



COLEGIO

SAN AGUSTÍN

EST. 1966



MONOGRAFÍA DE BIOLOGÍA

Convocatoria: Noviembre 2019

Comparación de la calidad del aire según el tipo de ventilación

¿En qué medida difiere la calidad del aire según el tipo de ventilación, a través de la determinación del número de microorganismos mesófilos viables?

Código del candidato: 004727 - 0014

N.º de palabras: 3903

Supervisor: Karina Rojas

Chiclayo, Perú

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	6
1.1. Importancia del aire	6
1.2. Contaminación del aire	6
1.3. Microorganismos en el aire	7
1.3.1. Número y distribución	7
1.4. Factores que afectan la calidad del aire	8
1.4.1. Microorganismos en un ambiente sin ventilación	9
1.4.2. Microorganismos en un ambiente con ventilador	9
1.4.3. Microorganismos en un ambiente con aire acondicionado	10
1.5. Monitoreo microbiológico ambiental	10
1.6. Definición de bacterias	11
1.7. Contaminación bacteriana	11
1.8. Microorganismos aerobios mesófilos viables	11
1.9. Técnica de sedimentación por gravedad	12
1.10. Ventajas de la técnica	13
1.11. Tinción Gram	13
1.12. Parámetros de la calidad del aire	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1. Pregunta de investigación.	15
2.2. Hipótesis	15
2.3. Variables.	15
2.3.1. Variable independiente	15
2.3.2. Variable dependiente	15
2.3.3. Variable controlada	16
2.4. Materiales y equipos	16
2.4.1. Materiales de laboratorio	16
2.4.2. Equipos	16
2.4.3. Materiales de bioseguridad	17
2.5. Condiciones sobre configuración y principios éticos	17

2.6. Procedimiento.....	17
2.6.1. Identificación de las áreas y los puntos a muestrear.	17
2.6.2. Preparación del cultivo (agar plate count).	18
2.6.3. Sedimentación por gravedad	19
2.6.4. Incubación de las placas.....	19
2.6.5. Conteo de colonias.	19
2.6.6. Realización del frotis	19
2.6.7. Tinción Gram	20
2.6.8. Identificación de bacterias gram positivas o gram negativas.	20
2.6.9. Esterilización de los materiales	20
CAPÍTULO III: DATOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	21
3.1. Recuento de placas.....	21
3.2. Tinción Gram	24
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y MEJORAS	26
4.1. Conclusiones	26
4.2. Limitantes y sugerencias de mejora	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Evaluación de la calidad del aire según las normas sanitarias para locales no industriales.....	14
Figura 1. Puntos de recolección de muestras de ambientes al aire libre y con ventilador	18
Figura 2. Puntos de recolección de muestras en un ambiente con aire acondicionado.....	18
Figura 3. Placas a las 48 horas.....	19
Figura 4. Observación microscópica de microorganismos presentes en ambientes sin ventilación (100x)	20
Tabla 2: Número de colonias en el ambiente sin ventilación.....	21
Tabla 3: Número de colonias en el ambiente con ventilador	21
Tabla 4: Número de colonias en el ambiente aire acondicionado	21
Tabla 5: Unidades Formadoras de Colonia en los 3 ambientes	22
Figura 5. Comparación de los promedios de UFC/m ³ en los tres ambientes según el tipo de ventilación..	22
Tabla 6: Rango de distribución de las bacterias UFC/m ³	23
Tabla 7: Evaluación de la calidad del aire	24
Tabla 8: Resultados de la tinción Gram en los tres tipos de ambientes	24
Figura 6. Comparación de los resultados de la tinción.....	25

INTRODUCCIÓN

Esta monografía trata de determinar la calidad del aire en tres tipos de ambientes del colegio San Agustín de Chiclayo. (Ambiente sin ventilación, con ventilador y aire acondicionado). Esto presenta un valor significativo al aportar un estudio novedoso sobre la calidad del aire en áreas de estudios, lugares donde los estudiantes pasan prolongadas horas durante su vida escolar.

Como sabemos, nuestra vida depende del aire que respiramos, considerando también que la calidad del aire varía según el ambiente donde nos encontremos. Muchas personas aseguran que el estar expuestos a estos ambientes durante tiempos prolongados, origina que sufran problemas de salud desde un simple dolor de garganta, a enfermedades más graves como la bronquitis o neumonía. Por esta razón, la primordial motivación de este trabajo fue averiguar la cantidad de microorganismos mesófilos viables presentes en salones del colegio para determinar la calidad de aire a la que están expuestos los estudiantes.

La problemática planteada fue ¿En qué medida difiere la calidad del aire según el tipo de ventilación, a través de la determinación del número de microorganismos mesófilos viables? Para esto, aplicaré la técnica de sedimentación por gravedad y la tinción Gram, con el fin de identificar la cantidad de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/m³) y el tipo de bacterias presentes en los ambientes (Gram positivas o negativas), temas relacionado al curso. Asimismo, el desarrollo de la investigación se ha dividido en 5 capítulos donde la metodología se basa en contrastar información sobre los parámetros de la calidad del aire según las normas sanitarias con los resultados de la experimentación.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Importancia del aire

El aire es una mezcla de gases pertenecientes a la atmósfera. Según el Ministerio del Ambiente (2016) “Las partículas que se encuentran en el aire, se denominan aerosoles y están compuestos esencialmente por polvo arrastrado de la superficie de la tierra y cenizas (producto de la combustión o actividades volcánicas)”. (p. 5). La mayoría de los seres vivos somos dependientes del aire para poder sobrevivir debido a la importancia de compuestos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno en su constitución, elementos que nos brinda el aire para poder vivir. Asimismo, es importante debido a su papel en la fotosíntesis y la respiración donde se obtiene energía. (Barrio, Bermúdez, Faure, Gómez, Bárcena, 2011)

1.2. Contaminación del aire

La calidad del aire varía debido a factores naturales, pero ahora el cambio es debido a la contaminación. Esta es causada por la alteración del equilibrio de sustancias que lo componen o por la introducción de nuevas sustancias que no forman parte de la atmósfera, generado sobre todo por los seres humanos. La contaminación está compuesta por gases y partículas sólidas del aire, compuesto por emisiones de los vehículos, el polvo, polen, entre otros. (Ministerio del Ambiente, 2016). Asimismo, la contaminación también incluye a los microorganismos presentes en el aire.

1.3. Microorganismos en el aire

El aire presenta diversos tipos de microorganismos donde resaltan las bacterias y los hongos. Según De la Rosa, Mosso y Ullán (2002) “La presencia de estos depende de su origen, dirección e intensidad de las corrientes de aire y de su supervivencia” (p. 10). Si hablamos de bacterias, los bacilos Gram positivos y los cocos Gram positivos son frecuentes. Por el contrario, los bacilos Gram negativos se encuentran en menor proporción y disminuyen con la altura (Gregory, Willey y Sons, 1973). En relación a los hongos, el que más predomina tanto en el aire como en la tierra y el mar es el *Cladosporium*. No obstante, también es concurrente la presencia de otros mohos, como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Mucor* (Takahashi, 1997). También hay presencia de virus en el aire, en especial los virus humanos que se transmiten por vía respiratoria y que mayormente se encuentran en ambientes sin ventilación. (De la Rosa et al., 2002).

1.3.1. Número y distribución

Los microorganismos son transportados a través de bioaerosoles de manera muy rápida con el movimiento del aire recorriendo grandes distancias. Según De la Rosa et al., (2002) “Este 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” (p.11). Esto es importante debido a que diversas enfermedades causadas por bacterias, hongos y virus son transmitidas a través de este medio.

La cantidad de microorganismos varía según la altura. Cerca de suelo existe una mayor variedad y a más lejos una escasez. Asimismo, otros factores son los

seres vivos, la actividad de la zona y la cantidad de polvo. En los lugares donde hay mayor población, existe una mayor cantidad de microorganismos, en las zonas desérticas los únicos microorganismos que hay son debido al viento, y en las zonas polares no se encuentran. Otro factor importante es el clima. El número de microorganismos presentes en el aire decrece después de una lluvia, y en climas secos existe una mayor variedad. Por último, en relación a las estaciones, durante el verano hay mayor presencia de hongos, mientras que en primavera y otoño hay mayor presencia de bacterias. (Bovallius, Butch, Roffey y Anas, 1978).

1.4. Factores que afectan la calidad del aire

Cuando la humedad relativa decrece, se causa deshidratación e inactivación de los microorganismos por falta de agua. En regiones desérticas la humedad varía de 10-20%, donde el los hongos crecen a partir de 65% y las bacterias de 65%.

Otro factor importante es la temperatura. En la tropósfera la temperatura cerca de la superficie es aproximadamente 40°C, y 80°C en capas altas. Diversos estudios señalan que en bajas temperaturas (congelación) los microorganismos sobreviven pero no pueden multiplicarse, y en altas temperaturas se reduce su viabilidad. (Mohr, 1997).

El último factor son las radiaciones. Las de longitud de onda corta contienen más energía, produciendo una alteración o destrucción del ADN de los microorganismos junto con su viabilidad. Por otro lado, las radiaciones ultravioletas aumentan con la altura, causando mutaciones y la muerte de los

microorganismos. Sin embargo, algunos son protegidos de los efectos por la poca penetración de la luz ultravioleta. (Atlas y Bartha, 2002).

1.4.1. Microorganismos en un ambiente sin ventilación

Una ventilación inadecuada causa una insuficiencia del suministro de aire lo que genera la circulación de microorganismos en el ambiente. Asimismo, puede generarse contaminación en el interior debido al inadecuado empleo de productos (pesticidas, desinfectantes) o a los gases de combustión (fumar, cafeterías). Por otra parte, los nidos de pájaros y los productos de limpieza son también fuentes de contaminación por hongos.

1.4.2. Microorganismos en un ambiente con ventilador

Según la Cochrane Library “el ventilador no enfría el aire sino trae aire menos caliente”. Y a pesar que la sensación sea refrescante, la brisa del ventilador evapora el sudor e incrementa la circulación de aire caliente, causándonos sequedad en la piel y ojos. Asimismo, seca las membranas mucosas que son las encargadas de detener el paso del polvo u otros agentes peligrosos.

Si el ambiente tiene mucho polvo, los ventiladores harán que los gérmenes o parásitos se multipliquen con mayor rapidez. Según Donaires (2017). “El aire frío hace que desaparezca el moco de la nariz, perdiendo la barrera que tenemos para que el polvo y otros gérmenes no ingresen al cuerpo” (p.1). Esto genera que las personas queden vulnerables a sufrir de bronquitis y los asmáticos o los que padecen de rinitis estacional terminen peor.

1.4.3. Microorganismos en un ambiente con aire acondicionado

Según De la Rosa et al., (2002) “A menudo, tanto las esporas como los microorganismos vegetativos entran en la atmósfera como bioaerosoles, que pueden formarse por muchas causas entre ellas el aire acondicionado” (p.383). Asimismo, las amebas de vida libre pueden ser aerolizadas por diversos factores tanto naturales como artificiales, entre ellos el sistema de aire acondicionado. (Stetzenbach, 1997). Este sistema libera polvos conteniendo óxidos de aluminio pertenecientes a la corrosión del metal. (De la Rosa et al., 2002). Las bacterias son microorganismos que son capaces de adaptarse a cualquier tipo de hábitat, por lo que fácilmente pueden vivir dentro de los filtros o tuberías del aire acondicionado, junto con ácaros y hongos. Asimismo, este tipo de ambiente causa diversas enfermedades. Según Sánchez, M (1994). “Resfriados, faringitis y neumonías surgen con las bajas temperaturas y el ambiente seco”.

1.5. Monitoreo microbiológico ambiental

El monitoreo microbiológico es un procedimiento que nos permite determinar la cantidad de microorganismos presentes en áreas, superficies, personal, equipo y otros. Este monitoreo se lleva a cabo para obtener información sobre las condiciones microbiológicas del aire o de superficies y a partir de los resultados tomar acciones para que los objetos o áreas de estudio se mantengan en un estricto control de la calidad ambiental. (Abad, 2016)

1.6. Definición de bacterias

Las bacterias son organismos unicelulares constituidos por una célula que no poseen núcleo. Las células presentan un tamaño microscópico convirtiéndola invisible al ojo humano, sin embargo, es más fácil observarlas cuando éstas se unen creando colonias. (Alvarado, Tuesta y Zuñiga, 2018). Las bacterias están presentes en todo lugar y son transportados por aire, agua, plantas y seres vivos. Asimismo, son las causantes de diversas reacciones como enfermedades (patógenas o toxinogénicas), el deterioro de materiales y alimentos. También son beneficiosos en la vida de las personas ya que participan en la producción de alimentos (agricultura), en la medicina y descomposición de materia orgánica. (Control Sanitario – HACCP, 2019)

1.7. Contaminación bacteriana

Según Alvarado, et.al (2018). La contaminación bacteriana es “la incorporación indeseada de microorganismo en un área que ocasiona inseguridad con la presencia de bacterias”. La presencia de bacterias en la superficie o aire se le conoce como contaminación. Durante este proceso el agente infeccioso se transforma en el huésped de una posible infección (persona, sustancia, objeto o animal), mediante diversas fuentes de transmisión como el agua, aire, o cualquier sustancia que lo contenga y pueda percibir el huésped. (Alvarado, et.al, 2018).

1.8. Microorganismos aerobios mesófilos viables

Son todas las bacterias, mohos y levaduras que pueden desarrollarse con gran rapidez a una temperatura de entre 30°C a 40°C en presencia de oxígeno,

lo que le brinda la capacidad para formar colonias visibles en poco tiempo. (Ramírez, 2017). Según Torres (2016) esta característica le permite tener como huésped al hombre u otros animales de sangre caliente. (p.1). Su análisis, brinda información del número de microorganismos viables lo que ayuda a determinar el grado de exposición de los alimentos o ambientes a la contaminación.

1.9. Técnica de sedimentación por gravedad

Esta técnica realiza una recolección de datos de bioaerosoles la cual radica en la utilización de placas con un medio de cultivo estéril que permanecen abiertas durante períodos de tiempo. Esto permite que los microorganismos viables del aire sean llevados a la superficie del medio sólido por las corrientes de aire presentes en el área. Los resultados varían según con la intensidad del aire y forma o tamaño de los microorganismos. Este método no es completamente exacto debido a que los microorganismos pequeños usualmente no se detectan, pero si los que más persisten en el aire. (De la Rosa et al., 2002).

Al final se puede calcular las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/m³), aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Microorganismos}/m^3 \text{ de aire} = 5a \times 10^4 (bt)^{-1}$$

Donde “a” es la cantidad de colonias obtenidas luego del muestreo, “b” es el tamaño de la placa en cm² y “t” es el tiempo de exposición.

1.10. Ventajas de la técnica

Esta técnica nos permite calcular el número de microorganismo viables presentes en el ambiente de investigación, como los aerobios mesófilos, bacterias heterotróficas, mohos, levaduras, entre otros. (Adams y Moss, 2006).

El recuento es sólo de microorganismos vivos lo cual permite conocer el grado de contaminación mediante la determinación del número de microorganismos mesófilos viables.

1.11. Tinción Gram

Este procedimiento es una manera tradicional de clasificar las bacterias para determinar si son Gram positivas o Gram negativas. La pared celular de las bacterias Gram positivas presenta una capa gruesa de peptidoglucano. Sin embargo, la capa de las bacterias Gram negativas es mucho más fina ya que consta solamente de un 20% de peptidoglucano. En este procedimiento se utilizan 4 reactivos. El primero es el cristal violeta, reactivo que se une a la membrana externa de las bacterias, pero si esta membrana no cuenta con el suficiente peptidoglucano, cuando se le añade el alcohol, se eliminará esta capa y con ella la tinción del cristal violeta. Esto ocurre en las bacterias Gram negativas que adquieren un color fucsia que obtuvieron del reactivo safranina. Por el contrario, las Gram positivas no pierden su capa externa debido a que su pared celular tiene gran cantidad de peptidoglucano, lo que quiere decir que tendrán el color morado del reactivo cristal violeta. (Allot, A. Mindorff, D. & Azcue, J, 2015).

En relación a esto, cabe resaltar que las bacterias Gram negativas se presentan en menor cantidad que las Gram positivas, por lo cual hay poca evidencia de su transmisión por el aire. (Lidwell, 1990).

1.12. Parámetros de la calidad del aire

Estos parámetros están establecidos por las normas sanitarias para locales no industriales, donde se muestran 5 niveles (Muy bajo, bajo, intermedio, alto y muy alto).

Tabla 1: *Evaluación de la calidad del aire según las normas sanitarias para locales no industriales*

Grupo de microbios	Rango de valores (UFC/m3)	Grado de contaminación
Bacterias	< 50	Muy bajo
	50-100	Bajo
	100-500	Intermedio
	500-2000	Alto
	>2000	Muy alto
Hongos	< 25	Muy bajo
	25-100	Bajo
	100-500	Intermedio
	500-2000	Alto
	>2000	Muy alto

Fuente: Adaptada de Fekadu, S. Melaku, A. sobre la calidad microbiológica del aire interior en bibliotecas universitarias.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Pregunta de investigación.

¿En qué medida difiere la calidad del aire según el tipo de ventilación, a través de la determinación del número de microorganismos mesófilos viables?

2.2. Hipótesis.

En el ambiente con aire acondicionado habrá mayor cantidad de Unidades Formadoras de Colonias (UFC). En el ambiente con ventilador la cantidad de UFC va a ser media y por último, en el ambiente cerrado se encontrará la menor cantidad de UFC.

Asimismo, en los 3 ambientes va a haber mayor presencia de bacterias Gram positivas que Gram negativas debido a que éstas son más concurrentes en el aire.

2.3. Variables.

2.3.1. Variable independiente

- Los tipos de ventilación (ambiente sin ventilación, con aire acondicionado y ventilador).

2.3.2. Variable dependiente

- La calidad del aire según el número de microorganismo aerobios mesófilos viables.

2.3.3. Variable controlada

- Números de personas ubicadas en los ambientes (23 personas),
área del ambiente (70 m²) y hora del día del muestreo (12:00 pm –
1:00 pm). Tiempo de exposición de placas (15 minutos).

2.4. Materiales y equipos

2.4.1. Materiales de laboratorio

- Placas Petri descartables
- Mechero
- Asa de siembra
- Lupa
- Agua destilada
- Matraz (250ml) marca Erlenmeyer modelo 1121-250
- Papel metálico
- Vaso de precipitado marca Pyrex modelo PY-1000-100
- Agar Plate Count
- Cristal violeta
- Lugol
- Safranina
- Alcohol
- Aceite de inmersión

2.4.2. Equipos

- Incubadora marca KertLab Laboratory modelo ODHG-9030A
- Autoclave marca Greetmed modelo YX-250D

- Microscopio binocular marca Leica modelo DM500
- Refrigeradora marca Samsung modelo rt32fbrhdsI
- Cronómetro marca Casio (± 0.005)
- Balanza marca Greetmed Technology USA modelo YP B2003 ($\pm 0,005$).

2.4.3. Materiales de bioseguridad

- Guardapolvo
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla

2.5. Condiciones sobre configuración y principios éticos

Las experimentaciones llevadas a cabo en esta monografía han seguido todos los principios éticos. En primer lugar, todas las personas presentes en los ambientes estudiados tuvieron conocimiento y aceptación de este procedimiento. Asimismo se han tomado todas las medidas de seguridad necesarias para la protección personal como el uso de materiales de bioseguridad y el acompañamiento de un responsable del laboratorio especialista en microbiología. Por último, se realizó el uso adecuado de los equipos y se llevó a cabo la desinfección de los materiales utilizados.

2.6. Procedimiento

2.6.1. Identificación de las áreas y los puntos a muestrear.

Las áreas de recolección de datos se llevaron a cabo en los salones de 4to y 5to año de secundaria del colegio San Agustín (70 m^2) que cuentan con un promedio de 23 alumnos cada salón. En estos ambientes realicé el muestreo

de ambientes con ventiladores y de ambientes sin ventilación cuando los ventiladores estaban apagados y todas las vías de acceso de aire estaban cerradas.

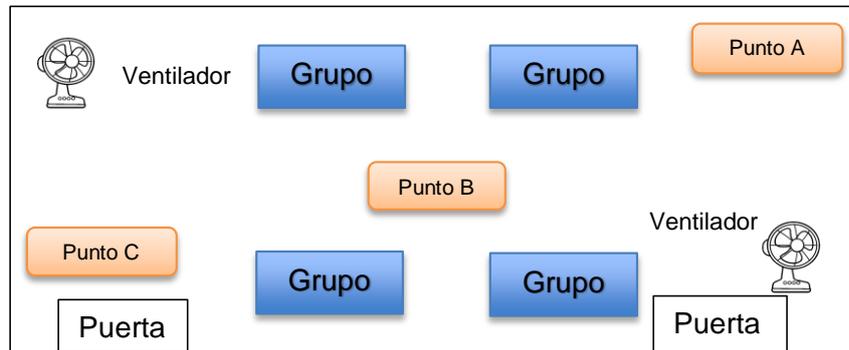


Figura 1. Puntos de recolección de muestras de ambientes al aire libre y con ventilador

Para el ambiente con aire acondicionado realizaré el muestreo en un salón de estudio de la biblioteca del colegio.

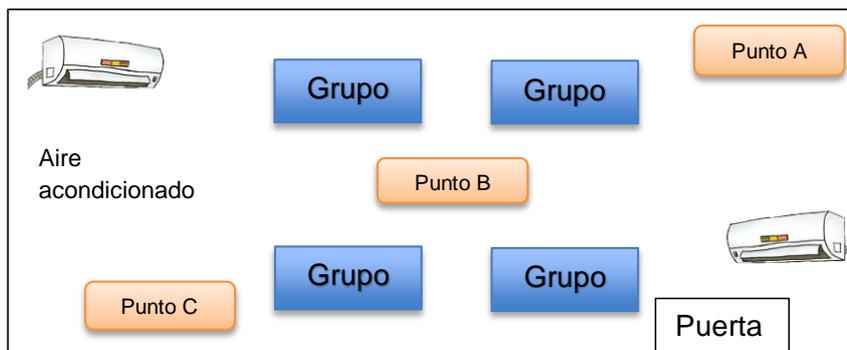


Figura 2. Puntos de recolección de muestras en un ambiente con aire acondicionado.

2.6.2. Preparación del cultivo (Agar Plate Count).

Cada preparación del cultivo era para 16 placas. Para esto primero pesé 320 gramos de cultivo en una balanza y esto lo coloqué en un vaso de precipitado, luego añadí 13.6 litros de agua destilada y homogenicé la mezcla. Después, la mezcla se vertió en un matraz y coloqué un tampón de algodón cubierto con papel metálico. Esto lo llevé a la autoclave donde se

esterilizó a 121°C por 15 minutos. Esperé que el cultivo se enfriará y serví 20 gramos en cada placa. Este procedimiento lo repetí 3 veces (en total 48 placas).

2.6.3. Sedimentación por gravedad

Las placas fueron rotuladas y llevadas a los 3 puntos de recolección vistos en la figura 1 y 2. Luego, las placas fueron abiertas durante 15 minutos en los tres diferentes ambientes entre 12:00 pm y 1:00 pm.

2.6.4. Incubación de las placas

Las placas se incubaron a 37 °C por 48 horas.

2.6.5. Conteo de colonias.

Con ayuda de una lupa se identificó el número de colonias por cada placa y luego se aplicó la fórmula para identificar el UFC/m³.

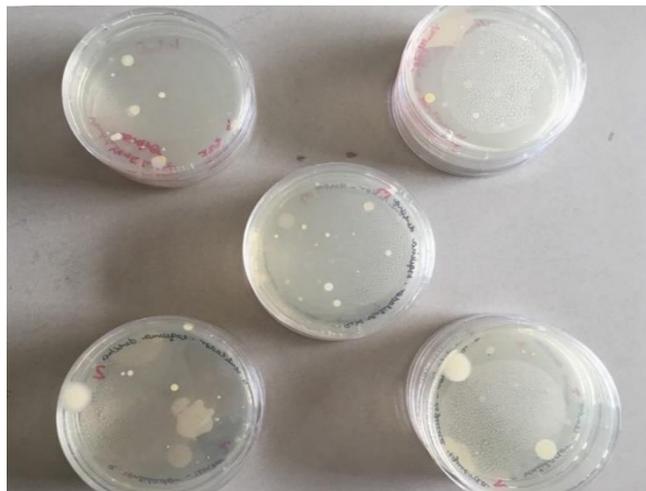


Figura 3. Placas a las 48 horas.

2.6.6. Realización del frotis

Primero coloqué una pequeña gota de agua destilada en el centro del portaobjeto. Luego se flameó el asa de siembra en condiciones asépticas, y con ayuda de este se tomó una pequeña cantidad de una colonia y se

transfirió a la gota de agua, se mezcló hasta homogenizarla y luego se fijó al mechero.

2.6.7. Tinción Gram

Primero se colocó el cristal violeta por 30 segundos, luego se enjuagó y se colocó el lugol por 30 segundos, se enjuagó nuevamente y se colocó el alcohol durante 20 segundos, se enjuagó y se colocó la safranina por 30 segundos y finalmente se enjuagó por última vez.

2.6.8. Identificación de bacterias Gram positivas o Gram negativas.

Primero a la muestra se le colocó el aceite de inmersión. Luego, se encendió el microscopio, se reguló la luz y con el objetivo de inmersión se observó la muestra. Este procedimiento se repitió 5 veces por cada tipo de ambiente.

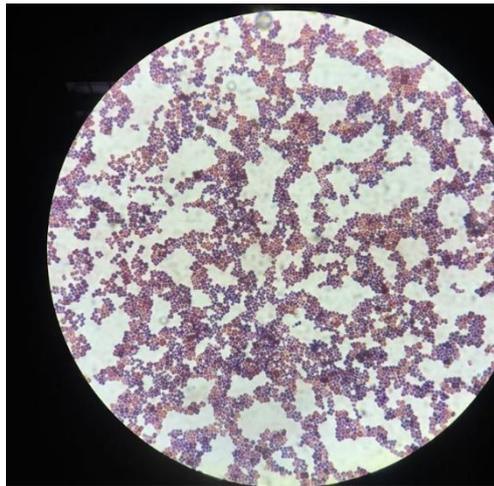


Figura 4. Observación microscópica de microorganismos presentes en ambientes sin ventilación (100x).

2.6.9. Esterilización de los materiales

Todas las placas utilizadas fueron llevadas a la autoclave y fueron esterilizadas.

CAPÍTULO III: DATOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Recuento de placas

Tabla 2: *Número de colonias en el ambiente sin ventilación*

Lugares	N ^o de colonias				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Punto A	1	1	2	2	2
Punto B	11	2	2	3	1
Punto C	1	1	1	1	2
Promedio	4,33	1,33	1,67	2,00	1,67

La tabla 2 señala que la muestra 1 tuvo la mayor cantidad de colonias (4,33) y la muestra 2 la menor (1,33)

Tabla 3: *Número de colonias en el ambiente con ventilador*

Lugares	N ^o de colonias				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Punto A	11	9	12	12	5
Punto B	7	12	2	5	8
Punto C	6	11	15	8	10
Promedio	8,00	10,67	9,67	8,33	7,67

La tabla 3 señala que la muestra 2 tuvo la mayor cantidad de colonias (12,33) y la muestra 1 la menor (8,00)

Tabla 4: *Número de colonias en el ambiente con aire acondicionado*

Lugares	N ^o de colonias				
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Punto A	9	16	45	18	18
Punto B	11	9	8	6	12
Punto C	13	11	8	20	18
Promedio	11,00	12,00	20,33	14,67	16,00

La tabla 4 señala que la muestra 3 tuvo la mayor cantidad de colonias (20,33) y la muestra 1 la menor (11,00)

A partir de los resultados anteriores se puede hacer un conteo de las colonias teniendo como resultado (UFC/m³) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{UFC/m}^3 = 5a \times 10^4 (bt)^{-1}$$

Tabla 5: Unidades formadoras de Colonia en los 3 ambientes

Tipo de ambientes	UFC/m ³		
	Ambiente sin ventilación	Ambiente con ventilador	Ambiente con aire acondicionado
Muestra 1	1 603,70	2 962,96	4 074,07
Muestra 2	492,59	3 951,85	4 444,44
Muestra 3	618,51	3 581,48	7 529,63
Muestra 4	740,74	3 085,19	5 433,33
Muestra 5	618,51	2 840,74	5 925,93
Promedio	814,81	3284,44	4681,48

La tabla 5 muestra el resultado de la fórmula anterior aplicada en los promedios de cada muestra de los 3 ambientes

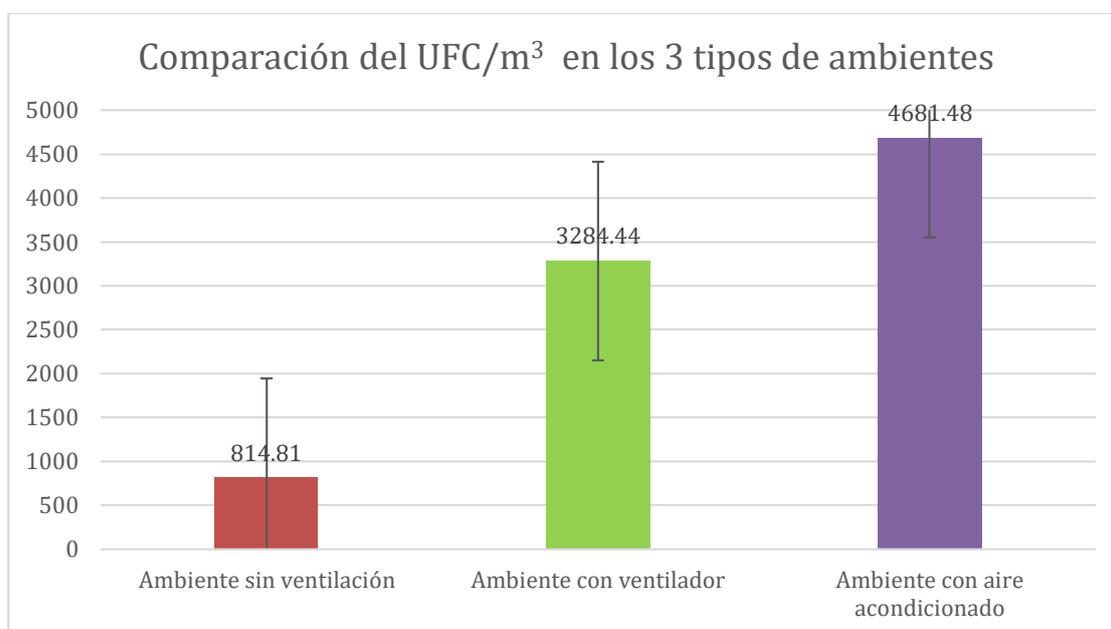


Figura 5. Comparación de los promedios de UFC/m³ en los tres ambientes según el tipo de ventilación.

La figura 5 muestra que el ambiente con aire acondicionado es el que presenta mayor cantidad de UFC/m³ (4681,48) y en ambiente sin ventilación la menor cantidad de UFC/m³ de los tres ambientes (814,81).

Tabla 6: *Rango de distribución de las bacterias UFC/m3*

Bacterias UFC/m ³		Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Ambiente con ventilador	con	2 840,74	3 951,85	3 284,44	467,33
Ambiente sin ventilación	sin	492,59	1 603,70	814,81	449,65
Ambiente con aire acondicionado	con	4 074,07	7 529,63	5481,48	1 364,83

La tabla 6 indica los rangos de las bacterias UFC/m³ de los 3 ambientes al igual que la media y desviación estándar

La tabla 6 fue obtenida con ayuda del programa Excel, y a través de esta podemos observar la diferencia de los rangos en los tres tipos de ambientes. Ambiente con ventilador presenta un rango de $2\,840,74 < x < 3\,951,85$. Las bacterias UFC/m³ del ambiente cerrado se encuentran entre $492,59 < x < 1\,603,70$. Por último, el ambiente con aire acondicionado es de $4\,074,07 < x < 7\,529,63$.

También podemos decir que el ambiente acondicionado además de presentar el número más elevado de bacterias UFC/m³ (5481,48) también presenta la desviación estándar mayor (1364,83), esto quiere decir que hubo mayor variación en los datos obtenidos en este tipo de ambiente.

Tabla 7: *Evaluación de la calidad del aire*

	Muy bajo $x < 50$	Bajo $50 < x < 100$	Intermedio $100 < x < 500$	Alto $500 < x < 2000$	Muy alto $x > 2000$
Ambiente sin ventilación	-	-	-	X	-
Ambiente con ventilador	-	-	-	-	X
Ambiente con aire acondicionado	-	-	-	-	X

La tabla 7 indica en qué nivel de calidad de aire se encuentran los 3 tipos de ambientes.

3.2. Tinción Gram

También se realizó la tinción Gram con el objetivo de identificar qué tipo de bacterias están presentes en los diferentes tipos de ambientes.

Tabla 8: *Resultados de la tinción Gram en los tres tipos de ambiente*

Tipo de ambiente	Ambiente sin ventilación	Ambiente con ventilador	Ambiente con aire acondicionado
Gram positivas	3	2	4
Gram negativas	2	3	1

Resultado de la tinción Gram por cada tipo de ambiente.

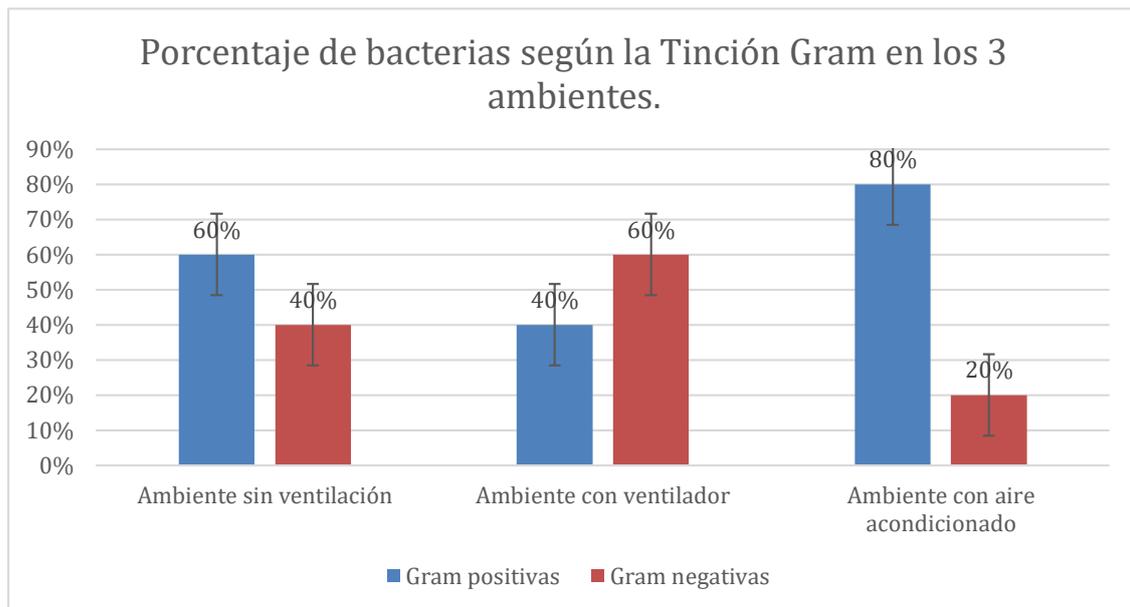


Figura 6. Comparación de los resultados de la tinción.

La figura 6 demuestra que en el ambiente con ventilador hay una mayor presencia de bacterias Gram negativas (60%) que positivas (40%), mientras que en el ambiente cerrado hay es todo lo contrario, hay mayor presencia de bacterias Gram positivas (60%) que negativas (40%). Por último, en relación al ambiente con aire acondicionado la diferencia es mucho mayor que en los anteriores casos, donde hay una presencia mayor presencia de bacterias Gram positivas (80%) que negativas (20%) al igual que el ambiente cerrado.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y MEJORAS

4.1. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos puedo decir que mi hipótesis era correcta debido a que como pudimos ver en la tabla 5 el ambiente con aire acondicionado presentó la mayor cantidad de UFC/m³ (4681,48). Por el contrario el ambiente sin ventilación fue el que presentó la menor cantidad de UFC/m³ (814,81).

Como dijo De la Rosa et al., “La presencia de los microorganismos dependen de la intensidad de las corrientes del aire...”. Por lo tanto, a partir de los resultados podemos decir que a mayor corriente del aire, mayor presencia de microorganismos en el ambiente debido al transporte de partículas de polvo. Esto explica el por qué el ambiente con aire acondicionado presentó una mayor presencia de UFC/m³ y el ambiente sin ventilación una menor.

Sin embargo, en la tabla 7 pudimos observar los parámetros de calidad del aire, y los resultados mostraron que a pesar que hubo una diferencia de UFC/m³, los tres ambientes presentaban una elevada contaminación. El ambiente sin ventilación se encontraba en un rango alto de contaminación ($500 < x < 2000$) y los ambientes con ventilador y aire acondicionado se encontraban en un rango muy alto ($x > 2000$). Esto quiere decir que a pesar de los diferentes valores todos los ambientes contaron con una contaminación mayor de los rangos normales.

En relación a las bacterias Gram mi hipótesis también se cumplió debido a que en general se identificó mayor cantidad de bacterias Gram positivas que

negativas, esto guarda relación con lo mencionado por Gregory et al., en su publicación "Microbiología en la atmósfera". Ellos mencionaron que los bacilos Gram negativos se encuentran en menor proporción que los Gram positivos, afirmación que se cumplió en la experimentación.

A través de la Figura 6 se observó que en el ambiente sin ventilación hubo una presencia del 60% de bacterias Gram positivas y un 40% de Gram negativas. Asimismo, en el ambiente con aire acondicionado hubo un 80% de bacterias Gram positivas y un 20% de Gram negativas. No obstante, solo en el caso del ambiente con ventilador se identificó un 60% de bacterias Gram negativas y un 40% de bacterias Gram positivas.

4.2. Limitantes y sugerencias de mejora

Una de las condiciones que probablemente afectó los resultados fue el estado de salud de las personas el cual pudo haber contribuido al incremento del número microorganismos mesófilos viables. Esto pudo producir ciertos cambios en los resultados, pero se consideró necesaria su presencia pues se quería investigar tal cual es la calidad del aire en estas circunstancias.

Otra limitante en mi trabajo estuvo presente en la tinción Gram. Este procedimiento lo realicé cuando terminé con la exposición de todas las placas, esto quiere decir que algunas placas llevaban varios días y semanas refrigerándose para su conservación. Esto probablemente influyó en los resultados. Sin embargo, una de las formas en las que pude haber evitado esto fue realizar la tinción Gram el mismo día que terminaba la incubación de las placas que había expuesto. En relación a esto, los resultados también pudieron

variar por mi elección de colonias, y para evitar el margen de error pude haber hecho mayor número de repeticiones.

Por último, también se anima a otras personas a realizar trabajos relacionados a este, pero que controlen una mayor cantidad de factores que afectan la calidad del aire. En este trabajo se controló la altura de la superficie sobre la cual se colocaron las placas, pero también se puede controlar la humedad y la temperatura e investigar otros parámetros de calidad microbiológica del aire como los mohos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado. M, Tuesta. M & Zúñiga.M. (2018). Contaminación bacteriana y tipo de bacterias en teléfonos celulares del personal de salud en la unidad de cuidados intensivos, hospital nacional 2017. Recuperado de: http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/4565/Contaminacion_AlvaradoHerrera_Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ATLAS, R., y BARTHA, R. (2002): Ecología microbiana y Microbiología ambiental. Ed. Pearson Educación, Madrid

Barrio, Bermudez, Faure, Gomez & Barcena. (2011). Ciencias de la Naturaleza. 1º ESO - Oxford University Press España

Benintende, Silvia & Sanchez. C. (2019). Crecimiento bacteriano. Recuperado de: http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/microbiologia/unidad_3_crecimiento_bacteriano

BOVALLIUS, A.; BUTCH, B.; ROFFEY, R., y ANAS, P. (1978): «Three-year investigation of the natural airborne bacterial flora at four locations in Sweden». Applied and Environmental Microbiolgy, 35, 847-852.

De la Rosa. M, Mosso. M & Ullán. C. (2002). Volumen 5. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Recuperado de: <http://www.divulgameteo.es/uploads/Aire-microorganismos.pdf>

Fekadu, S. Melaku, A. (2014). Calidad microbiológica del aire interior en bibliotecas universitarias. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4025286/#b20>

GREGORY, P. H. (1973): The microbiology of the atmosphere. Ed. John Willey and Sons, New York.

LIDWELL, O. M. (1990): «The microbiology of air». En: Linton, A. and Dick, H. M.(ed). Topley and Wilson's. Principles of bacteriology, virology and immunity, I. 8.a Edic. Ed. Edward Arnold, London.

Martí, C. (2017). NTP 299: Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. Recuperado de: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_299.pdf

MicroKit: Medio de cultivo. (2016). Plate Count Agar (PCA) Polvo aéreo. Recuperado de: <http://www.medioscultivo.com/plate-count-agar-pca-polvo-aerobico/>

Ministerio de salud, (2014). Microorganismos indicadores. Recuperado de: <http://siar.regionjunin.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/430.pdf>

MOHR, A. J. (1997): «Fate and transport of microorganisms in air». En: Hurst, C. J. et al. (ed). Manual of environmental microbiology. Ed. American Society for Microbiology, Washington.

Niño, O. (2011). Microbiología. Recuperado de: <https://www.efefuturo.com/ciencia/microorganismos-aire>

OPS. (2019). Inocuidad de Alimentos - Control Sanitario – HACCP. Recuperado de: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10838:2015-peligros-biologicos&Itemid=41432&lang=es

POTTS, M. (1994): «Desiccation tolerance of prokaryotes». Microbiological Reviews, 58, 755:805

Ramírez, K. (2017). “DETERMINACIÓN DE MESÓFILOS AEROBIOS, COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL CULTIVO DE ESPINACA (*Spinacia oleracea* L.), PRODUCIDO EN TRES MUNICIPIOS DEL ESTADO DE

MÉXICO.” Recuperado de:
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65584/KATIA%20ANAHI%20RAMIREZ%20CRUZ.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Romero, C. Castañeda, D. Acosta, G. (2016). Determinación de la calidad bacteriológica del aire en un laboratorio de microbiología en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá, Colombia Recuperado de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v14n26/v14n26a12.pdf>

Sánchez, M. (1994). El aire acondicionado es el primer causante de las infecciones respiratorias del verano. Recuperado de:
https://elpais.com/diario/1994/08/02/sociedad/775778401_850215.html

TAKAHASHI, T. (1997): «Airborne fungal colony-forming units in outdoor and indoor environments in Yokohama, Japan». Mycopathologia

UNDERWOOD, E. (1992): «Ecology of microorganisms as it affects the pharmaceutical industry». En: Hugo, W. B. and Russell, A. D. (ed). Pharmaceutical microbiology. 5.a Edic. Ed. Blackwell Scientific Publication, London.

Vásquez, K. (2012). La ciencia contra el ventilador. Recuperado de:
<https://www.mujerhoy.com/salud/guia-enfermedades/ciencia-contra-ventilador-687651072012.html>