización Mundial de la Salud. Fecha de acceso: 16 de abril de 2010. Disponible en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:D75Q0ubJvFkJ:cms.pm/uploads/files/buildingforensics.co.uk\\_--\\_996163695.rtf+&cd=5&hl=es-419&ct=clnk&gl=cl](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:D75Q0ubJvFkJ:cms.pm/uploads/files/buildingforensics.co.uk_--_996163695.rtf+&cd=5&hl=es-419&ct=clnk&gl=cl)

Ortega J, Campillo F. Covid 19, un contaminante que flota en el aire. Un enfoque desde la Salud Medioambiental para reducir la transmisión de Sars-CoV2. Comité de Salud Medioambiental, AEP

Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE, 2007). BOE núm. 207, de 29 de agosto de 2007, páginas 35931 a 35984 (54 págs.). Ministerio de la Presidencia de España. BOE-A-2007-15820

UNE-EN 13779:2005 (España) “Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos”

UNE 100012:2005 ERRATUM:2005 sobre Higienización de sistemas de climatización. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?Tipo=N&c=N0033796>

University of Oradea. (2020). Indoor air quality assessment and its perception. Case study historic wooden church, Romania.

Vista de Concentración y composición microbiana en el ambiente de la Biblioteca Central Jorge Palacios Preciado de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. (2012). Revistas.udea. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329179/20785704>

Zafra M. JS. No respire el aire de otro: cómo esquivar el coronavirus en interiores. El País. 2021 2021-03-28.

## **ANEXOS**

Tabla A-1: Media, Desviación estándar y Repetibilidad intermedia de sondas de dióxido de carbono.

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	<b>COEFICIENTE VARIACIÓN</b>
<b>1</b>	<b>2</b>			
<b>490</b>	<b>466</b>	478	16,9706	0,0355
<b>428</b>	<b>395</b>	412	23,3345	0,0567
<b>439</b>	<b>410</b>	425	20,5061	0,0483
<b>414</b>	<b>382</b>	398	22,6274	0,0569
<b>423</b>	<b>390</b>	407	23,3345	0,0574
<b>462</b>	<b>429</b>	446	23,3345	0,0524

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de precisión de las mediciones realizadas como parte del estudio previo de validación indican que lecturas repetidas con cada uno de los instrumentos utilizados y en un mismo lugar tienen un coeficiente de variación menor al 0,06; es decir, una variación menor a 6% respecto a la media, esto en base a 6 mediciones en condiciones de repetibilidad. Siendo este valor muy bajo, entregando una alta confiabilidad en los resultados.

Por otro lado, según indicaciones del fabricante existe una variación de  $\pm(50\text{ppm} + 3\%$  del valor medido), por lo que al observar la Tabla A-1 se puede ver que las mediciones obtenidas están bajo este rango.

Tabla A-2: Tabla de conversión de colonias observadas según equipo utilizado

Feller conversion table for the 300x0.6 mm perforated lid

Positive hole conversion table						Perforated lid 300x0.6 mm		MBV AG, CH-8712 Stäfa			
r - Number of colony forming units counted on 90 mm Petri dish						Pr - Probable statistical total					
r	Pr	r	Pr	r	Pr	r	Pr	R	Pr	r	Pr
1	1	51	56	101	123	151	209	201	332	251	541
2	2	52	57	102	124	152	211	202	335	252	547
3	3	53	58	103	126	153	213	203	338	253	553
4	4	54	59	104	127	154	216	204	341	254	560
5	5	55	61	105	129	155	218	205	344	255	566
6	6	56	62	106	131	156	220	206	347	256	573
7	7	57	63	107	132	157	222	207	350	257	580
8	8	58	64	108	134	158	224	208	353	258	587
9	9	59	66	109	135	159	226	209	357	259	594
10	10	60	67	110	137	160	228	210	360	260	601
11	11	61	68	111	138	161	230	211	363	261	609
12	12	62	69	112	140	162	232	212	367	262	616
13	13	63	71	113	142	163	235	213	370	263	624
14	14	64	72	114	143	164	237	214	374	264	632
15	15	65	73	115	145	165	239	215	377	265	641
16	16	66	74	116	146	166	241	216	381	266	649
17	17	67	76	117	148	167	243	217	384	267	658
18	19	68	77	118	150	168	246	218	388	268	667
19	20	69	78	119	151	169	248	219	391	269	677
20	21	70	80	120	153	170	250	220	395	270	686
21	22	71	81	121	155	171	253	221	399	271	696
22	23	72	82	122	156	172	255	222	403	272	707
23	24	73	83	123	158	173	257	223	407	273	717
24	25	74	85	124	160	174	260	224	410	274	728
25	26	75	86	125	161	175	262	225	414	275	740
26	27	76	87	126	163	176	264	226	418	276	752
27	28	77	89	127	165	177	267	227	422	277	765
28	29	78	90	128	167	178	269	228	427	278	778
29	30	79	92	129	168	179	272	229	431	279	791
30	32	80	93	130	170	180	274	230	435	280	805
31	33	81	94	131	172	181	277	231	439	281	820
32	34	82	96	132	174	182	279	232	444	282	836
33	35	83	97	133	175	183	282	233	448	283	853
34	36	84	98	134	177	184	284	234	452	284	871
35	37	85	100	135	179	185	287	235	457	285	889
36	38	86	101	136	181	186	289	236	462	286	909
37	39	87	103	137	183	187	292	237	466	287	931
38	41	88	104	138	184	188	295	238	471	288	954
39	42	89	105	139	186	189	297	239	476	289	979
40	43	90	107	140	188	190	300	240	481	290	1006
41	44	91	108	141	190	191	303	241	486	291	1036
42	45	92	110	142	192	192	306	242	491	292	1069
43	46	93	111	143	194	193	308	243	496	293	1107
44	47	94	113	144	196	194	311	244	501	294	1150
45	49	95	114	145	198	195	314	245	507	295	1200
46	50	96	115	146	200	196	317	246	512	296	1260
47	51	97	117	147	202	197	320	247	518	297	1335
48	52	98	118	148	203	198	323	248	523	298	1435
49	53	99	120	149	205	199	326	249	529	299	1565
50	55	100	121	150	207	200	329	250	535	300	1685

The values in the table are calculated from the basic formula (Feller, 1950)

$$Pr = N \left[ \frac{1}{N} + \frac{1}{N-1} + \frac{1}{N-2} + \dots + \frac{1}{N-r+1} \right]$$