

**Programa de Diploma IB**  
**Biología Nivel Superior**  
**Monografía en Biología**

Código del estudiante: krf926

N° de palabras: 3998

**¿Cuáles son las consecuencias de la planta originaria *Senecio vulgaris* a la exposición de material particulado de 2.5 micrómetros a distintas concentraciones tomando en consideración los valores de Puchuncaví, Chile, e índices de la OMS? Evidenciado por la coloración de sus hojas en respecto a su cantidad, aumento en cantidad de hojas, vilanos y flores. Manteniendo las distintas series a una misma cantidad de masa de tierra donde contienen igual agua, reciben la misma cantidad de luz solar y temperaturas en simultaneo durante el transcurso de los días.**

Las plantas presentan una gran importancia para la vida de los ecosistemas, por lo que parte de la biología se dedica a estudiarlas. Por otro lado, los humanos comprenden estos conceptos, sin embargo, ellos buscan su propio crecimiento, ya sea mediante la deforestación o la creación de industrias las cuales no benefician a la flora local, produciéndose zonas de sacrificio debido a la gran producción industrial que limita el desarrollo de la vida en general, y parte de ella, las plantas. La flora en un ecosistema es el primer componente para la proliferación de la vida animal, ya sean primero herbívoros y después carnívoros, por lo que al reducir la masa ecológica de las plantas, se ve afectada todo el resto.

El desarrollo humano afecta a las plantas de diversas maneras, una de ellas son los contaminantes abióticos que liberan las industrias al aire, entre ellos se encuentra el dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre entre otros. También se encuentran los materiales particulados de 2.5 y 10 micrómetros, donde estos pueden pertenecer a una variedad de residuos pequeños en el aire como la quema de combustibles fósiles y polvo común, los cuales frecuentan en el área afectada por grandes industrias, desplazándose por el aire hasta posarse sobre las hojas de las plantas, inhibiendo la absorción de luz para promover la fotosíntesis y el desarrollo saludable de la flora, donde puede llevar hasta la muerte de estas. Una gran área de estas se denomina zonas de sacrificio, las cuales indican un daño irreparable para la flora y fauna local por la liberación de factores abióticos dañinos al medio ambiente debido a una extensa ocupación industrial con fines plenamente

económicos y no conservativos del medio ambiente. Por esta razón la ONU dentro de sus objetivos de desarrollo sostenible<sup>1</sup> incluye el punto 7: energía sostenible y no contaminante, el 12: producción y consumo responsables, y el 15: vida de ecosistemas terrestres, los cuales no se respetan en las zonas de sacrificio, así también como los puntos 3, 6, 11, 13, y 14 sobre medioambiente y salud. El problema es de carácter mundial, y una de las organizaciones a cargo de manejarlo es la ONU e incluso la OMS en términos de salud, por ello la contaminación está delimitada por estas organizaciones para que respeten en todo el mundo.

Bajo el marco teórico, en un contexto local, la región de Valparaíso en Chile contiene la zona de sacrificio denominada Quintero-Puchuncaví, la cual debido a la producción industrial contaminante ha reducido la densidad biológica de las plantas locales, como las pertenecientes al género *Senecio*, las cuales son hierbas pequeñas pero elongadas de flores amarillas o moradas donde luego maduran hasta asemejarse a un diente de león con sus vilanos. Estas plantas son abundantes en la región, donde se incluyen especies endémicas y originarias, para este experimento se utilizará la planta *Senecio vulgaris* ya que es una de las más comunes no solo del sector de Quintero-Puchuncaví, sino de toda la región de Valparaíso. Teniendo como punto de origen a las plantas del género *Senecio*, su exposición a grandes cantidades de material particulado podría afectar a la comunidad de estas plantas en una disminución de estas alrededor de la región.

Las plantas industriales en el sector de Puchuncaví liberan grandes cantidades de contaminantes, donde parte de estos no son correctamente regulados como se debiese, por lo que como consecuencia crea finalmente esta zona de sacrificio, donde uno de los gases que más liberan estas son el mp 2.5 debido a que se encuentran comúnmente en la quema de combustibles fósiles ya sea carbón, leña, o petróleo, donde para esta investigación se obtendrán resultados a partir de la

---

<sup>1</sup> Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos y metas de Desarrollo sostenible - Desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

quema de leña para generar el mp 2.5 deseadas en forma de cenizas y así aplicarlas al *Senecio vulgaris* para realizar el desarrollo de la investigación.

En la zona de la región de Valparaíso, donde se encuentra Puchuncaví, aproximadamente 7500 toneladas al año de mp 2.5 son producto de la quema de leña de un total de 10000 toneladas al año de mp 2.5 aproximadamente<sup>2</sup>. Lo cual tiene una directa correlación con que aproximadamente el 81.5% de las emisión de mp 2.5 son producto de la quema de leña<sup>3</sup>. Por lo tanto se va a utilizar las cenizas de la quema de leña para obtener el mp 2.5 ya que estas se encuentran de esta forma en un 90% de las veces, en una cantidad de 66% de contaminante en Puchuncaví. Incluso, la normativa de la OMS establece que la cantidad de mp 2.5 en el aire de promedio anual no debe superar los 5  $\mu\text{m}^3$ ,<sup>4</sup> y en el promedio diario no debe superar los 15  $\mu\text{m}^3$ ,<sup>5</sup> aunque estos sean los valores que se desean alcanzar, no es un proceso directo y se realizan por metas intermedias, comenzando en 75  $\mu\text{m}^3$ ,<sup>6</sup> pero aun así tras estos valores hay un extenso estudio por parte de la OMS y la ONU para alcanzar tales conclusiones sobre los niveles de exposición a material contaminante recomendado.

Incluso tomando otros parámetros como el sistema de medida del Índice de Calidad del Aire (ICA) de los Estados Unidos a través de IQAir<sup>7</sup> indica que los valores menores a 50 representan una buena calidad del aire, los valores sobre estos indican que existe contaminación en el aire, pero los valores sobre 100 representan

---

<sup>2</sup> Sistema de Información Ambiental de Chile [SINIA]. (2018). *Calidad del Aire. En Informe del Estado del Medio Ambiente* (p. 15). <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/10/6.calidad-del-aire-remate-2018-vo.pdf>

<sup>3</sup> Sistema de Información Ambiental de Chile [SINIA]. (2021). *Calidad del Aire. En Informe del Estado del Medio Ambiente* (p. 6). <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/14-calidad-del-aire.pdf>

<sup>4</sup> Weltgesundheitsorganisation, & Organization, W. H. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization* (p. 102). <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>

<sup>5</sup> Weltgesundheitsorganisation, & Organization, W. H. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization* (p. 112). <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>

<sup>6</sup> Weltgesundheitsorganisation, & Organization, W. H. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization* (p. 112). <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>

<sup>7</sup> IQAir. (s. f.). *IQAir*. <https://www.iqair.com/es/>

un riesgo para la vida. Comúnmente en la zona, la presencia de un ICA menor de 50 entre las 10 estaciones sucede solamente entre 2 y 3 estaciones, mientras que el resto habitúa entre 50 y 100. Incluso es posible presenciar que algunas estaciones logren un ICA mayor que 100 durante ciertos periodos de tiempo, lo cual indica una zona de riesgo ambiental. Tomando en cuenta los valores de todo Chile, el sector de Puchuncaví está dentro del top de ICA más alto de todo el país, normalmente dentro del top 10, y frecuentemente en los puestos más altos<sup>8</sup>. Por lo que el riesgo no solo a los humanos, sino al resto de toda la flora y fauna está presente, así como es el caso de las plantas del género Senecio que habitan en la zona.

Para el desarrollo del experimento se establecerán mesocosmos de tipo cerrado, es decir, solo se intercambiará energía entre el mesocosmos y el medio, mientras que la masa se mantiene. Al crear un mesocosmos con estas características, la materia sería la propia planta, su tierra, y la ceniza producto de la quema de leña para obtener el mp 2.5. De esta manera la planta se mantendrá encerrada en conjunto con el mp 2.5, las cuales al no poder salir, se posarán sobre la planta, inhibiendo la absorción de luz. El mp 2.5 al ser partículas con masa en un espacio, evitan que ese espacio sea utilizado para absorber la luz solar, la cual resulta en menor producto de fotosíntesis por la planta.

El mp 2.5 afectan directamente a las plantas al cubrir sus hojas para intervenir en la absorción de luz, por lo que provoca un gran riesgo si cualquier tipo de ser vivo fotosintético se encuentra en contacto con estas partículas. Adicionalmente, a los seres vivos como los animales también implica un grave riesgo, ya que estas partículas pequeñas son capaces de penetrar en los pulmones e incluso hasta los alveolos, provocando grandes problemas respiratorios, por lo que se tendrá especial cuidado al trabajar con el material. Aunque los problemas respiratorios son producidos tras una extensa exposición al material particulado y en grandes concentraciones, solo me veré expuesto a estos por una limitada cantidad de

---

<sup>8</sup> Índice de la Calidad del Aire (ICA) de Puchuncaví y contaminación del aire en Chile | IQAir. (s. f.). <https://www.iqair.com/es/chile/valparaiso/puchuncavi>

tiempo, no implica mayor riesgo, aun así trabajaré con el equipamiento recomendado como lentes y guantes, pero se realizará la quema de leña en una chimenea, de esta manera para reducir la densidad a la exposición de las partículas en la habitación. En su uso, el daño ecológico será mínimo y en un área reducida donde solo afectará al propio mesocosmos, para así no generar exceso y contaminar el entorno.

Como hipótesis se plantea que la concentración de mp 2.5 es indirectamente proporcional al crecimiento y realización de fotosíntesis de la planta *Senecio vulgaris*, aunque la más mínima presencia de mp 2.5 afectará negativamente a la planta, produciéndole daños a esta, hasta posiblemente ocasionar la muerte. Se trabajará con los valores establecidos de la OMS de promedio diario, es decir, 15, 25, 37.5, 50, y 75, además de agregar un control cercano en 0, libre de mp 2.5, todas las medidas anteriores respecto a  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  de mp 2.5.

En la declaración de variables, la independiente es la concentración de mp 2.5 medido en  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , la cual se va a aplicar en una gradiente de 0, 15, 25, 37.5, 50, y 75 a los distintos mesocosmos. Donde a partir de este punto se pueden elaborar las variables dependientes en respecto a la exposición de este material particulado como consecuencia de las plantas:

- Coloración de hojas en respecto a su cantidad
- Aumento en cantidad de hojas
- Aumento en cantidad de vilanos
- Cantidad de flores

Estas variables dependientes son respuesta de la exposición al mp 2.5 que se aplicará en las plantas en la gradiente en distintas concentraciones, donde se obtendrán distintos resultados de las variables dependientes a partir de la variable independiente de acuerdo con su concentración correspondiente. Dentro de las variables más importantes se encuentra la coloración de hojas y la cantidad de

estas, ya que el mp 2.5 afectará directamente a estas, inhibiendo su función principal de realizar la fotosíntesis, lo que la llevará a perder el color verde por sus cloroplastos cubiertos, la desaceleración de crecimiento de sus flores y vilanos evidencian su sequía en conjunto con las hojas, hasta llegar a la propia caída y pérdida de estas en el transcurso del tiempo, incluso llegando hasta la propia muerte de la plantas.

Variables controladas:

- Variación de temperatura en ciclo diurno
- Variación de luz recibida mediante ciclo diurno
- Cantidad de volumen de tierra

Estas variables controladas ayudan a determinar los límites de la experimentación para centrarla en un aspecto, de esta manera, estas no variarán durante el transcurso del experimento, por lo que serán constantes. Estas serán idénticas para cada planta de la gradiente y sus series, ya que al crear el mesocosmos todas estarán bajo las mismas condiciones, ya sea en su elaboración, y en el transcurso de los días.

Como metodología en primer lugar, la gradiente que se utilizará corresponde a 0, 15, 25, 37.5, 50, y 75, todos establecidos en  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  y con 2 series cada uno, donde la planta *Senecio vulgaris* se ubicará en un mesocosmos con su densidad de mp 2.5 correspondiente. El mesocosmos será de tipo cerrado, donde solo se intercambiará energía entre el exterior e interior, donde esta es la luz solar, de esta manera el mp 2.5 no podrá escapar. El mp 2.5 se obtendrá a partir de la quema de leña posteriormente realizada, ya que esta es la forma más común en la que se encuentra el mp 2.5, donde se utilizará las cenizas de este para colocarlas dentro de los mesocosmos en sus distintas gradientes con el uso de un instrumento que mide la calidad del aire en cuanto al mp 2.5 llamado "Govee Smart Air Quality Monitor" (Apéndice 1).

Los mesocosmos albergaran una planta por cada uno, para así separar correctamente las gradientes. Las plantas de Senecio vulgaris fueron adquiridas con posterioridad de la tierra para luego ser plantadas en macetas, para que de esta manera se acomoden con vivir en un espacio reducido (Apéndice 2). El mesocosmos contiene una capa de piedras, seguida por una de arena, y finalmente tierra común, en total logrando aproximadamente 400 gramos mediante una balanza (Apéndice 3). Una vez que cada planta este localizada en un mesocosmos, se introducirá la cantidad deseada de ceniza para la concentración correspondiente de mp 2.5 en cada mesocosmos con la ayuda de un pequeño ventilador y siendo vigilado por el monitor de calidad de aire, donde una vez alcanzado el valor deseado serán sellados para dar inicio al desarrollo del experimento (Apéndice 4). Se medirá la cantidad de hojas y su coloración, la cantidad de flores y vilanos, todo lo anterior en un periodo cada 5 días manteniendo el mesocosmos sellado. Compete indicar que al sellar el mesocosmos, el mp 2.5 en forma de ceniza no se moverán debido a la nula presencia de corrientes de aire, provocando que el valor inicial se mantenga durante todo el transcurso del experimento. Lo anterior es mencionado ya que fuera del mesocosmos, en el aire libre, existen corrientes de viento que provocan variaciones en la calidad del aire, desplazando el mp 2.5 constantemente provocando su aumento y descenso, mientras que en este experimento la concentración de mp 2.5 es constante y sin variaciones.

Continuando con el análisis de datos, tras cumplir con 30 días de experimentación se tabularon los datos y se elaboraron diversos gráficos para demostrar la coloración de hojas en respecto a su cantidad, el aumento en cantidad de hojas, el aumento en cantidad de vilanos, y la cantidad de flores.

A continuación se explicará y analizaran los gráficos creados, pero antes compete determinar que en los gráficos de barras, cada una de estas representa el promedio de la serie en cuanto a su densidad del mp 2.5, donde el eje Y en todos estos representa el transcurso de los días, mientras que el eje X representa la cantidad de la condición analizada para cada gráfico.

También es de importancia mencionar que durante el transcurso del experimento se produjeron grandes incendios por la región de Valparaíso durante Febrero, lo cual aumento la cantidad de mp 2.5 en formato de cenizas en el aire. Tales cenizas no se pudieron posar sobre las plantas debido a que están dentro de un mesocosmos, pero disminuyó la cantidad de luz en el ambiente fuera del mesocosmos. Las consecuencias de este suceso serán determinadas en el análisis de cada gráfico y como influyó en los datos representados.

El primer y más importante gráfico es sobre la relación entre las hojas vivas y muertas durante el transcurso del experimento, para este gráfico se utilizó la técnica de un gráfico de barras agrupado y apilado para representar de mejor manera visual todos los datos presentes.

Comparación entre cantidad de hojas verdes y secas de Senecio vulgaris a distintas concentraciones de mp 2.5 en días

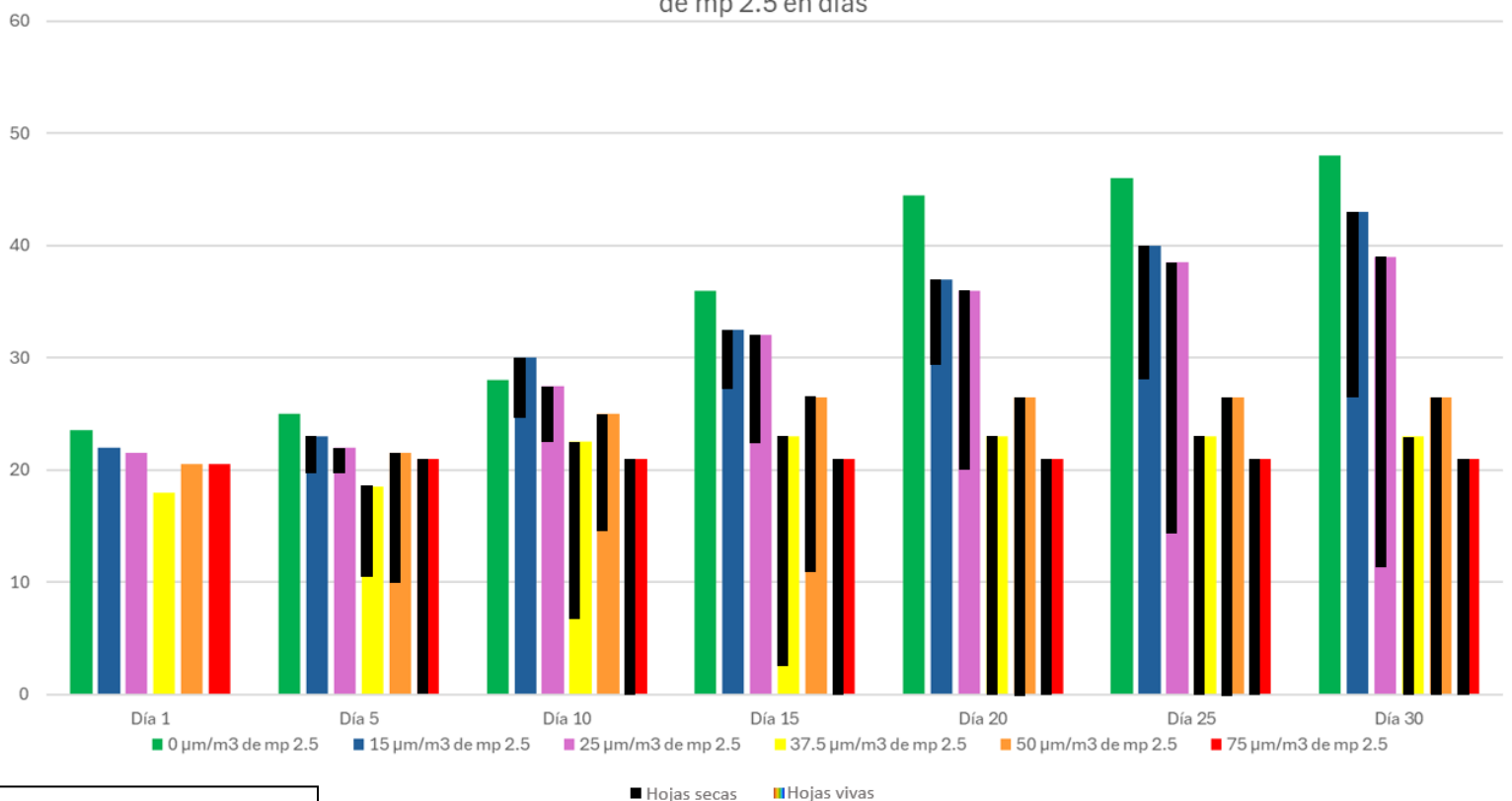


Gráfico de autoría propia.

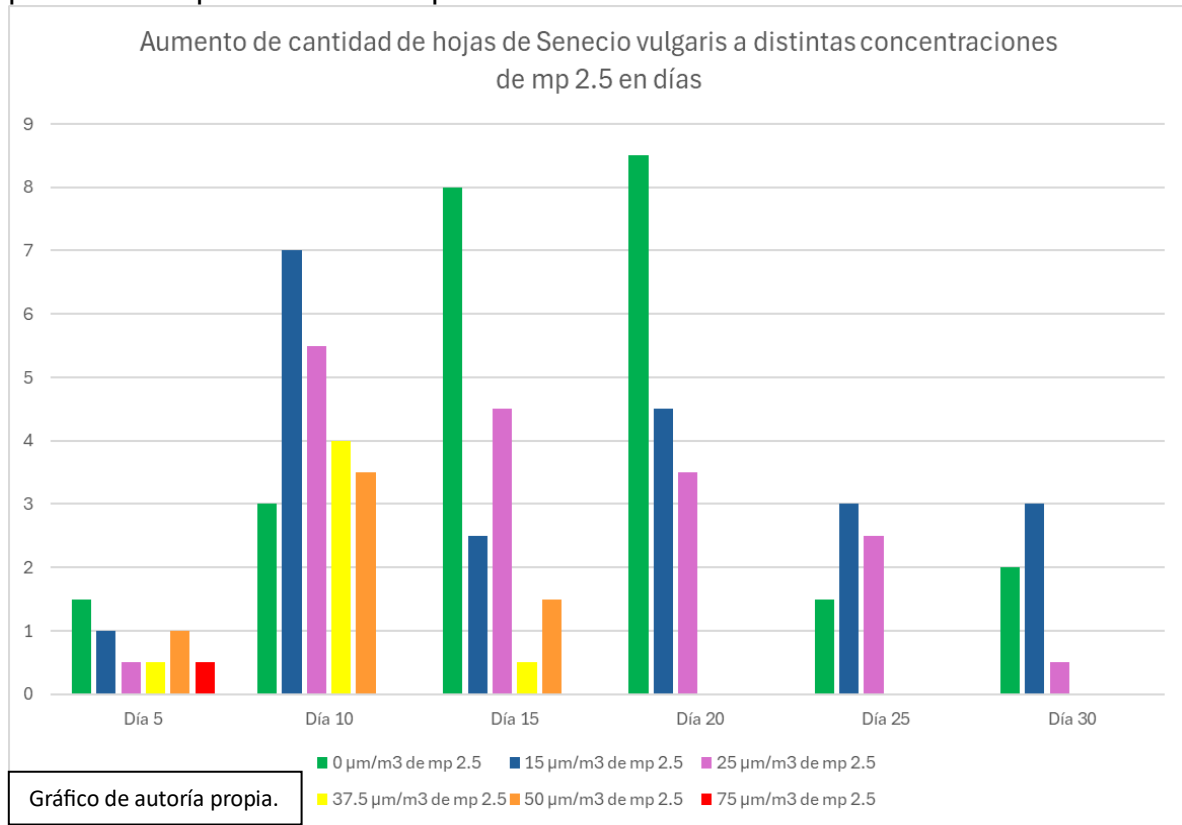
En el presente gráfico, cada serie de plantas contiene sus valores promediados entre ellas en respecto a la densidad de mp 2.5 por la cual fueron afectadas, desde

0 hasta 75, cada una de ellas está representada con un color distinto. Los ejes representan el transcurso de días y la cantidad de hojas en las plantas. Los colores, exceptuando el negro, evidencian la presencia de hojas vivas y verdes, mientras que la presencia del negro significa la cantidad de hojas secas o muertas en las plantas, estableciendo un gráfico de barras apilado para visualizar a la vez la cantidad de hojas totales, las hojas verdes, y las hojas secas.

A simple vista se puede observar una forma de gradiente, donde la series con menores concentraciones de  $\text{mp } 2.5$  tienen mayor cantidad de hojas totales, exceptuando la serie de  $37.5 \mu\text{m}/\text{m}^3$  de  $\text{mp } 2.5$ . La serie perteneciente al color rojo, en el quinto día se murieron ambas plantas, lo cual se evidencia con la barra agrupada negra por completo de la de su color. Aquel resultado fue consecuencia de la gran cantidad de partículas que se posaron sobre la planta, inhibiendo la absorción de luz por parte de esta, aunque también se reconoce el efecto de los incendios del sector empeorando la calidad del aire, lo cual no solo afectó a la última serie notablemente, sino también a las dos anteriores, disminuyendo la cantidad de hojas verdes.

Dentro de las tres últimas series todas las plantas murieron, primero sucedió por una disminución en su crecimiento hojas, luego la sequía de estas, hasta finalmente la planta en su absoluto. La primera serie no presencié ningún tipo de sequía, por lo que sus hojas se mantuvieron verdes y saludables durante todo el experimento, esto debido a la nula, o casi nula presencia partículas que pudieran haberse posado en sus hojas, permitiéndoles un crecimiento adecuado. Las dos series posteriores en un inició crecieron con relativa normalidad, creciendo más hojas saludables de las que se secaban, pero al pasar el tiempo las plantas se debilitaron y comenzaron a perder más hojas.

El siguiente gráfico aborda el aumento en cantidad de hojas por día, lo cual bajo esta distinta perspectiva se evidencia cuantas hojas nuevas obtuvo cada serie en promedio en periodos de tiempo de 5 días.



En este gráfico no se presencia el primer día debido a que a partir de este se demuestra cuantos hojas crecieron en el quinto día. Se evidencia un auge constante desde aproximadamente el quinto día hasta el décimo-quinto y vigésimo día, donde la disminución en gran parte de las plantas fue debido a la presencia del mp 2.5, sin embargo, la primera serie de plantas igual disminuyó a pesar de no contener partículas extra, pero al contrario del resto, esta se recuperó en los siguientes 5 días aumentando la cantidad de nuevas hojas que la vez pasada.

La ausencia de aparición de nuevas hojas se justifica con la muerte de la planta, debido a que como esta murió, no puede producir nuevas hojas y continuar con su crecimiento, como sucedió con la serie de color rojo tras el quinto día, y la amarilla y naranja tras el día 15. A pesar de lo anterior, todas las plantas evidenciaron un crecimiento el quinto día, y luego también el décimo día, excepto la última serie, lo

que significa que las plantas pese a tener dificultades debido a su entorno, intentarán crecer y desarrollarse.

El gráfico a continuación reflejará similarmente al anterior, pero en respecto al aumento en cantidad de los vilanos de las plantas y como estos reflejan no solo el crecimiento de la planta sino su maduración.

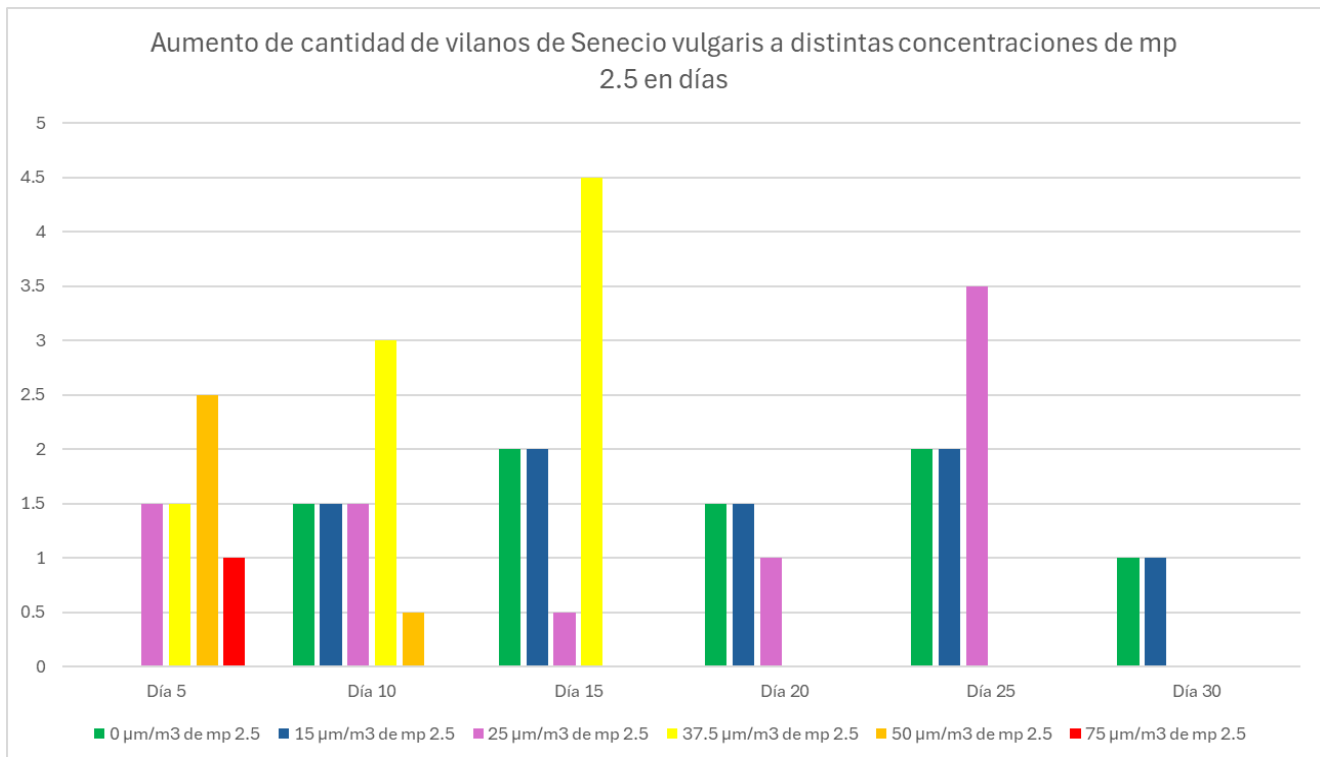


Gráfico de autoría propia.

Antes de analizar el gráfico, los vilanos en las plantas del género *Senecio* crecen una vez que la planta haya madurado, donde las anteriores flores se convierten en los vilanos. De esta manera, el aumento en crecimiento de los vilanos es proporcional a la cantidad de flores que tenga la planta, sin embargo, esta debe haber alcanzado la madurez para que suceda. Por lo que en este caso, la primera serie no refleja un crecimiento extenso como fue el de las hojas en el gráfico pasado, debido a su madurez posterior, no como las plantas de la serie amarilla que tuvieron una rápida maduración, pero esto no indica un propio crecimiento de la planta, porque tras el décimo-quinto día no crecen más vilanos, representando su cercanía a la muerte. Sin embargo, las plantas de la serie de color rosa no murieron, solo dejaron de producir más vilanos, aunque estas plantas no hayan estado tan cerca

de la muerte, se puede predecir que el cese de crecimiento de vilanos resultaría en una posterior muerte.

Este último gráfico tiene correlación con el anterior, debido a que este expone la cantidad flores en las plantas, donde se tiende a aumentar con el crecimiento, pero puede disminuir ya que las flores se pueden convertir en vilanos una vez que la planta haya madurado.

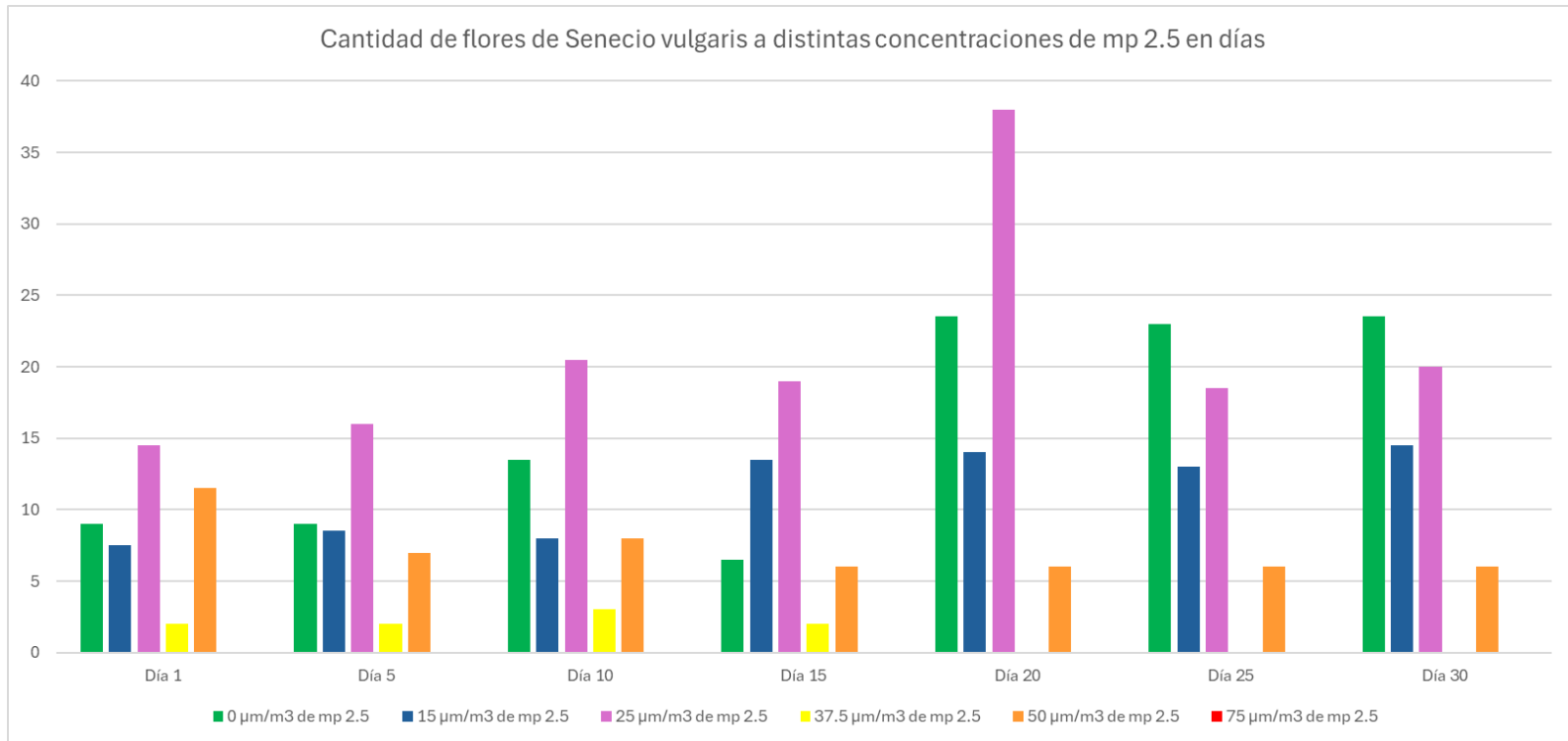


Gráfico de autoría propia.

La cantidad de flores tiende a aumentar con el crecimiento de la planta, como se evidencia en el transcurso de los días, sin embargo estas pueden disminuir para producir vilanos, un ejemplo visible en el gráfico es la serie de color rosa tras el día 20, donde produjo una gran cantidad flores durante su maduración, para luego generar más vilanos representado en su disminución de flores el día 25. El perder flores en la planta no es negativo ni demuestra menor crecimiento, solamente demuestra una acelerada maduración por parte de esta.

Un caso notable en este gráfico es la nula presencia de la última serie, las plantas de esta serie tenían grandes cantidades de vilanos, sin embargo, como perecieron

tempranamente, no pudieron desarrollar más flores para continuar con su maduración. Similarmente, la serie de color amarillo dejó de tener flores, esto debido a que todas sus flores presentes se convirtieron en vilanos, además después de morir en los últimos días no produjo nuevas flores.

Para concluir, retomando la hipótesis que planteaba que la concentración de mp 2.5 es indirectamente proporcional al crecimiento y realización de fotosíntesis de la planta *Senecio vulgaris*, aunque la más mínima presencia de mp 2.5 afectará negativamente a la planta, produciéndole daños a esta, hasta posiblemente ocasionar la muerte. Esta hipótesis se cumplió, aunque la efectividad del mp 2.5 para ocasionar daños a las plantas fue impactante, ya que en tan solo 5 días la serie bajo una concentración de  $75 \mu\text{m}^3$  de mp 2.5 murió por completo, seguidas de las series bajo 50 y 37.5 respectivamente, también casi acabando con la serie de  $25 \mu\text{m}^3$  de mp 2.5.

Sin embargo, lo verdaderamente impactante es que estos valores son los que quiere alcanzar la OMS para tener sectores industriales estables y evitar zonas de sacrificio, pero aun así son capaces de dañar irreversiblemente a las plantas ocasionándoles la muerte. Hay que tomar en consideración que estos valores que quiere lograr la OMS son bastante bajos en comparación a los que los sectores gravemente industriales proporcionan, con instancias sobre los  $100 \mu\text{m}^3$  de mp 2.5 e incluso más. ¿Pero cómo pueden existir sectores más contaminantes pero aún con vida vegetal? Esto es debido a las corrientes de aire presentes que fluctúan la concentración del mp 2.5, por lo que una concentración alta no debiese permanecer mucho tiempo para albergar vida en sus cercanías, mientras que en los mesocosmos realizados no existió corrientes de aire, y de hecho el ventilador en un inicio tuvo la función de crear una simulada corriente aire que el monitor de mp 2.5 detectó, y una vez alcanzado el valor correspondiente para cada mesocosmos, estos fueron sellados, congelando la corriente de viento inicial. De esta manera se comprueba que la más mínima presencia de mp 2.5 en las plantas causa daño, aunque este no sea inmediato en concentraciones más bajas, puede generar graves

daños si se prolonga en el tiempo o si disminuyeran notablemente las corrientes de aire, por lo que es importante evitar zonas de sacrificio que dañen a la fauna local como lo es el Senecio vulgaris y todos los pertenecientes a su género, ya que de esta manera Puchuncaví está cumpliendo los índices de la OMS para disminuir la contaminación, pero la más mínima presencia de esta genera daños, por lo que es necesario un reconocimiento mundial sobre el daño del material particulado de 2.5 micrómetros no solo a los humanos, sino a la fauna local y mundial.

De modo para reflexionar sobre todo el proceso, se enfocará en las dificultades y como estas fueron superadas. El primer problema que se hizo presente fue la obtención de alguna planta originaria de la región de Valparaíso que cumpla con las características de ser pequeña y que se encuentre en grandes cantidades, lo cual fue resuelto gracias a Senecio vulgaris. El siguiente problema fue el tamaño de un contenedor para albergar las plantas, el cual fue difícil de obtener debido a su tamaño específico y los costos de compra, pero este fue resuelto tras una búsqueda en distintos locales. Luego en la elaboración de datos surgió el problema en Excel que se puede tener un gráfico de barras agrupado o apilado, no ambos, por lo que se tuvo que crear primero el agrupado en Excel para después modificarlo manualmente a uno apilado, esta decisión debido a la fácil visualización de datos de esta forma.

A pesar de los diversos inconvenientes se logró desarrollar un buen proyecto que cumple con los requisitos de la monografía, sin embargo, lo más importante es el valor que esta puede otorgar al conocimiento de la contaminación en las plantas tanto a nivel local como mundial tras la experimentación, debido a que este es un tema de suma importancia para todos los ecosistemas y que necesita abordarse más.

## Bibliografía:

- *Índice de la calidad del aire (ICA) de Puchuncavi y contaminación del aire en Chile | IQAir.* (s. f.).  
<https://www.iqair.com/es/chile/valparaiso/puchuncavi>
- IQAir. (s. f.). IQAir. <https://www.iqair.com/es/>
- Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos y metas de Desarrollo sostenible - Desarrollo sostenible.*  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Sharma, S. (2022, 14 diciembre). *¿QUÉ SON LAS PARTÍCULAS PM2.5? FUENTES | IMPACTOS.* Prana Air.  
<https://www.pranaair.com/es/blog/particulate-matter-pm-2-5-sources-impacts-measures/>
- SINCA Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. (s. f.). *SINCA Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire.*  
<https://sinca.mma.gob.cl>
- SINCA Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire. (s. f.). *SINCA Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire Estación Ventanas.* <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/estacion/index/key/548>
- Sistema de Información Ambiental de Chile [SINIA]. (2018). *Calidad del Aire. En Informe del Estado del Medio Ambiente.*  
<https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/10/6.calidad-del-aire-rem-a-2018-vo.pdf>
- Weltgesundheitsorganisation, & Organization, W. H. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.* World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>

Apéndice 1:



Apéndice 2:



Apéndice 3:



Apéndice 4:

