

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Disminución del COV formaldehído mediante  
*Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum* en ambientes  
interiores. Huancayo-Junín, 2021**

Mariela Diana De La Cruz Aquino  
Madeleynee Brygyth Pacheco Huaman  
Tania Yadira Ramon Muñoz

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniera Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**ASESOR**

ING. DANTE MANUEL GARCÍA JIMÉNEZ

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestro agradecimiento al asesor de esta investigación, Ing. Dante Manuel García Jiménez, por ser el principal colaborador de todo este proceso, por su paciencia y enseñanza de sus grandes conocimientos que hicieron que pudiéramos crecer como profesionales. Al Ingeniero Taddeo Tacza Flores y a la doctora Nancy Párraga Melgarejo, por apoyarnos con el manejo del equipo; a nuestra familia por confiar en nosotras y en nuestro avance académico. Asimismo, a la coordinadora de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Ing. Elizabeth Oré, por su orientación en el inicio de la investigación. Así, también, agradecemos a todas las autoridades y los docentes de la Universidad Continental y a toda la Facultad de Ingeniería Ambiental por abrirnos sus puertas y por las enseñanzas académicas al alcance de nosotras.

También agradecemos a Dios por la valentía y su gran bendición que llena nuestras vidas.

Las autoras

## **DEDICATORIA**

Dedicamos la presente investigación a Dios y a nuestras familias por su amor, trabajo y sacrificio, por apoyarnos de principio a fin y por darnos el privilegio de educarnos.

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
<b>1.1. Planteamiento y formulación del problema</b> .....	1
1.1.1. <i>Planteamiento del problema</i> .....	1
1.1.2. <i>Formulación del problema</i> .....	2
<b>1.2. Objetivos</b> .....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>1.3. Justificación e importancia</b> .....	3
1.3.1. <i>Económica</i> .....	4
1.3.2. <i>Ambiental</i> .....	4
1.3.3. <i>Social</i> .....	4
1.3.4. <i>Teórica</i> .....	4
<b>1.4. Hipótesis y descripción de las variables</b> .....	4
1.4.1. <i>Hipótesis general</i> .....	4
1.4.2. <i>Hipótesis específicas</i> .....	5
1.4.3. <i>Operacionalización de variables</i> .....	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
<b>2.1. Antecedentes del problema</b> .....	7
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	7
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....	9
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	11
2.2.1. <i>Teorías físicas</i> .....	11
2.2.2. <i>Teorías químicas</i> .....	14

2.2.3. Teorías biológicas .....	23
2.2.4. Marco legal .....	33
2.2.5. Metodología .....	36
<b>2.3. Definición de términos básicos .....</b>	<b>36</b>
CAPÍTULO III.....	38
METODOLOGÍA.....	38
<b>3.1. Método y alcance de la investigación .....</b>	<b>38</b>
3.1.1. Método de la investigación.....	38
3.1.2. Alcance de la investigación.....	40
<b>3.2. Diseño de la investigación .....</b>	<b>41</b>
3.2.1. Diseño experimental.....	41
<b>3.3. Población y muestra.....</b>	<b>41</b>
3.3.1. Población.....	42
3.3.2. Muestra.....	42
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>42</b>
CAPÍTULO IV .....	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
<b>4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información.....</b>	<b>43</b>
4.1.1. Resultados para determinar la influencia de la exposición a la luz en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores .....	44
4.1.2. Resultados para determinar la influencia del tiempo en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores. ....	68
4.1.3. Resultados para evaluar la influencia de las características de las plantas en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores .....	83
4.1.4. Resumen de los resultados para determinar la influencia de la especie de la planta en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores .....	85
<b>4.2. Prueba de hipótesis.....</b>	<b>86</b>
<b>4.3. Discusión de resultados .....</b>	<b>95</b>
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES .....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Operacionalización de variables. ....	6
Tabla 2.Clasificación de contaminantes del aire interior. ....	13
Tabla 3. Fuentes de emisión de COV en los ambientes interiores de un edificio. ....	15
Tabla 4. Propiedades físicas y químicas del formaldehído.....	17
Tabla 5. Fuentes de emisión de formaldehído. ....	20
Tabla 6. <i>Plantas ornamentales que eliminan contaminantes</i> .....	25
Tabla 7. Clasificación de las plantas ornamentales que se adaptan a intensidades de luz. ....	26
Tabla 8. Beneficios de las plantas. ....	30
Tabla 9. Estándares de calidad para aire. ....	33
Tabla 10. Valores recomendados de contaminantes en ambientes interiores. ....	34
Tabla 11. Materiales para la construcción de la cámara cerrada. ....	39
Tabla 12. Diseño experimental puro: Diseño factorial 4 x 3 con 2 réplicas.....	41
Tabla 13. Ficha de recolección de datos. ....	42
Tabla 14. Evaluación de hermeticidad de la cámara cerrada. ....	43
Tabla 15. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones y 2 repeticiones. ....	44
Tabla 16. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones. ....	46
Tabla 17. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Spathiphyllum mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.....	48
Tabla 18. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Spathiphyllum mediante 21 mediciones.....	50
Tabla 19. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando las plantas Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum mediante 21 mediciones y dos repeticiones. ....	52
Tabla 20. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum mediante 21 mediciones. ....	53
Tabla 21. Promedio de resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando las plantas Sansevieria Trifasciata, Spathiphyllum y las 2 plantas juntas mediante 21 mediciones. ....	55
Tabla 22. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones y 2 repeticiones. ....	57
Tabla 23. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones. ....	58

Tabla 24. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta <i>Spathiphyllum</i> mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.....	60
Tabla 25. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B2) mediante 21 mediciones. ....	61
Tabla 26. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando las plantas <i>Sansevieria trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> mediante 21 mediciones y 2 repeticiones. ....	63
Tabla 27. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> mediante 21 mediciones. ....	64
Tabla 28. Comparación del Promedio de resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando las plantas <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B2), <i>Spathiphyllum</i> (A2B2) y <i>Sansevieria Trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> (A3B2) mediante 21 mediciones. ....	66
Tabla 29. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas) utilizando la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> mediante 45 mediciones y dos repeticiones.....	68
Tabla 30. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> mediante 45 mediciones. ....	69
Tabla 31. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), utilizando la planta <i>Spathiphyllum</i> mediante 45 mediciones y 2 repeticiones. ....	71
Tabla 32. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con la planta <i>Spathiphyllum</i> mediante 45 mediciones y 2 repeticiones. ....	73
Tabla 33. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con las plantas <i>Sansevieria Trifasciata</i> , <i>Spathiphyllum</i> y las 2 plantas juntas mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.....	76
Tabla 34. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con la planta <i>Spathiphyllum</i> + <i>Sansevieria Trifasciata</i> mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.....	78
Tabla 35. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo utilizando las plantas <i>Sansevieria Trifasciata</i> y <i>Spathiphyllum</i> y las dos plantas juntas mediante 45 mediciones y 2 repeticiones. ....	80
Tabla 36. Resultados del tamaño (centímetros) de la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> y <i>Spathiphyllum</i> antes y después del experimento.....	83
Tabla 37. Resultados del número de hojas (Unidades) de la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> y <i>Spathiphyllum</i> antes y después del experimento. ....	83
Tabla 38. Resumen de resultados inicial y final de cada tratamiento (A1B1), (A2B1), (A3B1), (A1B2), (A2B2), (A3B2), (A1B3), (A2B3), (A3B3). ....	85
Tabla 39. Factores intersujetos B1. ....	86
Tabla 40. Pruebas de efectos intersujetos B1.....	86
Tabla 41. Comparaciones múltiples B1.....	87
Tabla 42. Comparaciones múltiples B1.....	87
Tabla 43. Absorción B1. ....	88

Tabla 44. Factores intersujetos B2. ....	89
Tabla 45. Pruebas de efectos intersujetos.....	89
Tabla 46. Comparaciones múltiples B2.....	90
Tabla 47. Comparaciones múltiples B2.....	90
Tabla 48. Absorción B2. ....	91
Tabla 49. Factores intersujetos B3. ....	92
Tabla 50. Pruebas de efectos intersujetos B3.....	93
Tabla 51. Comparaciones múltiples B3.....	93
Tabla 52. Comparaciones múltiples B3.....	94
Tabla 53. Absorción B3. ....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración del formaldehído y efectos en la salud. ....	18
Figura 2. Concentración del formaldehído en ambientes interiores en la Unión Europea. ....	21
Figura 3. Resultados de estudios de la concentración del formaldehído en ambientes interiores. ....	22
Figura 4. Biotransformación del formaldehído dentro de la planta. ....	23
Figura 5. Planta <i>Sansevieria trifasciata</i> . ....	31
Figura 6. Planta <i>Spathiphyllum</i> . ....	32
Figura 7. Proceso de la investigación. ....	36
Figura 8. Resultados de la concentración del HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria trifasciata</i> (A1B1) con 2 repeticiones. ....	45
Figura 9. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria trifasciata</i> (A1B1). ....	47
Figura 10. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B1) con dos repeticiones. ....	49
Figura 11. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto de la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B1). ....	51
Figura 12. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> (A3B1) con dos repeticiones. ....	53
Figura 13. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> (A3B1). ....	54
Figura 14. Comparación del promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B1), <i>Spathiphyllum</i> (A2B1) y las 2 plantas juntas (A3B1). ...	56
Figura 15. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto de la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B2) con dos repeticiones. ....	58
Figura 16. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B2). ....	59
Figura 17. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B2) con 2 repeticiones. ....	61
Figura 18. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto de la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B2). ....	62

Figura 19. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> (A3B2) con 2 repeticiones. ....	64
Figura 20. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> (A3B2). ....	65
Figura 21. Comparación del promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B2), <i>Spathiphyllum</i> (A2B2) y <i>Sansevieria Trifasciata</i> + <i>Spathiphyllum</i> (A3B2). ....	67
Figura 22. Resultados del tiempo de absorción de formaldehído mediante la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B3) con dos repeticiones. ....	69
Figura 23. Resultados promedio del tiempo de absorción de formaldehído mediante la <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A1B3) con dos repeticiones. ....	71
Figura 24. Resultados del tiempo de absorción de formaldehído mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B3) con dos repeticiones. ....	73
Figura 25. Resultados promedio del tiempo de absorción de formaldehído mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> (A2B3) con dos repeticiones. ....	75
Figura 26. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con las plantas <i>Sansevieria Trifasciata</i> y <i>Spathiphyllum</i> mediante 45 mediciones y 2 repeticiones. ....	77
Figura 27. Resultados promedio del tiempo de absorción de formaldehído mediante la planta <i>Spathiphyllum</i> + <i>Sansevieria Trifasciata</i> (A3) con dos repeticiones. ....	79
Figura 28. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), utilizando las plantas <i>Sansevieria trifasciata</i> , <i>Spathiphyllum</i> y las 2 plantas juntas. ....	82
Figura 29. Comparación del tamaño (centímetros) de la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> y <i>Spathiphyllum</i> antes y después del experimento. ....	83
Figura 30. Comparación del número de hojas (Unidades) de la planta <i>Sansevieria Trifasciata</i> y <i>Spathiphyllum</i> antes y después del experimento. ....	84
Figura 31. Medias marginales estimadas de absorción. ....	88
Figura 32. Medias marginales estimadas de absorción. ....	92
Figura 33. Medias marginales estimadas de absorción B3. ....	95

## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la disminución del Compuesto Orgánico Volátil (COV) formaldehído mediante *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas en ambientes interiores. Para ello, se utilizó una cámara cerrada con 1,5m de largo, 0,85m de ancho y 1,55m de alto, alcanzando un volumen total de 1,976m<sup>3</sup>. Para comprobar que no hubiera pérdida del gas formaldehído, se hizo la prueba de hermeticidad durante tres días. Posteriormente, se insertaron las plantas ornamentales *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum*, y ambas plantas, según el tratamiento correspondiente, con dos repeticiones; las mediciones se realizaron cada media hora con el equipo medidor de formaldehído HAL-HFX205. Obteniendo como resultado que la combinación de ambas plantas es más eficiente en la absorción del gas formaldehído, ya que absorbió (98 % en 22h, 92,5 % en el día y 84,5 % en la noche), En segundo lugar, el *Spathiphyllum* absorbió (96 % en 22h, 91,5 % de día y 74,75 % de noche) y, por último, la *Sansevieria trifasciata* absorbió (75,75 % en 22h, 57 % de día y 46,5 % de noche). Sobre la base de ello, se sostiene que: a mayor cantidad de follaje mayor es la absorción, la exposición a la luz influye en la disminución del formaldehído y a mayor tiempo de exposición de las plantas al formaldehído la concentración disminuye. Asimismo, se recomienda la combinación de ambas plantas para la eliminación óptima del formaldehído y realizar estudios con otros Compuestos Orgánicos Volátiles.

**Palabras clave:** *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum*, Formaldehído, COV, ambiente interior, plantas ornamentales y cámara cerrada.

## ABSTRACT

The investigation was carried out with the objective of evaluating the reduction of formaldehyde Volatile Organic Compounds (VOC) by means of *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* and the combination of both plants in indoor environments, for this purpose a closed chamber was used with 1,5m long, 0,85m wide and 1,55m high making a total volume of 1,976m<sup>3</sup>; to verify that there was no loss of formaldehyde gas, the hermeticity test was carried out for three days; then the ornamental plants *Sansevieria trifasciata* and *Spathiphyllum* and both plants were inserted according to the corresponding treatment with 2 repetitions; the measurements were taken every half hour with the formaldehyde measuring equipment HAL-HFX205. Obtaining as results that the combination of both plants is more efficient in the absorption of formaldehyde gas, since, it absorbed (98% in 24h, 92,5% in the day and 84,5% at night), Secondly, *Spathiphyllum* absorbed (96% in 24h, 91,5% day and 74,75% at night) and lastly *Sansevieria trifasciata* absorbed (75,75% in 24h, 57% day and 46,5% at night). Based on this, it is argued that: the greater the amount of foliage the greater the absorption, the exposure to light influences the decrease of formaldehyde and the longer the exposure time of the plants to formaldehyde the concentration decreases. Also, the combination of both plants is recommended for optimal formaldehyde elimination and studies with other Volatile Organic Compounds.

**Keywords:** *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum*, Formaldehyde, VOC, indoor environment, ornamental plants and closed chamber.

## INTRODUCCIÓN

El formaldehído en las antigüedades se utilizaba para la conservación de tejidos orgánicos y el embalsamamiento de cuerpos humanos. Actualmente, es muy importante en la industria química; se utiliza en los productos de limpieza, en la conservación de cadáveres (conservación de muestras), en la fabricación de textiles, en la industria cosmética (conservación de productos de higiene personal, como el champú y las cremas corporales). También se utiliza para la síntesis química del papel, madera contrachapada, resinas, colorantes, explosivos y, por último, en la fabricación de extintores de incendios (1).

En los últimos años, los productos mencionados se van adquiriendo con mayor frecuencia para equipar los ambientes interiores, con el fin de tener la comodidad y la condición para realizar sus actividades. En efecto, se tiene el incremento de la concentración del gas formaldehído que, en bajas concentraciones, provoca irritación de los ojos, efectos neurofisiológicos, irritación de la nariz y garganta, y máxima lacrimación; y en altas concentraciones provoca edema pulmonar, neumonía y cáncer. Debido a que este gas es un corrosivo fuerte causante de necrosis coagulativa.

Las personas ocupan el 90 % de sus tiempos en ambientes interiores. Por lo mismo, la NASA viene recomendando el uso de plantas ornamentales para la eliminación de los Compuestos Orgánicos Volátiles. Por lo que esta investigación tiene como objetivo evaluar la disminución del COV formaldehído mediante *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas en ambientes interiores.

La estructura de la presente investigación se adecuó al de la Universidad Continental, la cual comprende el planteamiento del problema, el marco teórico, la metodología, los resultados, las conclusiones y los anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1. *Planteamiento del problema*

El aire es un elemento importante para el desarrollo de la vida en la tierra, sin embargo, en los últimos tiempos la calidad del aire está siendo afectado debido a las actividades que realizan los seres humanos, en efecto se tiene que 9 de cada 10 personas inhalan aire con altas concentraciones de contaminantes, asimismo en las últimas estimaciones se muestran que 7 millones de personas mueren al año debido a la contaminación del aire en ambientes interiores y exteriores (2). La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), una agencia especializada en cáncer de la Organización Mundial de la Salud (OMS), anunció en el 2013 que la contaminación del aire fue clasificada dentro del grupo 1 , lo cual significa que es carcinógeno para los seres humanos (3).

El formaldehído es un gas incoloro altamente volátil, inflamable, soluble en agua y es cancerígeno del grupo 1, este compuesto se puede encontrar en productos como el periódico, fotografías y papel; también contienen y emiten formaldehído las pinturas de látex, barniz de uña, etc. (4). La concentración de formaldehído en ambientes interiores es más alta que en ambientes exteriores y tiene efectos físicos en la salud. El contacto con el formaldehído puede provocar estornudos, laringoespasmos, broncoespasmo y edema pulmonar no cardiogénico, irritación en los ojos, la piel y las membranas mucosas, daños importantes en el tracto digestivo, incluidas úlceras, sangrado y perforación durante la ingestión, debido a que el formaldehído es un corrosivo fuerte causante de necrosis coagulativa (4). Además de los efectos ya mencionados, a una exposición prolongada a altas concentraciones (1,1 ppm) a lo largo del

tiempo se desarrolla el cáncer (5). Las personas ocupan el 90 % de sus tiempos en ambientes interiores ya sea en sus hogares, trabajos o centros de estudio, por lo mismo esto ha ido tomando preponderancia en los últimos años (6)

Considerando que en los ambientes interiores se encuentran personas laborando o realizando alguna actividad, se necesita una alternativa que los beneficie y ellos aprendan a valorar, tomar conciencia y cumplir con su responsabilidad ambiental. La NASA viene realizando investigaciones y recomendando plantas ornamentales que purifican el aire interior, eliminando los Compuestos Orgánicos Volátiles. Según el informe de la Nasa, publicado por el doctor Bill Wolverton en 1989, si el hombre va a permanecer largos tiempos en ambientes cerrados, el ambiente debe contener plantas como soporte vital. Para comprobar la solución, la NASA realizó un experimento para el cual construyó el BioHome, un ambiente cerrado herméticamente construido con materiales sintéticos que emitían COV que ocasiona los síntomas del síndrome del edificio enfermo y descubrieron que, al introducir plantas, los COV se eliminaban así como los síntomas (7). Actualmente, al ingresar a los ambientes interiores se observa en su mayoría una decoración con plantas o flores artificiales que son materiales inertes y no absorben ningún contaminante a diferencia de las plantas ornamentales. Por ello, se opta evaluar la disminución del COV-formaldehído mediante *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum* en ambientes interiores en Huancayo-Junin,2021.

### 1.1.2. *Formulación del problema*

#### A) Problema general

¿Cuál será la disminución del COV formaldehído mediante *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas en ambientes interiores?

#### B) Problemas específicos

- ¿La exposición a la luz influye en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores?
- ¿De qué manera influye el tiempo en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores?

- ¿Las características de las plantas influyen en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores?
- ¿La especie de la planta influye en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Evaluar la disminución del COV formaldehído mediante *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas en ambientes interiores.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la exposición a la luz en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.
- Determinar la influencia del tiempo en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.
- Evaluar la influencia de las características de las plantas en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.
- Determinar la influencia de la especie de la planta en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.

## 1.3. Justificación e importancia

Los productos y materiales que se utilizan dentro de las casas, oficinas, instituciones, industrias, entre otros contaminan los ambientes interiores con gases como el formaldehído, afectando la salud de los ocupantes, la ciudad de Huancayo no es ajeno a ello. Esto viene incrementándose en los últimos años debido a que se van adquiriendo diversos productos para equipar los ambientes interiores con el fin de tener la comodidad y la condición para realizar diversas actividades.

Esta investigación se realiza con la intención de verificar que las plantas pueden absorber el COV formaldehído en ambientes interiores para mejorar la calidad de vida de los seres humanos y mejorar el ambiente laboral con estas plantas ornamentales.

#### 1.3.1. Económica

La ventaja económica para implementar en los ambientes interiores contaminadas por el COV-formaldehído es que las plantas ornamentales son fáciles de conseguir y también se puede adaptar a diferentes temperaturas.

#### 1.3.2. Ambiental

La introducción de las plantas ornamentales en los espacios interiores no solo tiene un valor estético, sino que también absorbe contaminantes purificando el aire interior.

#### 1.3.3. Social

Los resultados de la investigación beneficiarán a la población de la ciudad de Huancayo, principalmente a las personas que se encuentran en ambientes interiores que cuentan con bajas tasas de intercambio del aire interior con el exterior y a los que trabajan en ambientes interiores con una fuente fija de emisión de formaldehído. Mejorando la calidad de vida de los trabajadores, estudiantes entre otros.

#### 1.3.4. Teórica

Se va a obtener nuevos resultados y análisis sobre la eficiencia de la eliminación del COV formaldehído en ambientes interiores utilizando plantas ornamentales, de esta manera contribuir en investigaciones posteriores, ya que, se pueden utilizar para comparar resultados o sustentar alguna teoría.

### 1.4. Hipótesis y descripción de las variables

#### 1.4.1. Hipótesis general

**Ho=** La *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas no son eficientes en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.

**Ha=** La *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas son eficientes en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.

#### 1.4.2. *Hipótesis específicas*

- La exposición a la luz influye en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.
- El tiempo influye en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.
- Las características de las plantas influyen en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.
- La especie de la planta influye en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.

#### 1.4.3. *Operacionalización de variables*

Tabla 1. Operacionalización de variables.

TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	
Variable independiente	Exposición a la luz	Día	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
		Noche	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
	<i>Sansevieria trifasciata</i>	Capacidad de absorción	Tiempo	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
		Características de la especie	Número de hojas	Unidad	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
	Tamaño		cm	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
	Exposición a la luz	Día	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
		Noche	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
	<i>Spathiphyllum</i>	Capacidad de absorción	Tiempo	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
		Características de la especie	Número de hojas	Unidad	Cuantitativa Continua	Razón Proporción
	Tamaño		cm	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
	Exposición a la luz	Día	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
		Noche	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
<i>Sansevieria trifasciata + Spathiphyllum</i>	Capacidad de absorción	Tiempo	Horas	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
	Características de la especie	Número de hojas	Unidad	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
Tamaño		cm	Cuantitativa Continua	Razón Proporción		
Variable Dependiente	Disminución del COV formaldehído	Inicial	ppm	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	
		Final	ppm	Cuantitativa Continua	Razón Proporción	

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

El artículo titulado "*Purification capabilities of golden pothos and peace lily for indoor air pollutants and its application to a relaxation space*" tuvo como objetivo "examinar la capacidad de purificación de las plantas (potus dorado y lirio de la paz) para contaminantes del aire". Este experimento se realizó en una cámara cerrada de 300L, la temperatura se mantuvo sobre 22 °C, utilizando un acondicionador de aire y la intensidad de la luz se mantuvo a 1000 lux con fluorescentes de luz diurna; la capacidad de purificación fue monitoreada por un sensor de gas de óxido de estaño. En los resultados, mencionan que las capacidades de purificación de las plantas para el tolueno y el xileno fueron casi constantes incluso al modificar las concentraciones, para el gas formaldehído la capacidad aumentaba al subir la concentración. Las plantas también se evaluaron en un entorno real en donde la tasa de eliminación de los compuestos orgánicos volátiles totales fue del 74 % y la del olor fue del 68 %, sobre la base de todo ello confirmaron que las plantas tenían una alta capacidad de purificación tanto de compuestos orgánicos volátiles como de olores incluso en el entorno real (8).

El artículo titulado "*Enhancing mixed toluene and formaldehyde pollutant removal by *Zamioculcas zamiifolia* combined with *Sansevieria trifasciata* and its CO<sub>2</sub> emission*" tuvo como objetivo "evaluar la eficiencia de la fitorremediación de la mezcla de tolueno y formaldehído mediante *Z. zamiifolia* una planta C3 y *S. trifasciata* una planta CAM y evaluar las concentraciones de CO<sub>2</sub> al aplicar las plantas para la fitorremediación durante el día y la noche". Para realizar el

experimento inyectaron 20 ppm de tolueno y 20 ppm de formaldehído a una cámara de vidrio con un volumen de 15,6 L. En sus resultados mencionan que las plantas combinadas eliminaron más del 95% de los contaminantes en los seis ciclos que fueron expuestos a los contaminantes, cada ciclo fue realizado en 48 horas; al evaluar las plantas de forma individual la *Z. zamiifolia* removió eficientemente contaminantes no polares (Tolueno) mejor que los contaminantes (polares), mientras que la *S. trifasciata* eliminó contaminantes polares y no polares siendo más eficiente en la eliminación del formaldehído, además redujeron la concentración de CO<sub>2</sub> de 410 a 160 ppm dentro de la cámara. Sobre la base de ello, concluyeron que la combinación de las plantas es más eficiente para eliminar contaminantes mixtos y reducir el CO<sub>2</sub> que las plantas individuales (9).

El artículo titulado "*The effect of improving indoor air quality using some C3 plants and CAM plants*" tuvo como objetivo "Conocer la influencia de las plantas C3 y CAM para mejorar la calidad del aire interior mediante el uso de plantas de follaje en forma C3 y plantas carnosas en forma de planta CAM con diferentes propiedades fisiológicas para analizar los cambios de dióxido de carbono de las plantas según la luz y cambios de concentración de formaldehído". Como resultado obtuvieron que la concentración del dióxido de carbono durante las 24 horas posteriores al cierre de la cámara, la planta ornamental *Spathiphyllum spp.*, *Epipremnum aureum*, *Hedera hélix* mostró disminución en la concentración de dióxido de carbono en ambiente con luz y aumento en ambiente sin luz. En el caso de la *Sansevieria trifasciata var.*, *Notocactus leninghausii*, *Mytilocactus polylopha*, fue lo opuesto, la concentración del dióxido de carbono disminuyó en un ambiente sin luz y aumento en un ambiente con luz. La concentración del formaldehído aumenta durante el periodo de oscuridad y la reducción es notable durante el periodo de luz, por el contrario, las plantas CAM mostraron el fenómeno de que una concentración de formaldehído disminuye durante el periodo oscuro y aumenta durante el periodo con luz. Concluyeron que la capacidad de purificación del aire por las plantas pueden variar significativamente bajo diferentes condiciones de temperatura, humedad, intensidad de la radiación y es necesario una investigación continua de las interacciones con las condiciones (10).

El artículo titulado *“Purification of formaldehyde-polluted air by indoor plants of Araceae, Agavaceae and Liliaceae”* tuvo como objetivo determinar la capacidad de eliminación del formaldehído por las especies de las plantas y Araceae, Agavaceae and Liliaceae. Para ello cada planta se colocó durante siete días en una caja de vidrio de 1m X 1m X 0,8m llena de formaldehído con la concentración inicial de 15ppm. Especies como *Aglaonema commutatum* cv. Rajah blanco, *Spathiphyllum floribundum* cv. Clevelandii, *A. commutatum* cv. Joyas de oro, *Agave potatorum*, *Dracaena fragrans* cv. Massa- Ngeana, *D. reflexa*, *Cordyline fruticosa*, *Gasteria gracilis* y *D. angustifolia* mostraron la mayor resistencia al daño por contaminación por formaldehído; especies como *D. sanderiana*, *D. deremensis* cv. Compacta, *Sansevieria trifasciata* cv. Hahnii, *A. commutatum* cv. Silver Queen y *Alocasia macrorrhiza* mostraron la segunda mayor resistencia; especies como *S. trifasciata* cv. Laurentii, *Aloe nobilis*, *Scindapsus aureus*, *Dieffenbachia amoena* cv. Camilla, *A. commutatum* cv. Treubii, *Scindapsus pictus* cv. Argyraeus, *Philodendron sodiroi* cv. Wendimbe y *Syngonium podophyllum* mostraron resistencia de tercera clase. La absorción de formaldehído por las plantas en la cámara de la caja de vidrio fue especialmente evidente durante los primeros tres días. En conclusión, diez especies de plantas recomendables para solicitar la purificación de formaldehído fueron *Scindapsus aureus*, *Asparagus setaceus*, *S. trifasciata* cv. Hahnii, *C. Comosum*, *A. commutatum* cv. White Rajah, *A. commutatum* cv. Rojo estrecho, *A. commutatum* cv. Treubii, *S. pictus* cv. Argyraeus, *G. gracilis* y *P. sodiroi* cv. Wendimbe. Estas diez plantas tienen una alta capacidad de absorción de formaldehído y reciben menos daño (11).

### 2.1.2. *Antecedentes nacionales*

En la tesis que tiene por título “Eficiencia de la planta Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) para la fitorremediación de los gases interiores (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) presentes en la I.E.P Isaac Newton, SJL-2018”, realizada en la Universidad Cesar Vallejo de Lima, con la finalidad de “Evaluar la eficiencia de la planta lengua de suegra para la fitorremediación de los gases interiores (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) presentes en la I.E.P Isaac Newton, SJL-2018”, la metodología que se desarrolló en esta investigación fue “primeramente determinar la concentración de los gases presentes en ese espacio sin la planta de interior. Luego, colocar la planta de interior en puntos claves de dicho espacio y regresar

después de unos días a medir la concentración de cada gas para verificar la variación con la implementación de la planta Lengua de Suegra (*Sansevieria Trifasciata*). En esta investigación, obtuvieron como resultados “que se acepta la hipótesis general que indica que la Planta Lengua de suegra es eficiente para la fitorremediación de contaminantes interiores de CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> en el aire del colegio Isaac Newton”, después de hacer los análisis se llegó a la conclusión que “los niveles de eficiencia de la planta lengua de suegra para gases interiores (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) presentes en la I.E.P Isaac Newton, SJL-2018, son verificables; siendo, el monóxido de carbono el más reducido, luego el NO<sub>2</sub> y finalmente el SO<sub>2</sub>” (12).

En la tesis, que se titula “Reducción del Formaldehído proveniente de la Fabricación de Bolsas Plásticas mediante la especie vegetal Cinta (*Chlorophytum comosum*), Comas - Lima, 2018”, realizada en la Universidad Cesar Vallejo, dicha investigación tuvo como finalidad “reducir el formaldehído proveniente de la fabricación de bolsas plásticas mediante la especie vegetal cinta (*Chlorophytum comosum*) en el distrito de Comas, Lima”, la metodología que se utilizó en dicha investigación fue “primeramente seleccionar la planta Cinta se tomó como referencia las especies vegetales recomendados por la NASA, que purifican el aire en lugares cerrados, luego se realizó la caracterización de la planta cinta (*Chlorophytum comosum*) se determinó de acuerdo a su comportamiento durante cuatro semanas evaluando color de hoja, número de hojas de cada planta y su crecimiento de la planta, luego el formaldehído se midió usando el equipo Multi – RAE al inicio y final del experimento, para así determinar los promedios de reducción que tuvo durante las cuatro semanas de evaluación. Se usó el diseño completamente al azar (DCA) con 3 tratamientos de turnos mañana, tarde y noche que constan de 3 repeticiones”, los resultados que obtuvieron fue la siguiente “al inicio en el turno de la mañana 46,8 ppm y al final 28,1 ppm resultando con una reducción de 18,7 ppm, Al inicio en el turno de la tarde 82,3 ppm y al final 41,4 ppm resultando con una reducción de 39,9 ppm y Al inicio en el turno de la noche 99,1 ppm y al final 75,1 ppm resultando con una reducción de 24 ppm”, después de hacer los análisis y discusión de resultados se llegó a la conclusión que “la planta cinta (*Chlorophytum comosum*) redujo el formaldehído en el horario de la tarde” (13).

La tesis titulada “Daños a la salud producidos por exposición ocupacional al formaldehído en personal que labora en centros hospitalarios”, realizada en la Universidad Privada Norbert Wiener, tuvo como objetivo principal “Sistematizar las evidencias sobre daños a la salud producidos por exposición ocupacional al formaldehído en personal que labora en centros hospitalarios”. Además, utilizó la siguiente metodología “primeramente se hizo una revisión sistemática de 10 artículos para ello se utilizó la base de datos: Revista Cochrane, Lilacs, Pubmed, Epistemonikos, Intramed, Scielo. Dentro de las 10 evidencias según el tipo de investigación, pertenece el 10 % a Revisión Sistemática y Metaanálisis, el 10 % Metaanálisis, el 10 % Revisión Sistemática, 30 % casos y controles, 10 % Cuasiexperimental, y 30 % de diseño Transversal. El 20 % de las evidencias encontradas proceden de Estados Unidos, y 10 % de la India, España, Irán, Portugal, entre otros”. Esta investigación obtuvo como resultados “que el 60 % de los estudios evidencian que la exposición ocupacional al formaldehído en personal de salud produce daños a las vías respiratorias altas, irritación ocular, efectos tóxicos al sistema nervioso; y aparición de cáncer; el otro 40 % de los estudios revisados demuestran que no hay evidencia científica suficiente que demuestre la asociación positiva significativa entre la exposición al formaldehído”. Asimismo, el estudio concluye que “en la mayor proporción de los estudios la exposición ocupacional al formaldehído en personal de salud que trabaja en centrales de esterilización produce daños a las vías respiratorias altas, irritación ocular, efectos tóxicos al sistema nervioso, y aparición del cáncer” (14).

## **2.2. Bases teóricas**

### *2.2.1. Teorías físicas*

#### *2.2.1.1. Calidad del aire interior*

El término se aplica en ambientes no industriales tales como: oficinas en edificios, instituciones educativas, lugares de ocio, restaurantes y viviendas. Habitar en ambientes interiores contaminados traen consigo un gran rango de síntomas o enfermedades respiratoria. Por ello, ha cobrado relevancia el

cuidado de estos ambientes ya que se cuida la salud de las personas que viven o trabajan dentro de los ambientes interiores (15).

El aire interior puede estar compuesta por multitudes de sustancias en bajas concentraciones. Existen diversos estudios en la que realizaron mediciones de contaminantes que se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles para ambientes industriales, pero los habitantes no perciben el aire que respiran y la mezcla de muchos contaminantes en concentraciones mínimas combinadas con la humedad y la temperatura empeora la percepción. Por ello, el olor es un indicador de suma importancia para valorar la calidad del aire interior (16).

#### 2.2.1.2. *Contaminación del aire interior*

Contaminación química: Está dada por productos de combustiones por no contar con buena ventilación y dentro de ellas se encuentra los aparatos de calefacción, cocinas, estufas, refrigeradores y gas que liberan diferentes contaminantes: CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, y material particulado, también se encuentran los materiales de construcción, y por los productos que utilizan los humanos para realizar distintas actividades (16).

Contaminación física: La fuga de gas tóxico a través del subsuelo de una casa o el servicio de agua puede producir contaminación de la calidad del aire y la fuente principal es la emisión del gas radioactivo Radón. Este es un gas incoloro, inodoro e insípido que pesa siete veces más que el aire y se libera por la descomposición del Uranio en las rocas y el subsuelo; se difunde en el aire concentrándose en espacios cerrados y mal ventilados; también tiene una amplia distribución y su inhalación continua en mínimas concentraciones aumenta el riesgo del cáncer al pulmón, las concentraciones dependen de las características geológicas del suelo, de los materiales de construcción y de la ventilación (16).

Contaminación biológica: Generalmente se encuentran las endotoxinas bacterianas, hongos y ácaros de polvo, los niveles

varían o se modifican según las condiciones climáticas y el barrido. La acumulación de materia orgánica es el nutriente de hongos y bacterias. Por ello, las maderas, papeles, pinturas y alfombras pueden hospedar microorganismos. Los edificios con mala ventilación pueden promover el crecimiento de microorganismos, si no hay una correcta limpieza y desinfección del sistema de ventilación; los habitantes se exponen a contaminantes biológicos, por lo mismo, aumentara la propagación de enfermedades infecciosas (16).

Tabla 2. *Clasificación de contaminantes del aire interior.*

<b>Inorgánicos</b>	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas, fibras minerales, ozono y óxidos de azufre.
<b>Orgánicos</b>	Compuestos orgánicos volátiles (COVs)
<b>Contaminantes de origen biológico</b>	Virus, hongos, bacterias, ácaros, pelo y caspa de mascotas.
<b>Mezclas</b>	Humo ambiental de tabaco, plaguicidas, ambientadores, desinfectantes y otros productos de uso doméstico.
<b>Alérgenos</b>	Hongos, mohos, ácaros del polvo, caspa y pelo de mascotas, cucarachas y plantas.

Fuente: (15)

### 2.2.1.3. *Síndrome del edificio enfermo*

Se le llama a una serie de diferentes síntomas manifestados principalmente por los ocupantes en ambientes cerrados, estos síntomas no suelen ser acompañados de ninguna perturbación funcional y son diagnosticados por exclusión. Para hablar del Síndrome de Edificio Enfermo, los síntomas deben afectar a más del 20 % de los ocupantes del edificio o ambiente cerrado. Los síntomas más usuales son enrojecimiento, lagrimeo, rinorrea, estornudos, hemorragia nasal, sequedad de garganta, dolor de garganta, sensación de ahogo, tos seca, enrojecimiento de la piel,

sequedad cutánea, dolor de cabeza, somnolencia, dificultad para concentrarse, irritabilidad, náuseas y mareos (17).

Las características de los edificios enfermos son una inadecuada ventilación, materiales de construcción de mala calidad, el uso de material textil para cubrir los ambientes interiores, no utilizar ventanas por preferir edificios térmicos, y un factor de riesgo es la presencia del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), aldehídos, óxidos de nitrógeno y vapores orgánicos.

## 2.2.2. Teorías químicas

### 2.2.2.1. *Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)*

Los compuestos orgánicos volátiles están presentes en la atmósfera como resultado de las actividades humanas, procedentes principalmente de los escapes de los vehículos de motor, la evaporación de la gasolina de los automóviles, el uso de disolventes, los procesos industriales, el refinado del petróleo, el almacenamiento y la distribución de la gasolina, los residuos depositados en vertederos, la fabricación de alimentos y la agricultura (18).

Los procesos biogénicos naturales también dan lugar a concentraciones sustanciales de compuestos orgánicos e incluyen las emisiones de plantas, árboles, animales salvajes, incendios forestales naturales y los procesos anaeróbicos en las ciénagas y los pantanos (18).

Asimismo, los compuestos orgánicos volátiles se encuentran en ambientes interiores debido a los materiales utilizados en la construcción, los muebles, la decoración del edificio, productos que se utilizan para mantener un edificio, productos de limpieza, humo de tabaco y en oficinas debido al uso de impresoras, fotocopiadoras, ordenadores y monitores. En la siguiente tabla, se muestran las fuentes de emisión de los Compuestos orgánicos volátiles.

Tabla 3. *Fuentes de emisión de COV en los ambientes interiores de un edificio.*

<b>Aire exterior</b>	<b>Materiales de construcción</b>	<b>Productos de consumo</b>	<b>Actividades</b>
Industrias	Maderas	Pinturas, barnices y ceras	Humo de tabaco
Trafico	Espumas	Plásticos	Climatización
Garajes adyacentes	Recubrimientos de paredes	Disolventes	Cocinar
Plantas de producción de energía	Recubrimientos de techos	Alfombras y moquetas	Limpiar
Refinerías	Recubrimientos de suelos	Fibras textiles	Manualidades
Incineradoras	Productos de sellado	Pesticidas	Actividades profesionales
Plantas de tratamiento de residuos	Papeles de pared y colas de empapelado	Repelentes de insectos	
	Masillas	Productos de limpieza	
		Cosméticos	
		Ambientadores	
		Antipolillas	
		Muebles	

Fuente: (19)

#### 2.2.2.2. *El Formaldehído*

##### 2.2.2.2.1. *Historia*

El formaldehído fue descrito por primera vez por el científico Ruso Alexander Michailowitsch Butlerow, en 1855, la técnica de deshidratación del metanol fue lograda por el químico August Wilhelm Von Hofmann en 1867. Tan pronto se descubrió la versatilidad que lo hace adecuado para su uso en diversas aplicaciones industriales, el compuesto fue indexado por Chemical Abstracts Service (CAS). En 1994, Walker publico la primera edición de su obra clásica "Formaldehído" (20).

Entre 1900 y 1930, las resinas sobre la base de formaldehído se convirtieron en adhesivos importantes para madera y compuestos de madera. El primer tablero de partículas comercial se produjo durante la segunda guerra mundial en Bremen, Alemania. Desde 1950, los tableros de partícula se han convertido en una alternativa atractiva a la madera maciza para la fabricación de muebles. Los efectos adversos para la salud de la exposición al formaldehído en casas prefabricadas, principalmente la irritación de los ojos y las vías respiratorias superiores, se informaron por primera vez a mediados de la década de 1960. Las emisiones del formaldehído de los tableros de partículas adheridos con resina de urea- Formaldehído, pronto se identificaron como la causa de las quejas. Como consecuencia, un valor de referencia de 0,1 ppm fue propuesto en 1977 por la antigua Agencia Federal de Salud de Alemania para limitar la exposición humana en las viviendas. Los criterios para la limitación y regulación de las emisiones de formaldehído de materiales a base de madera se establecieron en 1981 en Alemania y Dinamarca, en Estados Unidos las primeras regulaciones fueron en 1985. En Alemania y Estados Unidos, se utilizaron cámaras de prueba a gran escala para la evaluación de emisiones. El método es muy fiable requiere mucho tiempo y es costoso; esto significaba que había una gran demanda de métodos de prueba de laboratorio sencillos (21).

#### *2.2.2.2.2. Propiedades físicas y químicas del formaldehído*

Ciclo del formaldehído se produce a gran escala por la oxidación de metano o metanol en presencia de un catalizador. A temperatura ambiente, es un gas incoloro, inflamable y altamente reactivo. El compuesto es soluble

en agua, etanol, éter dietílico y acetona. En solución acuosa, se forman metilenglicol  $[\text{CH}_2(\text{OH})_2]$  y polimetilenglicoles  $[\text{H}(\text{CH}_2\text{O})_n\text{OH}]$ . El formaldehído se compra comúnmente como una solución al 37 % en agua, conocido como formalina, con metanol al 10 % como estabilizador. La producción anual del formaldehído al 37 % es de aproximadamente 20 millones de toneladas en todo el mundo. Se estima una producción mundial de 32 millones de toneladas de formaldehído en 2006, siendo China los mayores productores (34 %) Estados Unidos (14 %) y Alemania (8 %). Más del 65 % del formaldehído se utiliza para sintetizar resinas. El nombre paraformaldehído describe una estructura polimérica con 8-100 unidades de formaldehído por molécula. El trímero cíclico del formaldehído  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  se llama 1,3,5-trioxano (21).

Tabla 4. *Propiedades físicas y químicas del formaldehído.*

Fórmula estructural	
Sinónimos	Metanal y Oxido de metilo.
Formula molecular	$\text{HCHO}, \text{CH}_2\text{O}$
Peso molecular	$30,03 \text{ g mol}^{-1}$
Punto de fusión	$-92^\circ\text{C}$
Punto de ebullición	$-21^\circ\text{C}$
Solubilidad	Soluble en agua, etanol, éter, acetona.
Constante de la ley de Henry	$2,5 \times 10^3 \text{ M atm}^{-1} (25^\circ)$
Color	Incoloro

Fuente: (21)

#### 2.2.2.2.3. Toxicología

La alta solubilidad del formaldehído en agua provoca una rápida absorción en el tracto respiratorio, gastrointestinal y mediante la piel. Aquí, la mayoría de los tejidos del organismo degradan el formaldehído transformándolo en formiato y exhalarse como dióxido de carbono o incorporarse en matrices biológicas, sobre la exposición dérmica existen pocos datos (22).

CONCENTRACIONES (ppm o mg/L)	EFFECTOS ADVERSOS
0.05 - 1.0	Umbral de olor irritante
0.05 - 2.0	Irritación de los ojos y efectos neurofisiológicos
0.10 - 2.5	Irritación de la nariz y la garganta
5.11 - 20.0	Máxima lacrimación, disnea, tos, en ojos, nariz y faringe
más de 20.0	Edema pulmonar, neumonía

Figura 1. Concentración del formaldehído y efectos en la salud. Fuente: (1)

#### 2.2.2.2.4. Aplicación del formaldehído

El formaldehído es una materia prima química para numerosos procesos industriales. También se utiliza como conservante, desinfectante y biocida. Con respecto del ambiente interior, su uso como componente de adhesivos termoendurecibles es de particular importancia. Los adhesivos de urea-formaldehído (UF) (los llamados aminoplastos) siguen siendo los productos más utilizados en la fabricación de materiales y muebles a base de madera debido a su rápido curado, su compatibilidad con aditivos y su bajo precio. Los adhesivos de melamina-urea-formaldehído (MUF) son similares a los adhesivos UF; se producen mezclando porciones de UF y MUF o por condensación de todos los monómeros. Los adhesivos de Fenol-Formaldehído (PF) los llamados fenoplastos se fabrican mediante sustitución electrofílica por metinol fenol. A continuación, se detallan aplicaciones comunes:

- Productos sobre la base de madera (tableros de partículas, tableros de fibra y maderas contrachapada).
- Productos de corcho (Materiales para el suelo).
- Materiales de aislamiento.
- Productos de papel.
- Materiales de revestimiento, pinturas y lacas que contienen formaldehído como conservante.
- Textiles.
- Productos de limpieza y cuidado.
- Desinfectantes y conservantes.
- Productos químicos de fotoprocésamiento.
- Cosméticos.

#### *2.2.2.2.5. Fuentes de emisi3n de formaldehído en ambientes interiores*

La exposici3n al formaldehído es mayor en ambientes interiores que en exteriores. Esto se debe principalmente a las fuentes m1s fuertes y las bajas tasas de intercambio de aire en el ambiente interior, surge una situaci3n especial para los lugares de trabajo. En la siguiente tabla, se muestra un listado de las fuentes de emisi3n de formaldehído en ambientes interiores.

Tabla 5. Fuentes de emisión de formaldehído.

<b>FUENTES</b>	<b>COMENTARIOS</b>
<b>Productos de madera</b>	
Madera maciza	Roble, abeto, haya y pino.
Tablero de partículas	Efecto de prensado en caliente, efecto de envejecimiento y efecto de la humedad y temperatura.
Compuestos a base de madera	Laminados.
Paneles a base de madera	Efecto de carga y ventilación.
Tableros de partículas, madera contrachapada	Alfombras
<b>Lana mineral</b>	
Lana mineral	Comparación interlaboratorio
<b>Materiales para pisos</b>	
Alfombra	Interacción del ozono
Laminado	Efecto de la temperatura
Productos de corcho	Corcho natural y baldosas de corcho
Materiales de acabado de construcción	Efecto de la temperatura
<b>Materiales de revestimiento</b>	
Pintura látex	Presencia de ozono
Pintura base de agua	Emisión de biocidas
Pintura natural	Presencia de ozono
Pintura fotocatalítica	Efecto de la irradiación
<b>Combustión</b>	
Quemado de madera	Casas con calefacción con leña
Cocina	Actividades de cocina residencial en una casa
Quema de incienso	Medido en templos
Consumo de cigarrillos Bobinas de mosquitos y velas	Fumar
<b>Diversos</b>	
Computadoras personales	
Impresoras láser, fotocopiadoras	
Diversos materiales de construcción	Placas de yeso, papel tapiz, alfombra, PVC, linóleo, pintura, madera contrachapada, materiales de barrera y presencia de ozono.
Muebles y equipamiento para el hogar	Parquet, sofá, mesa, silla, alfombra, estantería de libros.

Tejidos de planchado permanente	Efecto del envejecimiento, temperatura, humedad.
Revestimiento de paredes	Papel, acrílico, PVC.
<b>Productos de limpieza, ambientadores</b>	
Ambientador de coche	Presencia de ozono.
Productos químicos	Liberadores de formaldehído
Productos domésticos	Presencia de ozono
Materiales poliméricos diversos	Revestimiento de paredes, respaldo de espuma de goma.
Mezclas de COV	Presencia de ozono
Limpiadores de aire portátiles	Con y sin ambientadores
Metabolitos humanos	La respiración
Otros	Periódicos, libros, revistas, preservativos, tejidos para prendas de vestir.

Fuente: (21)

#### 2.2.2.2.6. El Formaldehído en ambientes interiores

	Mean	Median	Max	Min	SD	Environment	Source	Location	Samples
Formaldehyde	24.5				2.0	Bedroom	Clarisse et al. (2003)	Paris	61
- -	24.3				1.9	Living room	- -	- -	- -
- -	21.7				1.9	Kitchen	- -	- -	- -
- -			171.0			Indoor	Brown VM et al. (2002)	UK	833
- -	41.4				22.3	Indoor	EXPOLIS (2002)	Helsinki	15
- -	26.0				14.0	Bedroom	Gustafsson et al.	Sweden	24
- -	35.0				22.0	Bedroom	Gustafsson et al.	Sweden	40
- -	36.0					Indoor	Ullrich et al. (2002)	Germany	58
- -	31.3	25.0	115.0	8.8		Homes	Hutter et al. (2002)	Austria	160
- -						Dwellings	Sakai et al. (2004)	Sweden	27
- -			76.0	7.0		Homes	COMEAP (1997)	UK	174
- -			210.0	8.0		Schools	Cavallo et al. (1993)	Italy	- -
- -			71.0	1.5		Offices	Cavallo et al. (1993)	Italy	- -
- -			100.0	10.0		Homes, Schools	COMEAP (1997)	Europe	- -
- -	13.18	12.90	23.00	6.90	4.28	Kitchen	Fuselli, S. et al (ECPole'06.)	Rome, Italy	40
- -	12.31	10.55	32.90	4.80	6.26	Living room	- -	- -	40
- -	30.4	26.7	93	6	14.8	Living room	C. Marchand et al. (2008)	Strasbourg, FR	143
- -	33.5	30.9	87	6	16	Bedroom	- -	- -	- -
- -	32.3	29.2	83	7	14.6	Evaluation per dwelling	- -	- -	162
- -	19					Apartment 0 month old	H. Jarnstrom et al. (2006)	Finland	14
- -	21					Apartment 6 months old	- -	- -	- -
- -	26					Apartment 12 months old	- -	- -	- -
- -	28.2		28.3	28	0.3	Commercial centre hall 1	C. Marchand et al. (2006)	Strasbourg, FR	2
- -	15		16.5	13.2	1.5	Commercial centre hall 2	- -	- -	4
- -	21.9		24.3	18.7	2.6	Commercial centre hall 3	- -	- -	4
- -	7		9.3	5.3	1.7	Train station halls	- -	- -	4
- -	13.6		15.9	11.3	2.4	Train station counters	- -	- -	4
- -	10.8		13	8.8	2.1	Airport hall	- -	- -	4
- -	19.2		20.6	17.9	1.2	Underground park normal	- -	- -	4
- -	63.9		73.8	54	14	Underground park car simulation	- -	- -	2
- -	13.9		15.7	12.2	2.4	Car indoor parked	- -	- -	2
- -	26.8		30.2	23.3	4.9	Car indoor heavy traffic	- -	- -	2
- -	16.6		21.2	12.1	6.4	Car indoor fluid traffic	- -	- -	2
- -	55.9		62.1	48.3	4.9	Library 1	- -	- -	7
- -	33.7		36.5	31.3	2.2	Library 2	- -	- -	4
- -	35.7				19.4	Living room	- -	- -	16
- -	46.1				27.3	Bedroom	- -	- -	16
- -	20					Dormitory	R. Meininghaus et al. (2003)	France	1

Figura 2. Concentración del formaldehído en ambientes interiores en la Unión Europea.

Fuente: (23)

Actividad/Empresa	Concentraciones en ppm
Curtidos	0,09 – 4,00
Soldadura Térmica	0,02 – 0,03
Resinas Fenólicas	0,05 - 0,30
Fundiciones	0,09 – 1,25
Fabricación de muebles	0,20 – 0,33
Oficina (decoración)	0,19 – 0,33
Edificios (reformas)	0,60 – 1,20
Hospitales Limpieza/Desinfección	0,01 – 1,62
Hospitales Anatomía Patológica (Laboratorio)	0,08 – 6,90
Hospitales Anatomía Patológica (Archivo Muestras)	0,22 – 0,36
Hospitales Endoscopias	0,01 – 0,08
Hospitales Autopsias (Sala)	0,07 – 8,40
Hospitales Autopsias (Archivo Muestras)	1,10 – 1,60
Practicas disección de cadáveres (Educación)	0,38 – 2,94
Aire urbano	0,02 – 0,04

Figura 3. Resultados de estudios de la concentración del formaldehído en ambientes interiores.

Fuente: (24)

En las figuras 2 y 3, se muestran concentraciones del formaldehído que superan el valor recomendado por la Organización mundial de la salud para ambientes interiores y también superan el límite permisible del formaldehido en el sector productivo. Ambas normativas se encuentran en el marco legal del presente documento. En ellas se sostiene que se requieren estudios del Formaldehído dentro del país para formular políticas que protejan la salud pública.

#### 2.2.2.2.7. El formaldehído en el medio ambiente

La concentración del formaldehido en el medio ambiente es mínima a diferencia del ambiente interior, ya que el formaldehído se desprende de objetos y materiales que se utilizan dentro de un ambiente con el fin de conseguir una comodidad o realizar distintas actividades. Esto sucede por el uso del formaldehido en los procesos productivos. Tener conocimiento de este contaminante es muy importante ya que es cancerígeno y las personas ocupan el 90% de sus tiempos en ambientes interiores (21).

### 2.2.2.2.8. Transformación del formaldehído en una planta

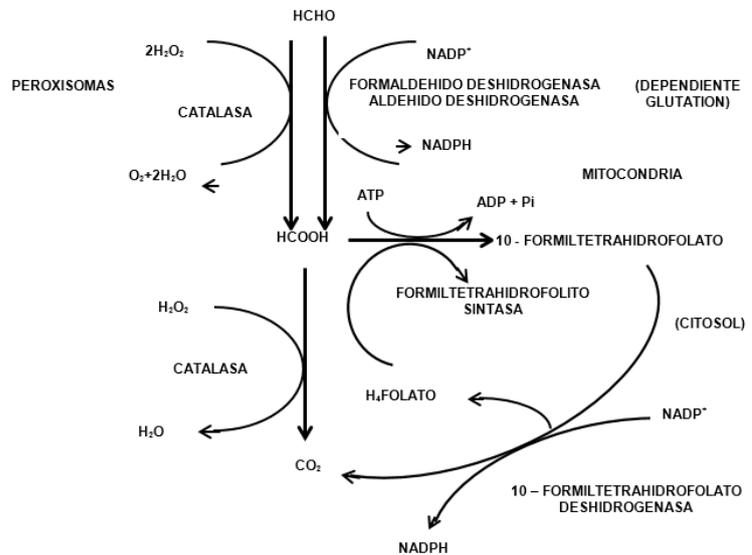


Figura 4. Biotransformación del formaldehído dentro de la planta.  
Fuente: (25)

En la figura 4, se observa que el formaldehído es utilizado por la planta para su desarrollo, estas plantas no acumulan el formaldehído. Por ello, no se requiere una disposición final específica, entonces, en cuanto la planta requiera ser quitado, se puede eliminar como a cualquier residuo orgánico.

### 2.2.3. Teorías biológicas

#### 2.2.3.1. Fitorremediación

Es cuando se utilizan las plantas para degradar, transformar, reducir, remover mineralizar, estabilizar o volatilizar contaminantes que se encuentran en el aire, suelo y agua. Esta tecnología reduce *exsitu* o *insitu* la concentración de los diversos contaminantes mediante procesos bioquímicos desarrollados por las plantas y los microorganismos que se encuentran en ella. Asimismo, tiene ventajas, no requiere el transporte del sustrato contaminado, es eficiente para contaminantes orgánicos e inorgánicos, tiene bajo costo, para su aplicación no requiere personal especializado y puede

ser aplicado en agua, aire y suelo; por otro lado sus desventajas son la lentitud cuando las especies a utilizar son árboles o arbustos, la aplicación dentro de la zona de influencia de la rizósfera de la planta, es aplicable en ambientes con bajas concentraciones de contaminación, cuando los contaminantes se acumulen en las maderas pueden volver al medio por combustión, requieren de áreas relativamente grandes y pueden aumentar la solubilidad de algunos contaminantes (26).

#### *2.2.3.1.1. Fitorremediación en ambientes interiores*

Las plantas afectan los niveles del compuesto orgánico volátil (COV) en ambientes interiores, por lo que representan una posible solución ecológica para mejorar la calidad del aire interior que al mismo tiempo puede mejorar la salud humana. Diversos estudios en laboratorio indican que la eliminación del COV por las plantas es una combinación de mecanismos directos (por ejemplo la absorción) e indirectos (biotransformación por microorganismos); también, demuestran que la tasa de reducción de COV de las plantas está influenciada por una serie de factores, como las especies de las plantas, la intensidad de la luz y la concentración de COV (27).

Tabla 6. *Plantas ornamentales que eliminan contaminantes.*

Nombre de las plantas		Tricloro etileno	Formaldehído	Benceno	Xileno	Amoníaco
Florist's Chrysanthemum	Chrysanthemum morifolium	X	X	X	X	X
Peace Lily	Spathiphyllum "Mauna Loa"	X	X	X	X	X
Red – edged dracaena	Dracaena marginata	X	X	X	X	
Varigated snake plant	Sansevieria Trifasciata "Laurentii"	X	X	X	X	
English ivy	Hedera hélix	X	X	X	X	

Fuente:(28)

### 2.2.3.2. *Plantas ornamentales*

Existen numerosas plantas que tienen un doble uso, alimentario, ornamental como el olivo o el naranjo. La importancia de las plantas ornamentales se ha incrementado con el desarrollo económico de la sociedad y el incremento de las áreas ajardinadas en las ciudades, y con el uso de plantas de exterior e interior por los particulares. En la agricultura, las plantas ornamentales normalmente se cultivan en viveros o con una protección ligera bajo plásticos o en un invernadero con calefacción o temperatura controlada. Actualmente hay más de 3000 plantas que se consideran de uso ornamental (29).

Tabla 7. Clasificación de las plantas ornamentales que se adaptan a intensidades de luz.

<b>Bajas</b>	<b>Altas</b>	<b>Muy Altas</b>
<i>Adiantum</i>	<i>Aeschynanthus</i>	<i>Abutilon</i>
<i>Aglaonema</i>	<i>Agave</i>	<i>Aechmea</i>
<i>Aspidistra elatior</i>	<i>Allium schoenoprasum</i>	<i>Ananas</i>
<i>Asplenium nidus</i>	<i>Aloe</i>	<i>Begonia</i>
<i>Calathea</i>	<i>Alternanthera ficoidea</i>	<i>Bougainvillea</i>
<i>Chamaedorea</i>	<i>Amaryllis</i>	<i>Camelia</i>
<i>Chrysalidocarpus</i>	<i>Anthurium</i>	<i>Capsicum species</i>
<i>Crassula argentea</i>	<i>Aphelandra squarrosa</i>	<i>Chrysanthemum morifolium</i>
<i>Cyrtomium falcatum</i>	<i>Azalea</i>	<i>Citrus</i>
<i>Dracaena</i>	<i>Billbergia</i>	<i>Codiaeum variegatum</i>
<i>Epipremnum aureum</i>	<i>Brassaia</i>	<i>Crassulaceas</i>
<i>Fatsia japonica</i>	<i>Bromeliaceas</i>	<i>Dianthus</i>
<i>Homalomena</i>	<i>Cactus y suculentas</i>	<i>Euphorbia mili</i>
<i>Maranta</i>	<i>Caladium</i>	<i>Gardenia</i>
<i>Monstera deliciosa</i>	<i>Cephalocereus senilis</i>	<i>Guzmania</i>
<i>Nephrolepis</i>	<i>Chrysanthemum</i>	<i>Hibiscus rosa - sinensis</i>
<i>Nephtytis</i>	<i>Clivia miniata</i>	<i>Hierbas culinarias</i>
<i>Peperomia</i>	<i>Coffea arabica</i>	<i>Impatiens</i>
<i>Philodendron</i>	<i>Coleus</i>	<i>Jasminum cestrum</i>
<i>Pilea</i>	<i>Columnea</i>	<i>Kalanchoe</i>
<i>Pleomete thaliodes</i>	<i>Cryptanthus</i>	<i>Lantana</i>
<i>Rhapis excelsa</i>	<i>Cycas</i>	<i>Mammillaria</i>
<i>Sansevieria</i>	<i>Cyclamen</i>	<i>Pelargonium</i>
<i>Scindapsus</i>	<i>Davallia</i>	<i>Rosa</i>
<i>Spathiphyllum</i>	<i>Dizygotheca elegantissima</i>	
<i>Syngonium</i>	<i>Echeveria</i>	
	<i>Fatshedera lizei</i>	
	<i>Ficus</i>	
	<i>Fucsia</i>	

Fuente:(29)

#### 2.2.3.2.1. *Características principales de las plantas ornamentales*

La domesticación de plantas a gran escala es un factor histórico de degradación de la biodiversidad, generando una selección artificial de especies, en donde algunos seres vivos son protegidos por el hombre.

- Flores vistosas, como en el caso de las orquídeas.
- Porte llamativo, como en el caso del ciprés.
- Facilidad para hacer setos, como es el caso del boj.
- Hojas o brácteas llamativas, como la Bougainvillea.
- Aceites volátiles de aroma agradable, como el romero, el jazmín o la madrelelva.

En general, suelen carecer de espinas u otras estructuras punzantes o urticantes, salvo excepciones como la rosa. Se da una tendencia a emplear flores de gran tamaño, y generalmente se potencia el empleo de especies exóticas.

**Beneficios:** Las flores y las plantas ornamentales no solo tienen una función decorativa porque además de embellecer el entorno favorecen nuestra salud, estado de ánimo y calidad de vida, gracias a sus propiedades físicas y químicas.

**Fotosíntesis:** Proceso vital mediante el cual el dióxido de carbono se absorbe, se transforma en oxígeno y es expulsado de exterior, con lo cual permite la renovación de la calidad del aire.

**Humedad del Aire:** Las plantas aumentan la humedad en el aire y contribuyen a hidratar nuestras mucosas, garganta y piel e impiden la tos o irritación que provocan los ambientes secos.

**Polución:** Absorben gases nocivo y partículas como el formaldehído (humo del tabaco), el benceno (también

existente en los cigarrillos) o el tricloroetileno (pegamento de aerosol).

**Reducen la fatiga:** Remueven el humo, microorganismos patógenos, volátiles y captan el polvo, reduciendo su presencia en el aire hasta un 20 %.

**Aminoran el ruido:** Se puede decir que “ahogan los sonidos”, sobre todo en lugares y con suelos duros.

**Mejoran el ánimo:** Tener plantas en casa tiene efectos psicológicos y anímicos positivos.

**Reducen el estrés:** Incrementan el nivel de concentración y comprensión y mitigan sentimientos negativos.

**Aumentan la productividad:** Se ha demostrado que trabajar con plantas disminuye el ausentismo laboral e incrementa la eficacia y productividad del empleado.

#### *2.2.3.2.2. Beneficios psicológicos de las plantas en ambientes interiores*

Durante siglos las personas han llevado plantas a entornos residenciales y de interior sin saber los beneficios que tenía este. Por ello, a continuación, mostraremos algunas investigaciones sobre los beneficios.

Existen diversas investigaciones que la introducción de plantas en ambientes interiores beneficia a la salud. Un estudio llevó a cabo una serie de experimentos para investigar los efectos de características como el olor, color y tamaño de las plantas sobre la comodidad humana, lo cual fue evaluado mediante una encuesta de satisfacción y mediciones fisiológicas. Se utilizaron plantas de diferentes niveles de color, olor, y tamaño; utilizaron una encuesta del grado de satisfacción, mediciones del electroencefalograma (EEG), electrocardiograma (ECG), saturación de oxihemoglobina, flujo sanguíneo de la yema del dedo, resistencia de la piel y frecuencia respiratoria para ilustrar la respuesta de los participantes en ambientes

con plantas o sin plantas. Los resultados demostraron que se prefería una oficina o un ambiente interior con plantas, los ambientes con plantas verdes, ligeramente perfumadas y pequeñas resultaron ser las condiciones más favoritas. El EGG y la saturación de la oxihemoglobina mostraron cambios significativos cuando las condiciones de las plantas variaron. Estos resultados proporcionaron estrategias de diseño para incorporar las plantas en los espacios interiores de oficinas y también proporcionaron variables fisiológicas para evaluar el confort humano en el exterior (30).

Estudios se enfocaron en los beneficios obtenidos a través de interacciones pasivas con plantas de interior más que en los efectos de interacciones guiadas con plantas en la terapia hortícola o el efecto indirecto de las plantas de interior como purificadores de aire o humidificadores. Los experimentos abordaron una variedad de resultados, incluidos estados emocionales, percepción del dolor, creatividad, desempeño de tareas e índices de excitación autónoma. Algunos hallazgos se repiten, como un mejor manejo de dolor con presencia de plantas, pero en general los resultados parecen ser bastante variados. Las fuentes de heterogeneidad incluyen la diversidad en manipulaciones experimentales, escenarios, muestras, duraciones de exposición y medidas (31).

Tabla 8. *Beneficios de las plantas.*

<b>Categoría de efecto</b>	<b>Naturaleza del efecto</b>	<b>Beneficios</b>
Psicológico	Impacto positivo en condición mental y comportamiento.	<p><b>Bienestar mental mejorado</b></p> <p>Aumento del estado del ánimo positivo.</p> <p>Aumento del comportamiento prosocial.</p> <p>Disminución de la ansiedad y la tensión.</p> <p>Mejora de la imagen corporal.</p>
Fisiológico	Impacto positivo en salud física y función	<p><b>Salud general mejorada</b></p> <p>Enfermedad reducida.</p> <p>Reducción del estrés/enfermedades menos relacionadas con el estrés.</p> <p>Disminución de las bajas por enfermedad.</p> <p>Mortalidad reducida.</p>
Rendimiento	Impacto positivo en el rendimiento	<p>Reducción de los síntomas de ADD/ADHD.</p> <p>Reducción de la fatiga mental.</p> <p>Mejoras en productividad y /o actitud.</p>

Fuente: (32)

#### 2.2.3.2.3. *Sansevieria trifasciata*



Figura 5. Planta *Sansevieria trifasciata*.  
Fuente: (33)

**Plantación:** No es una planta muy exigente con el sustrato.

**Riego y Humedad:** No es amante del agua en exceso. En verano requiere un riego moderado y en invierno solo se debe evitar que las hojas se sequen. De primavera a otoño, deje que se seque la tierra antes de regar. Resiste bien los ambientes secos.

**Luz:** Debe estar en una iluminación. Aunque tolera lugares con poca iluminación, en semisombra, crece mejor con una buena iluminación y alejada de las fuentes de calor directo.

**Temperatura:** Soporta bien temperaturas superiores a los 20 °C. Temperatura invernal de 10 a 16 °C. No exponer a temperaturas inferiores a 7 °C.

**Trasplante:** En primavera, cada dos años, no utilizar grandes macetas, crecen mejor en recipientes pequeños.

**Abono:** Abonar con un fertilizante sin nitrógeno en verano cada 20 días.

**Suelo:** Mantillo y arena más bien gruesa, ligeramente alcalino.

## Plagas y enfermedades

Aunque la planta es muy resistente a las enfermedades, ocasionalmente, puede ser atacada por:

- Cochinilla algodonosa (*Pseudococcus citri*): Es la plaga más frecuente que suele atacar a la base de las hojas, donde se aloja, dificultando así su eliminación.
- Pulgones (*Myzus persicae*): Es una plaga fastidiosa en el cultivo de la *Sansevieria trifasciata*. Los pulgones pican las hojas y flores para succionar los azúcares que se transportan por el floema. Solo cuando llegan los días cortos del invierno los pulgones producen huevos. La plaga se reaviva en la primavera y baja con los fuertes calores del verano.

### 2.2.3.2.4. *Spathiphyllum*

Esta planta es ideal para dormitorios ya que disminuye la concentración de algunos contaminantes tales como el formaldehído, benceno y tricloroetileno y también se encuentran dentro de las plantas mejor calificadas para ambientes interiores (34).



Figura 6. Planta *Spathiphyllum*.  
Fuente: (33)

**Luz:** Requiere altas intensidades de luz, pero también se puede adaptar a ambientes interiores con poca luz. No les conviene el sol directo porque se queman sus hojas.

**Temperatura:** La temperatura recomendada se encuentra entre 25 °C y 30 °C.

**Riego y Humedad:** Al tener exceso de humedad, se pueden tener problemas de enfermedades graves, los riegos deben realizarse para que no se sequen los sustratos y dependiendo del clima en el que esté ubicado.

#### 2.2.4. Marco legal

Según la Constitución Política del Perú, en el artículo 2, inciso 22: Establece que es primordial del estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida (35) . En el Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM establecen parámetros con el objeto de proteger la salud de las personas, la calidad del aire y el bienestar de los ecosistemas. Perú no cuenta con normativas que regulen la calidad del aire interior(36).En la tabla 9, se muestran los parámetros de calidad de aire.

Tabla 9. *Estándares de calidad para aire.*

Parámetros	Periodo	Valor (ug/m³)	Criterios de Evaluación	Método de Análisis
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Medida aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Medida aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Medida aritmética anual	

micras (PM <sub>2,5</sub> )				
Material Particulado con diámetro menor 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Medida aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg)	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) ○ Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor de frío (CVAFS) ○ Espectrometría de absorción atómica Zeeman
				(Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Medida aritmética móvil	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrogeno (H <sub>4</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente:(36)

- La normativa peruana que regula la calidad del aire está enfocada en ambientes exteriores. Por ello, se buscó datos de la guía de calidad de aire para los Compuestos Orgánicos Volátiles en ambiente interiores.

Tabla 10. Valores recomendados de contaminantes en ambientes interiores.

Compuesto Orgánico Volátil	Normativa	Tiempo de exposición	de Valor guía
-------------------------------	-----------	-------------------------	---------------

Formaldehído	OMS	30 minutos	0,1ppm
Tetracloroetileno	OMS	1 año	0,25ppm
Tolueno	OSHA	-	20ppm
Cloruro de metilo	OSHA	-	50PPm
Benceno	OSHA	-	1ppm
Acetona	OSHA	-	75ppm
Estireno	OSHA	-	5ppm

Fuente:(15)

- Perú cuenta con el Decreto Supremo N.º 015-2005-SA que establece Límites Permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo, en donde el Limite Permissible del Formaldehído es 0,3 ppm para los sectores productivos; las exposiciones no deben superar los quince minutos, ni repetirse mayor a cuatro veces en un día, mencionan que el tiempo entre exposiciones debe ser de 60 minutos (37). Es la única normativa con la que cuenta el Perú con respecto del formaldehído.

### 2.2.5. Metodología



Figura 7. Proceso de la investigación.  
Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Planta Ornamental**

Plantas ornamentales se le llama a aquella que se cultiva y se comercializa con la finalidad principal de mostrar su belleza; estas plantas también pueden decorar valiéndose de sus hojas, tallos o cualquier parte de su anatomía más allá de las flores (29).

- ***Spathiphyllum***

Esta planta también es conocido como lirio de la paz o cuna de moisés, una planta nativa de las selvas tropicales de América central y del sur que se desarrolla en sombras, así como en oficinas. Es una planta que requiere tener una luz encendida la mayor parte del tiempo y es tropical por lo que necesita mantener el calor (por lo mismo requiere tener luz todo el día para almacenar ese calor), necesita tierra húmeda y recomiendan no masticar, ya que, la planta es venenosa debido al contenido de oxalatos (34).

- ***Sansevieria trifasciata***

Conocida también como Espada de San Jorge, lengua de suegra u oreja de burro y se trata de una planta crasa de la familia de las liliáceas. Es una de las plantas ornamentales que apenas requiere cuidados y que encaja bien en oficinas, decoración moderna, y en cualquier punto de adorno. Pertenece a un género con unas 700 especies procedentes de África ecuatorial y austral (29).

- **Compuesto orgánico Volátil**

Son un grupo contaminantes del aire, normalmente se encuentran en la atmosfera a nivel del suelo en todos los centros urbanos e industriales. El término COV se refiere a compuestos orgánicos que se encuentran como gases en la atmosfera, pero como sólidos y líquidos a presión y temperatura ambientales (18).

- **Formaldehido**

Es un gas incoloro que a menudo irrita la nariz en los ambientes interiores. Las altas concentraciones pueden irritar las vías respiratorias y las membranas mucosas de los ojos y la nariz. Este gas proviene de sustancias naturales como la madera o las frutas y se utiliza como sustancia química básica en muchos productos (33).

- **Contaminante**

Sustancia química, biológica o radiológica, en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que, al encontrarse sobre sus concentraciones normales en el aire, agua, suelo o cualquier elemento natural altera y cambia su condición natural y composición (38).

- **Emisión**

Descarga directa o indirecta de energía, o de sustancias o materiales en cualquiera de sus estados físicos (38).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

##### *3.1.1. Método de la investigación*

###### **A) Método general o teórico de la investigación**

El método general de investigación es Hipotético-Deductivo porque es el camino lógico para buscar la solución a los problemas planteados. Consiste en emitir hipótesis acerca de las posibles soluciones al problema planteado y en comprobar con los datos disponibles si estos están de acuerdo con ellas (39). La investigación parte desde un modelo observacional de la problemática que genera el formaldehído en la salud, si las plantas ornamentales disminuyen el formaldehido en ambientes interiores para luego generar conclusiones a través de un procedimiento experimental definiendo el valor verdadero o de falsedad de las hipótesis planteadas de acuerdo a los datos que se obtendrán.

###### **B) Método específico de la investigación**

El método específico es experimental, en este método el investigador interviene sobre el objeto de estudio modificando a este directa o indirectamente para crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales (39).

En esta investigación, se manipularán las variables independientes, que son las plantas ornamentales para ver los efectos en la variable dependiente, que es la disminución del COV formaldehido. Se colocarán las plantas ornamentales dentro de una cámara cerrada, con concentración de 4ppm de formaldehido, posteriormente se evaluará la concentración del formaldehido en el transcurso del tiempo y, así, determinar la eficiencia de cada uno.

### 3.1.1.1. Obtención de las plantas

- Compra de la *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum* de la ciudad de Huancayo.
- Se añadió abonos foliares a las plantas.
- Aclimatación de las plantas a temperatura ambiente donde se realizó el experimento durante 15 días.
- Las macetas se dejaron dentro del área de estudio durante dos semanas para acostumbrarse a las nuevas condiciones.

### 3.1.1.2. Preparación del ambiente controlado

La investigación se realizó dentro de un ambiente controlado para la obtención de resultados específicos, para que no exista fuga de este gas y los resultados sean confiables. Además de ello a nivel nacional se carece de estudios con respecto a este contaminante en ambientes interiores. Asimismo, por cuestiones económicas, trabajar en un ambiente interior ya sea un hogar o en un ambiente de trabajo con altas concentraciones de formaldehído requiere equipos de protección personal y la dirección de un especialista para no exponer nuestra salud, ya que son muchas horas de mediciones, además de ello los resultados no serían exactos y más aún cuando existan objetos o materiales que emitan formaldehído en el ambiente a trabajar. Por último, se consideró la situación en la que nos encontramos (COVID-19), pues se restringieron establecimientos donde se podría llevar a cabo esta investigación. Por ello, se construyó una cámara cerrada, cuyos materiales se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. *Materiales para la construcción de la cámara cerrada.*

<b>MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA CERRADA</b>
Tubo electrosoldado cuadrado de 1" x 0,9
Ángulo de 2" x 1/4"
Plancha metálica estriada de 2 mm.
Vidrio transparente medio doble.
Ruedas
Pernos y tuercas
Microporoso

Sikaflex para metal
Silicona para vidrio
Válvulas de control
Mangueras de plástico transparente

Fuente: Elaboración propia

- La disminución del formaldehído se evaluó en una cámara de 150 cm de largo x 85 cm de ancho x 155 cm de alto.
- Se hizo la prueba de hermetismo de la cámara inyectando el gas (formaldehído).
- Se instalaron las plantas dentro de la cámara.
- Se inyectó el gas del COV formaldehído de 4ppm/m<sup>3</sup> utilizando una compresora de aire.

#### 3.1.1.3. *Medición de la concentración del formaldehído*

- Para realizar las mediciones, se utilizó el equipo de medición de formaldehído HAL-HFX205 con sensor electroquímico.
- La medición se realizó cada 30 minutos con 2 repeticiones.

#### 3.1.2. *Alcance de la investigación*

##### A) Tipo de investigación

La investigación es aplicada, es aquella que tiende a la resolución de problemas o al desarrollo de ideas, a corto o medio plazo, dirigidos a conseguir innovaciones, mejoras de procesos o productos, incrementos de calidad y productividad (39).

En este estudio, se busca disminuir la contaminación por formaldehído y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

##### B) Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos, están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué dos o más variables están relacionadas (40).

En esta investigación, el interés es explicar el efecto que causan las plantas sobre el contaminante que es el formaldehído.

## 3.2. Diseño de la investigación

### 3.2.1. Diseño experimental

El tipo de diseño de investigación es experimento puro. En el estudio, se colocará la planta en un ambiente interior con una concentración de 4 ppm de formaldehído, posteriormente se procederá a verificar las concentraciones en el transcurso de un determinado tiempo y finalmente se compararán para identificar la planta más eficiente.

Estos diseños llegan a incluir una o más variables independientes y una o más dependientes. Asimismo, pueden utilizar prepruebas y pospruebas para analizar la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental (40).

Tabla 12. *Diseño experimental puro: Diseño factorial 4 x 3 con 2 réplicas.*

		A		
		A1	A2	A3
B	B1	A1B1	A2B1	A3B1
	B2	A1B2	A2B2	A3B2
	B3	A1B3	A2B3	A3B3
	B4	A1B4	A2B4	A3B4

Fuente: Elaboración propia

#### **A: Plantas ornamentales**

A1: *Sansevieria trifasciata*

A2: *Spathiphyllum*

A3: *Sansevieria trifasciata* – *Spathiphyllum*

#### **B: Dimensiones**

B1: Exposición a la luz (día)

B2: Exposición a la luz (Noche)

B3: Capacidad de absorción (tiempo)

B4: Características de las plantas (número de hojas y tamaño)

## 3.3. Población y muestra

### 3.3.1. Población

Es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza (40), la población de la presente investigación está constituida por todos los ambientes interiores de la ciudad de Huancayo que cuentan con fuentes de emisión de formaldehído y que tengan bajas tasas o ninguna de intercambio del aire interior con el aire exterior.

### 3.3.2. Muestra

En lo que respecta a esta investigación es un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra es un ambiente controlado (cámara cerrada de 150 cm de largo x 85 cm de ancho x 155 cm de alto).

## 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 13. Ficha de recolección de datos.

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN N.º 01 (SANSEVIERIA TRIFASCIATA A1B1)</b>			
<b>RESPONSABLES:</b> Mariela De La Cruz, Madeleynee Pacheco, Tania Ramon			
<b>LUGAR DE MEDICIÓN:</b> Ciudad de Huancayo		<b>FECHA DE MEDICIÓN:</b>	
<b>INDICADOR:</b> Absorción de formaldehído	<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b> ppm	<b>EQUIPO DE MEDICIÓN:</b> HAL-HFX205 (medidor de formaldehído)	
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS)</b>	<b>Repetición 01</b>	<b>Repetición 02</b>
1	0.0		
2	0.5		
3	1.0		
4	1.5		
.			
.			
45	22.0		

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

- Prueba de hermeticidad de la cámara cerrada para realizar el experimento  
Se inyectó el gas formaldehído dentro de la cámara cerrada utilizando una compresora de aire, para verificar que no hubiera fuga del gas mencionado. Esta prueba se llevó a cabo en un total de 6 días contabilizando los días de mejora o arreglos de la cámara. Se evaluó con el equipo HAL-HFX250 y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14. *Evaluación de hermeticidad de la cámara cerrada.*

Días / Horas	8:00 a.m.	2:00 p.m.	8:00 p.m.	2:00 a.m.	Promedio de pérdida de gas
1	4,00 ppm	3,90 ppm	3,80 ppm	3,75 ppm	
	3,70 ppm				0,30 ppm
2	4,00 ppm	3,98 ppm	3,96 ppm	3,95 ppm	
	3,95 ppm				0,05 ppm
3	4,00 ppm	4,00 ppm	4,00 ppm	4,00 ppm	
	4,00 ppm				0,0 ppm

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se logró la hermeticidad de la cámara al 100 %. Ello, asegura que no se tuvo ninguna pérdida del gas formaldehído durante el experimento.

4.1.1. *Resultados para determinar la influencia de la exposición a la luz en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores*

- Determinando la concentración del formaldehído posterior a la exposición a la luz (día-horas)

En la presente investigación, se desarrollaron tres tratamientos (A1B1, A2B1, A3B1), cada uno con dos repeticiones, esto referente a la dimensión capacidad de absorción de formaldehído tomando en cuenta la exposición de la luz (día - horas), estos tratamientos se llevaron a cabo durante el día, la medición empezó a las 7:00 am y terminó a las 5:00 pm de la tarde.

Tabla 15. *Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.*

<b>REGISTRO DE DATOS CON LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA (A1B1)</b>			
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Horas-Día)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (Horas-Día)</b>	<b>A1R1</b>	<b>A1R2</b>
1	0.0	4,00	4,00
2	0.5	3,54	3,55
3	1.0	3,25	3,24
4	1.5	3,00	2,98
5	2.0	2,85	2,87
6	2.5	2,66	2,71
7	3.0	2,60	2,65
8	3.5	2,56	2,58
9	4.0	2,52	2,53
10	4.5	2,49	2,50
11	5.0	2,42	2,47
12	5.5	2,32	2,39
13	6.0	2,26	2,34
14	6.5	2,18	2,26
15	7.0	2,05	2,17
16	7.5	1,96	2,12
17	8.0	1,87	2,01
18	8.5	1,80	1,96
19	9.0	1,76	1,89
20	9.5	1,70	1,82
21	10.0	1,67	1,76

Fuente: Elaboración propia

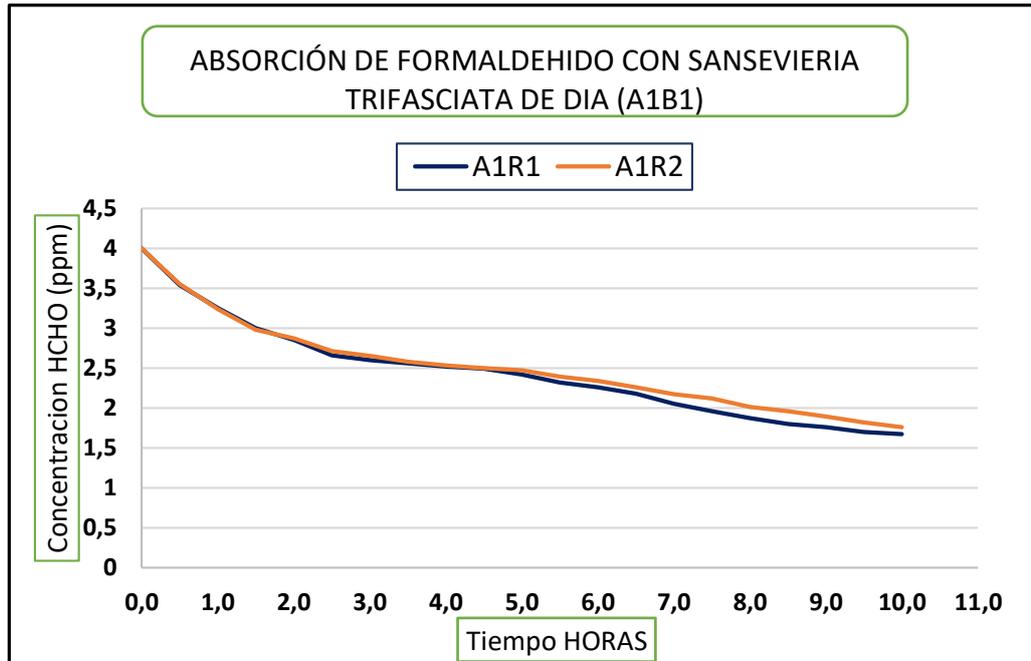


Figura 8. Resultados de la concentración del HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta Sansevieria trifasciata (A1B1) con 2 repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO PROMEDIO DE DATOS CON LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA (A1B1)</b>		
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Horas)</b>		
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (Horas-Día)</b>	<b>Promedio (A1R1+A1R2)</b>
1	0.0	4,00
2	0.5	3,55
3	1.0	3,25
4	1.5	2,99
5	2.0	2,86
6	2.5	2,69
7	3.0	2,63
8	3.5	2,57
9	4.0	2,53
10	4.5	2,50
11	5.0	2,45
12	5.5	2,36
13	6.0	2,30
14	6.5	2,22
15	7.0	2,11
16	7.5	2,04
17	8.0	1,94
18	8.5	1,88
19	9.0	1,83
20	9.5	1,76
21	10.0	1,72

Fuente: Elaboración propia

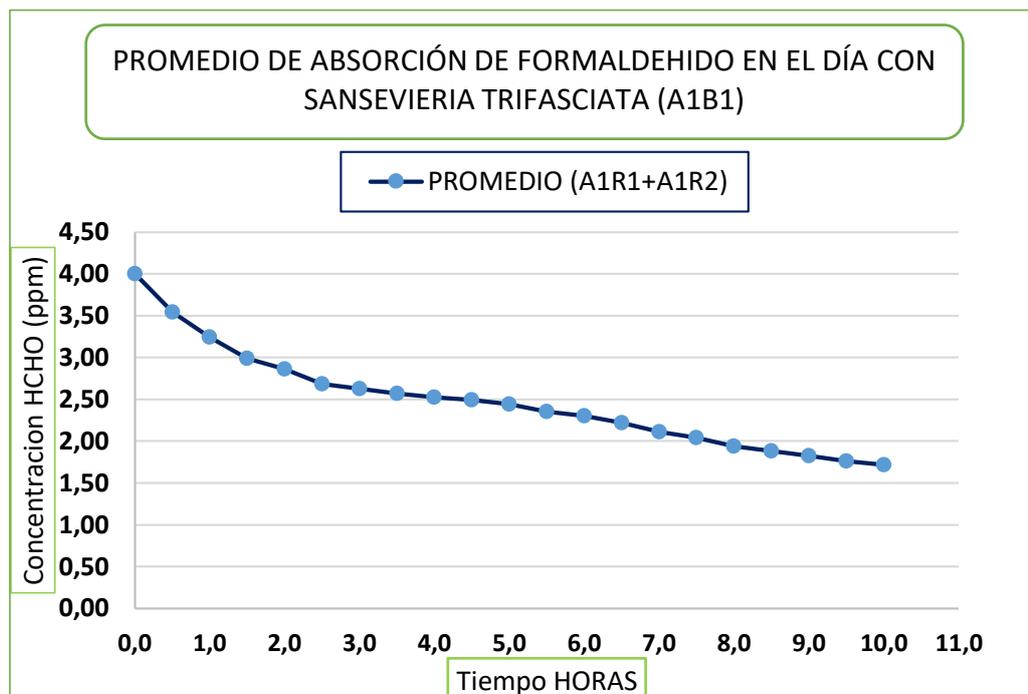


Figura 9. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta *Sansevieria trifasciata* (A1B1). Fuente: Elaboración propia

En el primer tratamiento (A1B1), se usó la planta *Sansevieria trifasciata*, la cual se introdujo en una cámara cerrada que contenía formaldehído (4 ppm), la medición se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla N.º 15, se muestran dos repeticiones del primer tratamiento, en las cuales se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído. Se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor y, por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 8. Asimismo, en la tabla N.º 16 y figura N.º 9, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 1,72 ppm.

Tabla 17. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta *Spathiphyllum* mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS CON LA PLANTA SPATHIPHYLLUM (A2B1)</b>				
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Horas)</b>				
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-DIA)</b>	<b>A2R1</b>	<b>A2R2</b>	
1	0.0	4,00	4,00	
2	0.5	3,04	3,10	
3	1.0	2,33	2,37	
4	1.5	1,92	1,95	
5	2.0	1,56	1,58	
6	2.5	1,32	1,34	
7	3.0	1,15	1,19	
8	3.5	0,97	0,99	
9	4.0	0,87	0,89	
10	4.5	0,79	0,82	
11	5.0	0,72	0,76	
12	5.5	0,67	0,72	
13	6.0	0,59	0,63	
14	6.5	0,55	0,58	
15	7.0	0,46	0,50	
16	7.5	0,45	0,48	
17	8.0	0,42	0,46	
18	8.5	0,40	0,47	
19	9.0	0,36	0,44	
20	9.5	0,33	0,40	
21	10.0	0,30	0,38	

Fuente: Elaboración propia

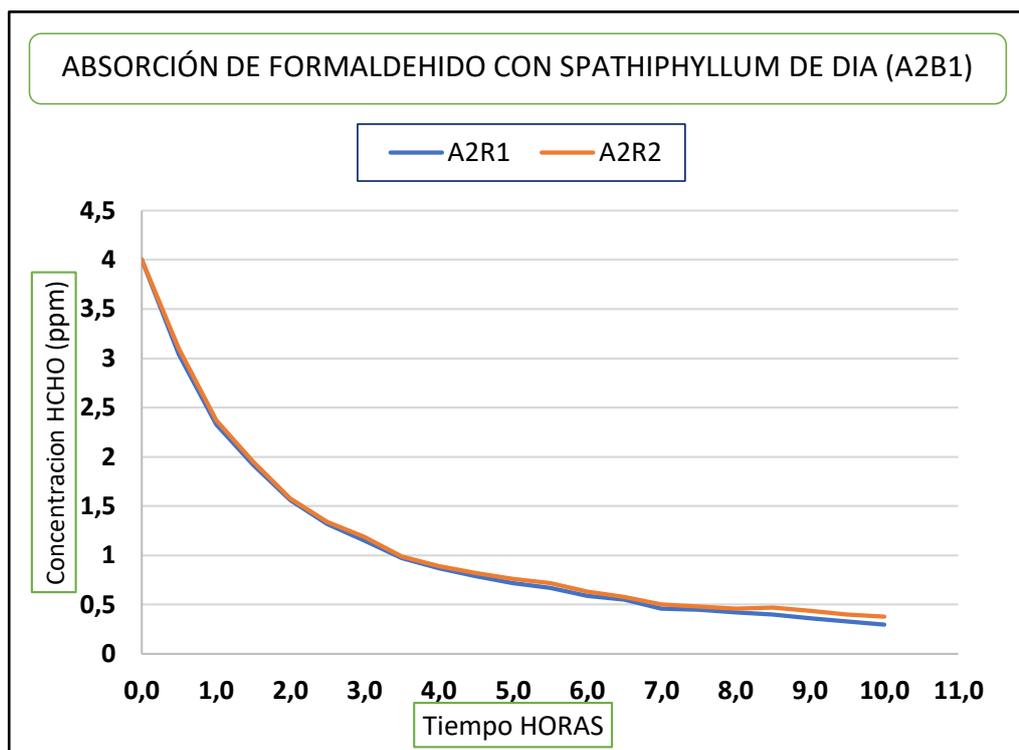


Figura 10. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta Spathiphyllum (A2B1) con dos repeticiones.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta *Spathiphyllum* mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO PROMEDIO DE DATOS CON LA PLANTA SPATHIPHYLLUM (A2B1)</b>		
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Día-Horas)</b>		
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-DIA)</b>	<b>Promedio (A2R1+A2R2)</b>
1	0.0	4,00
2	0.5	3,07
3	1.0	2,35
4	1.5	1,94
5	2.0	1,57
6	2.5	1,33
7	3.0	1,17
8	3.5	0,98
9	4.0	0,88
10	4.5	0,81
11	5.0	0,74
12	5.5	0,70
13	6.0	0,61
14	6.5	0,57
15	7.0	0,48
16	7.5	0,47
17	8.0	0,44
18	8.5	0,44
19	9.0	0,40
20	9.5	0,37
21	10.0	0,34

Fuente: Elaboración propia

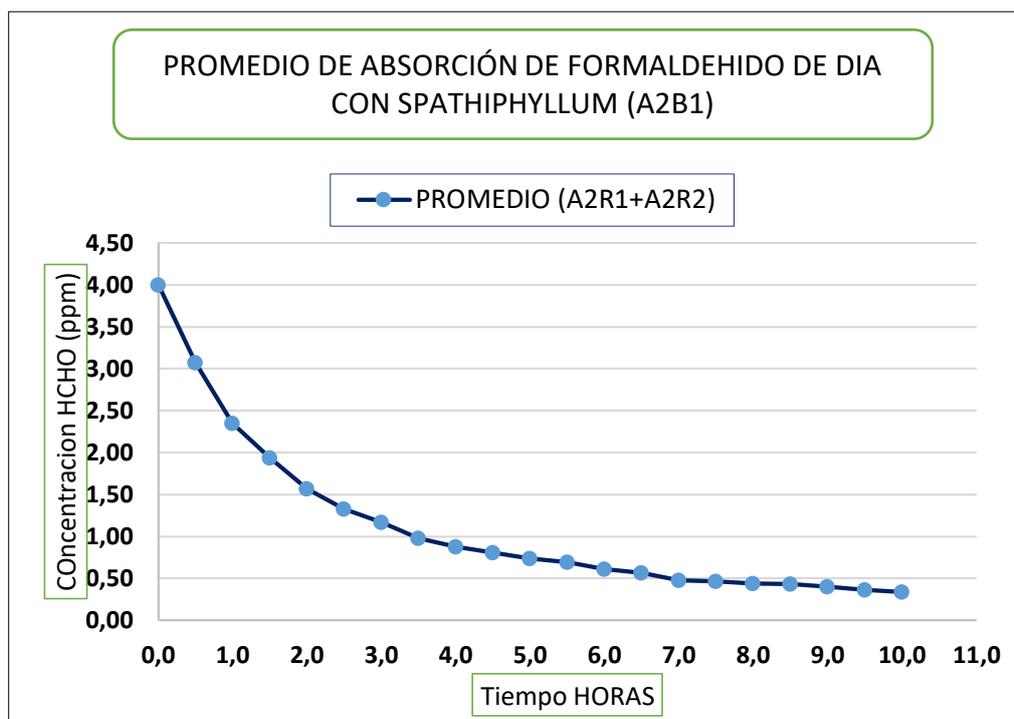


Figura 11. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto de la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta Spathiphyllum (A2B1).  
Fuente: Elaboración propia

En el segundo tratamiento (A2B1), se usó la planta Spathiphyllum, la cual se introdujo en una cámara cerrada que contenía formaldehído (4 ppm). La medición se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla N.º 17, se muestran dos repeticiones del primer tratamiento, en las cuales se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído donde se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor y por lo tanto a la planta le tomara más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 10. Asimismo, en la tabla N.º 18 y figura N.º 11, se observa el promedio de las dos repeticiones. También se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 0,34 ppm.

Tabla 19. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando las plantas Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum mediante 21 mediciones y dos repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS CON LAS PLANTAS SANSEVIERIA TRIFASCIATA + SPATHIPHYLLUM (A3B1)</b>			
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto de la exposición a la luz (Día-Horas)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-DIA)</b>	<b>A3R1</b>	<b>A3R2</b>
1	0.0	4,00	4,00
2	0.5	3,14	2,71
3	1.0	2,57	2,07
4	1.5	2,18	1,72
5	2.0	1,99	1,47
6	2.5	1,67	1,25
7	3.0	1,37	1,05
8	3.5	1,21	0,91
9	4.0	1,14	0,85
10	4.5	0,99	0,73
11	5.0	0,91	0,70
12	5.5	0,79	0,61
13	6.0	0,65	0,52
14	6.5	0,60	0,47
15	7.0	0,53	0,42
16	7.5	0,52	0,41
17	8.0	0,45	0,35
18	8.5	0,43	0,33
19	9.0	0,39	0,30
20	9.5	0,36	0,28
21	10.0	0,33	0,26

Fuente: Elaboración propia

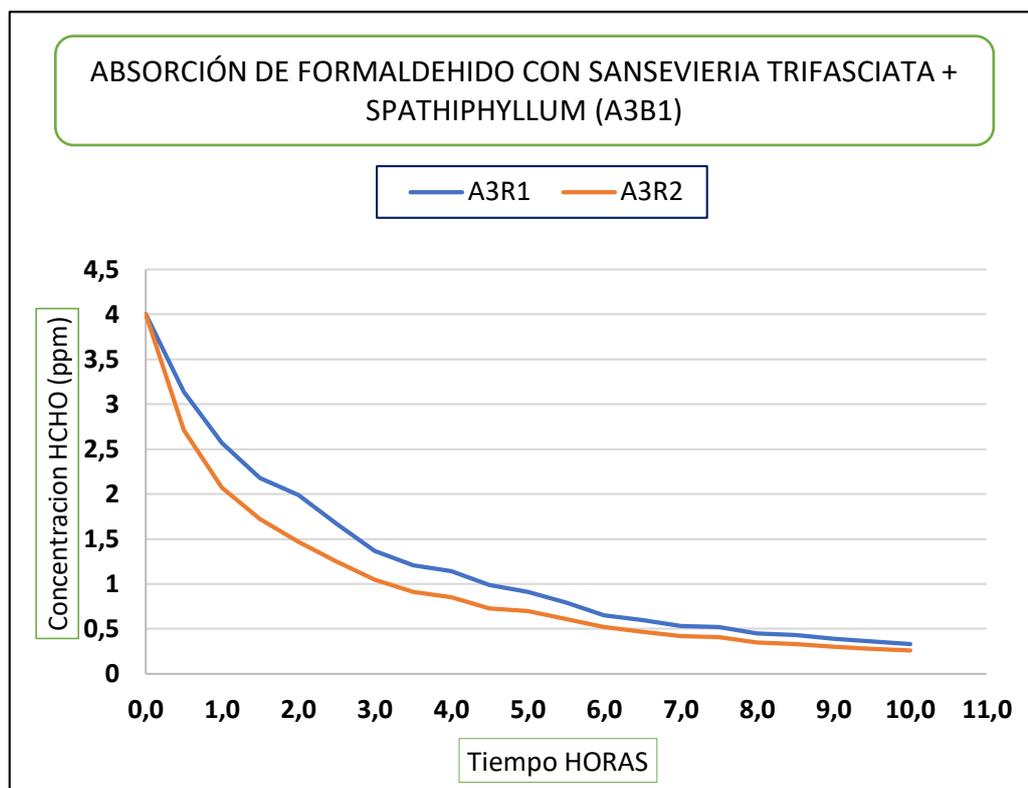


Figura 12. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum (A3B1) con dos repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO PROMEDIO DE DATOS SANSEVIERIA TRIFASCIATA + SPATHIPHYLLUM (A3B1)</b>			
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Día-Horas)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-DÍA)</b>	<b>Promedio (A3R1+A3R2)</b>	
1	0.0	4,00	
2	0.5	2,93	
3	1.0	2,32	
4	1.5	1,95	
5	2.0	1,73	
6	2.5	1,46	
7	3.0	1,21	
8	3.5	1,06	
9	4.0	1,00	
10	4.5	0,86	
11	5.0	0,81	

12	5.5	0,70
13	6.0	0,59
14	6.5	0,54
15	7.0	0,48
16	7.5	0,47
17	8.0	0,40
18	8.5	0,38
19	9.0	0,35
20	9.5	0,32
21	10.0	0,30

Fuente: Elaboración propia

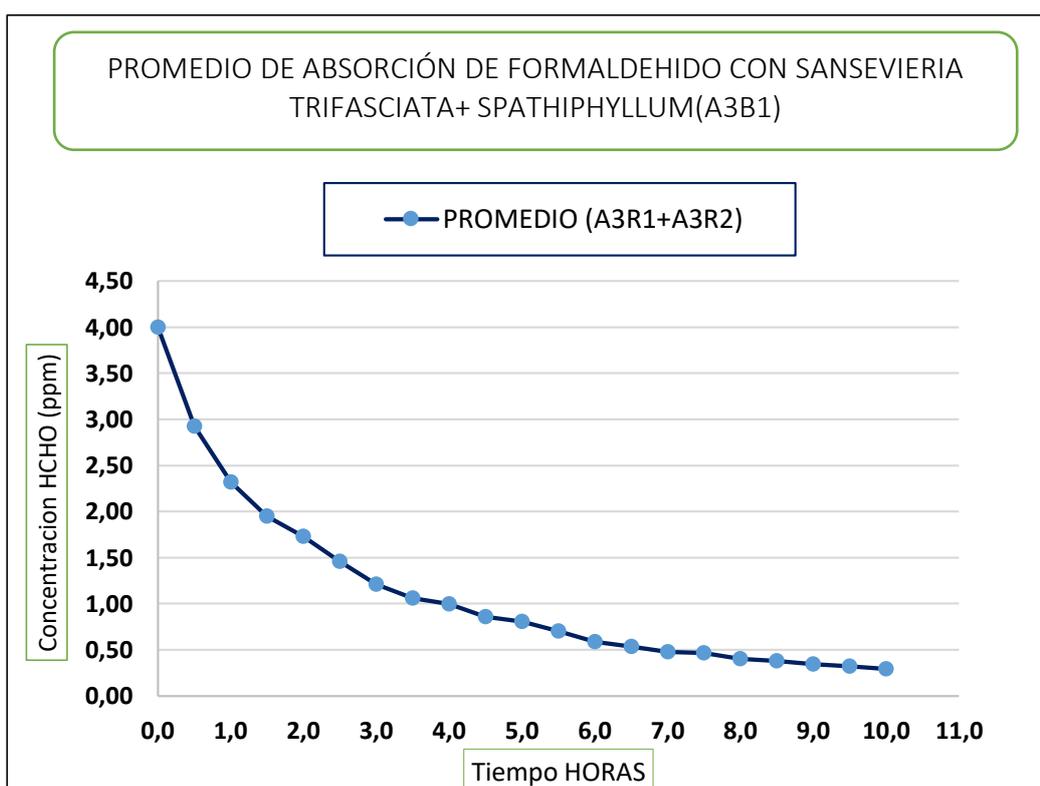


Figura 13. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta *Sansevieria Trifasciata* + *Spathiphyllum* (A3B1).

Fuente: Elaboración propia

En el tercer tratamiento (A3B1), se usaron las dos plantas juntas *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum*, la cual se introdujo a ambas en una cámara cerrada que contenía formaldehido (4 ppm), la medición se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla N.º 19, se muestran dos repeticiones del primer tratamiento, en las cuales se describen los tiempos y las concentraciones

del gas formaldehído y se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor y por lo tanto a la planta le tomara más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 12. Asimismo, en la tabla N.º 20 y figura N.º 13, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y al terminar el experimento la concentración de este gas fue de 0,30 ppm.

Tabla 21. Promedio de resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) utilizando las plantas *Sansevieria Trifasciata*, *Spathiphyllum* y las 2 plantas juntas mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO PROMEDIADO DE LOS DATOS DE LOS TRES TRATAMIENTOS (A1B1, A2B1, A3B1)</b>				
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Día-Horas)</b>				
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (Día-Horas)</b>	<b>Sansevieria Trifasciata (A1B1)</b>	<b>Spathiphyllum (A2B1)</b>	<b>Sansevieria Trifasciata+ Spathiphyllum (A3B1)</b>
1	0.0	4,00	4,00	4,00
2	0.5	3,55	3,07	2,93
3	1.0	3,25	2,35	2,32
4	1.5	2,99	1,94	1,95
5	2.0	2,86	1,57	1,73
6	2.5	2,69	1,33	1,46
7	3.0	2,63	1,17	1,21
8	3.5	2,57	0,98	1,06
9	4.0	2,53	0,88	1,00
10	4.5	2,50	0,81	0,86
11	5.0	2,45	0,74	0,81
12	5.5	2,36	0,70	0,70
13	6.0	2,30	0,61	0,59
14	6.5	2,22	0,57	0,54
15	7.0	2,11	0,48	0,48
16	7.5	2,04	0,47	0,47
17	8.0	1,94	0,44	0,40
18	8.5	1,88	0,44	0,38
19	9.0	1,83	0,40	0,35
20	9.5	1,76	0,37	0,32
21	10.0	1,72	0,34	0,30

Fuente: Elaboración propia

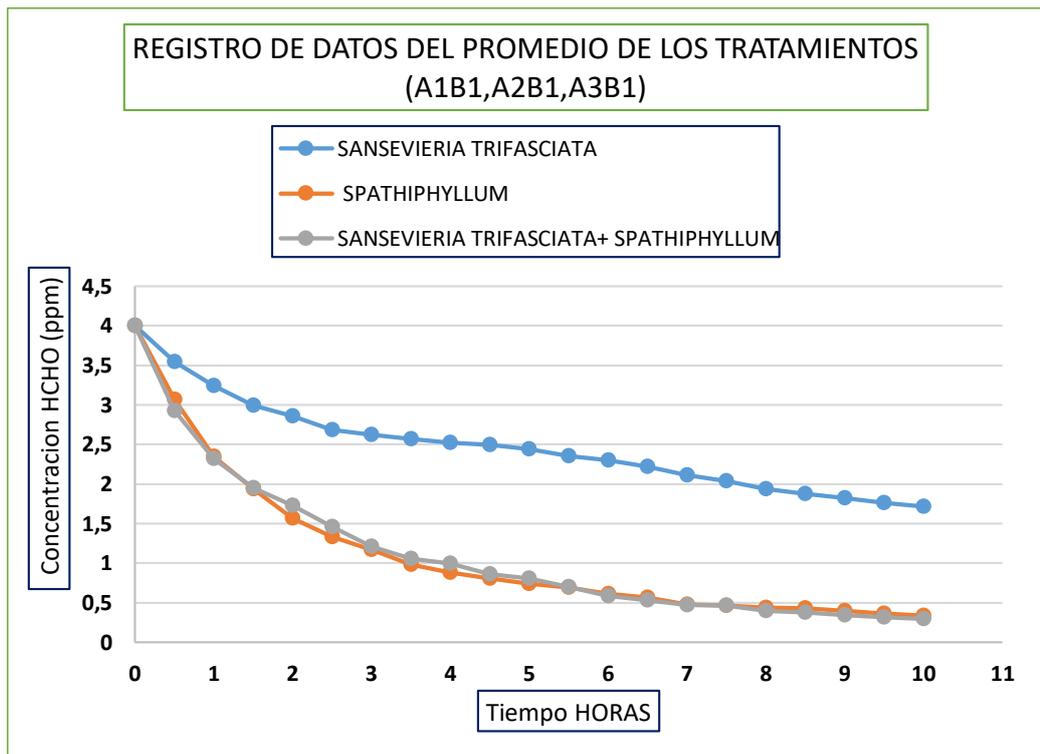


Figura 14. Comparación del promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta Sansevieria Trifasciata (A1B1), Spathiphyllum (A2B1) y las 2 plantas juntas (A3B1).

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la tabla N.º 21, se muestra el promedio de las repeticiones de cada tratamiento correspondientemente, en las cuales se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído y se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 14. Asimismo, se observa que el tercer tratamiento (A3B1) es el más efectivo, ya que al terminar el experimento es el que absorbió el 92,5 % de gas formaldehído porque en la cámara solo quedó 0,30 ppm. Posteriormente, en el segundo tratamiento (A2B1), se obtuvo la eficacia del 91,5 %, ya que en la cámara cerrada quedó 0,34 ppm del gas formaldehído. Y, por último, el primer tratamiento (A1B1) absorbió gas formaldehído al 57 % ya que en la cámara quedó 1,72 ppm de dicho gas contaminante.

- Determinando la concentración del formaldehído posterior a la exposición a la luz (noche-horas)

En la presente investigación, se desarrollaron tres tratamientos (A1B2, A2B2, A3B2), cada uno con dos repeticiones, esto referente a la dimensión capacidad de absorción de formaldehído, tomando en cuenta la exposición de la luz (noche - horas). Estos tratamientos se llevaron a cabo durante la noche. La medición empezó a las 7:00 pm y terminó a las 5:00 am de la mañana.

Tabla 22. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta *Sansevieria Trifasciata* mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS CON LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA (A1B2)</b>			
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto de la exposición a la luz (Noche-horas)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-NOCHE)</b>	<b>A1R1</b>	<b>A1R2</b>
1	0.0	4,00	4,00
2	0.5	3,77	3,80
3	1.0	3,50	3,52
4	1.5	3,48	3,47
5	2.0	3,29	3,30
6	2.5	3,16	3,19
7	3.0	3,09	3,11
8	3.5	2,97	3,01
9	4.0	2,91	2,94
10	4.5	2,81	2,85
11	5.0	2,72	2,75
12	5.5	2,63	2,66
13	6.0	2,53	2,58
14	6.5	2,47	2,53
15	7.0	2,40	2,46
16	7.5	2,34	2,40
17	8.0	2,26	2,32
18	8.5	2,19	2,26
19	9.0	2,15	2,22
20	9.5	2,13	2,20
21	10.0	2,11	2,16

Fuente: Elaboración propia

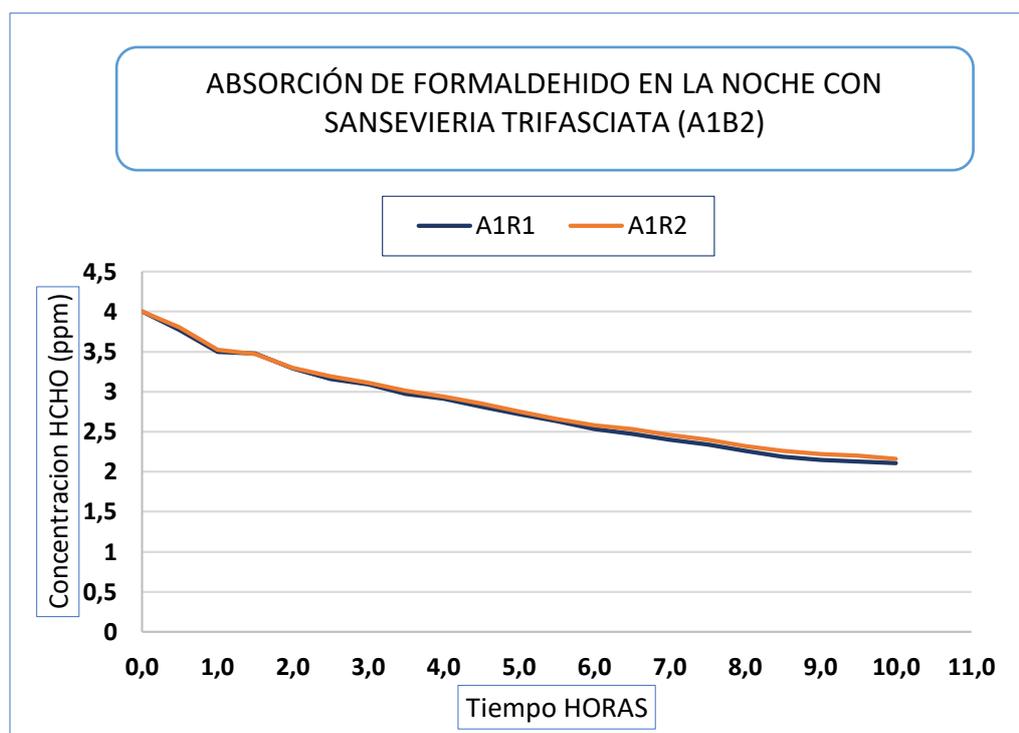


Figura 15. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto de la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta Sansevieria Trifasciata (A1B2) con dos repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 21 mediciones.

REGISTRO PROMEDIO DE DATOS CON LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA (A1B2)		
Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto de la exposición a la luz (Noche-Horas)		
N.º de Mediciones	Tiempo (HORAS-NOCHE)	Promedio (A1R1+A1R2)
1	0.0	4,00
2	0.5	3,79
3	1.0	3,51
4	1.5	3,48
5	2.0	3,30
6	2.5	3,18
7	3.0	3,10
8	3.5	2,99
9	4.0	2,93
10	4.5	2,83
11	5.0	2,74
12	5.5	2,65
13	6.0	2,56

14	6.5	2,50
15	7.0	2,43
16	7.5	2,37
17	8.0	2,29
18	8.5	2,23
19	9.0	2,19
20	9.5	2,17
21	10.0	2,14

Fuente: Elaboración propia

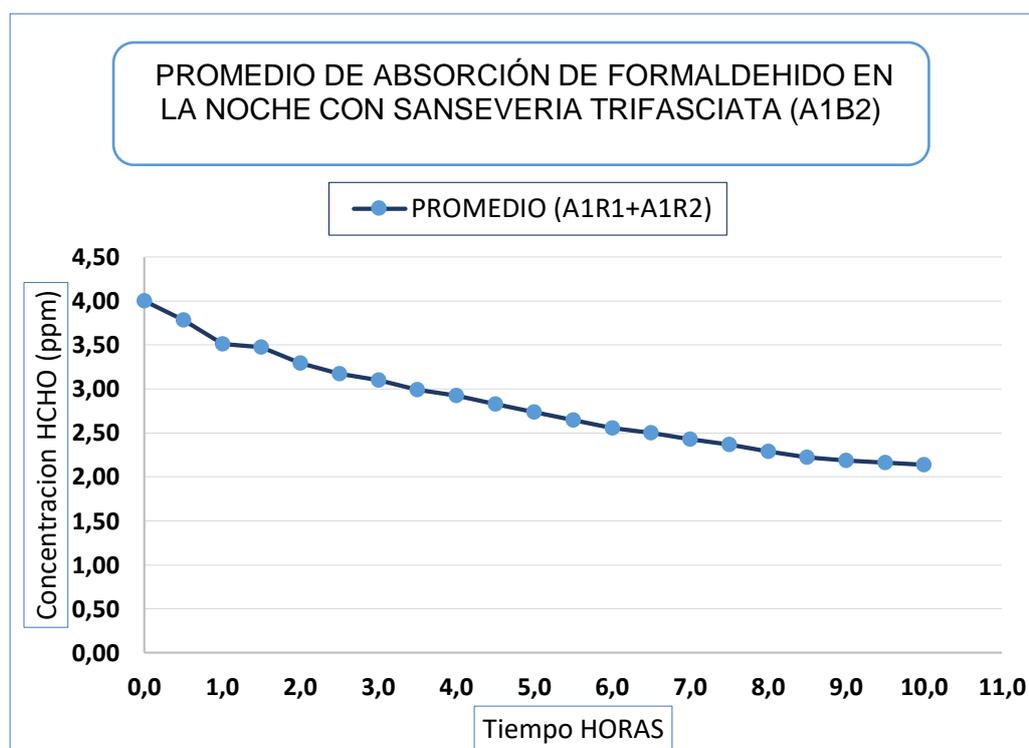


Figura 16. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta *Sansevieria Trifasciata* (A1B2).

Fuente: Elaboración propia

En el primer tratamiento (A1B2), se usó la planta *Sansevieria trifasciata*, la cual se introdujo en una cámara cerrada que contenía formaldehído (4 ppm). La medición se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla 22, se muestran dos repeticiones del primer tratamiento, en las cuales se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído y se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la

absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomara más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura 15. Asimismo, en la tabla 23 y figura 16, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 2,14 ppm.

Tabla 24. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta *Spathiphyllum* mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS CON LA PLANTA SPATHIPHYLLUM (A2B2)</b>			
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Noche-Horas)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (Horas-Noche)</b>	<b>A2R1</b>	<b>A2R2</b>
1	0.0	4,00	4,00
2	0.5	3,56	3,63
3	1.0	3,25	3,33
4	1.5	3,00	3,06
5	2.0	2,73	2,78
6	2.5	2,50	2,57
7	3.0	2,35	2,41
8	3.5	2,18	2,26
9	4.0	2,04	2,10
10	4.5	1,91	1,99
11	5.0	1,83	1,89
12	5.5	1,69	1,76
13	6.0	1,60	1,66
14	6.5	1,48	1,55
15	7.0	1,40	1,46
16	7.5	1,31	1,36
17	8.0	1,21	1,29
18	8.5	1,16	1,21
19	9.0	1,09	1,15
20	9.5	1,03	1,09
21	10.0	0,98	1,03

Fuente: Elaboración propia

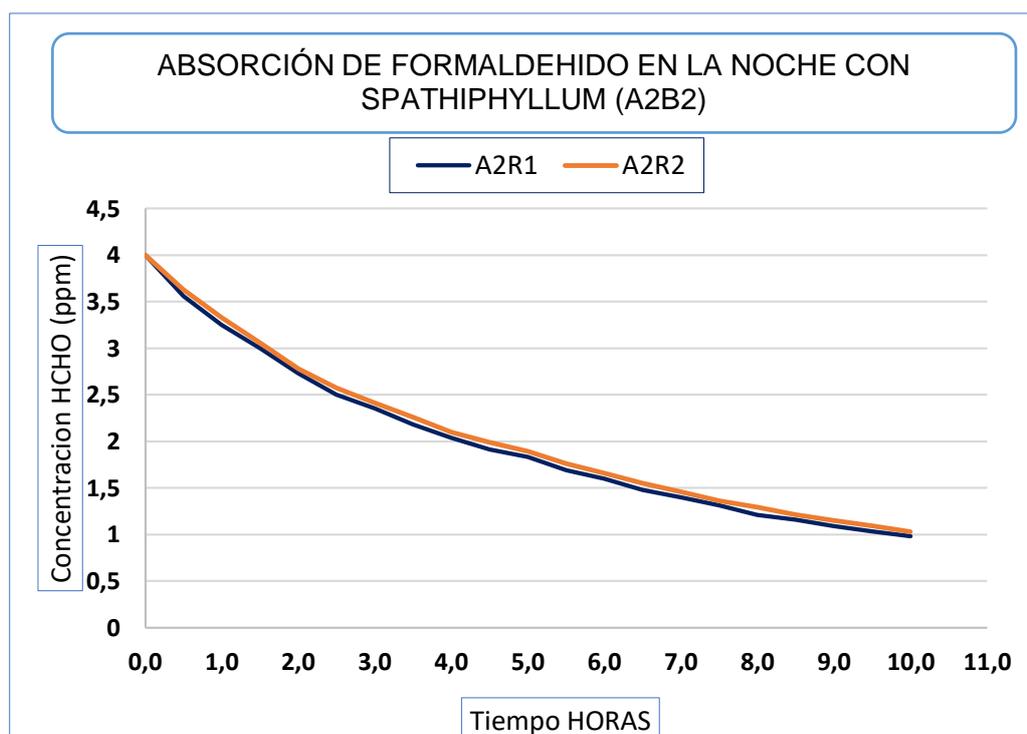


Figura 17. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta Spathiphyllum (A2B2) con 2 repeticiones.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta Spathiphyllum (A2B2) mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO PROMEDIO DE DATOS CON LA PLANTA SPATHIPHYLLUM (A2B2)</b>		
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Noche-horas)</b>		
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-NOCHE)</b>	<b>Promedio (A2R1+A2R2)</b>
1	0.0	4,00
2	0.5	3,60
3	1.0	3,29
4	1.5	3,03
5	2.0	2,76
6	2.5	2,54
7	3.0	2,38
8	3.5	2,22
9	4.0	2,07
10	4.5	1,95
11	5.0	1,86
12	5.5	1,73
13	6.0	1,63

14	6.5	1,52
15	7.0	1,43
16	7.5	1,34
17	8.0	1,25
18	8.5	1,19
19	9.0	1,12
20	9.5	1,06
21	10.0	1,01

Fuente: Elaboración propia

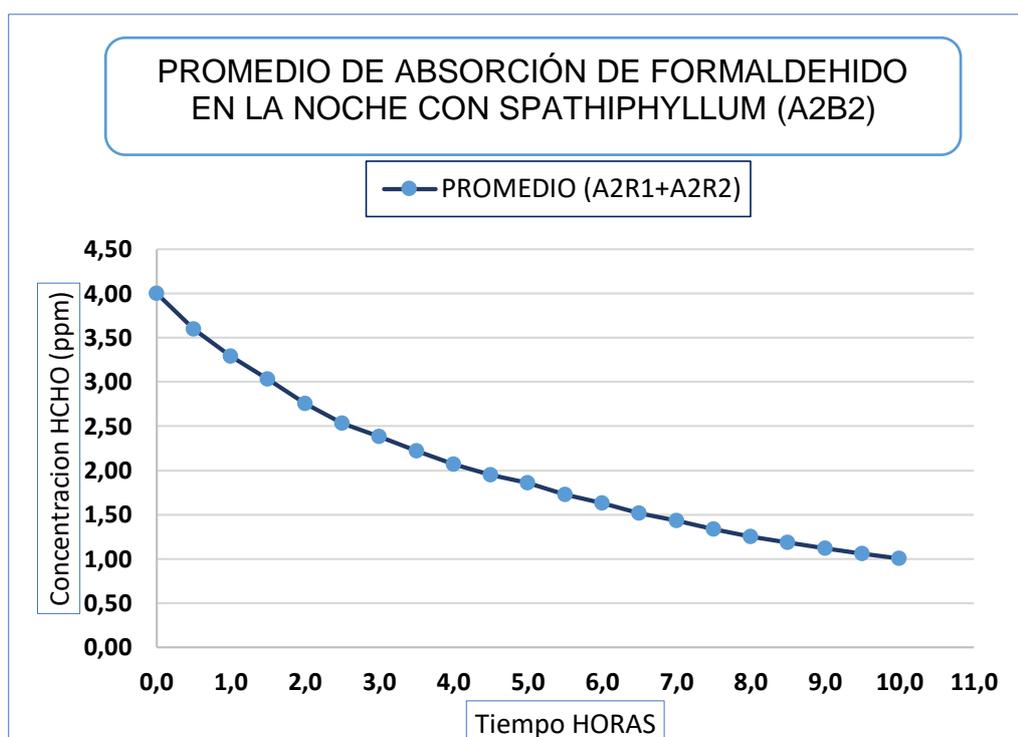


Figura 18. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto de la exposición de la luz (Día-Horas) mediante la planta Spathiphyllum (A2B2).

Fuente: Elaboración propia

En el segundo tratamiento (A2B2), se usó la planta Spathiphyllum, la cual se introdujo en una cámara cerrada que contenía formaldehído (4 ppm). La medición se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla N.º 24, se muestran dos repeticiones del primer tratamiento, donde se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído y se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la

absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 17. Asimismo, en la tabla N.º 25 y figura N.º 18 se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 1,01 ppm.

Tabla 26. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando las plantas *Sansevieria trifasciata* + *Spathiphyllum* mediante 21 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS CON LAS PLANTAS SANSEVIERIA TRIFASCIATA + SPATHIPHYLLUM (A3B2)</b>				
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Noche-Horas)</b>				
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-NOCHE)</b>	<b>A3R1</b>	<b>A3R2</b>	
1	0.0	4,00	4,00	
2	0.5	3,21	3,29	
3	1.0	2,76	2,86	
4	1.5	2,38	2,44	
5	2.0	2,15	2,23	
6	2.5	1,85	1,90	
7	3.0	1,64	1,72	
8	3.5	1,50	1,60	
9	4.0	1,36	1,45	
10	4.5	1,26	1,35	
11	5.0	1,16	1,28	
12	5.5	1,06	1,20	
13	6.0	0,95	1,13	
14	6.5	0,90	1,10	
15	7.0	0,82	1,02	
16	7.5	0,75	0,90	
17	8.0	0,70	0,87	
18	8.5	0,65	0,83	
19	9.0	0,61	0,79	
20	9.5	0,56	0,75	
21	10.0	0,53	0,71	

Fuente: Elaboración propia

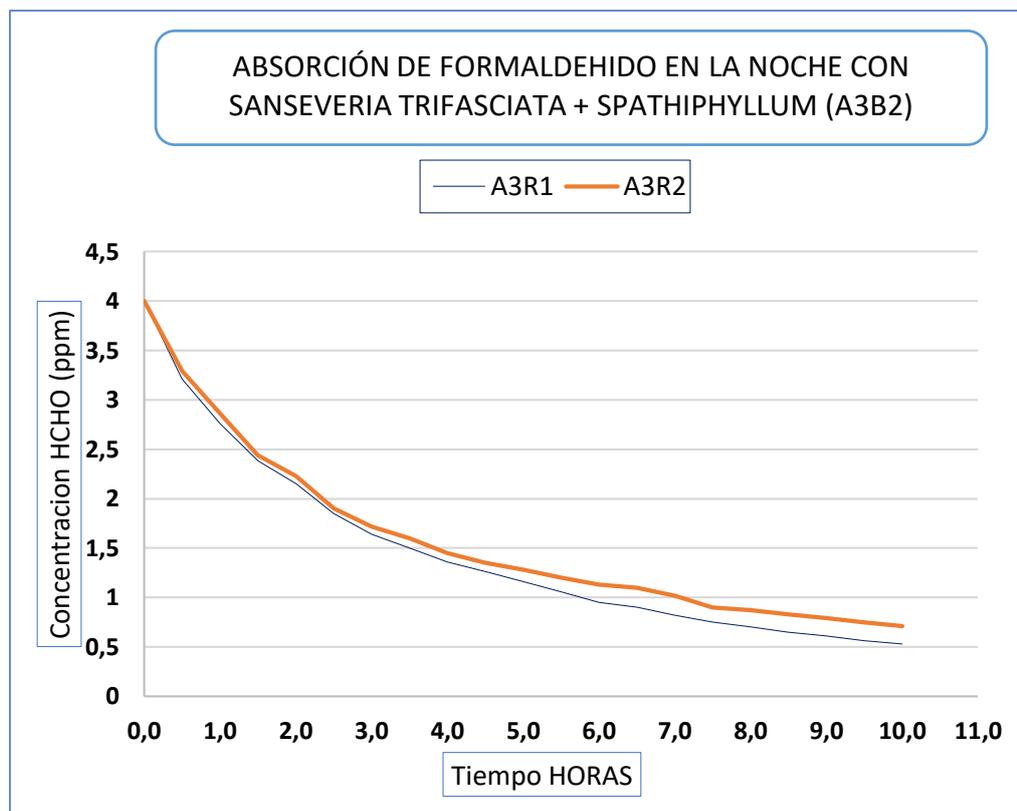


Figura 19. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum (A3B2) con 2 repeticiones.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO PROMEDIO DE DATOS CON LAS PLANTAS SANSEVERIA TRIFASCIATA + SPATHIPHYLLUM (A3B2)</b>		
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto de la exposición a la luz (Noche-Horas)</b>		
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS-NOCHE)</b>	<b>Promedio (A3R1+A3R2)</b>
1	0.0	4,00
2	0.5	3,25
3	1.0	2,81
4	1.5	2,41
5	2.0	2,19
6	2.5	1,88
7	3.0	1,68
8	3.5	1,55
9	4.0	1,41
10	4.5	1,31

11	5.0	1,22
12	5.5	1,13
13	6.0	1,04
14	6.5	1,00
15	7.0	0,92
16	7.5	0,83
17	8.0	0,79
18	8.5	0,74
19	9.0	0,70
20	9.5	0,66
21	10.0	0,62

Fuente: Elaboración propia

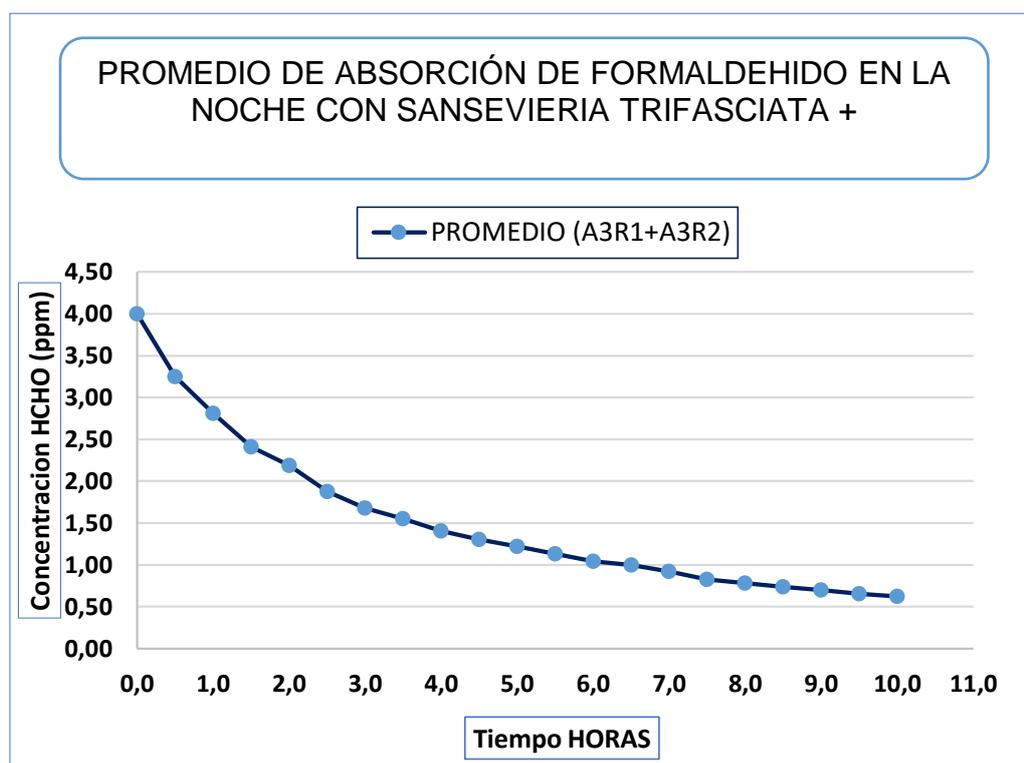


Figura 20. Promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta *Sansevieria trifasciata* + *Spathiphyllum* (A3B2).

Fuente: Elaboración propia

En el tercer tratamiento (A3B2), se usaron las dos plantas juntas *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum*, y se introdujo a ambas en una cámara cerrada que contenía formaldehído (4 ppm). La medición se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla N.º 26, se muestran dos repeticiones del

primer tratamiento y se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído donde se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 19. Asimismo, en la tabla N.º 27 y figura N.º 20, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 0,62 ppm.

Tabla 28. Comparación del Promedio de resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) utilizando las plantas *Sansevieria Trifasciata* (A1B2), *Spathiphyllum* (A2B2) y *Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum* (A3B2) mediante 21 mediciones.

<b>REGISTRO DE DATOS DEL PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS (A1B2, A2B2, A3B2)</b>				
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto a la exposición a la luz (Noche-Horas)</b>				
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (Noche-Horas)</b>	<b>Sansevieria Trifasciata (A1B2)</b>	<b>Spathiphyllum (A2B2)</b>	<b>Sansevieria trifasciata+ Spathiphyllum (A3B2)</b>
1	0.0	4,00	4,00	4,00
2	0.5	3,79	3,60	3,25
3	1.0	3,51	3,29	2,81
4	1.5	3,48	3,03	2,41
5	2.0	3,30	2,76	2,19
6	2.5	3,18	2,54	1,88
7	3.0	3,10	2,38	1,68
8	3.5	2,99	2,22	1,55
9	4.0	2,93	2,07	1,41
10	4.5	2,83	1,95	1,31
11	5.0	2,74	1,86	1,22
12	5.5	2,65	1,73	1,13
13	6.0	2,56	1,63	1,04
14	6.5	2,50	1,52	1,00
15	7.0	2,43	1,43	0,92
16	7.5	2,37	1,34	0,83
17	8.0	2,29	1,25	0,79
18	8.5	2,23	1,19	0,74
19	9.0	2,19	1,12	0,70
20	9.5	2,17	1,06	0,66
21	10.0	2,14	1,01	0,62

Fuente: Elaboración propia

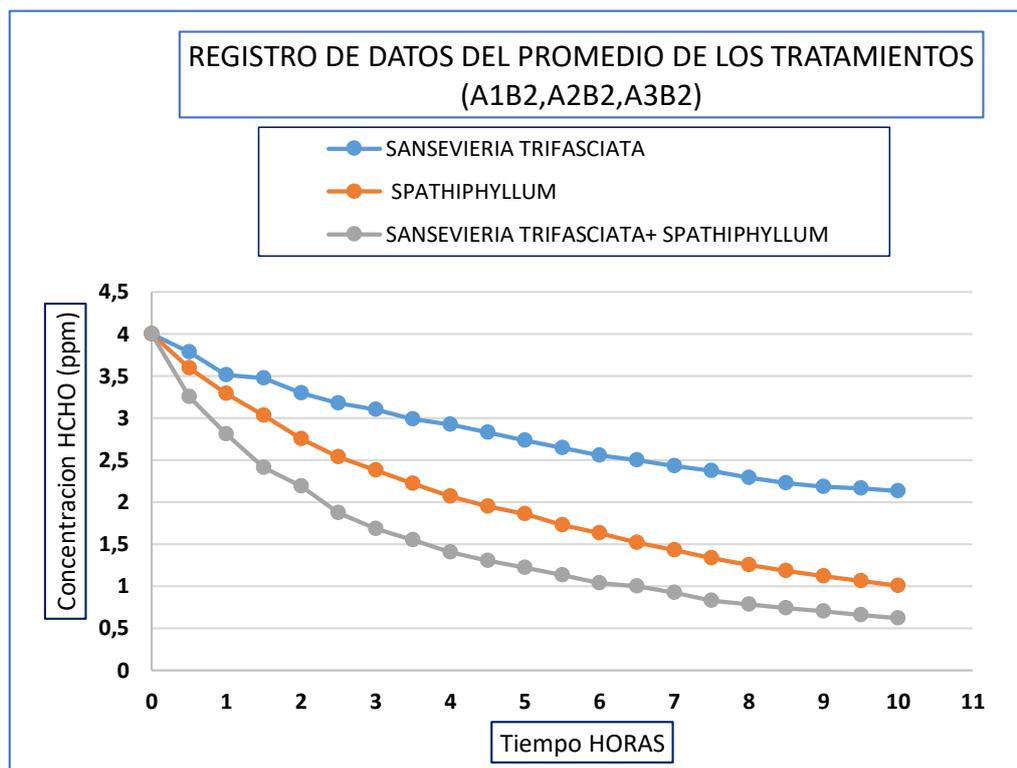


Figura 21. Comparación del promedio de los resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto a la exposición de la luz (Noche-Horas) mediante la planta Sansevieria Trifasciata (A1B2), Spathiphyllum (A2B2) y Sansevieria Trifasciata + Spathiphyllum (A3B2).

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la tabla 28, se muestra el promedio de las repeticiones de cada tratamiento correspondientemente y se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído, donde se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura 21. Asimismo, se observa que el tercer tratamiento (A3B2) es el más efectivo, ya que al terminar el experimento es el que absorbió el 84,5 % de gas formaldehído porque en la cámara solo quedó 0,62 ppm. Posteriormente, en el segundo tratamiento (A2B2), se obtuvo la eficacia del 74,75 %, ya que en la cámara cerrada quedó 1,01 ppm del gas formaldehído. Y, por último, el primer tratamiento (A1B2) absorbió gas

formaldehído al 46,5 %, ya que en la cámara quedo 2,14 ppm de dicho gas contaminante.

4.1.2. *Resultados para determinar la influencia del tiempo en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores.*

En la presente investigación se desarrolló tres tratamientos (A1B3, A2B3, A3B3), cada una con dos repeticiones, esto referente a la dimensión capacidad de absorción de formaldehído (tiempo en horas).

Tabla 29. *Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas) utilizando la planta Sansevieria Trifasciata mediante 45 mediciones y dos repeticiones.*

<b>REGISTRO DE DATOS CON LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA (A1B3)</b>				
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto del tiempo de absorción (Horas)</b>				
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS)</b>	<b>A1R1</b>	<b>A1R2</b>	
1	0.0	4,00	4,00	
2	0.5	3,61	3,59	
3	1.0	3,26	3,25	
4	1.5	2,93	2,95	
5	2.0	2,84	2,86	
6	2.5	2,70	2,73	
7	3.0	2,62	2,66	
8	3.5	2,54	2,57	
9	4.0	2,48	2,51	
10	4.5	2,44	2,48	
11	5.0	2,41	2,46	
12	5.5	2,36	2,41	
13	6.0	2,29	2,35	
14	6.5	2,24	2,29	
15	7.0	2,18	2,23	
16	7.5	2,12	2,20	
17	8.0	2,05	2,10	
18	8.5	2,02	2,07	
19	9.0	1,94	1,98	
20	9.5	1,88	1,91	
21	10.0	1,82	1,85	
22	10.5	1,77	1,81	
23	11.0	1,70	1,75	
24	11.5	1,58	1,62	
25	12.0	1,55	1,60	
26	12.5	1,49	1,55	
27	13.0	1,44	1,50	
28	13.5	1,41	1,46	
29	14.0	1,36	1,41	
30	14.5	1,33	1,38	
31	15.0	1,26	1,32	
32	15.5	1,21	1,26	
33	16.0	1,15	1,21	
34	16.5	1,11	1,17	
35	17.0	1,09	1,15	
36	17.5	1,07	1,14	

37	18.0	1,06	1,13
38	18.5	1,05	1,12
39	19.0	1,03	1,10
40	19.5	1,02	1,10
41	20.0	1,00	1,08
42	20.5	0,97	1,06
43	21.0	0,96	1,05
44	21.5	0,94	1,03
45	22.0	0,92	1,01

Fuente: Elaboración propia

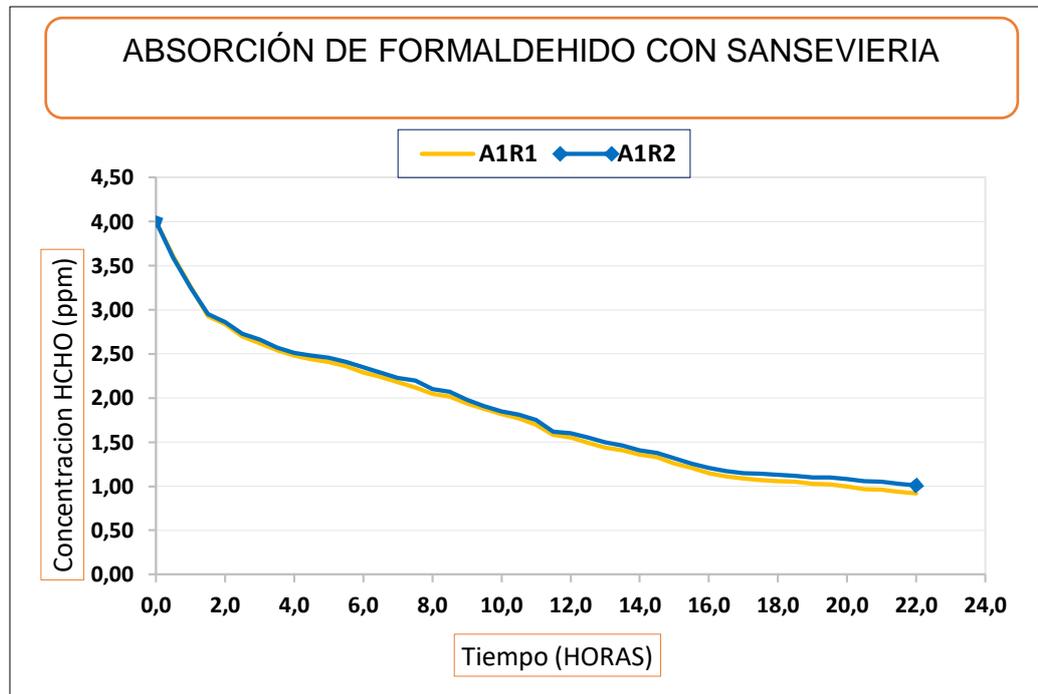


Figura 22. Resultados del tiempo de absorción de formaldehído mediante la planta Sansevieria Trifasciata (A1B3) con dos repeticiones.

Fuente: Elaboración propia, 2021

Tabla 30. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con la planta Sansevieria Trifasciata mediante 45 mediciones.

**REGISTRO DEL PROMEDIO DE DATOS CON LA PLANTA SANSEVERIA TRIFASCIATA (A1B3)**

Medición. Concentración HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas)		
N.º de Mediciones	Tiempo (Horas)	Promedio (A1R1+A1R2)
1	0.0	4,00
2	0.5	3,60
3	1.0	3,26
4	1.5	2,94
5	2.0	2,85
6	2.5	2,72
7	3.0	2,64
8	3.5	2,56

9	4.0	2,50
10	4.5	2,46
11	5.0	2,44
12	5.5	2,39
13	6.0	2,32
14	6.5	2,27
15	7.0	2,21
16	7.5	2,16
17	8.0	2,08
18	8.5	2,05
19	9.0	1,96
20	9.5	1,90
21	10.0	1,84
22	10.5	1,79
23	11.0	1,73
24	11.5	1,60
25	12.0	1,58
26	12.5	1,52
27	13.0	1,47
28	13.5	1,44
29	14.0	1,39
30	14.5	1,36
31	15.0	1,29
32	15.5	1,24
33	16.0	1,18
34	16.5	1,14
35	17.0	1,12
36	17.5	1,11
37	18.0	1,10
38	18.5	1,09
39	19.0	1,07
40	19.5	1,06
41	20.0	1,04
42	20.5	1,02
43	21.0	1,01
44	21.5	0,99
45	22.0	0,97

Fuente: Elaboración propia

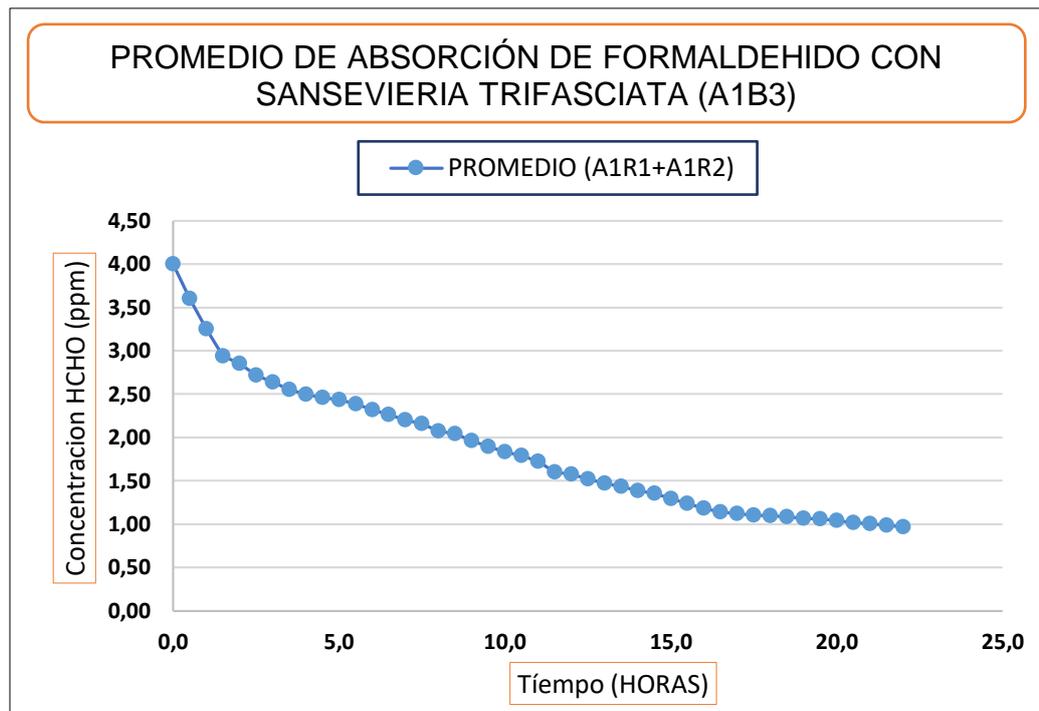


Figura 23. Resultados promedio del tiempo de absorción de formaldehido mediante la Sansevieria Trifasciata (A1B3) con dos repeticiones.  
Fuente: Elaboración propia

En el primer tratamiento (A1B3), se usó la planta *Sansevieria trifasciata*, la cual se introdujo en una cámara cerrada que contenía formaldehido (4 ppm). La medición empezó a las 7:00 am y terminó al día siguiente a las 5:00 am, se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de este gas contaminante mediante dicha planta. En la tabla N.º 29, se muestran dos repeticiones del primer tratamiento, donde se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehido y se observa que a mayor concentración del gas formaldehido existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehido baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehido, como indica la figura N.º 22. Asimismo, en la tabla N.º 30 y figura N.º 23, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehido es de 4 ppm y al terminar el experimento la concentración de este gas fue de 0,97 ppm.

Tabla 31. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), utilizando la planta *Spathiphyllum* mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.

**REGISTRO DE DATOS CON LA PLANTA SPATHIPHYLLUM (A2B3)**

<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>A2R1</b>	<b>A2R2</b>
1	0.0	4,00	4,00
2	0.5	3,38	3,34
3	1.0	2,88	2,93
4	1.5	2,49	2,54
5	2.0	2,19	2,28
6	2.5	1,96	2,01
7	3.0	1,73	1,80
8	3.5	1,51	1,61
9	4.0	1,41	1,49
10	4.5	1,29	1,41
11	5.0	1,20	1,30
12	5.5	1,12	1,20
13	6.0	1,04	1,16
14	6.5	0,96	1,13
15	7.0	0,89	0,99
16	7.5	0,81	0,90
17	8.0	0,79	0,88
18	8.5	0,71	0,85
19	9.0	0,62	0,70
20	9.5	0,61	0,70
21	10.0	0,56	0,65
22	10.5	0,52	0,62
23	11.0	0,50	0,59
24	11.5	0,46	0,54
25	12.0	0,43	0,50
26	12.5	0,40	0,49
27	13.0	0,38	0,49
28	13.5	0,36	0,45
29	14.0	0,33	0,42
30	14.5	0,32	0,40
31	15.0	0,29	0,38
32	15.5	0,27	0,35
33	16.0	0,26	0,34
34	16.5	0,25	0,32
35	17.0	0,23	0,31
36	17.5	0,22	0,30
37	18.0	0,21	0,29

38	18.5	0,20	0,28
39	19.0	0,19	0,27
40	19.5	0,18	0,26
41	20.0	0,16	0,25
42	20.5	0,15	0,24
43	21.0	0,14	0,23
44	21.5	0,13	0,21
45	22.0	0,12	0,20

Fuente: Elaboración propia

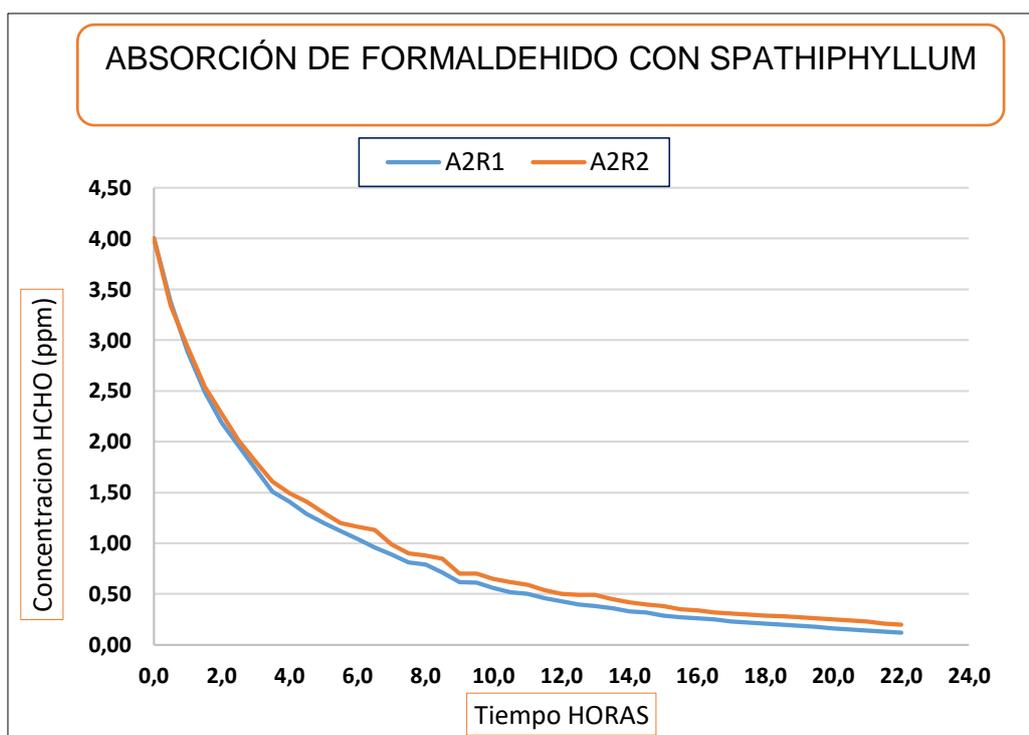


Figura 24. Resultados del tiempo de absorción de formaldehído mediante la planta Spathiphyllum (A2B3) con dos repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con la planta Spathiphyllum mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.

REGISTRO DEL PROMEDIO DE DATOS CON LA PLANTA SPATHIPHYLLUM (A2B3)		
Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas)		
N.º de Mediciones	Tiempo (Horas)	Promedio (A2R1+A2R2)
1	0.0	4,00
2	0.5	3,36
3	1.0	2,91
4	1.5	2,52

5	2.0	2,24
6	2.5	1,99
7	3.0	1,77
8	3.5	1,56
9	4.0	1,45
10	4.5	1,35
11	5.0	1,25
12	5.5	1,16
13	6.0	1,10
14	6.5	1,05
15	7.0	0,94
16	7.5	0,86
17	8.0	0,84
18	8.5	0,78
19	9.0	0,66
20	9.5	0,66
21	10.0	0,61
22	10.5	0,57
23	11.0	0,55
24	11.5	0,50
25	12.0	0,47
26	12.5	0,45
27	13.0	0,44
28	13.5	0,41
29	14.0	0,38
30	14.5	0,36
31	15.0	0,34
32	15.5	0,31
33	16.0	0,30
34	16.5	0,29
35	17.0	0,27
36	17.5	0,26
37	18.0	0,25
38	18.5	0,24
39	19.0	0,23
40	19.5	0,22
41	20.0	0,21
42	20.5	0,20
43	21.0	0,19

44	21.5	0,17
45	22.0	0,16

Fuente: Elaboración propia

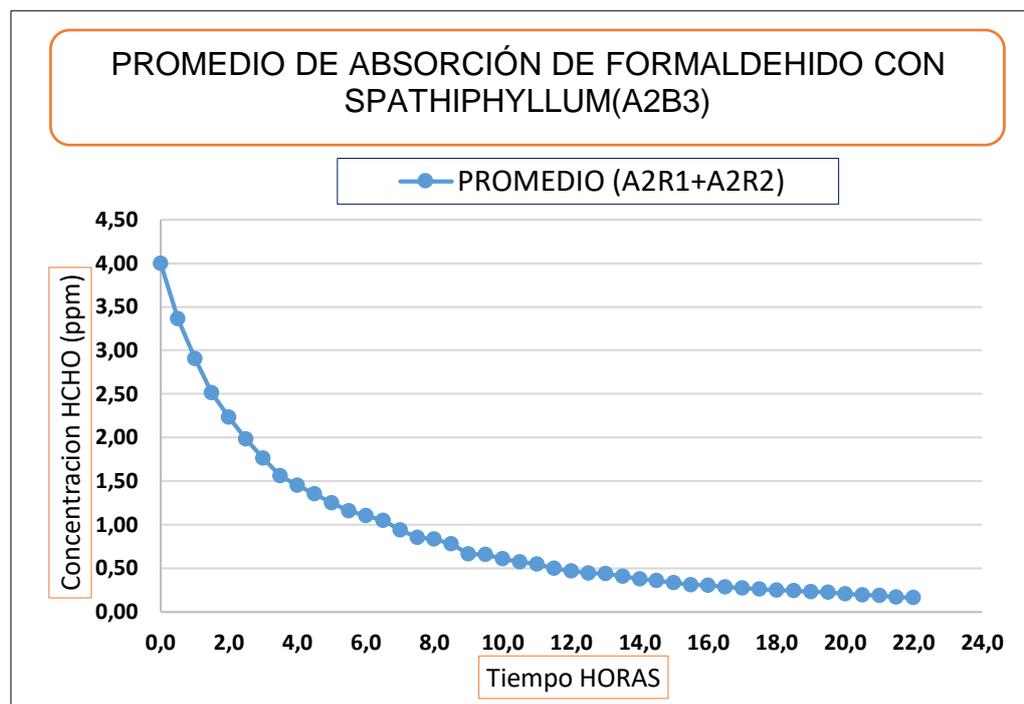


Figura 25. Resultados promedio del tiempo de absorción de formaldehido mediante la planta Spathiphyllum (A2B3) con dos repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

En el segundo tratamiento (A2B3), se usó la planta Spathiphyllum, la cual se introdujo en una cámara cerrada que contenía formaldehido (4ppm). La medición empezó a las 7:00 am y terminó al día siguiente a las 5:00 am, esta se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de dicho gas contaminante mediante la planta mencionada. En la tabla N.º 31, se muestra dos repeticiones del segundo tratamiento, en la cual se describe los tiempos y las concentraciones del gas formaldehido donde se observa que a mayor concentración del gas formaldehido existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehido baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehido, como indica la figura N.º 24. Asimismo, en la tabla N.º 32 y figura N.º 25, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehido es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 0,16 ppm.

Tabla 33. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con las plantas Sansevieria Trifasciata, Spathiphyllum y las 2 plantas juntas mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS CON LAS PLANTAS SPATHIPHYLLUM + SANSEVIERIA TRIFASCIATA(A3B3)</b>			
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas)</b>			
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS)</b>	<b>A3R1</b>	<b>A3R2</b>
1	0.0	4,00	4,00
2	0.5	3,44	3,46
3	1.0	2,98	3,02
4	1.5	2,28	2,28
5	2.0	2,13	2,13
6	2.5	1,78	1,79
7	3.0	1,49	1,50
8	3.5	1,31	1,33
9	4.0	1,24	1,26
10	4.5	1,11	1,12
11	5.0	1,02	1,03
12	5.5	0,90	0,91
13	6.0	0,79	0,79
14	6.5	0,73	0,73
15	7.0	0,65	0,66
16	7.5	0,63	0,64
17	8.0	0,57	0,58
18	8.5	0,55	0,56
19	9.0	0,52	0,52
20	9.5	0,48	0,49
21	10.0	0,44	0,45
22	10.5	0,41	0,42
23	11.0	0,40	0,41
24	11.5	0,37	0,38
25	12.0	0,35	0,36
26	12.5	0,32	0,33
27	13.0	0,30	0,31
28	13.5	0,28	0,29
29	14.0	0,26	0,27
30	14.5	0,23	0,24
31	15.0	0,22	0,23
32	15.5	0,20	0,21
33	16.0	0,19	0,20
34	16.5	0,18	0,19

35	17.0	0,17	0,18
36	17.5	0,16	0,17
37	18.0	0,15	0,16
38	18.5	0,14	0,15
39	19.0	0,13	0,14
40	19.5	0,12	0,13
41	20.0	0,11	0,12
42	20.5	0,10	0,11
43	21.0	0,09	0,10
44	21.5	0,08	0,09
45	22.0	0,07	0,08

Fuente: Elaboración propia

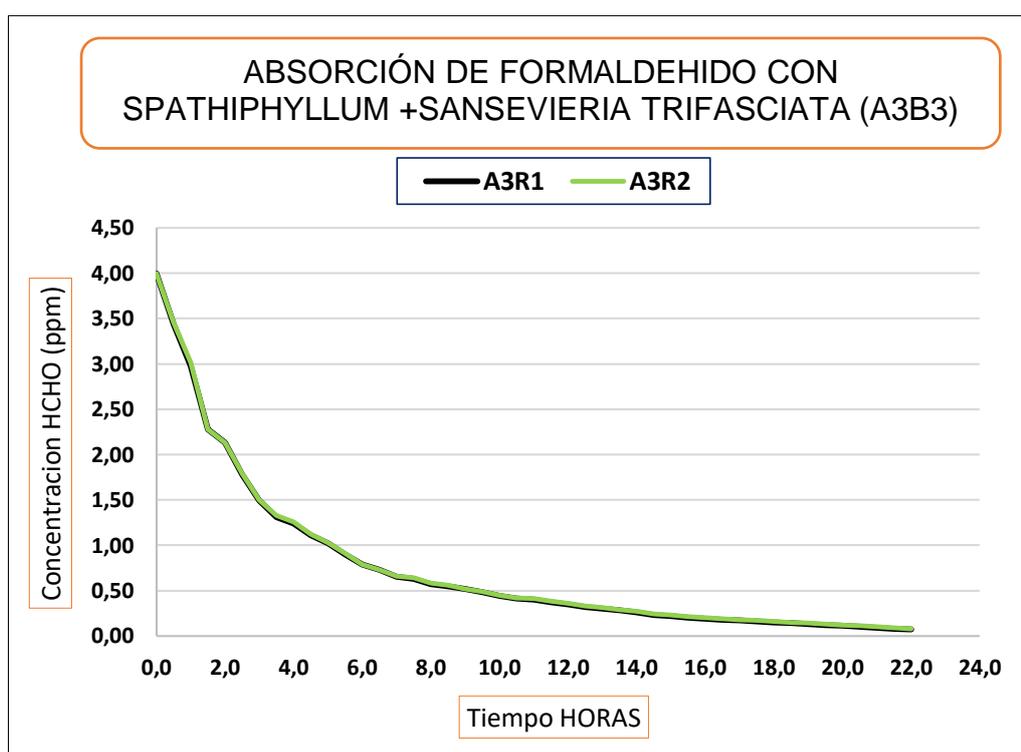


Figura 26. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con las plantas Sansevieria Trifasciata y Spathiphyllum mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), con la planta *Spathiphyllum* + *Sansevieria Trifasciata* mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DEL PROMEDIO DE DATOS CON LAS PLANTAS SPATHIPHYLLUM + SANSEVIERIA TRIFASCIATA (A3B3)</b>		
<b>Medición: Concentración HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas)</b>		
<b>N.º de mediciones</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>	<b>Promedio (A3R1+A3R2)</b>
1	0.0	4,00
2	0.5	3,45
3	1.0	3,00
4	1.5	2,28
5	2.0	2,13
6	2.5	1,79
7	3.0	1,50
8	3.5	1,32
9	4.0	1,25
10	4.5	1,12
11	5.0	1,03
12	5.5	0,91
13	6.0	0,79
14	6.5	0,73
15	7.0	0,66
16	7.5	0,64
17	8.0	0,58
18	8.5	0,56
19	9.0	0,52
20	9.5	0,49
21	10.0	0,45
22	10.5	0,42
23	11.0	0,41
24	11.5	0,38
25	12.0	0,36
26	12.5	0,33
27	13.0	0,31
28	13.5	0,29
29	14.0	0,27
30	14.5	0,24
31	15.0	0,23
32	15.5	0,21
33	16.0	0,20
34	16.5	0,19

35	17.0	0,18
36	17.5	0,17
37	18.0	0,16
38	18.5	0,15
39	19.0	0,14
40	19.5	0,13
41	20.0	0,12
42	20.5	0,11
43	21.0	0,10
44	21.5	0,09
45	22.0	0,08

Fuente: Elaboración propia

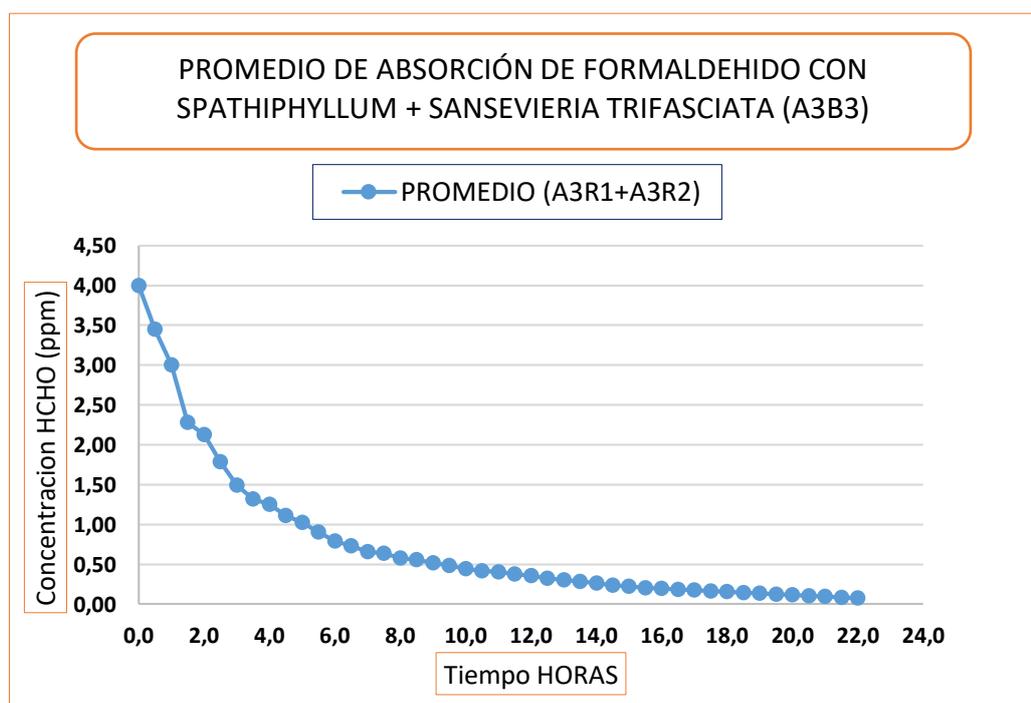


Figura 27. Resultados promedio del tiempo de absorción de formaldehido mediante la planta *Spathiphyllum* + *Sansevieria Trifasciata* (A3) con dos repeticiones.

Fuente: Elaboración propia

En el tercer tratamiento (A3B3), se usaron las dos plantas juntas *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum*, y se introdujo a ambas en una cámara cerrada que contenía formaldehido (4 ppm). La medición empezó a las 7:00 am y terminó al día siguiente a las 5:00 am, esta se realizó cada media hora para observar el porcentaje de absorción de dicho gas contaminante mediante la planta mencionada. En la tabla N.º 33, se muestran dos repeticiones del tercer tratamiento, en las cuales se describen los tiempos y las concentraciones del

gas formaldehído y se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 26. Asimismo, en la tabla N.º 34 y figura N.º 27, se observa el promedio de las dos repeticiones, también se observa que en el tiempo 0 la concentración del gas formaldehído es de 4 ppm y, al terminar el experimento, la concentración de este gas fue de 0,08 ppm.

Tabla 35. Resultados promedio de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo utilizando las plantas *Sansevieria Trifasciata* y *Spathiphyllum* y las dos plantas juntas mediante 45 mediciones y 2 repeticiones.

<b>REGISTRO DE DATOS DEL PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS (A1B3, A2B3, A3B3)</b>				
<b>Concentración HCHO (ppm) CON RESPECTO DEL TIEMPO (MIN)</b>				
<b>N.º de Mediciones</b>	<b>Tiempo (HORAS)</b>	<b>SANSEVIERIA</b>		<b>SANSEVIERIA TRIFASCIATA + SPATHIPHYLLUM</b>
		<b>A TRIFASCIATA</b>	<b>A SPATHIPHYLLUM</b>	
1	0.0	4,00	4,00	4,00
2	0.5	3,60	3,36	3,45
3	1.0	3,26	2,91	3,00
4	1.5	2,94	2,52	2,28
5	2.0	2,85	2,24	2,13
6	2.5	2,72	1,99	1,79
7	3.0	2,64	1,77	1,50
8	3.5	2,56	1,56	1,32
9	4.0	2,50	1,45	1,25
10	4.5	2,46	1,35	1,12
11	5.0	2,44	1,25	1,03
12	5.5	2,39	1,16	0,91
13	6.0	2,32	1,10	0,79
14	6.5	2,27	1,05	0,73
15	7.0	2,21	0,94	0,66
16	7.5	2,16	0,86	0,64
17	8.0	2,08	0,84	0,58
18	8.5	2,05	0,78	0,56
19	9.0	1,96	0,66	0,52
20	9.5	1,90	0,66	0,49
21	10.0	1,84	0,61	0,45
22	10.5	1,79	0,57	0,42
23	11.0	1,73	0,55	0,41

24	11.5	1,60	0,50	0,38
25	12.0	1,58	0,47	0,36
26	12.5	1,52	0,45	0,33
27	13.0	1,47	0,44	0,31
28	13.5	1,44	0,41	0,29
29	14.0	1,39	0,38	0,27
30	14.5	1,36	0,36	0,24
31	15.0	1,29	0,34	0,23
32	15.5	1,24	0,31	0,21
33	16.0	1,18	0,30	0,20
34	16.5	1,14	0,29	0,19
35	17.0	1,12	0,27	0,18
36	17.5	1,11	0,26	0,17
37	18.0	1,10	0,25	0,16
38	18.5	1,09	0,24	0,15
39	19.0	1,07	0,23	0,14
40	19.5	1,06	0,22	0,13
41	20.0	1,04	0,21	0,12
42	20.5	1,02	0,20	0,11
43	21.0	1,01	0,19	0,10
44	21.5	0,99	0,17	0,09
45	22.0	0,97	0,16	0,08

Fuente: Elaboración propia

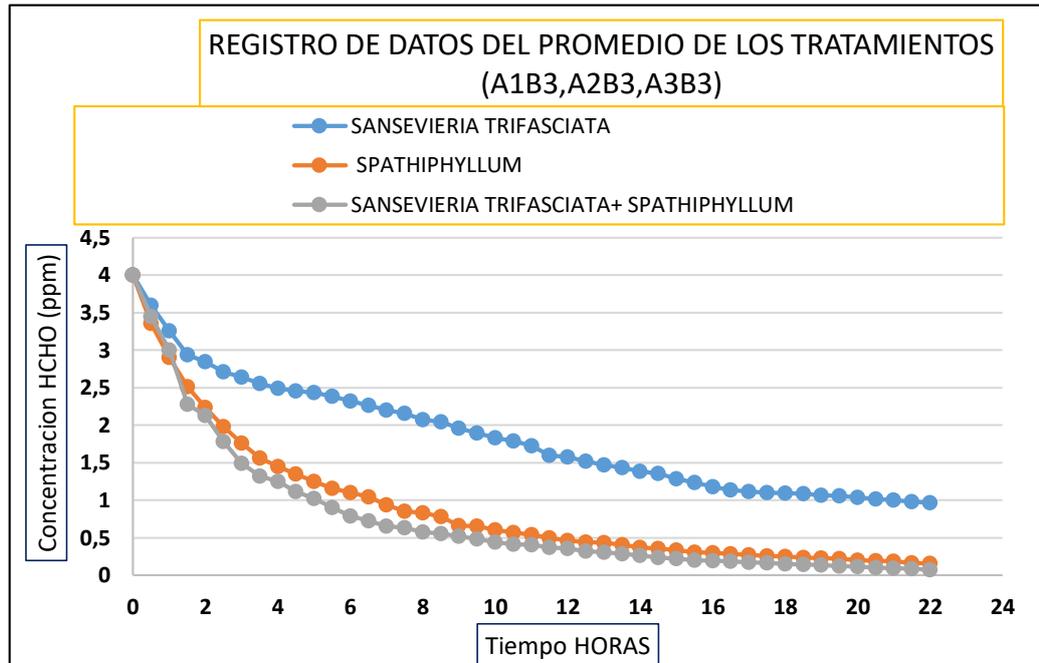


Figura 28. Resultados de la concentración de HCHO (ppm) con respecto del tiempo (Horas), utilizando las plantas *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y las 2 plantas juntas.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la tabla N.º 35, se muestra el promedio de las repeticiones de cada tratamiento correspondientemente, en la cual se describen los tiempos y las concentraciones del gas formaldehído y se observa que a mayor concentración del gas formaldehído existe mayor absorción por parte de la planta en menor tiempo, y cuando la concentración del formaldehído baja la absorción es menor. Por lo tanto, a la planta le tomará más tiempo absorber el formaldehído, como indica la figura N.º 28. Asimismo, se observa que el tercer tratamiento (A3B3) es el más efectivo, ya que al terminar el experimento es el que absorbió el 98 % de gas formaldehído porque en la cámara solo quedó 0,08 ppm. Posteriormente, en el segundo tratamiento (A2B3) se obtuvo la eficacia del 96 %, ya que en la cámara cerrada quedó 0,16 ppm del gas formaldehído. Y, por último, el primer tratamiento (A1B3) absorbió gas formaldehído al 75,75 % ya que en la cámara quedó 0,97 ppm de dicho gas contaminante.

4.1.3. Resultados para evaluar la influencia de las características de las plantas en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores

- Características de las plantas ornamentales

Tabla 36. Resultados del tamaño (centímetros) de la planta *Sansevieria Trifasciata* y *Spathiphyllum* antes y después del experimento.

REGISTRO DE DATOS DEL TAMAÑO (centímetros) DE LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA Y SPATHIPHYLLUM		
TIPO DE PLANTAS	ANTES DE LA EXPERIMENTACIÓN	DESPUES DE LA EXPERIMENTACIÓN
<b>SANSEVIERIA TRIFASCIATA</b>	100	100
<b>SPATHIPHYLLUM</b>	130	130

Fuente: Elaboración propia

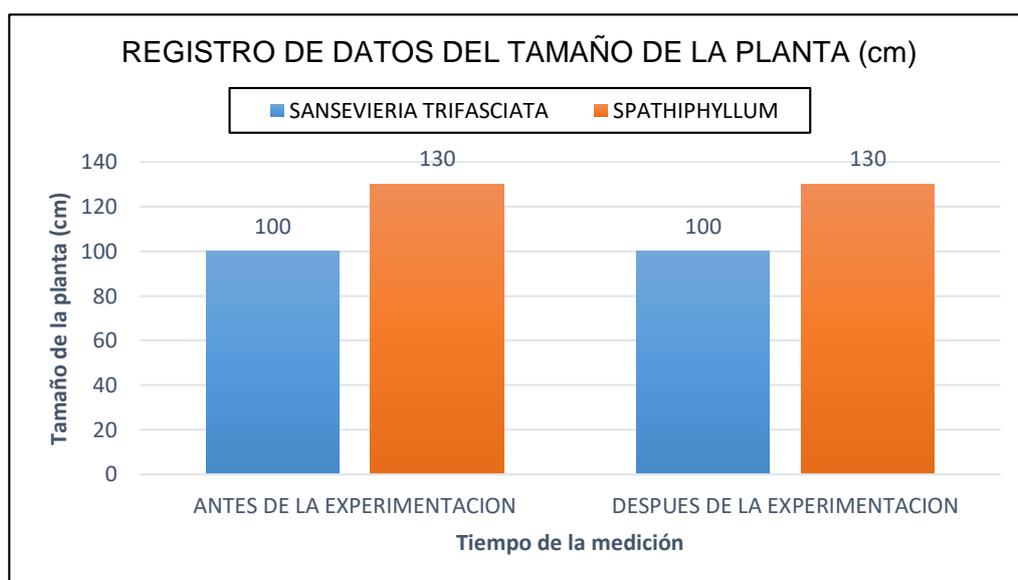


Figura 29. Comparación del tamaño (centímetros) de la planta *Sansevieria Trifasciata* y *Spathiphyllum* antes y después del experimento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resultados del número de hojas (Unidades) de la planta *Sansevieria Trifasciata* y *Spathiphyllum* antes y después del experimento.

REGISTRO DE DATOS DEL NÚMERO DE HOJAS (unidades) DE LA PLANTA SANSEVIERIA TRIFASCIATA Y SPATHIPHYLLUM		
TIPO DE PLANTAS	ANTES DE LA EXPERIMENTACIÓN	DESPUES DE LA EXPERIMENTACIÓN
<b>SANSEVIERIA TRIFASCIATA</b>	13	13
<b>SPATHIPHYLLUM</b>	10	10

Fuente: Elaboración propia

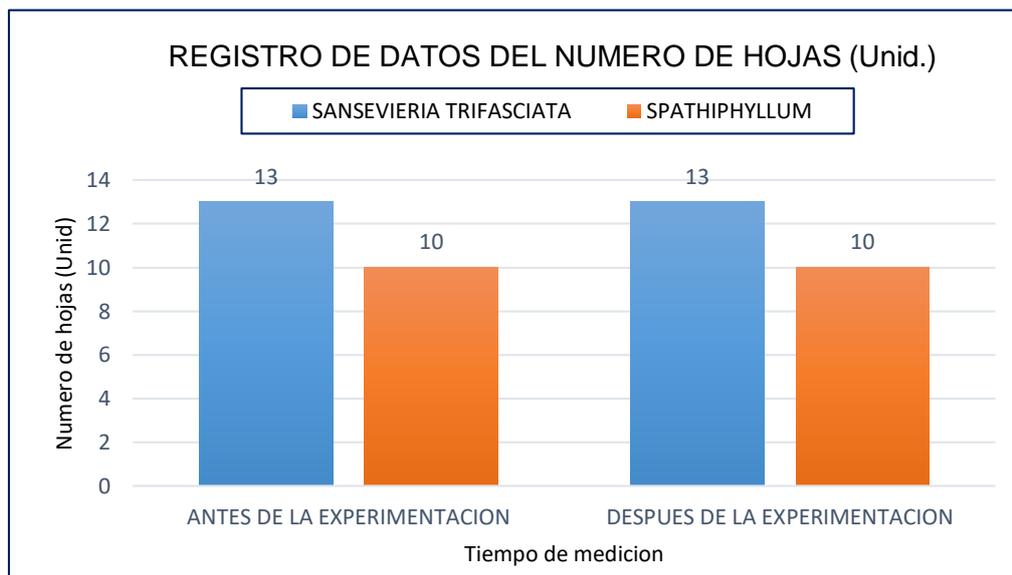


Figura 30. Comparación del número de hojas (Unidades) de la planta *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum* antes y después del experimento.

Fuente: Elaboración propia

En la presente investigación, se utilizaron las plantas *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum*, las cuales fueron evaluadas antes del experimento y después del experimento, se tuvo en cuenta el tamaño de la planta y el número de hojas de estas, la experimentación duro 12 días. La planta *Sansevieria trifasciata* antes del experimento media 100 cm de altura y contaba con 13 hojas, después de realizar la experimentación la planta contaba con las mismas características. También se observó que los colores de las hojas no tuvieron cambios, o sea no se amarillaron ni se marchitaron, por el contrario, lucían un color verde brillante con manchas amarillas, esto nos indica que el gas formaldehído no daña a la planta sino que le sirve como energía para que pueda desarrollarse (25).

Por otro lado, la planta *Spathiphyllum* antes del experimento media 130 cm de altura y contaba con 10 hojas, después de realizar la experimentación la planta tenía el mismo tamaño y el mismo número de hojas, también se observó que esta planta se encontraba en estado de floración asimismo se pudo observar que los colores de las hojas no tuvieron cambios, o sea no se amarillaron ni se marchitaron por el contrario lucían un color verde oscuro brillante, esto nos indica que el gas formaldehído no daña a la planta por el contrario le sirve como energía para su desarrollo (25)

4.1.4. *Resumen de los resultados para determinar la influencia de la especie de la planta en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores*

Tabla 38. *Resumen de resultados inicial y final de cada tratamiento (A1B1), (A2B1), (A3B1), (A1B2), (A2B2), (A3B2), (A1B3), (A2B3), (A3B3).*

ESPECIES POR USAR	EXPOSICIÓN A LA LUZ (HORAS-DÍA)		EXPOSICIÓN A LA LUZ (HORAS- NOCHE)		TIEMPO (22 HORAS)	
	VALOR INICIAL (ppm)	VALOR FINAL (ppm)	VALOR INICIAL (ppm)	VALOR FINAL (ppm)	VALOR INICIAL (ppm)	VALOR FINAL (ppm)
<b>Sansevieria Trifasciata</b>	4	1,72	4	2,14	4	0,97
<b>Spathiphyllum</b>	4	0,34	4	1,01	4	0,16
<b>Spathiphyllum + Sansevieria</b>	4	0,3	4	0,62	4	0,08

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la tabla 38, se muestra el valor inicial y final de cada tratamiento. Con respecto de la exposición de luz en el día, se logró disminuir de 4 ppm a 0,30 ppm; en el tratamiento de noche, se disminuyó de 4 ppm a 0,62 ppm y se puede observar que la combinación de ambas plantas es la más eficiente, ya que en 22 horas de exposición al formaldehído se logró disminuir de 4 ppm a 0,08 ppm. Después de realizar el análisis de estos datos, comparamos con la tabla 10, donde se muestran los valores recomendados de contaminantes en ambientes interiores según la OMS (Organización Mundial de la Salud). En este caso, nos enfocamos en el formaldehído que en el tiempo de exposición de 30 minutos no debe exceder a 0,1 ppm. Se encontró la relación de que a mayor cantidad de formaldehído mayor es la absorción por parte de las plantas

## 4.2. Prueba de hipótesis

### B1

Para un total de 21 mediciones sobre la absorción del formaldehído en ambientes interiores, se muestra que la variación en el ejemplar vegetal, *Sansevieria*, *Spathiphyllum* o en la combinación de ambas plantas, para la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores, presenta una significancia menor a 0,05, aceptando la hipótesis de la investigación.

Tabla 39. Factores intersujetos B1.

Factores intersujetos		
		N
Plant a	Sansevieria	21
	Spathiphyllum	21
m		
SS		21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Pruebas de efectos intersujetos B1.

Pruebas de efectos intersujetos					
Variable dependiente: Absorción					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	25,642 <sup>a</sup>	2	12,821	17,039	,000
Intersección	157,779	1	157,779	209,685	,000
Planta	25,642	2	12,821	17,039	,000
Error	45,147	60	,752		
Total	228,569	63			
Total corregido	70,790	62			

a. R al cuadrado = ,362 (R al cuadrado ajustada = ,341)

Fuente: Elaboración propia

### Pruebas post hoc B1

Las pruebas post hoc para el ejercicio B1 sostienen que *Sansevieria* es la de mejor rendimiento, aunque la diferencia con el rendimiento con los demás tratamientos no es tan significativa como en el ejercicio B3. Además, cabe mencionar que la

presencia de *Spathiphyllum* en el medio y la combinación de ambas plantas demuestran un rendimiento similar, con un valor de significancia de 0,999.

Tabla 41. Comparaciones múltiples B1.

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Absorción					
HSD Tukey					
(I) Planta	(J) Planta	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
Sansevieria	Spathiphyllum	1,3581*	,26770	,000	,7148
	SS	1,3486*	,26770	,000	,7052
Spathiphyllum	Sansevieria	-1,3581*	,26770	,000	-2,0014
	SS	-,0095	,26770	,999	-,6529
SS	Sansevieria	-1,3486*	,26770	,000	-1,9919
	Spathiphyllum	,0095	,26770	,999	-,6338

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Comparaciones múltiples B1.

Comparaciones múltiples		
Variable dependiente: Absorción		
HSD Tukey		
(I) Planta	(J) Planta	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
Sansevieria	Spathiphyllum	2,0014
	SS	1,9919
Spathiphyllum	Sansevieria	-,7148
	SS	,6338
SS	Sansevieria	-,7052
	Spathiphyllum	,6529

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,752.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia

### Subconjuntos homogéneos

Tabla 43. Absorción B1.

Absorción			
HSD Tukey <sup>a,b</sup>			
Planta	N	Subconjunto	
		1	2
Spathiphyllum	21	1,1267	
SS	21	1,1362	
Sansevieria	21		2,4848
Sig.		,999	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
 Se basa en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática(Error) = ,752.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 21,000.  
 b. Alfa = 0,05.

Fuente: Elaboración propia

### Gráficos de perfil

Se puede observar que las medias marginales estimadas de absorción son mayores con presencia de *Sansevieria* en el medio, en comparación con las otras dos alternativas.

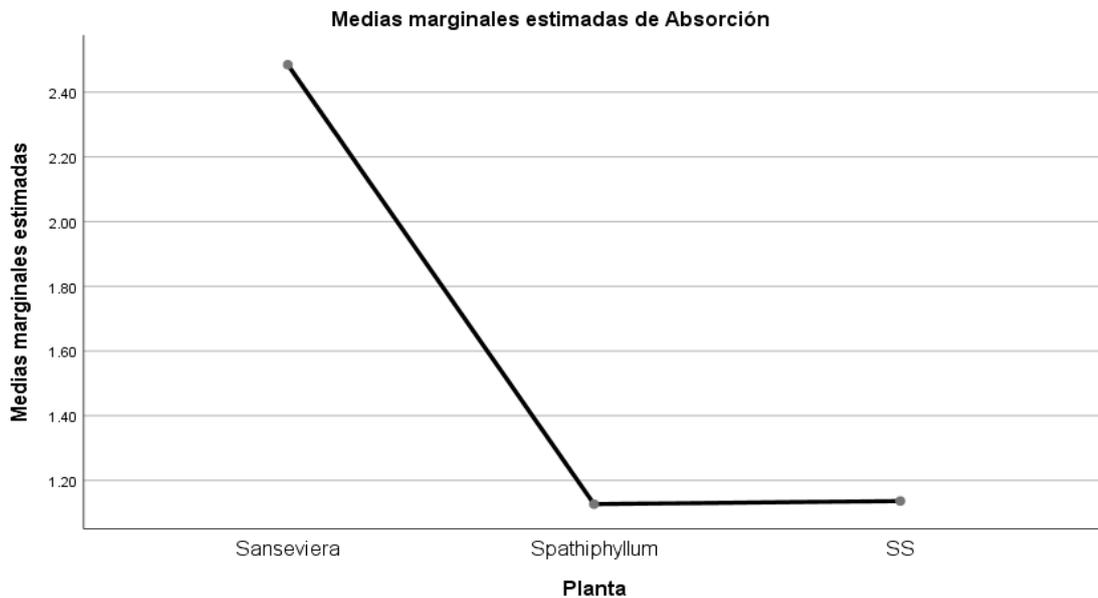


Figura 31. Medias marginales estimadas de absorción.

Fuente: Elaboración propia

## B2

Para un total de 21 mediciones sobre la absorción del formaldehído en ambientes interiores, se muestra que la variación en el ejemplar vegetal, *Sansevieria*, *Spathiphyllum* o en la combinación de ambas plantas, para la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores, presenta una significancia menor a 0,05, aceptando la hipótesis del investigador.

Tabla 44. Factores intersujetos B2.

Factores intersujetos		
		N
Plant a	sansevieria	21
	spathiphyllum	21
	SS	21

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Pruebas de efectos intersujetos.

Pruebas de efectos intersujetos					
Variable dependiente: Absorción					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	17,912 <sup>a</sup>	2	8,956	13,857	,000
Intersección	287,147	1	287,147	444,267	,000
Planta	17,912	2	8,956	13,857	,000
Error	38,780	60	,646		
Total	343,840	63			
Total corregido	56,693	62			

a. R al cuadrado = ,316 (R al cuadrado ajustada = ,293)

Fuente: Elaboración propia

### Pruebas post hoc B2

Las pruebas post hoc para el ejercicio B2 sostiene que *Sansevieria* es la de mejor rendimiento, aunque la diferencia con el rendimiento con los demás tratamientos disminuye aún más en comparación con los otros ejercicios, dando lugar a suponer que el rendimiento en la absorción de formaldehído es menor durante la noche. Además, cabe mencionar que las similitudes dentro de los tratamientos permiten obtener significancias del 0,007 y 0,102.

Tabla 46. Comparaciones múltiples B2.

<b>Comparaciones múltiples</b>					
Variable dependiente: Absorción					
HSD Tukey					
(I) Planta	(J) Planta	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
sans	spathiphyllum	,7810*	,24811	,007	,1847
evier	SS	1,2971*	,24811	,000	,7009
ia	sansevieria	-,7810*	,24811	,007	-1,3772
spat	SS	,5162	,24811	,102	-,0801
hiph					
yllu					
m					
SS	sansevieria	-1,2971*	,24811	,000	-1,8934
	spathiphyllum	-,5162	,24811	,102	-1,1124
	m				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47. Comparaciones múltiples B2.

<b>Comparaciones múltiples</b>		
Variable dependiente: Absorción		
HSD Tukey		
(I) Planta	(J) Planta	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
sansevieria	spathiphyllum	1,3772
	SS	1,8934
spathiphyllum	sansevieria	-,1847
	SS	1,1124
SS	sansevieria	-,7009
	spathiphyllum	,0801

---

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,646.

---

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

---

Fuente: Elaboración propia

### Subconjuntos homogéneos

Tabla 48. Absorción B2.

Absorción			
HSD Tukey <sup>a,b</sup>			
Planta	N	Subconjunto	
		1	2
SS	21	1,5305	
spathiphyllu m	21	2,0467	
sansevieria	21		2,8276
Sig.		,102	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,646.

---

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 21,000.

---

b. Alfa = 0,05.

---

Fuente: Elaboración propia

### Gráficos de perfil

El gráfico de medias marginales estimadas de absorción demuestra que *Sansevieria* es el tratamiento con mayor eficiencia. Además, la tendencia del comportamiento de los tratamientos deja visualizar que la eficacia de los diferentes tratamientos no dista tanto.

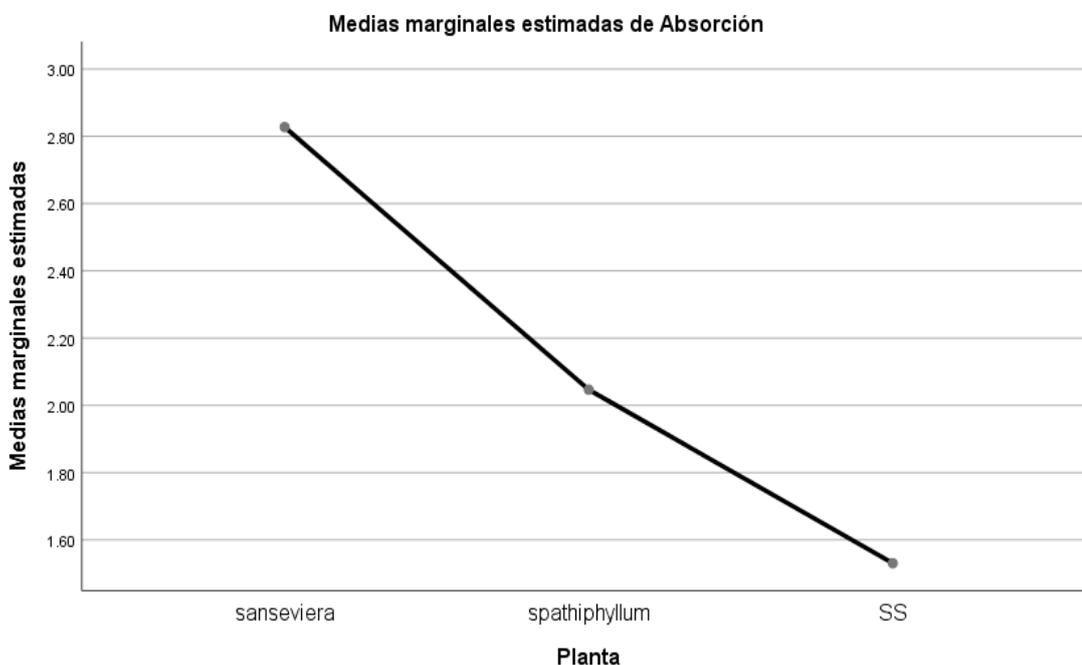


Figura 32. Medias marginales estimadas de absorción.  
Fuente: Elaboración propia

### B3

Para un total de 45 mediciones sobre la absorción del formaldehído en ambientes interiores, se muestra que la variación en el ejemplar vegetal, *Sansevieria*, *Spathiphyllum* o en la combinación de ambas plantas, para la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores, presenta una significancia menor a 0,05, aceptando la hipótesis de la investigación.

Tabla 49. Factores intersujetos B3.

Factores intersujetos		
		N
Plant	Sansevieria	45
a	Spathiphyllu	45
	m	

SS	45
----	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Pruebas de efectos intersujetos B3.

Pruebas de efectos intersujetos					
Variable dependiente: Absorción					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	31,539 <sup>a</sup>	2	15,770	21,177	,000
Intersección	186,702	1	186,702	250,725	,000
Planta	31,539	2	15,770	21,177	,000
Error	98,293	132	,745		
Total	316,534	135			
Total corregido	129,833	134			

a. R al cuadrado = ,243 (R al cuadrado ajustada = ,231)

Fuente: Elaboración propia

### Pruebas post hoc B3

Las pruebas post hoc permiten observar la comparación múltiple de la absorción presentada para (1) *Sansevieria*, (2) *Spathiphyllum* y (3) la combinación de ambos ejemplares. Estas demuestran que, para el ejercicio B3, *Sansevieria* es la de mejor rendimiento. Además, cabe mencionar que la presencia de *Spathiphyllum* en el medio y la combinación de ambas plantas demuestran un rendimiento similar, con un valor de significancia de 0,718.

Tabla 51. Comparaciones múltiples B3.

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Absorción					
HSD Tukey					
(I) Planta	(J) Planta	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior
Sansevieria	<i>Spathiphyllum</i>	,9473*	,18192	,000	,5161
	SS	1,0887*	,18192	,000	,6574

Spathi phyllu m	Sansevieria	-,9473*	,18192	,000	-1,3786
	SS	,1413	,18192	,718	-,2899
SS	Sansevieria	-1,0887*	,18192	,000	-1,5199
	Spathiphyllum	-,1413	,18192	,718	-,5726

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Comparaciones múltiples B3.

Comparaciones múltiples		
Variable dependiente: Absorción		
HSD Tukey		
(I) Planta	(J) Planta	Intervalo de confianza al 95%
		Límite superior
sansevieria	spathiphyllum	1,3786
	SS	1,5199
spathiphyllum	sansevieria	-,5161
	SS	,5726
SS	sansevieria	-,6574
	spathiphyllum	,2899

Se basa en las medias observadas.  
El término de error es la media cuadrática (Error) = ,745.  
\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia

### Subconjuntos homogéneos

Tabla 53. Absorción B3.

Absorción			
HSD Tukey <sup>a,b</sup>			
Planta	N	Subconjunto	
		1	2
SS	45	,7660	
spathiphyllu m	45	,9073	
sansevieria	45		1,8547
Sig.		,718	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
Se basa en las medias observadas.

---

El término de error es la media cuadrática  
(Error) = ,745.

---

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media  
armónica = 45,000.

---

b. Alfa = 0,05.

---

Fuente: Elaboración propia

### Gráficos de perfil

Se puede observar que las medias marginales estimadas de absorción son mayores con presencia de *Sansevieria* en el medio, en comparación con las otras dos alternativas.

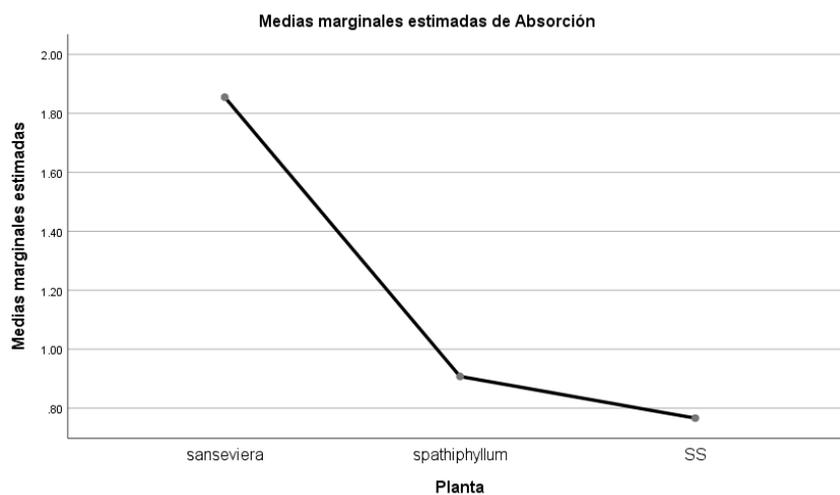


Figura 33. Medias marginales estimadas de absorción B3.

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Discusión de resultados

Los resultados muestran que, al incrementar la concentración del COV formaldehído, la capacidad de absorción de las plantas es alta. Por el contrario, cuando hay menor concentración de este gas, menor es la capacidad de absorción. Así también, este resultado se respalda con la investigación titulada "*Purification capabilities of golden pothos and peace lily for indoor air pollutants and its application to a relaxation space*", en la cual se tuvieron como resultados que, a mayor concentración del gas formaldehído, aumentaba la capacidad de absorción de las plantas (8).

La combinación de plantas ornamentales resultó ser más efectiva en la eliminación del gas formaldehído. Durante el periodo de 22 horas, se logró absorber el 98 % del formaldehído. Asimismo, en una evaluación de las plantas, *Zamioculcas*

*zamiifolia* y *Sansevieria trifasciata*, muestran como resultados que las plantas al ser combinadas eliminaron más del 95 % de Compuestos Orgánicos Volátiles (9).

El *Spathiphyllum* elimina el formaldehído en mayor porcentaje durante el día en comparación con la noche. En un estudio, también se obtienen resultados donde la concentración del formaldehído es alta en el periodo oscuro y la reducción es notable en el periodo de luz (10).

También se obtuvo que ambas plantas son resistentes al formaldehído, esto se evidencia porque las características morfológicas de las no se vieron afectadas. Existe un estudio donde una serie de plantas han sido expuestas a una concentración de 15ppm del gas formaldehído en la que determinaron que el *Spathiphyllum* tiene mayor resistencia a diferencia de la *Sansevieria trifasciata* (11).

La contrastación de la hipótesis se realizó utilizando el programa estadístico SPSS, mediante el cual se obtuvo una significancia menor a 0,05, aceptando la hipótesis alterna de la investigación. Esta es que la *Sansevieria trifasciata*, *Spathiphyllum* y la combinación de ambas plantas son eficientes en la disminución del COV formaldehído en ambientes interiores. En ella se sostiene que las plantas ornamentales absorben contaminantes, esto también es respaldada por los autores mencionados en los antecedentes de la presente investigación.

## CONCLUSIONES

La concentración de COV sí disminuye en ambientes interiores: la *Sansevieria trifasciata* absorbió (75,75 % en 22h, 57 % de día y 46,5 % de noche), *Spathiphyllum* absorbió (96 % en 22h, 91,5 % de día y 74,75 % de noche) y la combinación de ambas plantas es más eficiente en la absorción del gas formaldehído, ya que absorbió (98 % en 22h, 92,5 % en el día y 84,5 % en la noche).

La exposición a la luz influye en la disminución del COV formaldehído en un ambiente interior. En esta investigación, pudimos determinar que las plantas utilizadas requieren bajas intensidades de luz. Por ello, no tuvimos ningún inconveniente en la adaptación de las plantas en la cámara cerrada.

A mayor tiempo de exposición de las plantas al formaldehído, la concentración será mínima en el ambiente interior. En 22 horas, las plantas ornamentales: *Sansevieria trifasciata* redujo la concentración del formaldehído de 4ppm a 0,97ppm, *Spathiphyllum* redujo de 4ppm a 0,16ppm y la combinación de ambas plantas redujo de 4ppm a 0,08ppm.

A mayor cantidad de follaje en las plantas ornamentales, mayor es la absorción del COV formaldehído en ambientes interiores. En este caso, el *Spathiphyllum* absorbió más formaldehído a diferencia de la *Sansevieria trifasciata*.

La especie de la planta influye en la capacidad de absorción del formaldehído, por lo que la NASA recomienda a estas plantas ornamentales.

Con la combinación de ambas plantas, se logró reducir la concentración del COV formaldehído por debajo del valor guía (0,1ppm) recomendada por la Organización Mundial de la Salud.

## RECOMENDACIONES

La investigación ayudará a las personas a seleccionar las mejores plantas ornamentales de interior para el control de la contaminación por los Compuestos Orgánicos Volátiles.

Es necesario conocer la adaptación de las plantas a las intensidades de la luz, ya que existen plantas que requieren altas intensidades de luz para su desarrollo. La introducción de las plantas ornamentales en ambientes interiores es beneficiosa, ya que no solo disminuye la concentración de los Compuestos Orgánicos Volátiles, sino que, también, brinda beneficios psicológicos, fisiológicas y de rendimiento a las personas.

Se recomienda la combinación de ambas plantas, *Sansevieria trifasciata* y *Spathiphyllum*, para la eliminación óptima del formaldehído en ambientes interiores. Más aún en ambientes que utilizan productos que emiten formaldehído.

Se recomienda realizar investigaciones utilizando las plantas ornamentales con otros Compuestos Orgánicos Volátiles en ambientes interiores en la ciudad de Huancayo, ya que no se encuentran investigaciones locales.

Se recomienda realizar estudios de la disminución del COV formaldehído con la exposición de las plantas ornamentales recomendadas según la NASA a diferentes intensidades de luz para obtener resultados específicos.

Se recomienda utilizar la *Sansevieria trifasciata* en dormitorios y el *Spathiphyllum* en oficinas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CERNA GARCÍA, Nancy Anabella. (2008). *Estudio sobre la exposición ocupacional a formaldehído de trabajadores preparadores de cadáveres en funerarias de la ciudad de Guatemala* [online]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QF1065.pdf>
2. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2018). Nueve de cada 10 personas en todo el mundo respiran aire contaminado, pero más países están tomando acciones. [online]. [Accessed 13 March 2021]. Disponible en: [https://www.paho.org/col/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2958:nueve-de-cada-10-personas-en-todo-el-mundo-respiran-aire-contaminado-pero-mas-paises-estan-tomando-acciones&Itemid=562](https://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=2958:nueve-de-cada-10-personas-en-todo-el-mundo-respiran-aire-contaminado-pero-mas-paises-estan-tomando-acciones&Itemid=562)
3. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2019). La contaminación del aire es una de las principales causas ambientales de muerte por cáncer. [online]. [Accessed 13 March 2021]. Disponible en: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=9089:2013-outdoor-air-pollution-leading-environmental-cause-cancer-deaths&Itemid=135&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9089:2013-outdoor-air-pollution-leading-environmental-cause-cancer-deaths&Itemid=135&lang=es)
4. IDROBO AVILA, Ennio Hugo, VASQUEZ LÓPEZ, Jairo A. & VARGAS CAÑAS, Rubiel. Occupational exposure to formaldehyde and new table of occupational diseases. *Revista de Salud Pública* [online]. 1 May 2017. Vol. 19, N.º 3, p. 382–385. [Accessed 16 March 2021]. DOI 10.15446/rsap.v19n3.47740. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revsaludpublica/article/view/47740>
5. RIVERA ORCOAPAZA, Cesar. (2015). *Determinación del daño genotóxico en trabajadores expuestos a formaldehído de tres laboratorios de anatomía patológica de Lima Metropolitana* [online]. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Accessed 19 March 2021]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4260>
6. AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE. (2013). *Calidad del aire en lugares cerrados. 2021*.
7. NASA. (2007). *Plants Clean Air and Water for Indoor Environments*. [online]. [Accessed 19 April 2021]. Disponible en: [https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2007/ps\\_3.html](https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2007/ps_3.html)
8. OYABU, Takashi, SAWADA, Ayako, KURODA, Hiroyuki, HASHIMOTO, Tomoaki & YOSHIOKA, Takayuki. Purification Capabilities of Golden Pothos and Peace Lily for Indoor Air Pollutants and Its Application to a Relaxation Space. *Journal of Agricultural Meteorology* [online]. 2005. Vol. 60, N.º 6, p. 1145–1148. DOI 10.2480/agrmet.1145. Disponible en: [jstage.jst.go.jp/article/agrmet/60/6/60\\_1145/\\_pdf/-char/en](http://jstage.jst.go.jp/article/agrmet/60/6/60_1145/_pdf/-char/en)
9. ULLAH, Haseeb, TREESUBSUNTORN, Chairat & THIRAVETYAN, Paitip. (2021). Enhancing mixed toluene and formaldehyde pollutant removal by *Zamioculcas zamiifolia* combined with *Sansevieria trifasciata* and its CO<sub>2</sub> emission. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. Vol. 28, N.º 1, p. 538–546. DOI 10.1007/s11356-020-10342-w. Disponible en: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11356-020-10342-w#citeas>
10. LEE, Jinhee & KANG, Hyunkyung. (2015). The effect of improving indoor air quality using some C3 plants and CAM plants. *Indian Journal of Science and Technology* [online]. Vol. 8, N.º 26, p. 1–7. DOI 10.17485/ijst/2015/v8i26/80693. Disponible en: <https://rd.springer.com/article/10.1007/s11356-020-10342-w#citeas>

11. ZHOU, Junhui, QIN, Feifei, SU, Jie, LIAO, Jian wu & XU, Hui lian. (2011). Purification of formaldehyde-polluted air by indoor plants of Araceae, Agavaceae and Liliaceae. *Journal of Food, Agriculture and Environment* [online]. Vol. 9, p. 1012–1018. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-80655123388&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e0c0b8f8dfb1a73cfefa38c724d7d4b8&sot=b&sdt=b&sl=53&s=TITLE-ABS-KEY%28formaldehyde+sansevieria+spathiphyllum%29&relpos=1&citeCnt=18&searchTerm=>
12. ROSAS VILLANUEVA, Wilmer Rafael. (2018). “Eficiencia de la planta Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*) para la fitoremediación de los gases interiores (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) presentes en la I.E.P Isaac Newton, SJL-2018”
13. CAMPOVERDE QUISPE, Arnold. (2018). “Reducción del Formaldehído proveniente de la Fabricación de Bolsas Plásticas mediante la especie vegetal Cinta (*Chlorophytum comosum*), Comas - Lima, 2018.” Universidad Cesar Vallejo
14. HUAMAN CRISTOBAL, Melva & CENTENO OCHOA, Fanny. (2018). *Daños a la salud producidos por exposición ocupacional al formaldehído en personal que labora en centros hospitalarios trabajo*. Universidad Norbert Wiener.
15. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD E HIGIENE. (1998). *Calidad del aire interior* [online]. [Accessed 27 July 2021]. ISBN 978-84-964-5934-8. Disponible en: [https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824)
16. CARAZO FERNÁNDEZ, Luis, FERNÁNDEZ ALVAREZ, Ramón, GONZÁLEZ-BARCALA, Francisco Javier & RODRÍGUEZ PORTAL, José Antonio. (2014). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología* [online]. Vol. 49, no. 1, p. 22–27. DOI 10.1016/j.arbres.2012.04.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
17. BERENGUER SUBILS, Jose, GUARDINO SOLÁ, Xavier, HERNÁNDEZ CALLEJA, Ana, MARTÍ SOLÉ, Carmen, NOGAREDA CUIXART, Clotilde and SOLÉ GOMEZ, Dolores. *El Síndrome del Edificio Enfermo*. Madrid, 1994. ISBN 8474253934.
18. HESTER, Ronald E. & HARRISON, Roy M. (1995). *VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN THE ATMOSPHERE* [online]. ISBN 0854042156, 9780854042159. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=uN3xtF6vmAcC&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=uN3xtF6vmAcC&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
19. PIÑOL, E, MUSSONS, X, ROSELL, E, GUARDINO, X and GADEA, E. (2013). Calidad del aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort. *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo* [online]. P. 1–6. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/972w.pdf>
20. WALKER, J. Frederic. (1964). *Formaldehyde*. Tercera. R.E. Krieger. ISBN 0-88275-218-9.
21. SALTHAMMER, Tunga, MENTESE, Sibel & MARUTZKY, Rainer. (2010). Formaldehyde in the indoor environment. *Chemical Reviews* [online]. Vol. 110, N.º 4, p. 2536–2572. DOI 10.1021/cr800399g. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cr800399g>
22. ACHKOR, Kakima. (2003). Estudio funcional de la formaldehído deshidrogenasa dependiente de glutatión de *Arabidopsis Thaliana*. [online], p. 147. Disponible en: <http://docplayer.es/38276935-Estudio-funcional-de-la-formaldehido-deshidrogenasa-dependiente-de-glutation-de-arabidopsis-thaliana-aplicaciones-en-fitoremediacion.html>

23. SARIGIANNIS, Dimosthenis A., KARAKITSIOS, Spyros P., GOTTI, Alberto, LIAKOS, Ioannis L. & KATSOYIANNIS, Athanasios. (2011). Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk. *Environment International* [online]. Vol. 37, no. 4, p. 743–765. DOI 10.1016/j.envint.2011.01.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2011.01.005>
24. RAMÍREZ PÉREZ, María Antonieta, GARICANO QUIÑÓNEZ, Luis Fernando, DEL CAMPO BALSAS, M<sup>a</sup> Teresa, RAMÍREZ PÉREZ, María Antonieta, GARICANO QUIÑÓNEZ, Luis Fernando & DEL CAMPO BALSAS, M<sup>a</sup> Teresa. (2018). Efectos biológicos y seguimiento médico de los trabajadores expuestos al formaldehído. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo* [online]. Vol. 27, no. 2, p. 110–117. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1132-62552018000200110&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://files/91/Ramírez Pérez et al. - 2018 - Efectos biológicos y seguimiento médico de los tra.pdf](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1132-62552018000200110&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://files/91/Ramírez Pérez et al. - 2018 - Efectos biológicos y seguimiento médico de los tra.pdf)
25. FLORES, Taddeo & Faustino Tacza. (2014). "Determinación del tiempo y la influencia de adsorción del formaldehído con plantas ornamentales *Spathiphyllum* "Mauna loa", *Peperomia obtusifolia* y *Dracaena massangeana* en ambientes cerrados. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
26. DELGADILLO LÓPEZ, Angélica Evelin, GONZÁLEZ RAMÍREZ, César Abelardo, PRIETO GARCÍA, Francisco, VILLAGÓMEZ IBARRA, José Roberto and ACEVEDO SANDOVA, Otilio. Phytoremediation: An alternative to eliminate pollution. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [online]. 2011. Vol. 14, no. 2, p. 597–612. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
27. DELA CRUZ, Majbrit, CHRISTENSEN, Jan H., THOMSEN, Jane Dyrhauge and MÜLLER, Renate. Can ornamental potted plants remove volatile organic compounds from indoor air? — a review. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2014. Vol. 21, no. 24, p. 13909–13928. DOI 10.1007/s11356-014-3240-x. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3240-x>
28. LOVE THE GARDEN. (2017). Guía de la NASA sobre plantas de interior que filtran el aire. [online]. [Accessed 12 August 2021]. Disponible en: <https://www.lovethegarden.com/uk-en/article/nasa-guide-air-filtering-houseplants>
29. REYES, Cristian Sanchez. (2013). *Plantas Ornamentales: Cultivo, manejo y especies*. Ripalme E. Lima. ISBN 978-9972-840-08.1.
30. QIN, Jun, SUN, Chanjuan, ZHOU, Xin, LENG, Hanbing & LIAN, Zhiwei. (2014). The effect of indoor plants on human comfort. *Indoor and Built Environment* [online]. Vol. 23, no. 5, p. 709–723. DOI 10.1177/1420326X13481372. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.001](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84907197995&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=e4da6b7c349f7edb487ef559ec899ef3&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28sansevieria+indoor+environments%29&relpos=9&citeCnt=27&searchTerm=BRINGSLIMARK, Tina, HARTIG, Terry & PATIL, Grete G. (2009). The psychological benefits of indoor plants: A critical review of the experimental literature. <i>Journal of Environmental Psychology</i> [online]. Vol. 29, N.º 4, p. 422–433. DOI 10.1016/j.jenvp.2009.05.001. Disponible en: <a href=)

32. AYDOGAN, Ahu & CERONE, Ryan. (2021). Review of the effects of plants on indoor environments. *Indoor and Built Environment* [online]. Vol. 30, N.º 4, p. 442–460. DOI 10.1177/1420326X19900213. Disponible en: [https://airyamerica.com/wp-content/uploads/2018/10/AIR-up-your-life\\_sp\\_digital-español.pdf](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078330499&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=f7864915d3e23924dc199bd6213a8d4f&sot=b&sdt=b&sl=42&s=TITLE-ABS-KEY%28formaldehyde+remove++plants%29&relpos=2&citeCnt=5&searchTerm=RIESTERER, Karin. (2015). Air up your life Un viaje por el mundo de las plantas purificadoras de aire Karin Riesterer [online]. Disponible en: <a href=)
33. RIESTERER, Karin. (2015). *Air up your life Un viaje por el mundo de las plantas purificadoras de aire Karin Riesterer* [online]. Disponible en: [https://airyamerica.com/wp-content/uploads/2018/10/AIR-up-your-life\\_sp\\_digital-español.pdf](https://airyamerica.com/wp-content/uploads/2018/10/AIR-up-your-life_sp_digital-español.pdf)
34. ESPINOSA AQUINO, Beatriz. (2015). las mejores planta de interior según la NASA. [online]. Vol. 1, N.º 2, p. 1–11. Disponible en: <https://licuap.buap.mx/sites/default/files/revista/2015/02/lasplantassegunNASA.pdf>
35. *Constitución Política del Perú* [online]. (1993). Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/presidencia/informes-publicaciones/196158-constitucion-politica-del-peru>
36. REPUBLICA DEL PERÚ. *Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM*. 2017.
37. MINISTERIO DE SALUD. (2005). *DECRETO SUPREMO N.º 015-2005-SA* [online]. Lima, Disponible en: [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/DS\\_015-20015-SA\\_APRUEBAN REGLAMENTO SOBRE VALORES LIMITE PERMISIBLES PARA AGENTES QUIMICOS EN EL AMBIENTE DE TRABAJO.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/DS_015-20015-SA_APRUEBAN REGLAMENTO SOBRE VALORES LIMITE PERMISIBLES PARA AGENTES QUIMICOS EN EL AMBIENTE DE TRABAJO.pdf)
38. BARREIRO, Aurora Camacho & ROCHE, Liliana Ariosa. (2011). *Diccionario de terminos ambientales* [online]. La Habana. ISBN 959-7071-16-9. Disponible en: [https://www.hogaresjuvenilescampesinos.org/gallery/diccionario\\_ambiental.pdf](https://www.hogaresjuvenilescampesinos.org/gallery/diccionario_ambiental.pdf)
39. CEGARRA SANCHEZ, Jose. (2004). *Metodología de la investigación cinética y tecnológica* [online]. Madrid [Accessed 23 March 2021]. ISBN 84-7978-624-8. Disponible en: [https://www.academia.edu/31681132/Metodología\\_de\\_la\\_investigación\\_cinética\\_y\\_tecnológica](https://www.academia.edu/31681132/Metodología_de_la_investigación_cinética_y_tecnológica)
40. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto & MENDOZA TORRES, Christian Paulina. (2018). *Metodología de la Investigación*. Mexico. ISBN 978-1-4562-6096-5.

## **ANEXOS**

## ANEXO N.º 01. OBTENCIÓN DE LAS PLANTAS



Fotografía N.º 01: Compra de la planta (Spathiphyllum) de un vivero en Huancayo



Fotografía N.º 02: Aclimatación de la planta (Spathiphyllum) a temperatura ambiente



Fotografía N.º 03: Compra de la planta (Sansevieria Trifasciata) de un vivero en Huancayo



Fotografía N.º 04: Aclimatación de la planta (Sansevieria Trifasciata) a temperatura ambiente

## ANEXO N.º 02. OBTENCIÓN DEL FORMALDEHIDO

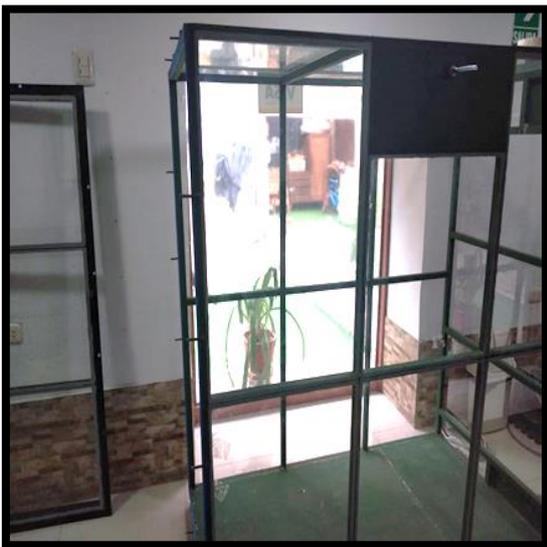


Fotografía N.º 05: Nombre del laboratorio de donde se compró el formaldehído



Fotografía N.º 06: Formaldehído que se utilizó para realizar el experimento

## ANEXO N.º 03. IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA PARA EL EXPERIMENTO



Fotografía N.º 07: Instalación de la cámara cerrada con acero y vidrio grueso



Fotografía N.º 08: Puerta hermética de la cámara cerrada

## ANEXO N.º 04. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO



Fotografía N.º 09: El gas formaldehído para la calibración del equipo



Fotografía N.º 10: Calibrando el equipo HAL-HF X205

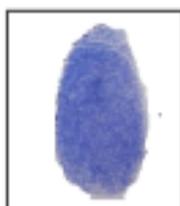


Fotografía N.º 07: Equipo calibrado utilizando el manual de uso. La calibración del equipo fue realizada por el Ingeniero Taddeo Tacza Flores

## DECLARACION JURADA

Yo **Nancy PÁRRAGA MELGAREJO**, identificada con DNI N° 20056857, con CIP N° 46339 y domiciliada en Pje Simona Montes N° 150 **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que se ha realizado la calibración del equipo: **medidor de formaldehído HFX205**, de acuerdo al protocolo del manual; donde menciona que puede ser calibrado por el usuario. Utilizando la técnica estándar de Cero-Span.

Me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento en la ciudad de Huancayo, a los 27 días del mes de octubre, año 2021.



  
Dra. Nancy Parraga Melgarejo  
CIP N° 46339

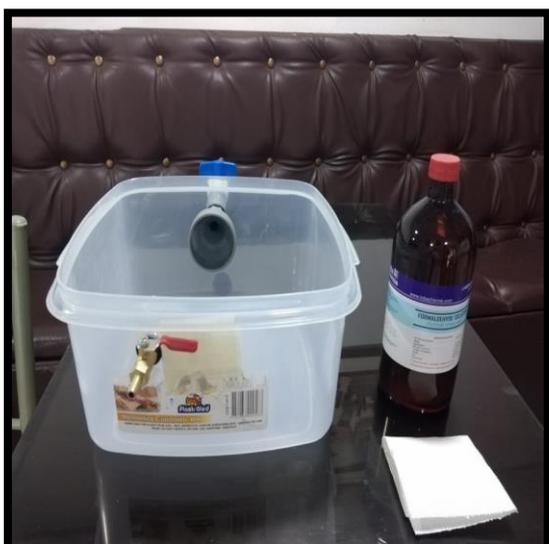
## ANEXO N.º 05. DESARROLLO DEL EXPERIMENTO



Fotografía N.º 09: Colocando la planta (Spathiphyllum) dentro de la cámara



Fotografía N.º 10: Cerrando la cámara para realizar el experimento



Fotografía N.º 11: Recipiente donde colocaremos el formaldehído



Fotografía N.º 12: Colocando el formaldehído en el recipiente



**Fotografía N.º 13: Conectando el recipiente con formaldehído a la cámara cerrada e introducirla con aire mediante un motor**



**Fotografía N.º 14: Realizando la medición de día cada 15 minutos con la planta (*Spathiphyllum*)**



**Fotografía N.º 15: Colocando la planta (*Sansevieria Trifasciata*) dentro de la cámara**



**Fotografía N.º 16: Cerrando la cámara para realizar el experimento**



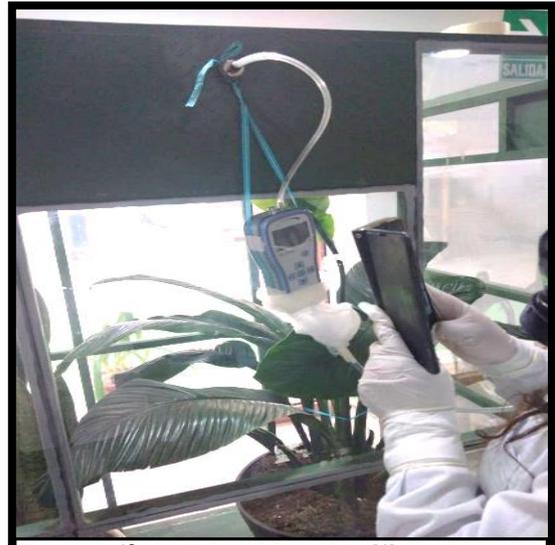
**Fotografía N.º 17: Colocando las dos plantas (Spathiphyllum y Sansevieria Trifasciata) dentro de la cámara**



**Fotografía N.º 18: Cerrando la cámara para realizar el experimento**



**Fotografía N.º 19: Realizando la medición de las dos plantas (Spathiphyllum y Sansevieria Trifasciata)**



**Fotografía N.º 20: Verificando las mediciones de las dos plantas (Spathiphyllum y Sansevieria Trifasciata)**

## ANEXO N.º 5

### MEDICIONES DE LAS PLANTAS (HOJAS Y TAMAÑO)



Fotografía N.º 21: Realizando la medición de las hojas de la planta *Spathiphyllum*



Fotografía N.º 22: Realizando la medición de las hojas de la planta *Sansevieria Trifasciata*



Fotografía N.º 23: Realizando la medición del tamaño de la planta *Sansevieria Trifasciata*



Fotografía N.º 24: Realizando la medición del tamaño de la planta *Spathiphyllum*

## ANEXO N.º 6

### FINALIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN



Fotografía N.º 25: Finalizando y corroborando datos de la experimentación



Fotografía N.º 26: Equipo que realizó la experimentación

## ANEXO N.º 7

### FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO DE MEDICIÓN



- Rápido tiempo de respuesta
- Indicación de tiempo real
- No precisa tiempo de calentamiento
- Pantalla retroiluminada
- Memoria (almacenamiento de valores)
- Puerto USB
- Posibilidad de medición continua en tiempo real
- Alarma de valores límite (TLV,STEL)
- Alimentación por acumulador
- Calibración automática in situ

#### Especificaciones Técnicas

- **Rango de Medición:** 0.00 – 10 ppm
- **Resolución:** 0.01 ppm
- **Precisión:** +- 2%
- **Tipo de sensor:** Electroquímico
- **Tiempo de respuesta:** <30 s
- **Calibración:** In situ o calibración en laboratorio con certificado a través de PCE.
- **Límite de alarma:** TLV 0.3 STEL 2ppm, definido por el usuario.
- **Capacidad de memoria:** Max. 99 valores
- **Interfaz:** USB
- **Condiciones Ambientales:** +5...+40 °C / <95 % H.r
- **Alimentación:** Acumulador Litio
- **Duración:** Aprox. 6h con una carga
- **Dimensiones:** 80 x 35x 158 mm
- **Peso:** 200 g

#### Formaldehido

El Formaldehido es un elemento incoloro, de un olor penetrante, que a temperatura ambiente es gaseoso. Un uso indebido del formaldehido puede producir alergias e irritaciones de la piel, las vías respiratorias o los ojos. Se le considera como cancerígeno. Cuando en el sector textil (vestimentas) se efectúan voluntariamente comprobaciones de sustancias nocivas (como Toxproof o Oko –Tex-100, se da como valor límite 20 mg/kg (20 ppm). Este es también el valor límite de prendas para bebés. Para prendas ajustadas el valor es de 75 mg/kg, para el resto de prendas 300 mg/kg. El valor límite en Alemania es de 1500 mg/kg (1500 ppm). Otros campos donde se encuentra formaldehido, además del textil: son maderas, muebles, paneles de aglomerado y pavimentos.

#### Interferencias

##### Sustancia química – Equivalente del formaldehido

100 ppm metanol: 1 ppm

100 ppm etanol: 1 ppm

100 ppm isopropanol: 0.5 ppm

100 ppm CO: 1 ppm

25 ppm fenol: 0.05 ppm

100 ppm acetaldehído: 0.5 ppm

100 ppm hidrogeno: 3 ppm

50 ppm sulfuro de hidrogeno: 0.5 ppm

50 ppm dióxido de azufre: 0.5 ppm