



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

INFLUENCIA DEL OZONO TROPOSFÉRICO (O₃) EN LA MORFOLOGÍA DE
DOS ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS EN JARDINES VERTICALES.

Autor

Martín Felipe Monteverde Bravo

Año
2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

INFLUENCIA DEL OZONO TROPOSFÉRICO (O₃) EN LA MORFOLOGÍA DE
DOS ESPECIES VEGETALES UTILIZADAS EN JARDINES VERTICALES

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero Ambiental en Prevención y
Remediación

Profesor Guía

Ph.D. Rasa Zalakeviciute

Autor

Martín Felipe Monteverde Bravo

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo, Influencia del ozono troposférico (O₃) en la morfología de dos especies vegetales utilizadas en jardines verticales, a través de reuniones periódicas con el estudiante Martín Felipe Monteverde Bravo, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Rasa Zalakeviciute
Doctor of Engineering Science
C.I: 175707679-7

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Influencia del ozono troposférico (O₃) en la morfología de dos especies vegetales utilizadas en jardines verticales, del estudiante Martín Felipe Monteverde Bravo, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Yasser Alejandro González Romero

Magister en Ingeniería Ambiental

C.I: 070373762-7

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Martín Felipe Monteverde Bravo

C.I: 172221307-9

DEDICATORIA

Carlos y Daicy, por ser el pilar principal, siendo el aliento que me impulsa a ser mejor cada día, iluminándome para tomar las mejores decisiones y siempre brindándome su apoyo incondicional en mi vida.

Pamela y Sebastián, que con ayuda de su ejemplo, sus valores y enseñanzas han servido como fuente de inspiración para seguir avanzando y llegar a ser un día como ellos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer principalmente a mis padres, quienes día a día me enseñaron a no dejarme derrotar por las adversidades, porque me apoyaron durante todo este proceso; a mis hermanos y familia por sus consejos, innumerables lecciones y buenos deseos para culminar mi etapa universitaria; a la Dra. Rasa Zalakeviciute por su incansable apoyo y colaboración, siendo una excelente guía para que este proyecto saliera adelante; a mis profesores quienes durante 5 años me brindaron su apoyo, su enseñanza, conocimiento y la motivación para llegar a esta última etapa.

RESUMEN

El O₃ es un contaminante atmosférico secundario que se forma por reacciones fotoquímicas que ocurren en la tropósfera, que puede afectar gravemente la salud humana y el ambiente. Los niveles de ozono aumentan en medida que aumenta la radiación solar. En la ciudad de Quito en los meses de junio, agosto, septiembre y octubre son cuando se tiene mayor radiación solar, por lo tanto se tiene mayor cantidad de ozono, exigiendo estándares de salud. Por esta razón se elaboró este documento donde se determinó la influencia del O₃ en la morfología de dos especies vegetales utilizadas en jardines verticales, mediante análisis estadísticos de los resultados observados. El experimento se lo realizó en microinvernaderos con condiciones ambientales similares para las dos especies vegetales, el experimento se lo realizó desde el 14 de octubre hasta el 18 de noviembre del 2017. Las especies utilizadas fueron la Malamadre (*Chlorophytum comosum*) y Planta de Jade (*Crassula ovata*). Los resultados arrojados después de la experimentación revelaron que existe variación morfológica en los parámetros de altura, peso, tamaño de hoja, cantidad de hojas y a nivel microscópico en las dos especies. Sin embargo la especie que mostró una mejor resistencia fue la Planta de Jade, ya que sus resultados demostraron que no existen cambios significativos, ante altas dosis de O₃.

ABSTRACT

Tropospheric O₃ is a secondary atmospheric pollutant formed by photochemical reactions, and if exceeded certain levels, can seriously affect human health and the environment. In the city of Quito in the months of June, August, September and October due to greater solar radiation, ozone concentrations often violate health standards. For this reason, this thesis aimed to study the influence of O₃ on the morphology of two plant species used in vertical gardens. The experiment was conducted in three micro-greenhouses with similar environmental conditions for the two plant species with the only variable to change – the ozone concentrations. The experiment was carried out from October 14 until November 18, 2017. The species used were the Malamadre (*Chlorophytum comosum*) and Jade Plant (*Crassula ovata*). The results revealed that there is morphological variation in the parameters of height, weight, leaf size, number of leaves and at the microscopic level in the two species. However, the species that showed the better resistance was the Jade Plant, since its results showed that there are no significant changes in the presence of high doses of O₃. Therefore, based on the findings of this study, we recommend Jade Plant for the vertical garden application in the cities with elevated pollution.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	4
1.3. Alcance.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Objetivos.....	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. La atmósfera	7
2.2. Contaminación atmosférica.....	8
2.2.1. Contaminantes primarios.....	9
2.2.2. Contaminantes secundarios.....	11
2.3. Contaminación Atmosférica en Ecuador.....	14
2.4. Ozono troposférico	14
2.5. Efectos dañinos del ozono	16
2.5.1. En humanos.....	16
2.5.2. En especies vegetales	16
2.6. Jardines verticales	18
3. METODOLOGÍA	21
3.1. Esquema de metodología.....	21
3.2. Selección de especies vegetales	22
3.2.1. Consulta bibliográfica y técnica de especies vegetales.....	22
3.2.2. Análisis de ácido ascórbico en especies vegetales	22
3.3. Desarrollo del ensayo de microcosmos	27
3.3.1. Descripción del área de estudio	27
3.3.2. Diseño experimental.....	29
3.3.3. Diseño, construcción e implementación de microinvernaderos ...	32
3.3.4. Siembra de plántulas.....	36
3.3.5. Estudios de filtración de aire	37
3.3.6. Inyección de ozono troposférico.....	39

3.3.7. Medición de ozono	44
3.4. Análisis de datos	47
3.4.1. Análisis microscópico	47
3.4.2. Análisis estadístico “t-Student”	49
3.4.3. Análisis ANOVA.....	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Selección de especies vegetales	50
4.2. Condiciones atmosféricas	53
4.3. Inyección de ozono en los microinvernaderos	55
4.4. Resultados de inyección de ozono en los microinvernaderos.....	58
4.5. Análisis estadístico	58
4.5.1.1. Altura (Especie 1 - Malamadre).....	59
4.5.1.2. Altura (Especie 2 – Planta de Jade)	63
4.5.2.1. Peso (Especie 1 - Malamadre)	66
4.5.2.2. Peso (Especie 2 – Planta de Jade).....	70
4.5.3.1. Tamaño de hoja (Especie 1 - Malamadre)	72
4.5.3.2. Tamaño de hoja (Especie 2 - Planta de Jade).....	75
4.5.4.1. Cantidad de Hojas (Especie 1 - Malamadre)	79
4.5.4.2. Cantidad de Hojas (Especie 2 – Panta de Jade).....	82
4.5.5. Afectación de las especies vegetales.....	86
4.5.5.1 Afectación de la especie 1	86
4.5.5.2 Afectación de la especie 2	88
4.6. Análisis microscópico	89
4.6.1. Análisis microscópico de Especie 1.....	89
4.6.2. Análisis microscópico de Especie 2.....	90
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1. Conclusiones	93
5.2. Recomendaciones	95
Referencias.....	98
Anexos.....	109

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La calidad del aire es un indicador de desarrollo sobre la medición y el control de la sustentabilidad ambiental a nivel mundial. La contaminación del aire ocurre principalmente por actividad humana a través de instalaciones industriales, generación de energía eléctrica y movilización con medios de transporte con motor de combustión interna (NASA, 2014). La contaminación atmosférica es la presencia de materias o formas de energía asociadas al movimiento de sus partículas, que implican riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Martínez y Días de Mera, 2004).

Los contaminantes atmosféricos, regularmente medidos en la atmósfera urbana, proceden de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión industrial, usos residenciales de climatización, y deficientes procesos de eliminación de residuos, entre otros (EPA, 2012).

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el 92% de la población mundial no respira un aire limpio (OMS, 2013). En el año 2012 se produjeron alrededor de 6,5 millones de muertes asociadas a la contaminación atmosférica, siendo esta un total del 11% del total de muertes en dicho año. Cada cinco años la tasa de contaminación aumenta en un 8% y solo las grandes ciudades de países con altos ingresos monitorean e intentan reducir los niveles de este tipo contaminación (OMS, 2013).

Los contaminantes atmosféricos son causantes también de graves problemas a la salud de los ciudadanos, dando síntomas de manera inmediata (Ballester. F, 2005). El ozono es contaminante atmosférico, una niebla tóxica que se forma a

partir de la radiación solar fotoquímica, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, provenientes de transporte y el sector industrial. Este contaminante además de presentar riesgos a la salud, también logra reducir el rendimiento de los cultivos entre un 15 y un 20% (FAO, 2005).

El ozono troposférico (O_3) – el ozono de nivel bajo, cerca superficie, principalmente es causante de enfermedades cerebrovasculares, cánceres de pulmón y respiratorias, y sus efectos en el ambiente reaccionando con otros compuestos, deteriorando la biodiversidad y reduciendo la capacidad de absorción de CO_2 en especies vegetales (OMS, 2012).

A nivel regional en Sudamérica las ciudades donde se respira el aire más contaminado, según la OMS son: Santiago de Chile y ciudad de México. Los excesivos niveles de contaminación en estas ciudades han causado que existan planes de contingencia para evitar riesgos en la salud de los pobladores y también se evita que la población esté presente en espacios abiertos. Otras ciudades catalogadas con baja calidad de aire son: Bogotá, Lima, Sao Pablo, Medellín, Buenos Aires y La Paz (CNN, 2017).

En el Ecuador, la contaminación atmosférica existe principalmente en seis de las más grandes ciudades del país: Quito, Guayaquil, Machala, Santo Domingo, Cuenca y Manta. La contaminación en estas ciudades, sucede fundamentalmente por la gran cantidad de automóviles, 1,925.368 hasta el año 2015 (INEC, 2015), con vehículos de carga pesada existente como: buses, camiones y tractores, además de vehículos livianos y la mala calidad de los combustibles (Municipio de Quito, 2015).

Un estudio realizado por Global Urban Ambient Air Pollution Database (2014) asegura que dentro de las grandes ciudades en Ecuador al menos un 80% de

las personas no respira aire de calidad. La ciudad de Santo Domingo al noroccidente del Ecuador, es la ciudad más contaminada del país, ocupando octavo lugar de las ciudades más contaminadas de América Latina (Global Urban Ambient Air Pollution Database, 2014).

En Quito, los niveles de contaminación atmosférica anuales han llegado al grado de peligrosidad, superando el límite mínimo de la normativa vigente según la Red de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ) en el año 2015. Sin embargo, los niveles diarios de contaminantes también suelen superar el umbral que dicta la normativa que para el caso del ozono troposférico, objeto de este estudio, que tiene que ser inferior a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para una adecuada calidad de aire.

Según el Índice de Calidad de Aire del año 2016 en Quito los niveles de O_3 sobrepasaron el límite en dos estaciones de monitoreo (Centro y Carapungo) (Secretaría del Ambiente, 2017). En esta ciudad, según datos de la Secretaría de Ambiente, las épocas en el año cuando más cantidad de emisiones de este contaminante se generan; son en los meses de agosto y septiembre (Anexo 1, Figura A1 y A2) (Secretaria de Ambiente, 2017).

1.2. Justificación

Los niveles de ozono en la ciudad de Quito incrementan a medida que la radiación solar aumenta, también es afectado por el aumento en la altura sobre el nivel del mar. Quito se ubica a 2850 msnm (metros sobre nivel del mar), lo que lo hace una ciudad con alto riesgo de contaminación por O₃, pudiendo afectar al desarrollo y crecimiento de especies vegetales, especialmente si se encuentran al aire libre como las especies de jardines. Por esta razón en los meses de agosto, septiembre y octubre cuando los niveles de ozono se encuentran en su etapa más alta del año, los hace ideales para realizar esta investigación.

De esta manera, se realizó el estudio que es de dotación de información verás para especies vegetales utilizadas en la siembra de jardines verticales y la incidencia del ozono troposférico en dichas especies. Se implementaron concentraciones conocidas de ozono en microinvernaderos y a partir de esto se comprobó qué cambios sufren las especies a nivel morfológico según la cantidad de contaminante a la que estén expuestas y la resistencia que estas puedan ofrecer.

1.3. Alcance

El presente proyecto de titulación está enfocado a dos especies vegetales de siembra de jardines verticales (*Crassula ovata* y *Chlorophytum comosum*) y el efecto que tiene el O₃ en la morfología de las hojas y resistencia de las mismas. Para realizar esta investigación se procedió a la selección de las dos principales especies que se utilizan en jardines verticales de la ciudad del Distrito Metropolitano de Quito, y que tengan características del mismo color, para que en función de su resistencia, se pueda seleccionar cuál de ellas se utilizará en un jardín vertical.

Se realizó un diseño experimental y la construcción de un microinvernadero previamente diseñado para realizar un ensayo con iguales condiciones ambientales y a distintas concentraciones de ozono troposférico. Finalmente, se determinó los cambios morfológicos de las especies vegetales y su resistencia como respuesta de las diferentes concentraciones del contaminante.

1.4. Hipótesis

HI: El O₃ troposférico influye en la morfología y resistencia de plantas utilizadas para jardines verticales.

HO: El O₃ troposférico no influye en la morfología y resistencia de plantas utilizadas para jardines verticales.

1.5. Objetivos

- **Objetivo General**

Determinar la influencia del O₃ en la morfología de dos especies vegetales utilizadas en jardines verticales, mediante análisis estadísticos de los resultados observados.

- **Objetivos específicos**

- Seleccionar dos especies vegetales que posean características representativas y sean utilizadas en jardines verticales, mediante análisis bibliográfico y consulta técnica.
- Elaborar un ensayo de microcosmos para las especies seleccionadas, controlando factores ambientales internos y externos, mediante un diseño experimental, un microinvernadero y toma de datos in situ.
- Comparar los cambios morfológicos y la resistencia de las plantas a distintas concentraciones de O₃, mediante análisis estadísticos de resultados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La atmósfera

La atmósfera es una capa de aire de distinta composición química que rodea la tierra. Su espesor es de aproximadamente 1000 kilómetros, y los gases que la componen se hacen menos densos mientras se alejan de la superficie terrestre (Portillo. G, 2017). El aire no es un recurso limitado, que debe tener el cuidado necesario para evitar las alteraciones de su calidad, poniendo en peligro el equilibrio biológico de nuestro medio (Calvo. D, 2009).

La composición de la atmósfera viene dada por una mezcla de gases que no tiene la capacidad para reaccionar químicamente entre ellos, como indica la Ley de Dalton donde todos los gases contenidos en un espacio se comportan independientemente uno de otro (Universidad Cardenal Herrera, 2005). La composición de estos gases en la atmósfera son: nitrógeno 78.09%, oxígeno 20.94%, argón 0.93%, dióxido de carbono 0.023% y el restante entre neón, helio, metano, criptón, xenón, hidrógeno, óxido nitroso, entre otros (Ledesma. M, 2011). La estructura de la atmósfera viene dada por la presión, temperatura, humedad, densidad, moléculas, átomos, cantidad de luz, radiación, cantidad de energía, los ciclos atmosféricos y gases (Caselli. M, 2010).

Cada uno de los componentes mencionados anteriormente varía según la subcapa en la que se encuentren, empezando por la tropósfera que es la capa más cercana a la tierra y se encuentra hasta los 18 kilómetros de distancia desde la superficie. Esta distancia puede variar entre polos y trópicos, seguido de la estratósfera que se divide en 2: estratósfera inferior, la cual empieza desde los 18 km y la temperatura se mantiene constante, y la estratósfera superior, que llega hasta los 50 km de altitud y su temperatura puede alcanzar hasta los 0°C (Calvo. D, 2009).

A continuación de la estratósfera, se encuentra la mesosfera y la ionósfera que se encuentran entre los 50 y 85 km sobre el nivel del mar aproximadamente. Es el lugar más frío de la tierra con una temperatura promedio de -85°C , en la mesosfera solo pueden acceder cohetes y aviones impulsados por cohetes.

Finalmente, se encuentra la capa de la termósfera que llega hasta varios cientos de kilómetros hacia el espacio, donde existe una densidad muy baja, donde se ioniza partículas y con elevadas temperaturas que llegan hasta los 1000°C . Aquí existe una gran cantidad de conductividad eléctrica reflejando ondas, principalmente cortas. Posteriormente se encuentra la exósfera que va desde los 600 km y presenta menos del 1% del total de la masa de atmósfera. (Anexo 1, Figura A3) (Gobierno de Valencia, 2015).

2.2. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es la presencia de formas de energía y sustancias que alteran la calidad del aire. Esto tiene alta importancia ya que puede implicar un daño, riesgo o molestia grave a personas y seres vivos que se encuentre en la naturaleza. La contaminación y sus efectos ocurrirán dependiendo de la cantidad y la dosis a la que estén expuestos los receptores (Carciner. J, 2008).

Los contaminantes atmosféricos, regularmente medidos en la atmósfera urbana, proceden de fuentes móviles (tráfico rodado) y de fuentes fijas de combustión industrial, usos residenciales de climatización, y deficientes procesos de eliminación de residuos (EPA, 2012).

Según la Organización Mundial de la Salud alrededor de un 8% de habitantes residentes en grandes ciudades con un promedio de ingresos media o baja tiene una adecuada calidad de aire. Cuatro de cada cinco habitantes están

constantemente expuestos a este tipo de contaminación, debido a que no se cumplen con los estándares mínimos de calidad del aire (OMS, 2016).

Además, la Global Urban Ambient Air Pollution Database (GUAAPD), descubrió que tres mil ciudades de 103 países, el nivel de contaminación atmosférica incrementó un 8% en los últimos cinco años, empeorando la calidad del aire y aumentando las enfermedades respiratorias y cardiovasculares (GUAAPD, 2016).

La unidad establecida internacionalmente para medir contaminación atmosférica viene a ser los microgramos sobre metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), también puede ser miligramos sobre metro cúbico (mg/m^3), partes por millón (ppm), partes por billón (ppb) o hasta en porcentaje (%). La unidad de medición dependerá de la abundancia o concentración de contaminación en la atmósfera. Estas unidades generalmente se usa para definir los límites máximos o umbrales de información para una adecuada calidad de aire (Domingo. J, 2010).

Existen dos tipos de contaminantes atmosféricos, contaminantes primarios y contaminantes secundarios. Los contaminantes primarios se emiten directamente a la atmósfera y su foco de emisión es identificable. Mientras que los contaminantes atmosféricos secundarios son los que se forman en la atmósfera por reacciones, transformaciones, procesos químicos y fotoquímicos en la atmósfera (Red Ambiental de Asturias, 2014).

2.2.1. Contaminantes primarios

Los contaminantes atmosféricos primarios son los que se emiten directamente al aire (GreenFacts, 2015), entre estos tenemos material particulado. Estos son sólidos o líquidos suspendidos y dependientes de su tamaño diferenciados como PM_{10} ($<10\ \mu\text{m}$) o $\text{PM}_{2.5}$ ($<2.5\ \mu\text{m}$). Estos contaminantes complejos se generan por actividad antropogénica en procesos como combustión de gasolina, petróleo,

procesos industriales y polvo, estas partículas pueden ser de cemento, polen o metálicas (Universidad de Chile, 2005).

Monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, sinsabor e inodoro que se genera por combustión incompleta en automotores, chimeneas, hornos, incendios forestales y procesos industriales, teniendo un tiempo de residencia de dos meses aproximadamente en la atmósfera y puede causar serios problemas cardiovasculares y neuronales (ATSDR, 2012).

Dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro, con olor picante, irritante y soluble en agua. Se genera por combustión de carbón, combustibles en presencia de azufre, sinnúmero de procesos industriales y fundiciones de minerales, este contaminante puede causar enfermedades respiratorias, irrita las membranas mucosas y puede producir lluvia ácida (INSHT, 2014a).

Óxidos de nitrógeno (NO_x) son un grupo de compuestos relativamente inertes que pueden reaccionar en la atmósfera formando ozono troposférico (O₃), los principales generadores de este contaminante son los vehículos y la combustión en maquinarias termoeléctricas, calderas industriales, incineradores. Pueden producir enfermedades respiratorias, disminución de la visibilidad, lluvia ácida e impactos en flora y fauna (Ministerio del Ambiente, 2016).

Dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero (GEI), incoloro e inodoro, aunque también se lo puede encontrar como líquido bajo presión o en estado sólido como hielo seco. Como uso industrial se lo puede utilizar como refrigerante para alimentos, como agente extintor de incendios, fabricación de sustancias químicas o propelente (NJ Healt, 2016).

El dióxido de carbono se genera principalmente por la quema de combustibles fósiles o hidrocarburos, antracita, quema de biomasa y calefacciones industriales, turba de chimeneas. Es el gas con mayor peligro por sus altos

niveles de toxicidad, y es el principal causante del calentamiento global con el 50% del total de las emisiones (PNUMA, 2005).

Metano (CH_4) es un gas de efecto invernadero (GEI). Su principal fuente son las deposiciones de los animales en el sector agricultura, sector pecuario, arrozales y la producción de gas natural; es causante también del calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono y se lo puede tratar mediante biodigestores (FAO, 2011). Anualmente se emite un aproximado de 500 toneladas métricas al año de este gas a la atmósfera (Carmona, J., 2005).

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son aquellos hidrocarburos que poseen propiedades especiales, y se encuentran asociadas con el núcleo del benceno. Existen seis grupos carbono-hidrógeno, unidos entre vértices formando un hexágono. Se originan por el escape de los vehículos tras su proceso de combustión y por productos solventes. Son precursores del ozono y pueden llegar a producir cáncer en las personas y efectos crónicos y agudos en el sistema nervioso central (INSHT, 2014b).

Clorofluorocarbonos (CFCs) son gases de origen antropogénico derivados de hidrocarburos saturados. Se generan también por aire acondicionado, refrigeradores, espumas, materia prima química, productos en aerosol y solventes industriales. Son causantes del adelgazamiento de la capa de ozono, daño en cosechas de flora y calentamiento global (ACMOR, 2014).

2.2.2. Contaminantes secundarios

Los contaminantes atmosféricos secundarios por otra parte, son compuestos que se originan en la atmósfera en consecuencia de reacciones químicas y transformaciones que sufren los contaminantes primarios. Existen también factores naturales que inciden en la generación de este tipo de contaminantes como las características geográficas, el tipo de fuente de emisión y las condiciones meteorológicas de la zona (SEMARNAT, 2013).

Ácido sulfúrico (H_2SO_4) es un líquido con alta densidad, de baja presión, aceitoso e incoloro que puede reaccionar violentamente con el agua, es corrosivo en presencia de metales. Se genera de la reacción catalítica entre dióxido de azufre y oxígeno más la presencia de agua. Los efectos de este ácido para la salud humana son problemas respiratorios en laringe, irritación de piel y problemas en los ojos (INSHT, 2015).

Dióxido de nitrógeno (NO_2) es un gas contaminante de color marrón – amarillento, formado por la unión de oxígeno (O_2) y nitrógeno (N) en procesos de combustión a altas temperaturas como en vehículos de combustión y plantas eléctricas. Sus efectos a la salud son problemas respiratorios, quemaduras cutáneas, hasta edema de pulmón (Servicio de Sanidad Ambiental Murcia, 2007).

Ácido nítrico (HNO_3) es un líquido de olor sofocante, su color puede variar entre transparente y amarillo pálido, soluble en agua y corrosivo en metales. Se genera entre la reacción entre dióxido de nitrógeno y el agua. Es muy utilizado en industrias como ácido para ataque químico y recubrimiento electrolítico. Los efectos a la salud de las personas pueden provocar quemaduras en los ojos y piel, tiñe los tejidos de color amarillo y tos seca (INSHT, 2007).

Óxido de azufre (SO_x) son compuestos químicos incoloros que se forman entre la unión de compuestos de azufre y oxígeno. Dependiendo del tipo de oxidación se puede obtener 3 tipos de compuestos distintos; óxido de azufre (SO), dióxido de azufre (SO_2) y el trióxido de azufre (SO_3).

Los tres son altamente contaminantes para el medio ambiente como la lluvia ácida y causante de varios efectos negativos en la salud de las personas como quemaduras, irritación, náuseas. Se producen principalmente por la quema de gasolina y combustibles en automotores, y sector industrial como termoeléctricas y calderas de calefacción (Carciner, J., 2008).

Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o también conocido como agua oxigenada, es un líquido de sabor amargo, incoloro que existe también en pequeñas cantidades en el aire, es inestable y descompone rápidamente al oxígeno. Los efectos al ambiente son la degradación del agua y en los seres vivos irritación a membranas mucosas, irritación en piel y vómito (GTM, 2017).

Ozono troposférico protagonista de este estudio, es un gas incoloro, irritante y picante que se forma en la atmósfera a partir de la unión de óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COVs), gases de efecto invernadero (GEI) y la presencia de radiación solar.

Las emisiones más altas de este tipo de contaminantes se dan principalmente en épocas de verano y al medio día, donde la cantidad de radiación solar es mayor. Los efectos para la salud son la irritación en el aparato respiratorio, jaquecas y daños en la morfología, crecimiento y desarrollo en las especies vegetales (European Environment Agency, 2008).

Peroxiacetyl nitrato (PAN) es un contaminante secundario del aire de color oscuro que forma parte del smog fotoquímico de las ciudades. Se forma por la unión de dos compuestos químicos que son el dióxido de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, estos al combinarse forman el peroxiacetilnitrato. Los efectos al ser humano, están efectos negativos en el sistema respiratorio y deterioro momentáneo en la visión (Acosta, J., 2007).

Lluvia ácida, es un fenómeno en el cual se precipitan los componentes ácidos que se encuentran en la atmósfera, esta se produce cuando el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) provenientes de quema de combustibles fósiles, reaccionan con agua, oxígeno y otros componentes químicos para formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) o ácido nítrico (HNO_3), los efectos causantes en el medio son la acidificación de fuentes de agua afectando la salud de la vida acuática y lixiviación de aluminio en el suelo (EPA, 2017).

2.3. Contaminación Atmosférica en Ecuador

En cuanto a los efectos económicos que existen en el Ecuador por parte de la contaminación atmosférica no están completamente analizados por falta de conocimiento y desarrollo en el tema. Sin embargo, cuando se visualice el problema real, este podrá ocasionar un fenómeno de movilidad social, para mejorar los hábitos de consumo, mejorar la salud y el desarrollo social (Ministerio del Ambiente, 2010).

Por esta razón, en el Ecuador a partir del año 2010, el Ministerio del Ambiente como ente de regulación y control, elaboró el Plan Nacional de Calidad del Aire, el cual es un sistema de gestión de calidad de aire y está enfocado en fortalecer, consolidar y sistematizar el control de la contaminación del aire en todo el país, para generar procesos de prevención e implementar herramientas de control. Actualmente el monitoreo, inventario de emisiones y control atmosférico lo realiza el Municipio o el Gobierno Autónomo Descentralizados GAD de cada ciudad o Municipio (Ministerio del Ambiente, 2014).

2.4. Ozono troposférico

El ozono es una molécula triatómica, es decir, una molécula formada por tres átomos de oxígeno. El O_3 fue descubierto en el año 1840, por el químico alemán Christian Friedrich, y es mucho más reactivo que el oxígeno diatómico (O_2). Es inestable cuando se presenta en altas concentraciones y es un oxidante que puede reaccionar rápidamente con otras sustancias químicas (Dirección de Monitoreo Atmosférico, 2016). El 90% del ozono atmosférico concentra a más de 20 km en la estratósfera (ozono estratosférico) desde la superficie de la tierra, donde se forma la capa de ozono que previene el ingreso de radiación ultravioleta proveniente del sol (CEC, 2011).

El ozono troposférico, que se encuentra dentro de la superficie, y es un contaminante atmosférico secundario. Ozono es incoloro, de olor acre de donde

proviene su nombre en griego “ozein” que significa oloroso en español. Se produce principalmente por la combustión de los automóviles, sobre todo en motores que son a diésel, más la presencia de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles en reacción con la luz solar (IARC, 2013).

El proceso de formación del ozono troposférico es una secuencia de pasos y reacciones fotoquímicas desde que se emite al ambiente principalmente por smog. Comienza desde la generación de dióxido de nitrógeno, hidrocarburos y compuestos orgánicos volátiles que actúan como catalizadores para la generación del contaminante, los cuales reaccionan con calor y luz solar y se forma el ozono troposférico. (Anexo 1, Figura A4). Entre mayor presencia de contaminantes en la atmósfera y radiación solar, mayor presencia de ozono troposférico (Minambiente, 2014).

Un estudio realizado en Madrid sobre contaminación atmosférica y cambio climático, habla sobre la relación entre la temperatura y la generación de ozono troposférico, siendo este el contaminante más tóxico por la estimulación de luz solar intensa. El estudio abarca también los efectos a la salud de las personas como la disminución de la función pulmonar, asma, siendo los niños y los adultos de mayor edad, los más susceptibles a enfermedades por este contaminante (Balester. F, 2005).

El ozono aparte de su papel en el cambio climático de filtrar radiación ultravioleta para evitar que estos ingresen a la tierra y ocurra el calentamiento global, tiene distintos impactos al medio ambiente como: la acidificación de cuerpos hídricos estacionarios, pérdida de propiedades del suelo, dilatación térmica, aumento del nivel del mar, cambio de régimen de lluvias, fusión parcial de casquetes polares, inestabilidad climática, sequías, erosión, entre otros (Bordehore. C, 2000).

2.5. Efectos dañinos del ozono

2.5.1. En humanos

El ozono al ser un contaminante secundario de la atmósfera puede ser nocivo para salud de las personas, incluso si es en bajas concentraciones. Este puede tener afectaciones graves, como leves, esto dependerá de la concentración del contaminante y del tiempo de exposición al que el individuo esté expuesto. Las principales afectaciones ocurren en el tracto pulmonar y en el sistema respiratorio, creando lesiones que pueden ser permanentes o hasta la muerte (CCSSO, 2006).

El grupo de individuos que tienen mayor probabilidad de contraer enfermedades por ozono son las personas de mayor edad por sus defensas, seguido de los niños ya que pasan jugando al aire libre en el verano, los adultos que practican ejercicios o su trabajo es al aire libre, las personas que son propensas a enfermedades de vías respiratorias como personas asmáticas y enfermos pulmonares (EPA, 2012).

Por otra parte el tejido respiratorio es un órgano muy sensible que puede inflamarse por exposiciones a concentraciones bajas de ozono, creando hipersensibilidad bronquial. Otros síntomas que se generan después de la exposición son: disnea, falta de aire, tos, garganta seca, jadeo, jaqueca y náusea (CCSSO, 2006).

2.5.2. En especies vegetales

El ozono puede causar impactos negativos en la morfología de la vegetación y con consecuencias visibles, esto dependerá al tiempo de exposición a las que se encuentren expuestas y la dosis que reciban las especies vegetales (González. B, 2009).

Los altos niveles de ozono logran dañar la vegetación, perjudicando principalmente el crecimiento y la reproducción de las mismas, lo que hace que exista un deterioro en la biodiversidad, la disminución del crecimiento en los bosques y la disminución en el rendimiento de los cultivos agrícolas. Además de esto, el ozono influye también en el proceso de fotosíntesis, haciendo que se reduzca la absorción de dióxido de carbono por especie vegetal (Belmonte. P, 2013).

Como efectos metabólicos en especies vegetales, el ozono reduce la fotosíntesis neta de las especies, lo que puede provocar una pérdida de rendimiento de las propiedades de la especie. Además de esto, aumenta senescencia prematura y las especies vegetales pueden producir etileno, resultando la pérdida de defensas de la misma al ataque de patógenos.

Como indica el estudio de González (2009), en la parte morfológica se presenta una deshidratación en la parte baja de la epidermis, lo que destruye el tejido celular y genera el apareamiento de pigmentos oscuros. Otros efectos morfológicos del ozono en especies vegetales, son las necrosis externas en las hojas dañando los parénquimas lunares en los tejidos internos y también fenómenos fotosintéticos como desaparición y disolución de parénquimas (González B, 2009).

Uno de los efectos que más influye en las especies vegetales por ozono, es el estrés, siendo este el conjunto de respuestas bioquímicas que definen a una especie bajo un rango de condiciones óptimas (Sotelo. M, 2008). Así mismo, existe un aumento en la actividad de enzimas antioxidantes, esto hace que los cultivos no lleguen a su tamaño potencial, disminuya su producción y exista una reducción en su rendimiento agrícola (Amparo. A, 2008).

Por otro lado, otro estudio de los efectos de O₃ en la vegetación nos indica que, los efectos a la vegetación se puede dar de manera visible, efectos como desequilibrio nutricional por reducción del tamaño de hoja, pigmentación en

forma de puntiaguda, de color marrón o rojizo, además de esto la muerte celular de tejidos, acompañado de puntas quemadas (MAj-Britt, 2012). Todas estas ocurren en el haz de la hoja, es decir, en la cara superior de la misma.

2.6. Jardines verticales

La OMS ha establecido que todas las ciudades y pueblos tienen que tener al menos un área verde mínima de nueve metros cuadrados por habitante (9 m²/hab) para que cada habitante pueda desarrollarse y realizar sus actividades con una mejor calidad de vida. En América Latina esta cifra llega solamente a un promedio de 3,5 m²/hab, siendo este un problema para la población que se da principalmente por grandes construcciones, aumento poblacional y expansión de las ciudades (BID, 2015).

La definición de un jardín vertical o también llamado muro verde, es básicamente la introducción de naturaleza en espacios cerrados o pequeños, donde no exista la posibilidad de realizar un sembrío de manera horizontal, es decir, pueden ser en entornos urbanos donde exista una gran cantidad de edificaciones, calles angostas o grandes extensiones de paredes (Instituto Industrial Luis A. Huergo, 2015).

Un jardín vertical es la unión de especies vegetales que aprovechan los espacios laterales para mejorar la estética y fachada de las ciudades, aportando con la conservación de la biodiversidad en ecosistemas urbanos, provocando de esta manera, beneficios en la salud de las personas, mejorando su satisfacción y mejorando el paisaje (Domínguez. E, 2015).

Los beneficios que aportan los jardines verticales se dan en distintos aspectos como en el aspecto ecológico que enfoca en la mejora del clima de la zona conservando calor en la parte exterior del muro verde, tienen alta captación y almacenaje de dióxido de carbono, además sirven como micro hábitats para insectos e invertebrados, ventilación natural y protección contra el viento como

barrera porosa y conservan la biodiversidad de especies vegetales (Vintimilla. C, 2013).

En el aspecto social y sanitario, los jardines verticales proporcionan la regulación térmica o mecanismo de climatización, reduciendo el efecto de “isla de calor” ya que capta directamente radiación solar, existiendo una variación de entre 5 y 6 grados centígrados con respecto al exterior, de esta manera, disminuyen la temperatura y aumentan la humedad, haciendo que los niveles de humedad, temperatura y calidad de aire al interior del edificio, o cerca de ellos se mantengan óptimos y equilibrados (Universidad de Sevilla, 2011) .

Los jardines verticales reducen la contaminación atmosférica captando las sustancias perjudiciales por medio de biofiltración y fitorremediación por la interacción que existen entre las plantas, el suelo y los microorganismos que se alimentan de los contaminantes orgánicos e inorgánicos del aire. Existe una relación recíproca de simbiosis, en la cual los microorganismos aprovechan los exudados de la raíz de la planta y la planta se beneficia de la capacidad de degradación de los microorganismos (González. J, 2013).

Además, protegen de la contaminación acústica que pueden afectar de forma física y psicológica a los habitantes. Cuando un jardín vertical tiene grosores de vegetación suficientes o son barreras verticales formadas, estas pueden servir como amortiguador y actuar como pantallas acústicas frente al ruido, haciendo que se logre reducir hasta diez decibelios (10 db) que provienen desde el exterior, creando un confort auditivo en las personas que se encuentren en la parte interior del edificio.

En cuanto al aspecto económico un jardín vertical al ser un aspecto natural y sostenible puede aumentar el valor comercial de una propiedad, reduce costos de consumo eléctrico y calefacción, pueden aumentar la durabilidad del edificio y la vida útil de la impermeabilización de la fachada, ya que sirve como barrera

protectora frente a influencias externas como la radiación solar, el viento, la lluvia y hasta la temperatura (López. S, 2015).

El aspecto paisajístico y estético de los jardines verticales, se los puede apreciar según la perspectiva de la gente ya que estos pueden estar en posición vertical como en paredes, como también horizontalmente como techos. Las especies vegetales coloridas crean un ambiente dinámico, lo que hace que exista mayor satisfacción en las personas. Como por ejemplo en una oficina puede producir un aumento de productividad de los empleados y un ambiente más sano. (Alcaldía Mayor de Bogotá DC, 2015).

3. METODOLOGÍA

3.1. Esquema de metodología



Figura 1. Esquema de metodología

3.2. Selección de especies vegetales

3.2.1. Consulta bibliográfica y técnica de especies vegetales

El presente estudio se encargó de dosificar ozono en diferentes concentraciones a especies vegetales utilizadas en jardines verticales. Para esto se tomó en cuenta los datos ambientales y atmosféricos que existen en el sector, para un adecuado desarrollo y crecimiento de las especies.

Los datos que se tomaron en cuenta para la selección de dichas especies fueron: altura sobre nivel del mar, promedio de clima entre los meses de septiembre y octubre, radiación solar, precipitación, cantidad de humedad, tipo de suelo, tasa de crecimiento de las plantas y concentraciones de ozono mensuales y anuales.

Además, se realizó una consulta técnica en empresas que realizan el servicio de implementación de jardines verticales, para determinar cuáles son las especies más utilizadas, las más resistentes, que tiempo de vida tienen y el cuidado que hay que tener con cada una de ellas (Ecotelhado, 2014).

Después de la toma de datos, las consultas y la revisión bibliográfica, las especies seleccionadas fueron 5:

- Escancel rojo (*Aerva sanguinolenta*)
- Malamadre (*Chlorophytum comosum*)
- Planta de Jade (*Crassula ovata*)
- Hoja de sandía (*Peperomia argyreia*)
- Begonia (*Dichotoma jacquin*)

3.2.2. Análisis de ácido ascórbico en especies vegetales seleccionadas

La selección de las especies vegetales para este estudio se basó en la cantidad de ácido ascórbico o vitamina C que tienen cada una. La relación que existe

entre el ácido ascórbico y el ozono, indica que a mayor cantidad de ácido ascórbico, los efectos del ozono troposférico, van hacer menores, ya que el ácido ascórbico actúa como antioxidante interfiriendo la acción del contaminante y mostrando una mayor resistencia (Anaya. A, 2003).

A continuación de la selección de las especies se realizó un ensayo de laboratorio para comprobar la cantidad de ácido ascórbico que tiene cada una de las plantas, esto se realizó para determinar cuál de las especies se iba a utilizar en este experimento.

Como se mencionó anteriormente, el ácido ascórbico o vitamina C es importante ya que es un componente que puede afectar el tejido conjuntivo y la curación de las heridas de las especies vegetales.

La cuantificación de ácido ascórbico se realiza a partir de un método de análisis cuantitativo, llamado titulación. Que en resumen es la medición del volumen de una disolución de concentración conocida, llamada titulante patrón, la cual es necesaria para que reaccione completamente con el compuesto de disolución, y del cual no se conoce su concentración. Adicionalmente a esto se tiene que agregar un indicador con el cual sufre un cambio físico brusco en el que pueda apreciar el ojo humano como punto final de la reacción (UAH, 2011).

Para que la sustancia se oxide es necesario que la otra sustancia se reduzca y viceversa, conocida también como reacción REDOX. Por esta razón al ácido ascórbico le añadimos yodo (I), para que este se reduzca y el ácido ascórbico se oxide, como se puede observar en la Figura 6. Además de esto se tiene que añadir almidón, ya que sirve como indicador para que el yodo cambie de color.

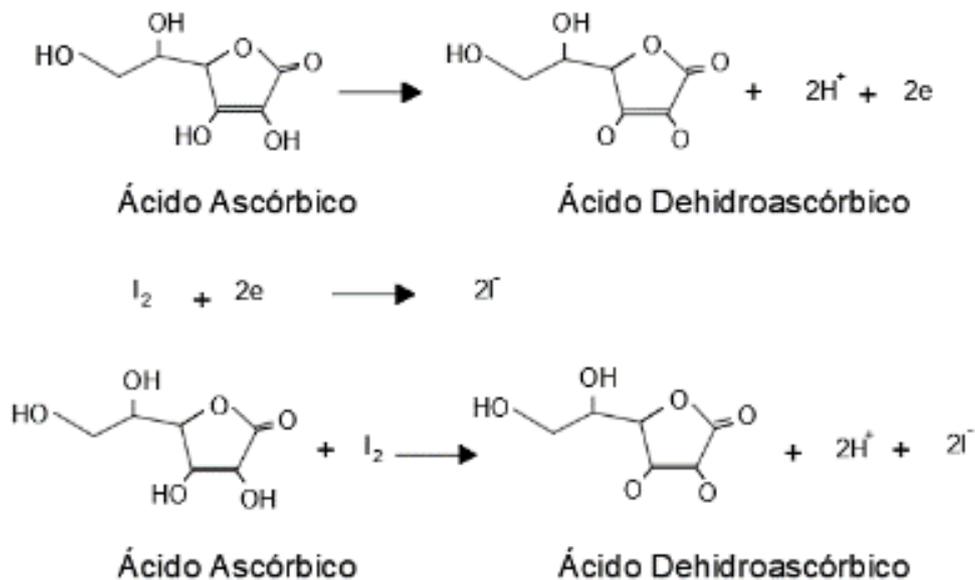


Figura 2. Formación de ácido ascórbico.

El procedimiento que se debe seguir para la obtención del zumo de las especies vegetales se lo obtuvo de la Universidad Complutense de Madrid, y es la siguiente:

- Obtención de zumo. En este caso al no tener frutos y al trabajar solo con hojas se procedió a pesar una cantidad de hojas y licuarlas (Anexo 2, Figura A5).
- Filtrar el líquido obtenido con ayuda de una bomba de vacío y papel filtro (Anexo 2, Figura A6).
- Obtención y etiquetado de 10 ml de zumo de cada especie vegetal (Anexo 2, Figura A7).

El procedimiento para la titulación del ácido ascórbico es el siguiente:

- En un Erlenmeyer de 100 ml agregar: 10 ml de zumo, 15 ml de agua destilada, 0,25 ml de HCL (15%V/V), 0,25 ml de almidón (1%W/W).
- Llenar una bureta de 15 ml con la disolución de yodo (Anexo 2, Figura A8).

- Titular lentamente la muestra agitando la disolución de zumo contenida en Erlenmeyer, hasta que exista un cambio brusco de color a azul (Anexo 2, Figura A9).

Una vez realizada la fase experimental y obteniendo los mililitros restantes en la titulación de todas las especies vegetales, se realizó un cálculo matemático para obtener la cantidad de ácido ascórbico de las plantas. Para esto:

- Primero se mide la cantidad de volumen de extracto que se ha perdido en la en la probeta en el proceso de titulación.
- Se realiza una dilución (2 a 1) de la muestra con agua destilada, para poder observar con mayor claridad el cambio de color.
- Se procede a realizar los cálculos con los datos obtenidos a partir de las siguientes fórmulas.

$$C_{aa} = 0,424 \text{ g} * f * \left(\frac{V_o}{V_m} \right) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

C_{aa} = Cantidad inicial de ácido ascórbico [g/ml]

f = Factor de multiplicación

V_o = Volumen inicial que se redujo en la titulación [ml]

V_m = Volumen de la muestra [ml]

El factor de multiplicación para este experimento será de 0,26 adimensional, ya que se realizó una serie de pruebas posteriores con una tableta de Vitamina C de 500 mg y con cálculos se determinó que existe un porcentaje de error de 26% con la cantidad total de vitamina C, por lo tanto, se debe multiplicar por este factor, para la obtención de datos más precisos.

$$Q_{aa} = C_{aa} * F \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

Q_{aa} = Cantidad de ácido ascórbico [g]

C_{aa} = Cantidad inicial de ácido ascórbico [g/ml]

F = Factor de multiplicación para eliminar mililitro [ml]

Una vez obtenido la cantidad inicial de ácido ascórbico se tiene que multiplicar por un factor (F), en este caso F será de siempre de 10, ya que se realizó una dilución de 10 ml de zumo en 100 ml de agua destilada.

$$Q_{af} = \frac{(Q_{aa} * V_e)}{1000 \text{ g}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

Q_{af} = Cantidad final de ácido ascórbico [mg]

Q_{aa} = Cantidad de ácido ascórbico [g]

V_e = Volumen del extracto obtenido anteriormente [g]

A continuación, se multiplica la cantidad de ácido ascórbico por la cantidad de volumen del extracto que es la cantidad de masa que se perdió en el papel filtro cuando se licuaron las muestras, se divide para 1000 como factor de conversión de gramos a miligramos.

$$Q_t = \frac{Q_{af}}{M_p} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

Q_t = Cantidad total de ácido ascórbico [mg/g]

Q_{af} = Cantidad final de ácido ascórbico [mg]

M_p = Muestra inicial de la especie vegetal [g]

Finalmente, se obtuvo la cantidad total de ácido ascórbico, multiplicando la cantidad final de ácido ascórbico por la muestra que se pesó en un inicio de las especies vegetales, obteniendo así la cantidad exacta de ácido ascórbico de la masa de la planta.

3.3. Desarrollo del ensayo de microcosmos

3.3.1. Descripción del área de estudio

La Red de Monitoreo de Contaminación Atmosférica de la Secretaría de Ambiente de Quito, se pueden observar los datos de contaminantes en línea, y datos históricos de monitoreo. Para el presente experimento las condiciones que se propusieron, fueron basados en los datos históricos de ozono en $\mu g/m^3$, de la estación de monitoreo de “Cotocollao” y la estación de “Carapungo” al norte de la ciudad.

El análisis de datos para determinar la fecha de inicio del experimento se basó en los datos históricos tomados por la red de monitoreo, identificando que los meses donde se presenta mayor concentración de ozono en las estaciones es entre septiembre y octubre, esto se da por la cantidad de radiación solar que es mayor durante estos meses y por la carga contaminante de vehículos (Secretaría del Ambiente, 2015).

Para este análisis los datos se obtuvieron previamente de la Secretaría de Ambiente del DMQ, el resultado del este análisis se lo puede apreciar de mejor manera en las Figuras 3-5.

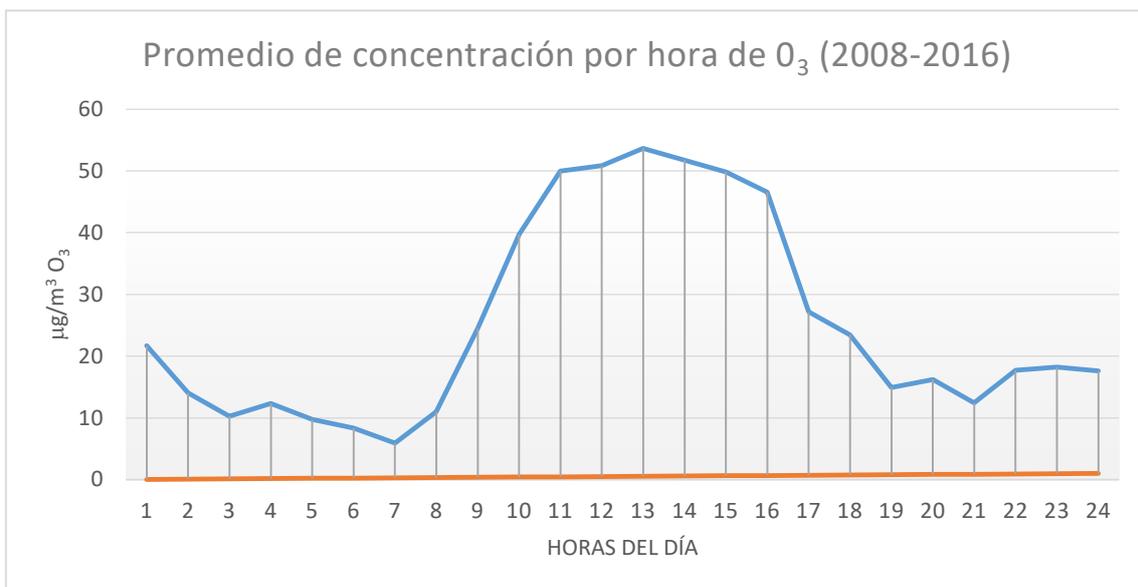


Figura 3. Comportamiento de ozono durante 24 horas promedias en Quito.

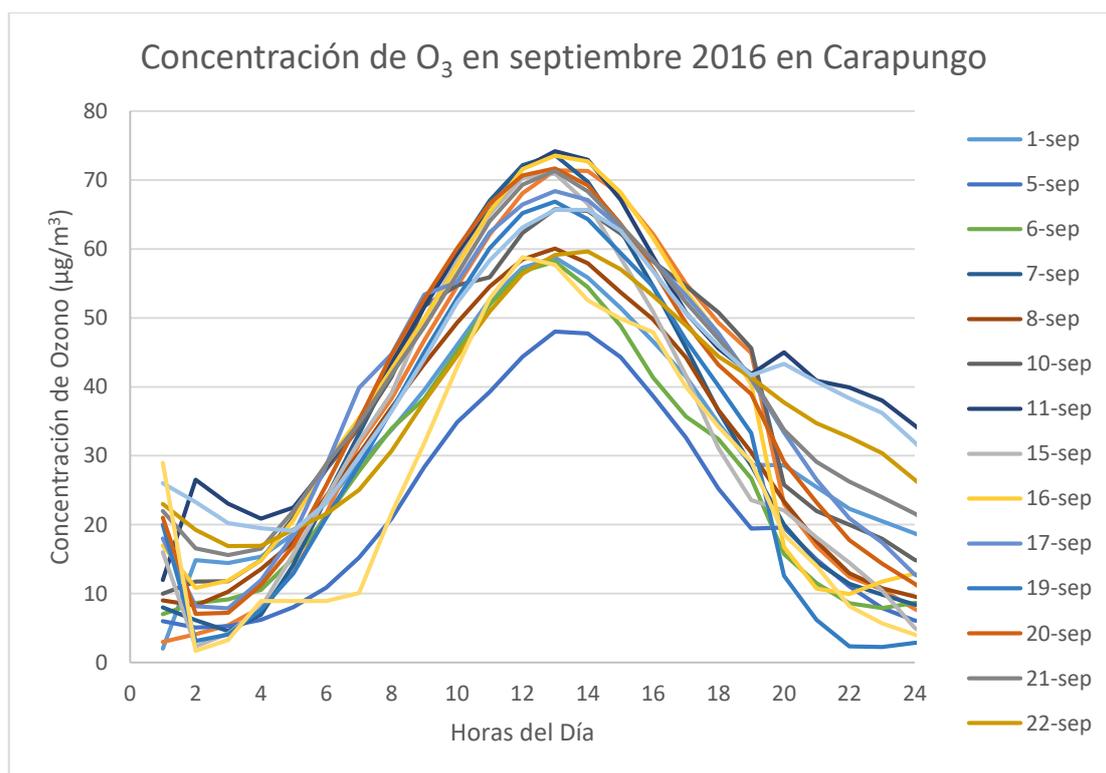


Figura 4. Concentración de O₃ en el mes de septiembre del año 2016 en la estación de Carapungo.

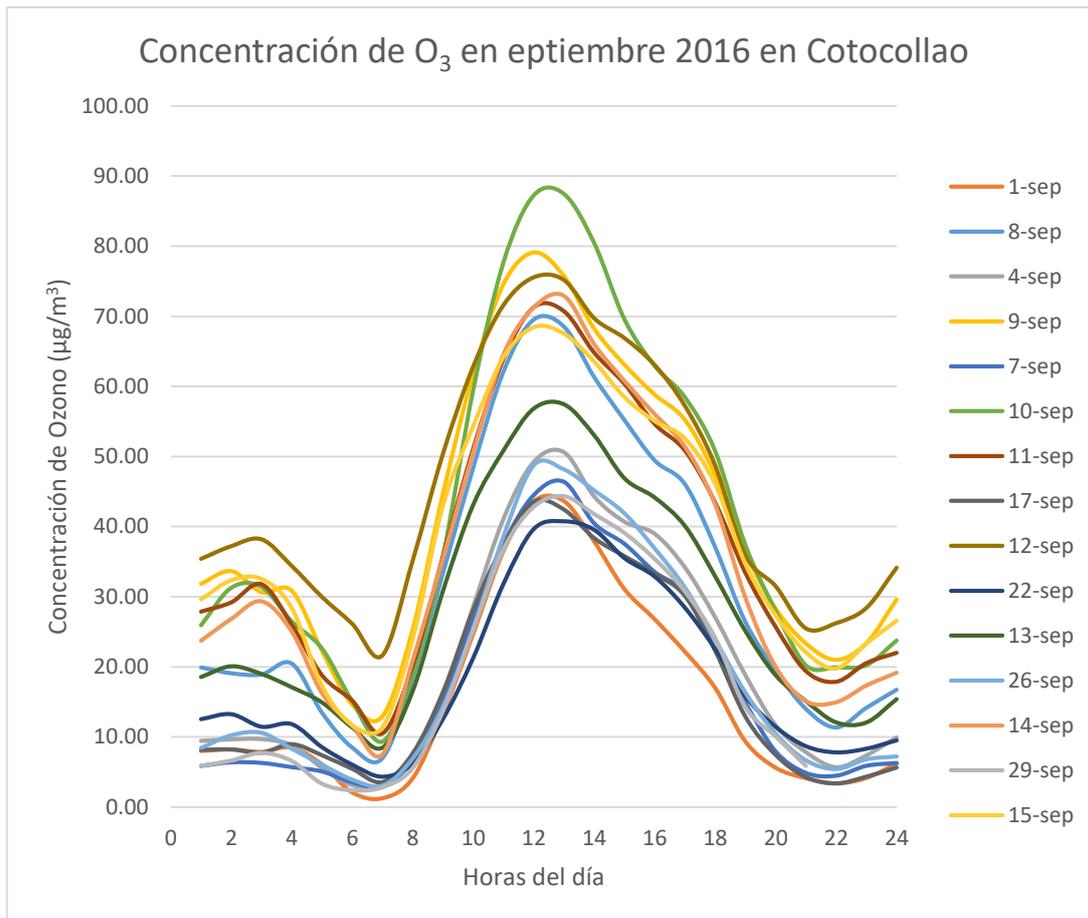


Figura 5. Concentración de O₃ en el mes de Septiembre del año 2016 en la estación de Cotocollao.

3.3.2. Diseño experimental

Para el desarrollo del experimento se planteó un diseño experimental con el fin de hacer un juego de variables entre la concentración del ozono y las especies vegetales. Para el siguiente estudio se realizó un diseño experimental en el cual se trabajó con 3 concentraciones de O₃ cada una de 8 individuos de cada especie, es decir, 17 individuos por nivel. 3 niveles con 2 especies, estos crearán un ecosistema dentro de un metro y medio cuadrado, como se puede ver en la Figura 6.

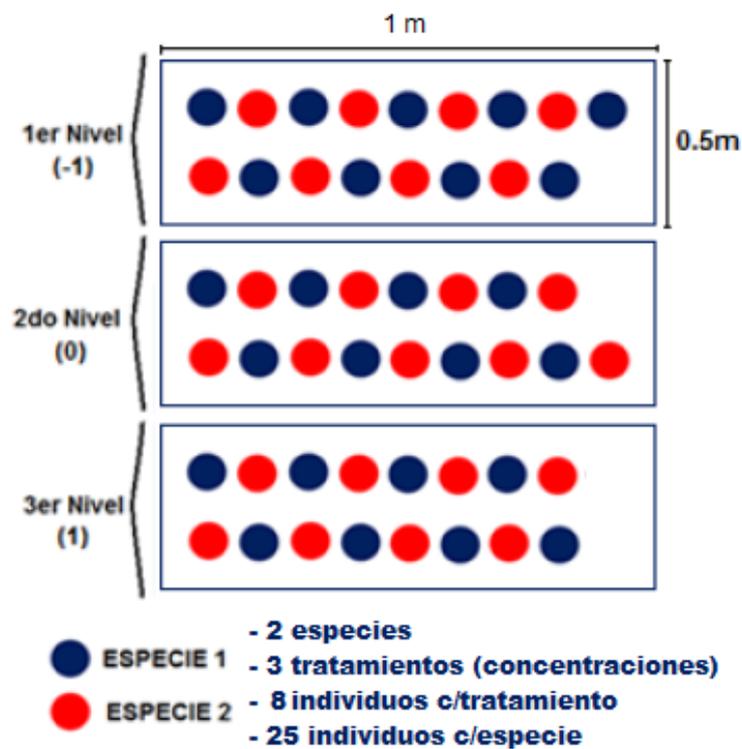


Figura 6. Esquema de Diseño Experimental.

Cada grupo fue sometido a 3 diferentes condiciones, el factor 1 llamado N1 será la concentración para cada especie, el factor constante será NC y serán las 3 especies vegetales, y existirán 3 niveles; nivel 1 llamada: (-1); el segundo nivel será (0); y el tercer nivel es (1). Las especies estarán definidas como Sp1 Malamadre y Sp2 la Planta de Jade. Como se ve en la Tabla 1.

Tabla 1.

Diseño experimental.

Especies Vegetales	Concentración de O_3 ($\mu g/m^3$)	Tratamiento (9 réplicas)
Sp1 Malamadre	(-1)	(Sp1,-1)
	(0)	(Sp1,0)
	(1)	(Sp1,1)
Sp2 Planta de Jade	(-1)	(Sp2,-1)
	(0)	(Sp2,0)
	(1)	(Sp2,1)

Las concentraciones de ozono fueron estimados a partir de concentraciones históricas de la Secretaria del Ambiente, determinando los datos mínimos, máximos y promedios para saber cuáles son los picos del contaminante y extrapolarlos al proyecto en el Tratamiento (-1) y (1).

Tabla 2.

Niveles del diseño experimental.

Código	Variables	Niveles		
		(-1)	(0)	(1)
NV1	Concentración de O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	O ₃ ambiental	80

En la Tabla 3 se puede observar a mayor detalle el tratamiento que recibirá cada especie, a qué concentración estará expuesta y el número de repeticiones que tiene cada una. Se puede notar también que cada individuo tiene un código distinto para cada especie, T1 o T(-1) con 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), T2 o T (0) con O₃ ambiental y T3 o T(1) con 80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 3.

Tratamiento del diseño experimental.

Número de tratamiento	Código	Concentración de O ₃	Número de especies	Repeticiones por especie	Código de las especies	
Tratamiento 1	(-1)	40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	3	Sp1:9	Sp2:10
					Sp1:10	Sp2:11
					Sp1:11	Sp2:12
					Sp1:12	Sp2:13
					Sp1:13	Sp2:14
					Sp1:14	Sp2:15
					Sp1:15	Sp2:16
Tratamiento 2	0	O ₃ ambiental	2	3	Sp1:1	Sp2:1
					Sp1:2	Sp2:2
					Sp1:3	Sp2:3
					Sp1:4	Sp2:4
					Sp1:5	Sp2:5
					Sp1:6	Sp2:6
					Sp1:7	Sp2:7
					Sp1:8	Sp2:8
Tratamiento 3	-1	80 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2	3		Sp2:9
					Sp1:18	Sp2:18
					Sp1:19	Sp2:19
					Sp1:20	Sp2:20
					Sp1:21	Sp2:21
					Sp1:22	Sp2:22
					Sp1:23	Sp2:23
					Sp1:24	Sp2:24
Sp1:25	Sp2:25					
	Sp1:26					

3.3.3. Diseño, construcción e implementación de microinvernaderos

Como se puede observar en la Figura 7, la ubicación de estos microinvernaderos fue al norte de Quito en el barrio de Ponciano, con coordenadas: Latitud: 0° 6'4.78"S y Longitud: 78°29'1.86"O, una altura media de 2778 msnm y condiciones climatológicas de la estación meteorológica de Cotocollao y Calderón.

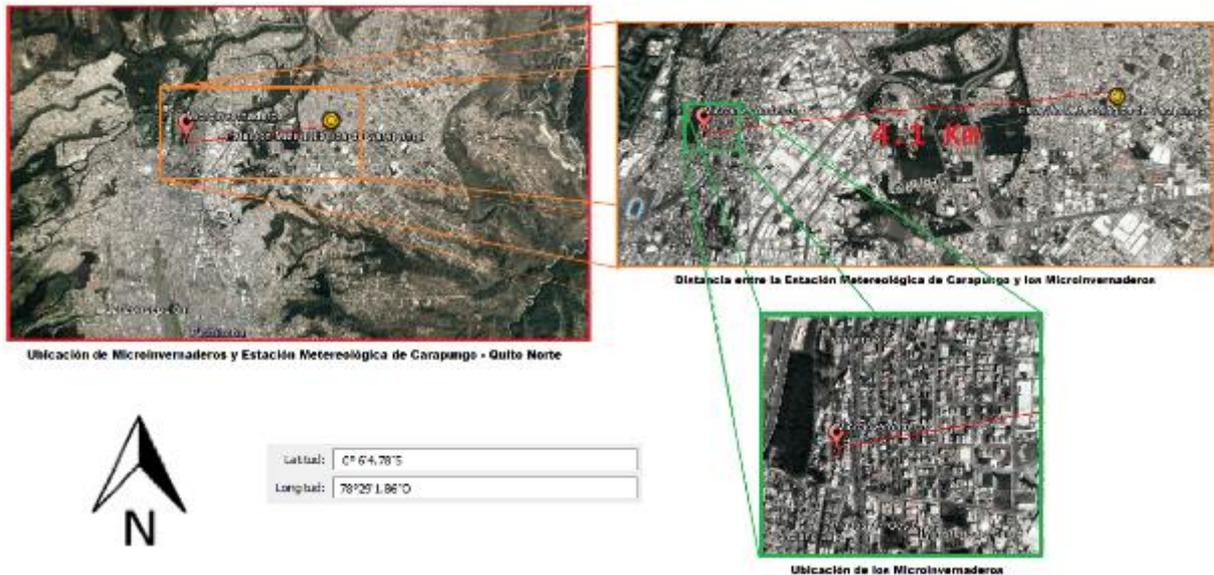


Figura 7. Localización del experimento.

Para un mejor desarrollo del experimento se diseñaron y se construyeron 3 microinvernaderos, cuyas características de construcción y de almacenamiento fueron idénticos en los 3 casos. Las condiciones ambientales dentro de cada invernadero tenían que ser exactamente las mismas, sin opciones de fuga para que el ozono se escape ni opciones de ingreso para otras sustancias o contaminantes. Las condiciones y variables dentro de los microinvernaderos como temperatura, humedad, riego estuvieron debidamente controladas.

Las dimensiones de los microinvernaderos son: 1 metro de largo, por 0.5 metros de ancho y 0.5 metros de altura, uno alado de otro. El material de los mismos es una estructura de aluminio de 3 cm de grosor y paredes de bobina de polietileno, también conocida como plástico para invernadero. El diseño de las tapas, igualmente es un conjunto de láminas de aluminio con bobinas de polietileno para evitar fugas o ingresos de sustancias como se puede ver en la Figura 8 y 9.

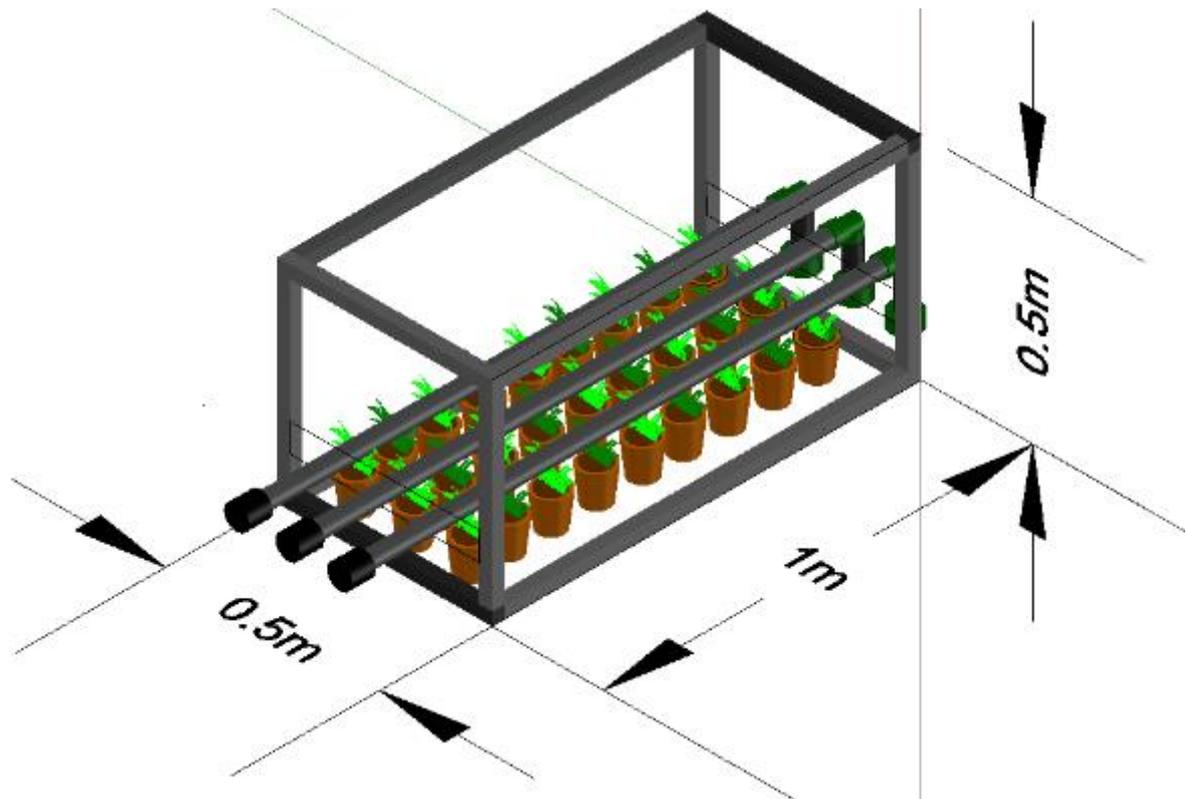


Figura 8. Medidas del Microinvernadero.

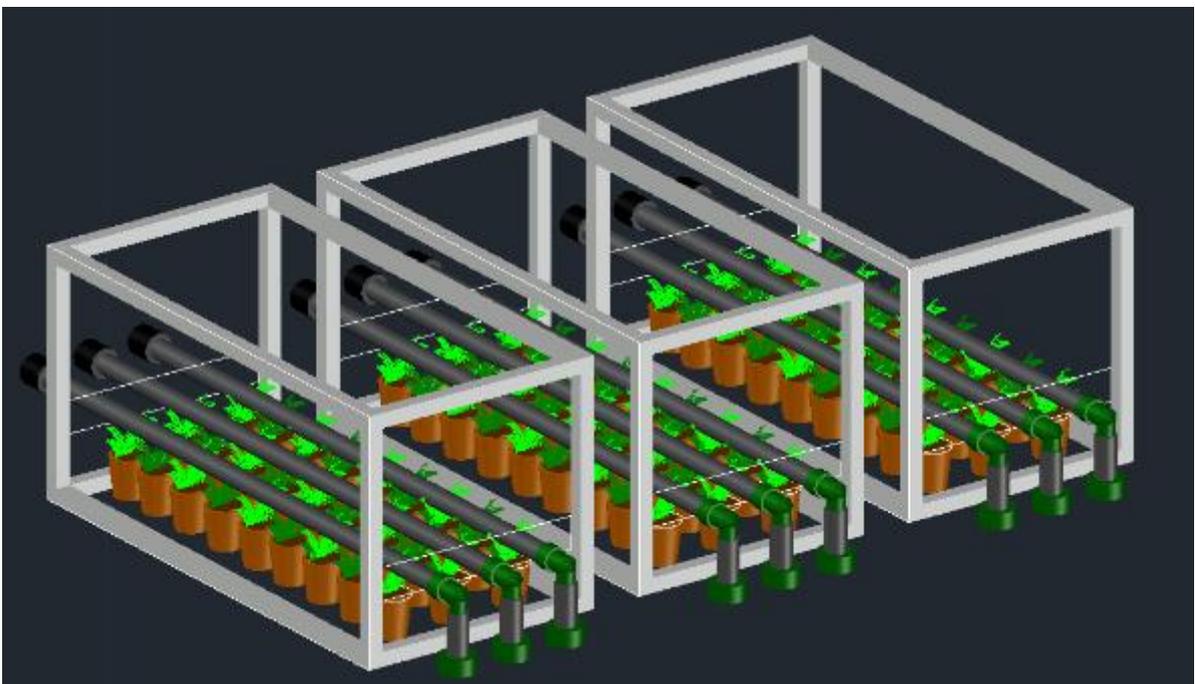


Figura 9. Diseño del Microinvernadero.

Como se puede observar en la Figura 10, se realizó también la instalación de un sistema de riego de goteo controlado externamente. El sistema de riego consta de 14 metros de manguera de $\frac{3}{4}$, 9 T, 9 codos y 10 tapones, unidos para adecuadamente para que la presión del caudal pueda llegar a cada una de las plantas.

En cuanto al sistema de goteo dentro de los invernaderos, el sistema tiene 50 agujas y 50 goteros tipo botón que se incrustan directamente en la manguera principal y posee un caudal de 4 litros por hora (INTA, 2015).



Figura 10. Riego por goteo.

A. Gotero tipo botón de 4 l/hora, utilizado en el experimento.

B. Muestra de funcionamiento del gotero en el experimento.

3.3.4. Siembra de plántulas

La siembra de plántulas se realizó una vez aprobadas, los dos tipos de especies vegetales que se sometieron a experimentación y se obtuvieron los resultados de ácido ascórbico. Una vez seleccionadas las plantas dentro de los vivarios de Quito, se procedió con el traspaso de las mismas a macetas con un código independiente para poder identificarlas (Figura 11).

Para la instalación de las plantas dentro de los microinvernaderos, mediante consulta técnica y bibliográfica se identificaron las técnicas de cuidado de cada una de las plantas para un desarrollo heterogéneo y simultáneo. Las condiciones de temperatura, humedad pH, riego, nutrientes, cantidad de radiación solar, edad de la plántula y espacio de siembra que son iguales para individuo de cada especie (FAO, 2002).

Además, como ayuda para los resultados, se tomaron en cuenta los parámetros físicos y morfológicos de estas plantas que fueran visibles y medibles antes y después del experimento (Tabla 4), estos parámetros fueron:

Tabla 4.

Parámetros morfológicos.

Parámetro	Método de medición	Magnitud	Unidad
Peso	Balanza	W	g
Altura total	Flexómetro	Ht	m
Promedio de tamaño de hoja	Calculadora	T	cm ²
Número de hojas	Contador	#	Unidades
Color	Visual		



Figura 11. Toma de datos morfológicos previo a la experimentación.

- A. Conteo de hojas de cada planta.
- B. Etiquetado para cada individuo de cada especie.
- C. Pesaje de cada planta con ayuda de una balanza.
- D. Medición de altura de plantas y área de cada hoja.

3.3.5. Estudios de filtración de aire

Con el fin de impermeabilizar por completo cada invernadero, las paredes fueron elaboradas con una capa bobina de polietileno para el techo y las paredes. La estructura que lo sostiene y el piso, fueron construidos de aluminio.

Para evitar fugas dentro y fuera de los microinvernaderos todos los orificios encontrados fueron recubiertos con silicona, así mismo, los orificios para la inyección de ozono fueron cubiertos con globos de agua, más ligas, así se

aseguró que no exista ningún tipo de filtración desde el interior al exterior y viceversa (SAGARPA, 2009).

Una vez empezado el experimento, las tapas del microinvernadero y los orificios por donde ingresaron las mangueras para el sistema de riego, fueron selladas desde su exterior con ayuda de silicona, y cada 4 días se elaboró una revisión para observar las condiciones de los microinvernaderos. (Figura 12 y Anexo 4, Tabla A1).

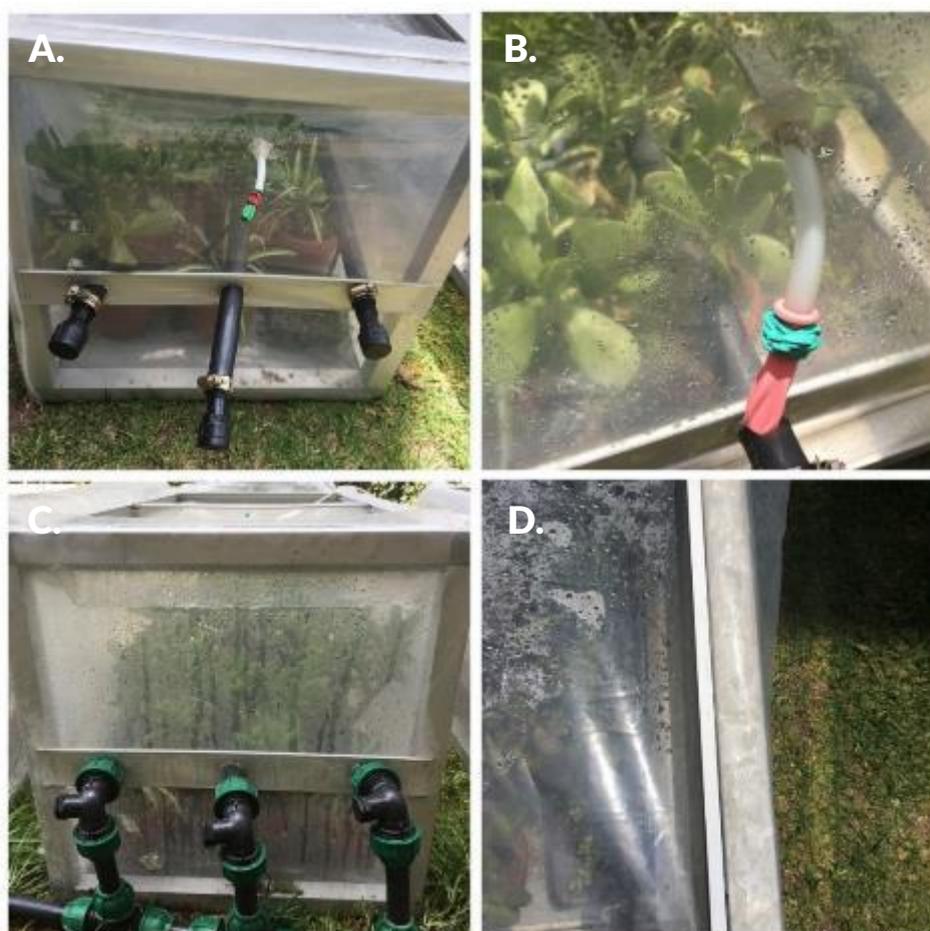


Figura 12. Filtración de aire en microinvernaderos.

- A. Sellado en la parte posterior de los microinvernaderos (tuberías) con silicona.
- B. Sellado en la parte donde se inyecta el ozono con silicona.
- C. Sellado en la parte frontal de los microinvernaderos (tuberías) con silicona.
- D. Sellado en la parte superior de cada microinvernadero (tapas) con silicona.

3.3.6. Inyección de ozono troposférico

La generación de ozono se la obtuvo con la ayuda de un equipo ozonificador de venta libre en el mercado. El equipo pertenece a la marca “Signstek”, originario de Estados Unidos, tiene una capacidad para producir 500 mg/h de O₃.

El método del equipo para generar ozono, se llama efecto corona y consta de alimentación de aire al equipo, una vez con aire dentro, este recibe descargas de electrones, los cuales hacen que la molécula de oxígeno se separe y se formen grupos triatómicos, formando moléculas de ozono y iones negativos (De la Barrera. A, 2012).

El equipo es de fácil manejo y el usuario tiene la opción de escoger el tiempo que desea para generar ozono, además de esto, el equipo es muy práctico para el experimento, ya que en su salida de aire se puede conectar fácilmente un equipo de venoclisis, el cual ayudó en la inyección de ozono en los microinvernaderos (Figura 13).

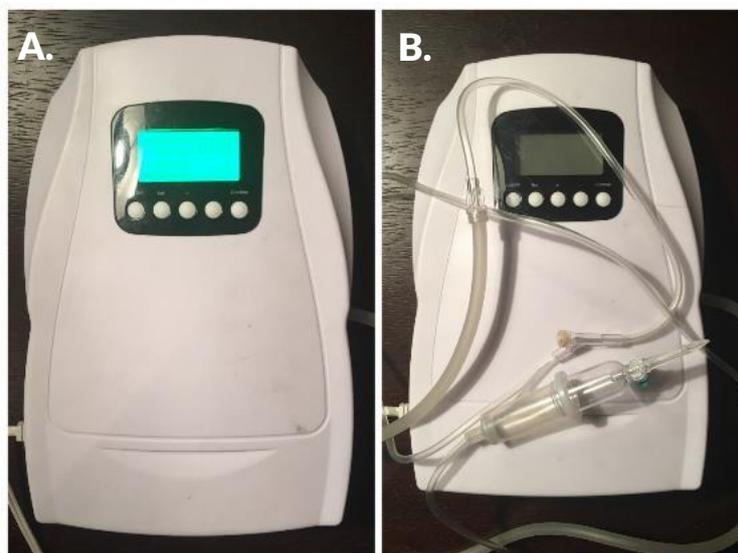


Figura 13. Equipo generador de ozono.

A. Equipo inyector de ozono “Signstek” encendido.

B. Equipo inyector de ozono, con equipo de inyección de microinvernaderos (venoclisis).

Como se mencionó anteriormente el experimento tiene tres tratamientos, el primero donde las plantas son sometidas a una generación de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, otra de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y un blanco con el ozono del ambiente. Para los 40 y $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se hizo uso del equipo ozonificador "Signstek" para generarlo artificialmente, de esta manera, se obtuvieron los datos requeridos para el experimento.

Para saber el tiempo de exposición dentro de los microinvernaderos, se debe determinar la concentración definida o final que deseamos inyectar, calcular el volumen exacto de los microinvernaderos tomando en cuenta las pérdidas por estructuras y distancia desde la manguera del generador y el caudal de salida del equipo tomando en cuenta la entrada al microinvernadero. El cálculo se lo detalla a continuación en las siguientes ecuaciones.

$$Q = \pi * r^2 * v \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

Q = Caudal del ozonizador (m^3/s)

r = Radio de salida del equipo generador (m)

v = Velocidad de salida del gas (m/s)

La velocidad de salida del equipo, se la obtuvo con la ayuda de un anemómetro en una práctica de laboratorio, además se utilizaron 2 caudales, para determinar la generación de ozono, un caudal sin obstrucciones y otro caudal con el equipo de venoclisis, para reducir la velocidad y aumentar el tiempo de generación.

Caudal 1: cálculo de caudal sin obstrucciones:

$$Q_1 = \pi * \left(\frac{0.04}{2}\right)^2 * 1.65$$

$$Q_1 = 2.07 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal 2: cálculo de caudal con obstrucciones:

$$Q_2 = \pi * \left(\frac{0.02}{2}\right)^2 * 0.15$$

$$Q_1 = 4.71 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

Para determinar la cantidad total de ozono que se generará, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_1 * Q_2 = \dot{m}_2 * Q_1 \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

\dot{m}_1 = Flujo másico del ozonizador [$\mu\text{g}/\text{s}$]

\dot{m}_2 = Flujo másico del equipo junto al equipo de venoclisis [$\mu\text{g}/\text{s}$]

Q_1 = Caudal del equipo sin obstrucciones [m^3/s]

Q_2 = Caudal del equipo con obstrucciones [m^3/s]

$$V_r = V_m - V_e - V_t \quad \text{Ecuación (7)}$$

Donde:

V_r = Volumen real del microinvernadero [m^3]

V_m = Volumen total del microinvernadero [m^3]

V_e = Volumen de la estructura [m^3]

V_t = Volumen de la tubería [m^3]

La obtención del volumen real de los microinvernaderos se la realiza obteniendo el volumen total de la misma, es decir, base por ancho y por altura, pero además

de esto se tiene que restar las estructuras que interfieren en su capacidad, como su estructura y el orificio por donde ingresará el ozono.

$$V_m = b * a * h$$

Ecuación (8)

Donde:

b = Base del microinvernadero [m]

a = Ancho del microinvernadero [m]

h = Altura del microinvernadero [m]

$$V_e = (4 * A_1 * l_1) + (4 * A_2 * l_2) + (4 * A_3 * l_3) \quad \text{Ecuación (9)}$$

Donde:

A_1 = Área de la estructura de aluminio [m²]

l_1 = Longitud de la estructura de aluminio [m]

$$V_t = \pi * r^2 * L \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

r = Radio de la tubería [m]

L = Longitud de la tubería [m]

Con la ayuda de todas estas ecuaciones, se procedió a reemplazar los datos tomados directamente de los microinvernaderos para obtener el volumen real de los mismos.

$$t_{1-2} = \frac{C_i * V_r}{\dot{m}_2} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

t_{1-2} = Tiempo de exposición [s]

C_1 = Concentración requerida [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

V_r = Volumen real del microinvernadero [m^3]

\dot{m}_2 = Flujo másico del equipo junto al equipo de venoclisis [$\mu\text{g}/\text{s}$]

Finalmente, con la obtención del flujo másico con obstrucciones, el volumen real y la concentración requerida se puede obtener cada tiempo de exposición requerido para este experimento.

Una vez que se obtuvieron los resultados de tiempo de exposición se procedió a realizar la inyección diaria de ozono durante un periodo de 30 días, entre las 11 y 14 horas (Figura 14 y en Anexo 4, Tabla A2).

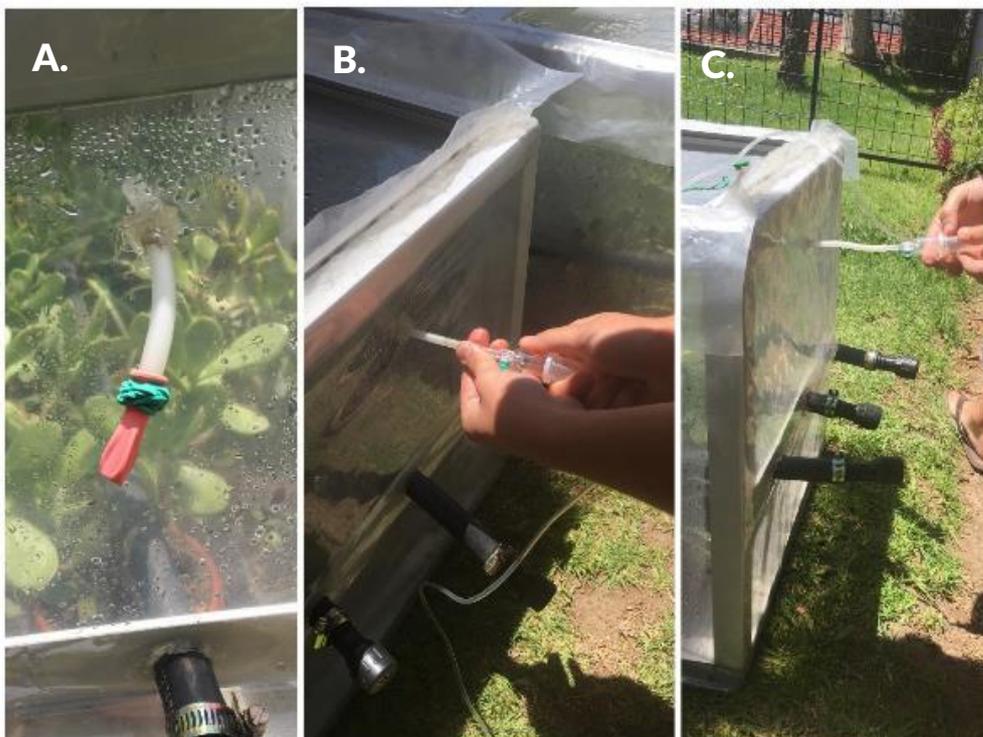


Figura 14. Inyección de ozono a los microinvernadero.

A. Inyección de ozono en Tratamiento (0), sellado porque es sin inyección de ozono.

B. Inyección de ozono en Tratamiento (-1) de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

C. Inyección de ozono en Tratamiento (1) de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3.7. Medición de ozono

En primera instancia la medición de ozono se la iba a realizar con el equipo de medición meteorológica MAWS100, Datalogger de la marca VAISALA, modelo QML201C – AQT400, prestado por la empresa “Sistemas Tecnológicos Alcatecni SA”.

El funcionamiento del equipo es por celdas de concentración electroquímicas, las cuales que utilizan yoduro de potasio, que al reaccionar con el O_3 produce yodo libre. Cada molécula de ozono que se introduce dentro de dicha celda produce dos electrones y el aire tomado como muestra es bombeado a través de la solución en la celda electroquímica de la reacción y la señal de salida es proporcional al número de moléculas de ozono (Vaisala, 2016). Sin embargo durante los primeros 24 días de instalación, el equipo demostró que no se encontraba debidamente calibrado y los datos que se obtenían de él eran totalmente erróneos (Figura 15).

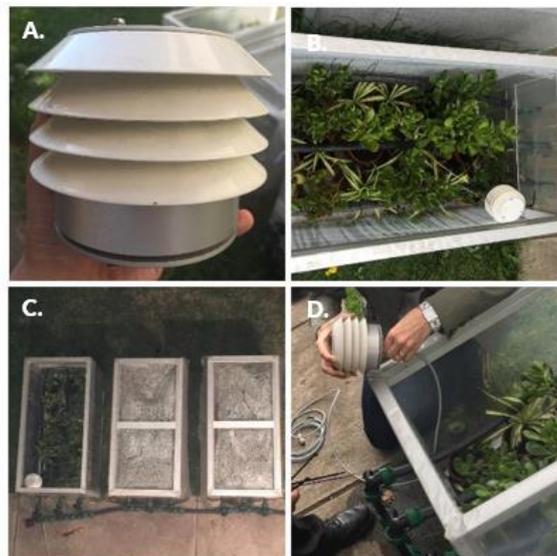


Figura 15. Estación meteorológica (VAISALA).

- A. Equipo de medición y monitoreo VAISALA
- B. Equipo VAISALA dentro del Tratamiento (1) de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- C. Medición de ozono de equipo VAISALA, para el Tratamiento (1) de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- D. Instalación del equipo VAISALA dentro del microinvernadero.

Al observar esto se recurrió a contactar a la Secretaría del Ambiente, donde ya se ha trabajado antes con su metodología para medir ozono troposférico a través de la técnica de cromatografía iónica que calcula pasivos ambientales de ozono, a partir de intercambio iónico con cargas electroestáticas fijas y en disoluciones acuosas.

El método utilizado para la medición de ozono dentro de los microinvernaderos, fue a través de cromatografía iónica. Para realizar este análisis se colocaron 9 filtros dentro de los microinvernaderos (3 filtros por cada uno) separados por 50 centímetros uno de otro y ubicados a 30 centímetros desde el suelo (Figura 16).

Estos estuvieron sometidos a inyección de ozono de distinta concentración para cada microinvernadero por un lapso de 25 horas y posteriormente se realizó el análisis de laboratorio, realizado por la Secretaría del Ambiente.



Figura 16. Medición de ozono con pasivos de la Secretaría del Ambiente.

A. Filtros para medición de ozono, provistos por la Secretaría de Ambiente.

B. Colocación de tres filtros por cada tratamiento.

C. Cada filtro se ubicó a 25 cm desde el suelo, en las paredes del microinvernadero.

D. Se colocó cada filtro con cinta doble faz para evitar que se dañara la etiqueta del mismo.

3.4. Análisis de datos

3.4.1. Análisis microscópico

El análisis para determinar cambios morfológicos a nivel microscópico se lo realizó en los laboratorios de la Universidad de Las Américas, con ayuda de un microscopio marca Olympus, modelo CX-41. Este es un microscopio de precisión que fue diseñado ergonómicamente para evitar problemas de salud a largo plazo. Está compuesto por un bombillo de halógeno de 6 V/300W para una amplia iluminación y tiene un tratamiento anti hongos, con el cual protege las partes ópticas y las regiones de alta humedad del equipo (Olympus, 2008).

Para desarrollar este análisis, primeramente se debe cortar una minúscula muestra de la hoja con ayuda de un bisturí, la muestra tiene que ser extremadamente delgada, además se recomienda evitar las nervaduras para obtener una mejor visión de la misma.

Posteriormente, se coloca la muestra de la hoja en un porta objetos y se añade una gota de azul de metileno, se esparce la gota y se coloca un cubre objetos en la misma, se la aplasta suavemente para que la gota se disperse por el área que ocupa el cubre objeto.

Para una mejor lectura de la muestra, se acude primero al estereomicroscopio, donde se puede observar si la muestra es lo suficientemente delgada para dar una lectura clara. Si es así, se la lleva directamente al microscopio y se ajusta el lente para observar la hoja a nivel microscópico. Si no es así, se debe cortar la muestra para que quede más fina u obtener una nueva.

Finalmente, una vez obtenida una lectura clara donde se pueda observar los cambios anatómicos y morfológicos de la hoja, se puede realizar una captura de pantalla de la muestra, si el microscopio lo permite, o tomar directamente una fotografía con una cámara, para poder tener un mejor análisis de resultados.

Para el análisis, una vez obtenida la imagen se procedió a realizar el método de cuadrícula, en el cual la imagen se fragmenta en partes iguales y se señalan la cantidad de manchas que existe en imagen, se hace una regla de 3, para observar cual es el porcentaje de afectación total de la planta a nivel molecular.

$$Af_m = \frac{x * 100}{N}$$

Ecuación (12)

Dónde:

Af_m = Porcentaje de afectación a nivel molecular [%]

x = Cantidad de cuadros afectados dentro de la cuadrícula [*cuadros*]

N = Cantidad total de cuadros dentro de la cuadrícula [*cuadros*]

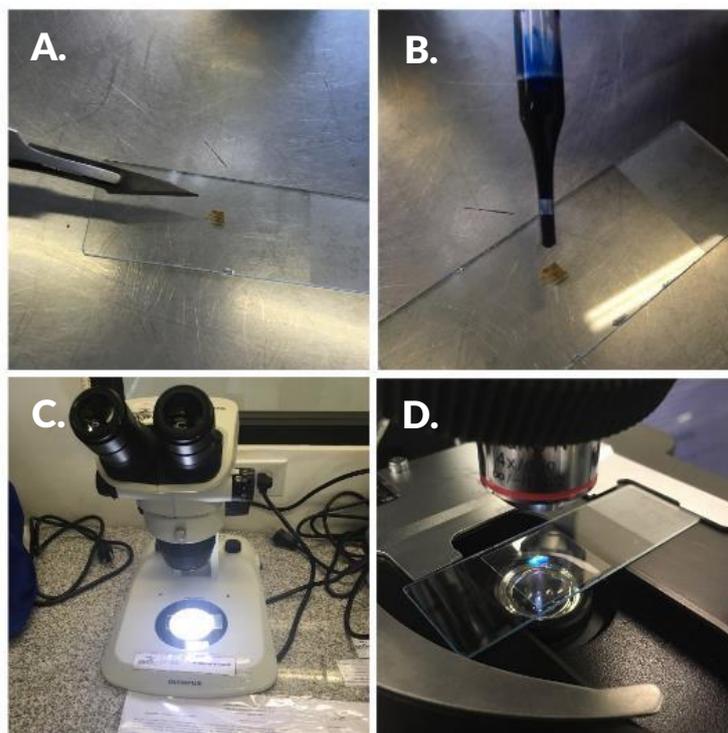


Figura 17. Ensayo Microscópico.

- A. Corte de sección de hoja para análisis microscópico con ayuda de un bisturí.
- B. Añadición de una gota de azul de metileno para la muestra.
- C. Previa visualización con ayuda de un estéreo microscopio.
- D. Visualización final de la muestra con ayuda de un microscopio.

3.4.2. Análisis estadístico “t-Student”

El análisis t-Student es fundamentado principalmente en dos premisas, la primera es la distribución de la normalidad de las muestras del experimento y la segunda ostenta que tan independiente es una muestra en función de otra. En pocas palabras este modelo estadístico puede determinar si la hipótesis planteada es nula o acertada (Sánchez. R, 2015).

Este análisis se lo realiza para observar las diferencias entre dos variables independientes que tengan una distribución de carácter normal y similitud en su varianza. Para el presente experimento se realizó este análisis estadístico con la ayuda de la herramienta informática Microsoft Excel, con el fin de para agilizar tiempo, obtener figuras visuales más claras y corroborar datos.

Los datos obtenidos a partir de este análisis estadístico fueron: mínimo, máximo, media, desviación estándar, varianza, alfa y grados de libertad y se encuentran en resultados.

3.4.3. Análisis ANOVA

El análisis estadístico ANOVA, o también conocido como (Analysis Of Variance) es un conjunto de procesos estadísticos que permiten conocer como ciertos componentes están participando con distintas variables en un experimento y determinar si se comprueba o se anula una hipótesis (Molanes. E, 2014).

El primer paso para realizar este método es seleccionar las variables dependientes e independientes del experimento, seguido de esto, obtener datos de estadística descriptiva como: media, moda, desviación estándar, intervalo de confianza, error estadístico, grados de libertad, límite inferior y superior.

Una vez obtenido estos datos y con ayuda de la herramienta informática Microsoft Excel, se elaboró el procedimiento pertinente para obtener los resultados adecuados del análisis ANOVA, esto se realizó para agilizar tiempo, obtener figuras visuales más claras y corroborar dat

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selección de especies vegetales

Para la selección de las especies vegetales se utilizaron Ecuaciones 1-4, con el fin de determinar la cantidad de ácido ascórbico de cada planta. El procedimiento se la realizó en una hoja del software Microsoft Excel y se detallan a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5.
Procedimiento para obtención de ácido ascórbico.

PLANTA DE JADE			
1 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.065	g/ml
	Cantidad de AAs en (g)	0.650	g
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.976	g
		975.624	mg
	Cantidad total de AAs	2.198	mg/g
2 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.063	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.628	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.943	gr
		942.552	mgr
	Cantidad total de AAs	2.124	mgr/gr
3 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.066	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.661	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.992	gr
		992.160	mgr
	Cantidad total de AAs	2.236	mgr/gr
TOTAL ACIDO ACORBICO PROMEDIO=		2.186	mgr/gr
ESCANCEL ROJO			
1 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.036	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.364	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.028	gr
		28.376	mgr
	Cantidad total de AAs	1.249	mgr/gr
2 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.040	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.397	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.031	gr
		30.955	mgr
	Cantidad total de AAs	1.363	mgr/gr
3 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.037	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.375	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.029	gr
		29.236	mgr
	Cantidad total de AAs	1.287	mgr/gr
TOTAL ACIDO ACORBICO PROMEDIO=		1.300	mgr/gr

MALAMADRE				BEGONIA			
1 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.025	gr/l	1 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.047	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.254	gr		Cantidad de AAs en (g)	0.474	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.017	gr		Cantidad final de AAs en (mg)	0.059	gr
	Cantidad total de AAs	17.495	mgr		Cantidad total de AAs	58.780	mgr
	Cantidad total de AAs	0.326	mgr/gr		Cantidad total de AAs	0.259	mgr/gr
2 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.041	gr/l	2 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.037	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.408	gr		Cantidad de AAs en (g)	0.375	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.028	gr		Cantidad final de AAs en (mg)	0.046	gr
	Cantidad total de AAs	28.144	mgr		Cantidad total de AAs	46.477	mgr
	Cantidad total de AAs	0.524	mgr/gr		Cantidad total de AAs	0.205	mgr/gr
3 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.025	gr/l	3 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.035	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.254	gr		Cantidad de AAs en (g)	0.353	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.017	gr		Cantidad final de AAs en (mg)	0.044	gr
	Cantidad total de AAs	17.495	mgr		Cantidad total de AAs	43.743	mgr
	Cantidad total de AAs	0.326	mgr/gr		Cantidad total de AAs	0.193	mgr/gr
TOTAL ACIDO ACORBICO PROMEDIO=			0.392 mgr/gr	TOTAL ACIDO ACORBICO PROMEDIO=			0.219 mgr/gr
HOJA DE CORAZON				LECHUGA			
1 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.037	gr/l	1 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.023	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.375	gr		Cantidad de AAs en (g)	0.232	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.043	gr		Cantidad final de AAs en (mg)	0.023	gr
	Cantidad total de AAs	42.729	mgr		Cantidad total de AAs	23.150	mgr
	Cantidad total de AAs	0.410	mgr/gr		Cantidad total de AAs	0.196	mgr/gr
2 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.041	gr/l	2 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.032	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.408	gr		Cantidad de AAs en (g)	0.320	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.046	gr		Cantidad final de AAs en (mg)	0.032	gr
	Cantidad total de AAs	46.499	mgr		Cantidad total de AAs	31.970	mgr
	Cantidad total de AAs	0.447	mgr/gr		Cantidad total de AAs	0.270	mgr/gr
3 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.043	gr/l	3 Repetición	Cantidad Inicial de Aas	0.029	gr/l
	Cantidad de AAs en (g)	0.430	gr		Cantidad de AAs en (g)	0.287	gr
	Cantidad final de AAs en (mg)	0.049	gr		Cantidad final de AAs en (mg)	0.029	gr
	Cantidad total de AAs	49.013	mgr		Cantidad total de AAs	28.662	mgr
	Cantidad total de AAs	0.471	mgr/gr		Cantidad total de AAs	0.242	mgr/gr
TOTAL ACIDO ACORBICO PROMEDIO=			0.443 mgr/gr	TOTAL ACIDO ACORBICO PROMEDIO=			0.236 mgr/gr

En función a los resultados obtenidos en laboratorio y para el desarrollo de este experimento, se determinó que las especies a utilizar son la Planta de Jade y la Malamadre. Ya que las dos especies son del mismo color pero tienen diferentes cantidades de ácido ascórbico y el estudio se enfoca en la resistencia de las especies vegetales frente a distintas concentraciones de ozono.

La Planta de Jade (*Crassula ovata*) es una planta de cobertura libre y crecimiento lento que puede desarrollarse en suelo pobre y seco, sus hojas son gruesas y suculentas, y sus ramas actúan como depósitos de agua. Su origen es de Norte América y tiene una gran cantidad de ácido ascórbico (Gilman. E, 2013).

La Malamadre (*Chlorophytum comosum*) es una planta muy común en hogares, de rápido crecimiento y fácil cuidado, son muy resistentes y de sus hojas puede aparecer nuevas plántulas para crecimiento. Aguantan la radiación solar y la lluvia, aguantando entre 50°F y 75°F, tiene baja cantidad de ácido ascórbico, es conocida también como planta araña (Clemson University, 2015).

Tabla 6.

Selección de especies vegetales.

Cantidad total de ácido ascórbico de especies vegetales utilizadas en jardines verticales			
Especie	Peso de hojas	Cantidad de Agua destilada	Cantidad de Ácido Ascórbico
Planta de Jade	443,77 g	50 ml	2,18 mg/g
Begonia	227,06 g	50 ml	0,21 mg/g
Malamadre	53,69 g	50 ml	0,39 mg/g
Hoja de Sandía	104,11 g	50 ml	0,44 mg/g
Escancel Rojo	22,71 g	50 ml	1,30 mg/g

4.2. Condiciones atmosféricas

Para un mejor desarrollo del experimento se tomaron los datos de ozono desde que se inició la fase experimental (14/10/2017), hasta su fase final (18/11/2017), teniendo los siguientes resultados. Los datos utilizados en el estudio fueron de la estación más cercana a la local del experimento de la red de monitoreo de calidad del aire de la Secretaria del Ambiente de Quito.

Como se puede apreciar en Tabla 7, los días con mayor concentración de ozono se encuentran de color verde, mientras que los días con menor concentración de ozono, se muestran de color rojo.

Tabla 7.

Concentraciones de ozono de la estación Carapungo (14/10/2017 - 8/11/2017).

Concentraciones de Ozono de la estación Carapungo (14/10/2017 - 18/11/2017)		
Fecha:	Máximo:	Promedio:
14/10/2017	65.7	27.46
15/10/2017	63.59	24.02
16/10/2017	57.8	31.42
17/10/2017	41.68	19.97
18/10/2017	43.16	22.35
19/10/2017	79.7	28.10
20/10/2017	72.99	35.05
21/10/2017	52.26	26.38
22/10/2017	65.23	26.41
23/10/2017	56.37	21.89
24/10/2017	80.31	22.83
25/10/2017	74.3	28.90

26/10/2017	68.15	25.67
27/10/2017	71.85	25.03
28/10/2017	57.36	27.84
29/10/2017	68.41	23.75
30/10/2017	56.02	18.30
31/10/2017	69.6	23.89
1/11/2017	75.59	33.39
2/11/2017	80.47	34.67
3/11/2017	53.93	29.52
4/11/2017	62.88	30.08
5/11/2017	62.24	29.82
6/11/2017	58.77	26.49
7/11/2017	63.38	24.91
8/11/2017	97.47	27.91
9/11/2017	82.45	24.59
10/11/2017	74.33	27.03
11/11/2017	78.84	29.65
12/11/2017	70.97	24.37
13/11/2017	60.65	17.12
14/11/2017	65.7	24.21
15/11/2017	63.59	24.73
16/11/2017	57.8	31.42
17/11/2017	41.68	19.97
18/11/2017	43.16	22.35

Entre el 14/10/17 y 18/11/17 se realizaron 844 mediciones en la estación de Carapungo, de las cuales el 73% no superó los 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), el 26% estuvo entre 40 y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 1% superó los 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

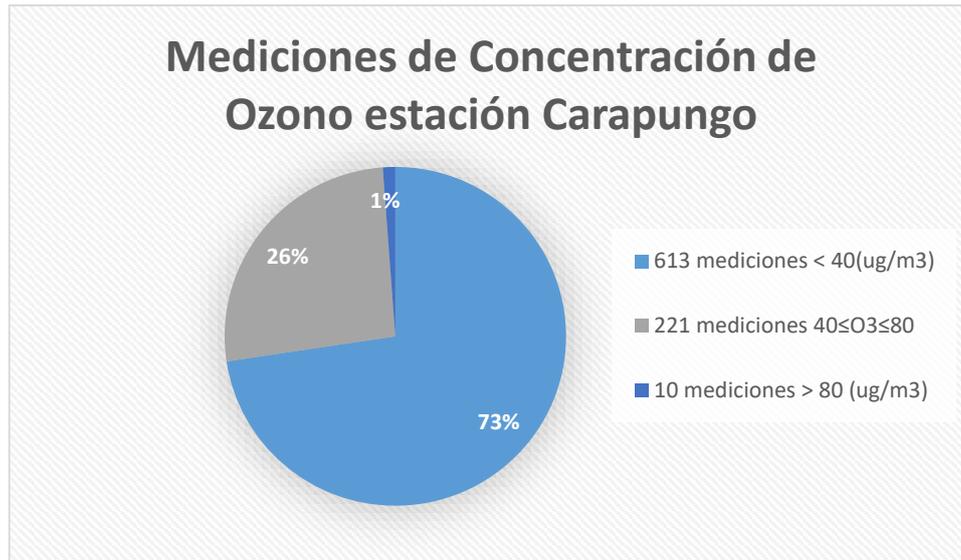


Figura 18. Estadísticas de mediciones en estación de Carapungo.

4.3. Inyección de ozono en los microinvernaderos

Para la inyección de ozono, la determinación del volumen de los microinvernaderos y el tiempo de exposición se utilizaron las Ecuaciones 5-11, teniendo los siguientes resultados:

Cálculo de caudal de salida del equipo ozonificador:

$$Q = \pi * r^2 * v$$

Caudal 1 sin obstrucciones:

$$Q_1 = \pi * \left(\frac{0.04}{2}\right)^2 * 1.65$$

$$Q_1 = 2.07 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal 2 con obstrucciones:

$$Q_2 = \pi * \left(\frac{0.02}{2}\right)^2 * 0.15$$

$$Q_1 = 4.71 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$$

Flujo másico del equipo con el equipo de venoclisis:

$$\dot{m}_1 * Q_2 = \dot{m}_2 * Q_1$$

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{m}_1 * Q_2}{Q_1}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{138 * 4.71 \times 10^{-7}}{2.07 \times 10^{-5}}$$

$$\dot{m}_2 = 3.13 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Volumen del microinvernadero:

$$V_m = b * a * h$$

$$V_m = (0.5) * (0.5) * (1)$$

$$V_m = 0.25 \text{ m}^3$$

Volumen de la estructura:

$$V_e = (4 * A_1 * l_1) + (4 * A_2 * l_2) + (4 * A_3 * l_3)$$

$$V_e = ((4 * 0.003 * 1.5) + (4 * 0.003 * 0.5) + (4 * 0.005 * 0.5))$$

$$V_e = 0.034 \text{ m}^3$$

Volumen de la tubería:

$$V_t = \pi * r^2 * L$$

$$V_t = \pi * 0.075^2 * 2$$

$$V_t = 0.035 \text{ m}^3$$

Volumen total de los microinvernaderos:

$$V_r = V_m - V_e - V_t$$

$$V_r = (0.25 - 0.034 - 0.035)$$

$$V_r = 0.18$$

Tiempo de exposición para el microinvernadero ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$):

$$t_1 = \frac{C_i * V_r}{\dot{m}2}$$

$$t_1 = \frac{80 * 0.18}{1.88}$$

$$t_1 = 7.68 \sim 8 \text{ seg}$$

Tiempo de exposición para el microinvernadero ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$):

$$t_2 = \frac{C_i * V_r}{\dot{m}2}$$

$$t_1 = \frac{40 * 0.18}{1.88}$$

$$t_1 = 3.84 \sim 4 \text{ seg}$$

4.4. Resultados de inyección de ozono en los microinvernaderos

Como podemos observar en la Tabla 8, los resultados promediados provenientes de la Secretaría de Ambiente de Quito, fueron 18.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el Tratamiento (0), 47.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el Tratamiento (-1) y 54.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el Tratamiento (1). Lo que quiere decir que existió algún error en la inyección de ozono, sin embargo los cálculos están bien realizados y no existieron fugas en los microinvernaderos para que existan variaciones en los resultados.

Tabla 8.

Resultados de inyección de ozono.

Resultados de ozono otorgados por la Secretaría de Ambiente		
# de Tratamiento	Cantidad	Unidad
Tratamiento (0)	18.4	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tratamiento (-1)	47.4	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tratamiento (1)	54.1	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

4.5. Análisis estadístico

Los datos tomados para observar el cambio morfológico y la resistencia de las plantas se mostrarán a continuación en las siguientes gráficas y tablas, como los resultados obtenidos, antes y después de la inyección de ozono. Los datos que fueron tomados en cuenta para este estudio fueron: la altura expresada en metros, el peso expresado en gramos, el tamaño de hoja expresado en centímetros cuadrados y la cantidad de hojas expresados por cantidad.

4.5.1.1. Altura (Especie 1 - Malamadre)

Como se puede observar en la Tabla 9, los valores de altura en la Especie 1 aumentan entre 5 cm y 11 cm. Se puede observar también, que 3 individuos redujeron su tamaño, esto se debe a la exposición que tuvieron frente al ozono, Como González. B, indica en su libro se puede notar que en el Tratamiento (1) el porcentaje de crecimiento es mucho menor que en los otros tratamientos, esto se da ya que las especies vegetales están expuestas a una mayor cantidad de ozono.

Tabla 9.

Resultados de altura de Especie 1.

Altura (m) Sp1						
#	Código	Antes	Después	Crecimiento	Crecimiento en %	Promedio de Crecimiento
Tratamiento (0)	Sp1:1	0.16	0.24	0.08	33.33	34.46
	Sp1:2	0.14	0.18	0.04	22.22	
	Sp1:3	0.12	0.17	0.045	27.27	
	Sp1:4	0.11	0.22	0.11	50.00	
	Sp1:5	0.10	0.16	0.06	37.50	
	Sp1:6	0.15	0.20	0.045	23.08	
	Sp1:7	0.12	0.19	0.07	36.84	
	Sp1:8	0.12	0.22	0.1	45.45	
Tratamiento (-1)	Sp1:9	0.08	0.15	0.07	46.67	39.84
	Sp1:10	0.10	0.12	0.02	16.67	
	Sp1:11	0.11	0.17	0.06	35.29	
	Sp1:12	0.10	0.18	0.08	44.44	
	Sp1:13	0.14	0.19	0.055	28.95	
	Sp1:14	0.08	0.16	0.08	50.00	
	Sp1:15	0.08	0.16	0.078	48.75	
	Sp1:16	0.12	0.20	0.08	40.00	
	Sp1:17	0.09	0.18	0.086	47.78	
Tratamiento (1)	Sp1:18	0.12	0.13	0.015	11.54	7.75
	Sp1:19	0.13	0.12	-0.01*	-8.33*	
	Sp1:20	0.12	0.19	0.07	36.84	
	Sp1:21	0.11	0.18	0.07	38.89	
	Sp1:22	0.12	0.14	0.018	12.86	
	Sp1:23	0.10	0.08	-0.02*	-25*	
	Sp1:24	0.15	0.13	-0.02*	-15.38*	
	Sp1:25	0.14	0.16	0.017	10.63	

En el análisis estadístico de t-Student se puede observar que existe una alta desviación estándar en el Tratamiento (1) y un alfa mayor a 0.05, esto se debe a que el análisis realiza una comparación entre las variables de antes de la inyección de ozono y después de la misma, lo que refleja que existe una similitud en la altura de las especies en el Tratamiento (1), ya que estas no lograron crecer o aumentar su tamaño por las altas concentraciones de ozono a las que estuvieron expuestas.

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 10.

Análisis t-Student altura de Especie 1.

Análisis estadístico t-Student para altura de Especie 1							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	0.160	0.240	0.190	0.276	0.076	0.001	7
(-1)	0.120	0.200	0.160	0.237	0.056	0.001	8
(1)	0.080	0.190	0.140	0.352	0.124	0.210	7

Con el análisis ANOVA se pudo determinar la varianza de los grupos que estuvieron sujetas a la dosis de ozono. Esta nos indica que en el Tratamiento (1) los datos estuvieron más dispersos que en los primeros dos tratamientos, mientras que su probabilidad nos indica un 0.003, es decir, que existen cambios significativos al exponer esta especie a distintas concentraciones de ozono y el valor 7.49 de F, lo que nos indica que las variables si se encuentran relacionadas entre sí. (Padilla. J, 2009).

Tabla 11.

Análisis ANOVA altura de Especie 1.

Análisis de Varianza de altura de Especie 1						
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	Valor crítico para F
(0)	158	19.750	7.643			
(-1)	151	16.778	5.694	7.496	0.0033	3.443356779
(1)	113	14.125	12.411			



Figura 19. Cambio de parámetro (altura).

4.5.1.2. Altura (Especie 2 – Planta de Jade)

La Tabla 12 nos muestra el crecimiento o aumento de tamaño que tuvieron las plantas de la Especie 2 dentro de la experimentación. Esta nos indica que de 25 especies 23 tuvieron un crecimiento y apenas 2 redujeron su tamaño. En el Tratamiento (1), esto se da ya que estuvieron expuestas a una concentración de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 12.

Resultados de altura de Especie 2.

Altura (m) Sp2						
#	Código	Antes	Después	Crecimiento	Crecimiento en %	Promedio de Crecimiento
Tratamiento (0)	Sp2:1	0.245	0.27	0.025	9.26	9.20
	Sp2:2	0.23	0.24	0.01	4.17	
	Sp2:3	0.205	0.22	0.015	6.82	
	Sp2:4	0.21	0.26	0.05	19.23	
	Sp2:5	0.23	0.25	0.02	8.00	
	Sp2:6	0.28	0.3	0.02	6.67	
	Sp2:7	0.175	0.21	0.035	16.67	
	Sp2:8	0.21	0.216	0.006	2.78	
	Sp2:9	0.22	0.23	0.01	4.35	
Tratamiento (-1)	Sp2:10	0.21	0.24	0.03	12.50	7.76
	Sp2:11	0.24	0.28	0.04	14.29	
	Sp2:12	0.26	0.264	0.004	1.52	
	Sp2:13	0.21	0.23	0.02	8.70	
	Sp2:14	0.32	0.35	0.03	8.57	
	Sp2:15	0.28	0.29	0.01	3.45	
	Sp2:16	0.225	0.23	0.005	2.17	
	Sp2:17	0.21	0.245	0.035	14.29	
Tratamiento (1)	Sp2:18	0.21	0.23	- 0.02	- 8.70	9.81
	Sp2:19	0.24	0.23	0.01*	4.35*	
	Sp2:20	0.24	0.25	- 0.01	- 4.00	
	Sp2:21	0.235	0.23	0.05*	2.17*	
	Sp2:22	0.19	0.25	0.06	24.00	
	Sp2:23	0.135	0.18	0.045	25.00	
	Sp2:24	0.205	0.24	0.035	14.58	
	Sp2:25	0.21	0.23	0.02	8.70	

Los datos arrojados por el t-Student de la Tabla 13, nos indican que en el Tratamiento (-1) no existe mucha variación significativa entre los datos de altura. Por esta razón, el alfa es ligeramente mayor a la de los otros tratamientos, que

sus valores si son representativos en los crecimientos de las plantas. Además de esto, se puede notar que el Tratamiento (0) y el Tratamiento (1) tienen una mayor desviación estándar, ya que sus datos cambian más en función de la concentración de ozono a la que se expusieron (Bellido. G, 2010).

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 13.

Análisis t-Student de altura de Especie 2.

Análisis estadístico t-Student para altura de Especie 2							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	0.210	0.300	0.240	0.300	0.090	0.002	8
(-1)	0.233	0.350	0.265	0.410	0.169	0.003	8
(1)	0.180	0.250	0.230	0.219	0.048	0.028	8

El análisis de varianza de la Tabla 34, nos permitió determinar los valores de varianza, donde se puede observar que donde existe más varianza es en el Tratamiento (-1) con un valor de 16.86, que nos indica que los datos están más dispersos que en Tratamiento (0) y el Tratamiento (1), además de esto un valor de F de 2.45 y un valor crítico de 3.43, que nos indica que no se puede aceptar la hipótesis, ya que no hay una relación significativa entre las variables (Molanes. E, 2014).

Tabla 14.

Análisis ANOVA altura de Especie 2.

Análisis de Varianza de altura de Especie 2						
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	Valor crítico para F
(0)	219	24.33	9			
(-1)	212	26.50	16.86	2.455	0.1092	3.443
(1)	184	23.00	4.86			

En la Figura 20 podemos observar que en la Sp1 (Malamadre) los valores en el Tratamiento (1) son los más afectados, ya que tienen el menor porcentaje de crecimiento.

Es decir, que a mayor concentración de ozono existe una grave afectación en el desarrollo de esta especie. Para el caso de la Sp2 (Planta de Jade) podemos observar en cambio que en el Tratamiento (-1) es donde existe un menor crecimiento, sin embargo, los valores de altura en los 3 tratamientos no son tan diversos, por lo que podemos decir que el ozono no es una variable significativa para el crecimiento de esta especie. Esto es por la resistencia a concentraciones elevadas de ozono, que puede ser es por la cantidad de ácido ascórbico.

Hay que notar que en una especie (Sp1) la altura bajo desde 40% crecimiento a 13%, mientras en la otra no hay diferencia y es siempre bajo. Eso se debe a la velocidad de crecimiento de cada especie. Una es de crecimiento más rápido, y la otra de más lento. En este mes, una de las especies (Planta de Jade) no creció. Que puede ser también más preferida en jardines verticales, porque no va a cambiar mucho, necesitando un mantenimiento menor que la Sp1 (Malamadre).

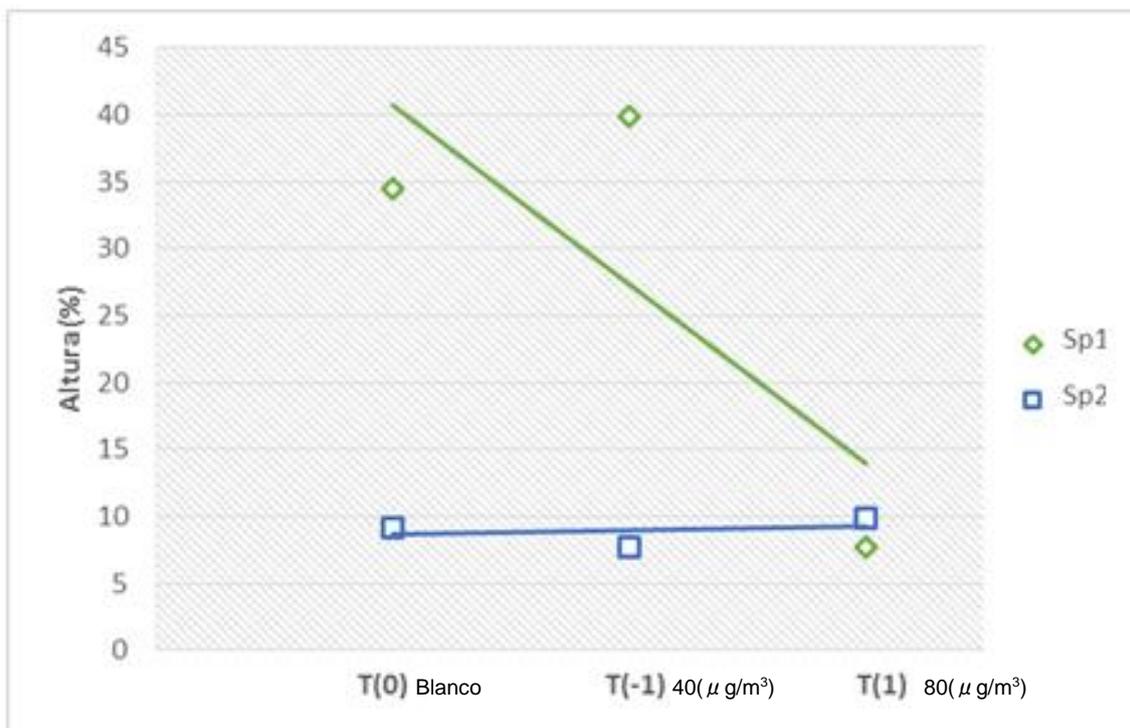


Figura 20. Comparación de alturas.

4.5.2.1. Peso (Especie 1 – Malamadre)

En la Tabla 15 podemos observar los datos de peso húmedo que se levantaron antes y después de la experimentación. Como el estudio de efecto del ozono troposférico en cultivo de patata en Sevilla el año 2008 realizado por Amparo Asensi, podemos notar que en 23 de las plantas existió un incremento de peso, mientras que en 3 hubo una pérdida. Además se puede observar que el Tratamiento (1) tiene el menor porcentaje en aumento de peso, ya que se encontraba a una exposición de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que nos indica que el ozono si puede reducir el peso húmedo de plantas que se utilizan en jardines verticales.

Tabla 15.

Resultados de peso de Especie 1.

Peso (g) Sp1						
#	Código	Antes	Después	Aumento de Peso	Aumento en %	Promedio Aumento de Peso
Tratamiento (0)	Sp1:1	879	975	96	9.85	9.41
	Sp1:2	877	944	67	7.10	
	Sp1:3	880	917	37	4.03	
	Sp1:4	844	1014	170	16.77	
	Sp1:5	845	907	62	6.84	
	Sp1:6	995	1258	263	20.91	
	Sp1:7	913	951	38	4.00	
	Sp1:8	826	877	51	5.82	
Tratamiento (-1)	Sp1:9	849	896	47	5.25	6.29
	Sp1:10	828	912	84	9.21	
	Sp1:11	866	942	76	8.07	
	Sp1:12	878	954	76	7.97	
	Sp1:13	931	991	60	6.05	
	Sp1:14	877	837	-40*	-4.48*	
	Sp1:15	893	988	95	9.62	
	Sp1:16	882	998	-116	- 11.62	
	Sp1:17	997	1034	37	3.58	
Tratamiento (1)	Sp1:18	862	878	16	1.82	2.50
	Sp1:19	849	879	30	3.41	
	Sp1:20	713	690	-23*	-3.33*	
	Sp1:21	1058	1129	71	6.29	
	Sp1:22	960	1014	54	5.33	
	Sp1:23	900	933	- 33	- 3.54	
	Sp1:24	958	999	41	4.10	
Sp1:25	963	952	-11*	-1.16*		

El siguiente análisis presentada en la Tabla 16 nos muestra que la desviación estándar en el Tratamiento (-1) es menor que en el Tratamiento (0) y (1), ya que sus valores no se encuentran tan dispersos como los de los otros tratamientos, además se puede notar que el alfa mayor, es del Tratamiento (1), que nos quiere decir que sus datos son más significativos que los del Tratamiento (-1) y (0) (Bellido. G, 2010).

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 16.

Análisis t-Student peso de Especie 1.

Análisis estadístico t-Student para peso de Especie 1							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	877	1258	980.37	119.823	14358.23	0.010	8
(-1)	837	1034	950.22	60.921	3711.64	0.003	9
(1)	690	1129	934.25	127.991	16381.64	0.050	8

Con el siguiente análisis de varianza se pudo determinar que no hay relación significativa entre las variables (Tabla 17). Ya que su F es de 0.39 y su valor crítico es 3.44, es decir que cuando este valor (F) es menor a su valor crítico, no hay una relación con la cual se pueda afirmar que los datos sean lo suficientemente contundentes como para decir que hay una relación significativa entre la variación de peso y la concentración de ozono en la Especie 1.

Tabla 17.

Análisis ANOVA peso de Especie 1

Análisis de Varianza de peso de Especie 1						Valor
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	crítico para F
(0)	7843	980.38	14358.27			
(-1)	8552	950.22	3711.69	0.3953	0.6782	3.4434
(1)	7474	934.25	16381.64			

*Figura 21. Cambio de parámetro (Peso).*

4.5.2.2. Peso (Especie 2 – Planta de Jade)

En la Tabla 18 podemos observar los pesos tomados antes y después del experimento de la Especie 2. Se puede observar que una planta del Tratamiento (0) y dos plantas del Tratamiento (1) han perdido su peso inicial, mientras que el resto de plantas han aumentado su peso inicial. Además de esto se puede observar que donde existe mayor cantidad de aumento de peso es en el Tratamiento (-1) con un valor promedio de 3.38%. (González. B, 2010).

Tabla 18.

Resultados de peso de Especie 2.

Peso (g) Sp2						
#	Código	Antes	Después	Aumento de Peso	Aumento en %	Promedio Aumento de Peso
Tratamiento (0)	Sp2:1	1275	1301	26	2.00	1.76
	Sp2:2	1373	1401	28	2.00	
	Sp2:3	1557	1567	10	0.64	
	Sp2:4	1222	1243	21	1.69	
	Sp2:5	1286	1290	4	0.31	
	Sp2:6	1544	1579	35	2.22	
	Sp2:7	1248	1260	12	0.95	
	Sp2:8	1386	1377	-9*	-0.65*	
	Sp2:9	1570	1683	113	6.71	
Tratamiento (-1)	Sp2:10	1476	1544	68	4.40	3.38
	Sp2:11	1399	1498	99	6.61	
	Sp2:12	1511	1556	45	2.89	
	Sp2:13	1540	1601	61	3.81	
	Sp2:14	1659	1660	1	0.06	
	Sp2:15	1530	1566	36	2.30	
	Sp2:16	1693	1711	18	1.05	
	Sp2:17	1488	1594	106	6.65	
Tratamiento (1)	Sp2:18	1488	1525	37	2.43	1.41
	Sp2:19	1383	1388	5	0.36	
	Sp2:20	1330	1342	12	0.89	
	Sp2:21	1192	1206	14	1.16	
	Sp2:22	1387	1486	99	6.66	
	Sp2:23	1042	1033	-9*	-0.87*	
	Sp2:24	1580	1597	17	1.06	
	Sp2:25	1251	1246	-5*	-0.40*	

El análisis t-Student para este caso nos indica que en el Tratamiento (-1) existe menor desviación estándar y un menor valor alfa. Ya que sus datos fueron todos positivos para un aumento de peso, mientras que en el Tratamiento (0) y Tratamiento (1) los valores son mayores ya que tuvieron datos negativos, lo que

hace que su dispersión se aleje más de la media y exista una mayor variación entre datos, especialmente en el Tratamiento (1), ya que la exposición al ozono fue más fuerte que en el resto de tratamientos.

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 19.

Análisis t-Student peso de Especie 2.

Análisis estadístico t-Student para peso de Especie 2							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	1243	1683	1411.2 2	160.30	25695.6 9	0.051	9
(-1)	1498	1711	1591.2 5	67.59	4568.21	0.004	8
(1)	1033	1597	1352.8 8	186.55	34801.8 4	0.124	7

Para este caso el análisis de varianza, nos indica que existe una probabilidad de 0.0102 y un valor de F de 5.68. Lo que quiere decir que si existe una relación entre las variables y que los cambios de peso en esta especie son significativos en función de la cantidad de ozono inyectada en cada planta. Es decir que el ozono influye el aumento o pérdida de peso de esta especie. (Gómez-Biedma. M, 2001).

Tabla 20.

Análisis ANOVA peso de Especie 2.

Análisis de Varianza de peso de Especie 2						Valor
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	crítico para F
(0)	12701	1411.22	25695.69			
(-1)	12730	1591.25	4568.21	5.6837	0.0102	3.4434
(1)	10823	1352.88	34801.84			

Para este parámetro podemos observar en la Figura 22 que la afectación es mayor para la Sp1, ya que a mayor cantidad de ozono el peso de la misma tiende a reducir, siendo el Tratamiento (1) el más afectado. Mientras que para la Sp2 podemos observar que en el Tratamiento (-1) los valores son los más elevados, pero al igual que la altura los valores no se encuentran dispersos, por lo que podemos decir que el ozono tampoco afecta de forma significativa al aumento de peso en la Sp2.

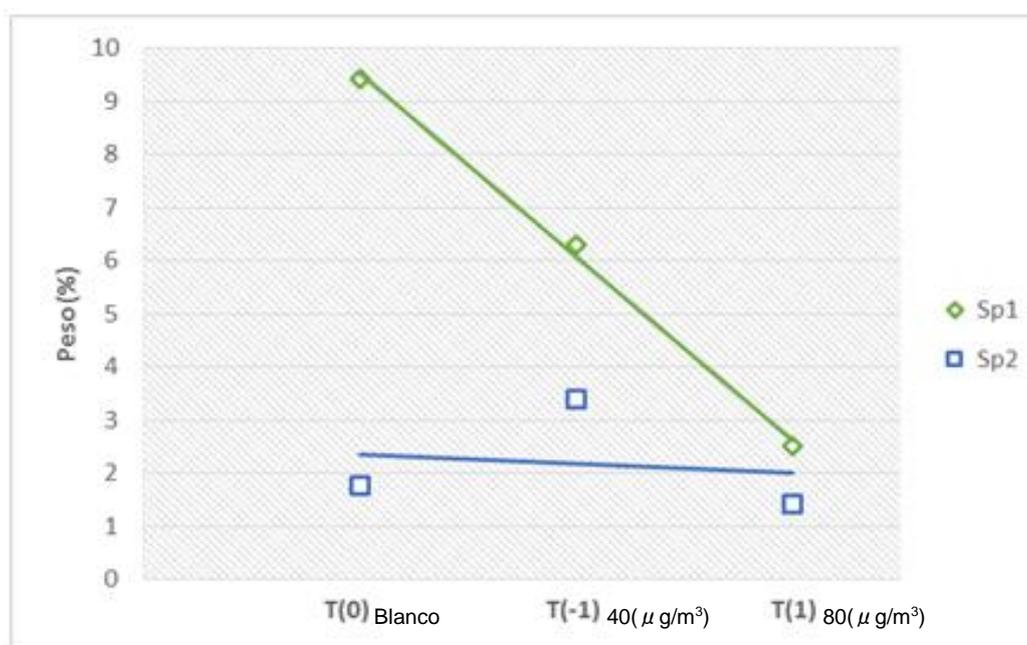


Figura 22. Comparación de peso.

4.5.3.1. Tamaño de hoja (Especie 1 - Malamadre)

La Tabla 21 nos muestra el cambio entre antes y después de la experimentación en el parámetro de tamaño de hoja, donde se puede observar que en los 3 tratamientos existió una reducción en el área de la hoja. El Tratamiento (1) fue donde existe una mayor afectación en las hojas, seguido por el Tratamiento (-1) y finalmente el Tratamiento (0).

Tabla 21.

Resultados de tamaño de hoja de Especie 1.

Promedio de tamaño de Hoja (cm ²)						
#	Código	Antes	Después	Aumento de tamaño	Aumento en %	Promedio Aumento de Tamaño
Tratamiento (0)	Sp1:1	18.5	26	7.5	28.85	20.20
	Sp1:2	18	26	8	30.77	
	Sp1:3	17.9	21.2	3.3	15.57	
	Sp1:4	15	22.5	7.5	33.33	
	Sp1:5	14.3	14	-0.3*	-2.14*	
	Sp1:6	23	26	3	11.54	
	Sp1:7	20	22.4	2.4	10.71	
	Sp1:8	17.5	26.1	8.6	32.95	
Tratamiento (-1)	Sp1:9	14	17	3	17.65	3.23
	Sp1:10	14	14.3	0.3	2.10	
	Sp1:11	17.3	17.4	0.1	0.57	
	Sp1:12	19.2	19	-0.2*	-1.05*	
	Sp1:13	22.8	23	0.2	0.87	
	Sp1:14	22.8	19.7	-3.1*	-15.74*	
	Sp1:15	15.8	17.7	1.9	10.73	
	Sp1:16	19.7	19.5	-0.2*	-1.03*	
Sp1:17	15.3	18	2.7	15.00		
Tratamiento (1)	Sp1:18	18	18.2	0.2	1.10	0.36
	Sp1:19	19	19.1	0.1	0.52	
	Sp1:20	19.2	18.8	-0.4*	-2.13*	
	Sp1:21	20.4	22	1.6	7.27	
	Sp1:22	23	22.5	-0.5*	-2.22*	
	Sp1:23	14.6	16.2	1.6	9.88	
	Sp1:24	24.1	22	-2.1*	-9.55*	
	Sp1:25	20.4	20	-0.4*	-2*	

El análisis t-Student nos muestra que en el Tratamiento (1) tiene un alfa de 0.979, que nos indica que sus valores han sufrido una mayor cantidad de cambios en

la experimentación, mientras que el Tratamiento (0) muestra un alfa de 0.003 y una desviación estándar de 4.165 que nos dice que sus valores fueron más variados, ya que el tamaño de la hoja en este caso si sufrió un aumento en su tamaño, por lo tanto, los datos se encuentran más dispersos entre sí (Gómez-Biedma. M, 2001).

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 22.

Análisis t-Student tamaño de hoja de Especie 1

Análisis estadístico t-Student para tamaño de la hoja de Especie 1							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	14	26.1	23.02	4.165	17.35	0.003	7
(-1)	14.3	23	18.43	2.366	5.60	0.420	8
(1)	16.2	22.5	19.85	2.202	4.85	0.979	7

El análisis de varianza en este caso nos indica de igual manera que los datos más dispersos son los del Tratamiento (0), además que los cambios que existe por la intervención del ozono son significativos y que hay cambios representativos en el tamaño de la hoja en esta planta, ya que su valor de F es mayor a su valor crítico (Molanes. E, 2014).

Tabla 23.

Análisis ANOVA tamaño de hoja de Especie 1.

Análisis de Varianza del tamaño de hoja de Especie 1						
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	Valor crítico para F
(0)	184.2	23.03	17.351			
(-1)	165.6	18.4	5.605	5.133	0.0146	3.4438
(1)	158.8	19.85	4.857			



Figura 23. Cambio de parámetro (Tamaño de hoja).

4.5.3.2. Tamaño de hoja (Especie 2 - Planta de Jade)

En la Tabla 24 se puede observar los datos recopilados del tamaño de hoja de la especie 2 antes y después de la experimentación. Podemos observar que en Tratamiento (-1) no hubo afectación alguna en el tamaño de las hojas, mientras que en el Tratamiento (0) existieron 2 afectaciones y en el Tratamiento (1) existieron 3 afectaciones en el aumento de tamaño de las hojas (Andreu. C, 2008).

Tabla 24.

Resultados de tamaño de hoja de Especie 2.

Promedio de tamaño de Hoja (cm ²)						
#	Código	Antes	Después	Aumento de tamaño	Aumento en %	Promedio Aumento de Tamaño
Tratamiento (0)	Sp2:1	15	16.5	1.5	9.09	3.79
	Sp2:2	19.5	19.6	0.1	0.51	
	Sp2:3	16.2	16.3	0.1	0.61	
	Sp2:4	16.5	19.1	2.6	13.61	
	Sp2:5	21.4	20.16	-1.24*	-6.15*	
	Sp2:6	21.4	25.6	4.2	16.41	
	Sp2:7	15.4	14.4	-1*	-6.94*	
	Sp2:8	12.9	13.7	0.8	5.84	
	Sp2:9	18	18.2	0.2	1.10	
Tratamiento (-1)	Sp2:10	21	22.75	1.75	7.69	6.01
	Sp2:11	21	21.3	0.3	1.41	
	Sp2:12	22.75	24	1.25	5.21	
	Sp2:13	19.25	20	0.75	3.75	
	Sp2:14	24.57	30.4	5.83	19.18	
	Sp2:15	19.14	20.4	1.26	6.18	
	Sp2:16	18	18	0	-	
	Sp2:17	22.1	24.5	2.4	9.80	
Tratamiento (1)	Sp2:18	19.4	22.5	3.1	13.78	3.61
	Sp2:19	15.6	19.2	3.6	18.75	
	Sp2:20	26.28	28	1.72	6.14	
	Sp2:21	24.7	24.71	0.01	0.04	
	Sp2:22	19.8	18.3	-1.5*	-8.20*	
	Sp2:23	13.75	15.4	1.65	10.71	
	Sp2:24	23.8	22.4	-1.4*	-6.25*	
	Sp2:25	21	19.8	-1.2*	-6.06*	

El análisis estadístico t-Student nos indica que el Tratamiento (1) tiene mayor desviación y varianza que los otros tratamientos, esto se da ya que sus datos

muestran una mayor diferencia entre el antes y el después de las mediciones. Es decir, que sus hojas fueron las que sufrieron una mayor variación en el experimento, además su alfa es el más alto, en comparación a los otros dos tratamientos.

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 25.

Análisis t-Student tamaño de hoja de Especie 2.

Análisis estadístico t-Student para tamaño de la hoja de Especie 2							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	13.7	25.6	18.17	3.579	12.81	0.200	8
(-1)	18	30.4	22.67	3.795	14.40	0.035	7
(1)	15.4	28	21.29	3.957	15.66	0.336	7

En análisis de varianza del tamaño de hoja de la Especie 2, nos muestra que existen valores dispersos por la inyección de ozono, sin embargo los datos de probabilidad y el valor de F muestran que los datos obtenidos no son los suficientemente significativos para tomarlo como una afectación representativa en el tamaño de hoja (Molanes. E, 2014).

Tabla 26.

Análisis ANOVA tamaño de hoja de Especie 2.

Análisis de Varianza del tamaño de hoja de Especie 2						
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	Valor crítico para F
(0)	163.56	18.17	12.82			
(-1)	181.35	22.67	14.41	3.1987	0.0603	3.4434
(1)	170.31	21.29	15.66			

En la figura 24 se puede observar que existe un decrecimiento en el promedio de tamaño de hoja de la Sp1, lo que nos quiere indicar que la respuesta de esta especie hacia una mayor cantidad de ozono tiende a tener efectos adversos en el tamaño de su hoja, siendo el Tratamiento (1) el más afectado. De igual manera en la Sp2, el valor más afectado se da en el Tratamiento (1), pero al igual que en los otros parámetros los porcentajes de afectación no se encuentran dispersos, lo que nos indica que el promedio de tamaño de hoja de la Sp2 no varía significativamente con el aumento de ozono.



Figura 24. Comparación de promedio de tamaño de hoja.

4.5.4.1. Cantidad de Hojas (Especie 1 - Malamadre)

En la Tabla 27 se puede observar la cantidad de hojas de la planta antes y después de experimento, donde podemos observar que en los 3 tratamientos existió pérdida de hojas, pero el Tratamiento (1) fue el que tuvo mayor afectación, ya que tres de sus plantas perdieron entre 2 y 4 hojas (González. B, 2009).

Tabla 27.

Resultados de cantidad de hojas de Especie 1.

Cantidad de Hojas						
#	Código	Antes	Después	Aumento	Aumento en %	Promedio Aumento de cantidad
Tratamiento (0)	Sp1:1	15	16	1	6.25	13.19
	Sp1:2	31	36	5	13.89	
	Sp1:3	12	17	5	29.41	
	Sp1:4	17	18	1	5.56	
	Sp1:5	19	23	4	17.39	
	Sp1:6	23	22	-1*	-4.55*	
	Sp1:7	18	23	5	21.74	
	Sp1:8	16	19	3	15.79	
Tratamiento (-1)	Sp1:9	16	20	4	20.00	11.58
	Sp1:10	16	18	2	11.11	
	Sp1:11	23	28	5	17.86	
	Sp1:12	12	15	3	20.00	
	Sp1:13	29	34	5	14.71	
	Sp1:14	12	13	1	7.69	
	Sp1:15	20	21	1	4.76	
	Sp1:16	20	18	-2*	-11.11*	
	Sp1:17	42	52	10	19.23	
Tratamiento (1)	Sp1:18	13	14	1	7.14	-2.39
	Sp1:19	16	14	-2*	-14.29*	
	Sp1:20	16	17	1	5.88	
	Sp1:21	24	20	-4*	-20*	
	Sp1:22	24	26	2	7.69	
	Sp1:23	23	24	1	4.17	
	Sp1:24	21	22	1	4.55	
	Sp1:25	32	28	-4*	-14.29*	

En el análisis t-Student podemos observar que el Tratamiento (-1) es el que mayor varianza presenta. Esto se da porque su tasa de aumento de hojas es mucho mayor que en los otros tratamientos y sus datos están más dispersos. También se puede observar que el alfa más alto lo tiene el Tratamiento (1) ya que es el tratamiento que tuvo más afectación por la inyección de ozono.

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 28.

Análisis t-Student cantidad de hojas de Especie 1.

Análisis estadístico t-Student la cantidad de hojas de Especie 1							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	16	36	21.75	6.364	40.50	0.009	7
(-1)	13	52	24.33	12.23	149.75	0.021	8
(1)	14	28	20.63	5.316	28.26	0.581	7

El análisis de varianza para la cantidad de hojas de la Especie 1, nos dice que su probabilidad es de 0.6709 y su valor de F es 0.4065, esto nos quiere decir que a pesar de que hay pérdida de hojas en los tratamientos, los resultados no son lo suficientemente representativos para que esta sea una afectación directa del ozono a las plantas, ya que el valor crítico de F es 3.4434 y el valor de F es menor al mismo.

Tabla 29.

Análisis ANOVA cantidad de hojas de Especie 1.

Análisis de Varianza de la cantidad de hojas de Especie 1						
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	Valor crítico para F
(0)	174	21.75	40.50			
(-1)	219	24.33	149.75	0.4065	0.6709	3.4434
(1)	165	20.63	28.268			



Figura 25. Cambio de parámetro (cantidad de hojas).

4.5.4.2. Cantidad de Hojas (Especie 2 – Panta de Jade)

La Tabla 30 nos muestra la cantidad de hojas que aumentaron o que se perdieron en el transcurso del experimento para la Especie 2, podemos notar que en los tres tratamientos existieron pérdidas de hojas, sin embargo, el Tratamiento (1) es el más afectado, ya que dos plantas perdieron hojas y tienen la tasa más baja de aumento de hojas. (Mantilla. E, 2010).

Tabla 30.

Resultados de cantidad de hojas de Especie 2.

Cantidad de Hojas						
#	Código	Antes	Después	Aumento	Aumento en %	Promedio Aumento de cantidad
Tratamiento (0)	Sp2:1	72	94	22	23.40	18.35
	Sp2:2	82	114	32	28.07	
	Sp2:3	75	95	20	21.05	
	Sp2:4	51	66	15	22.73	
	Sp2:5	67	92	25	27.17	
	Sp2:6	94	91	- 3*	- 3.30*	
	Sp2:7	91	101	10	9.90	
	Sp2:8	104	107	3	2.80	
	Sp2:9	96	144	48	33.33	
Tratamiento (-1)	Sp2:10	78	123	45	36.59	19.58
	Sp2:11	78	103	25	24.27	
	Sp2:12	88	102	14	13.73	
	Sp2:13	57	88	31	35.23	
	Sp2:14	173	168	- 5*	- 2.98*	
	Sp2:15	140	145	5	3.45	
	Sp2:16	62	80	18	22.50	
	Sp2:17	79	108	29	26.85	
Tratamiento (1)	Sp2:18	83	102	19	18.63	8.88
	Sp2:19	102	132	30	22.73	
	Sp2:20	128	112	- 16*	- 14.29*	
	Sp2:21	84	93	9	9.68	
	Sp2:22	83	109	26	23.85	
	Sp2:23	68	72	4	5.56	
	Sp2:24	87	95	8	8.42	
	Sp2:25	58	56	- 2*	- 3.57*	

El análisis t-Student por otro lado nos indica que el valor más alto en la varianza es el del Tratamiento (-1). Esto se da ya que existe un mayor aumento de hojas en este tratamiento, por lo tanto, sus valores se dispersan más y el valor alfa más

alto lo tiene el Tratamiento (1), ya que existe una relación más fuerte entre la cantidad de ozono y la cantidad total de hojas de esta especie.

Nota. Los valores que se encuentran con asteriscos (*) fueron los datos que tuvieron una mayor afectación en este parámetro.

Tabla 31.

Análisis t-Student cantidad de hojas de Especie 2.

Análisis estadístico t-Student la cantidad de hojas de Especie 2							
Trat.	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Estándar	Varianza	Alfa	Grados de Libertad
	Min	Max	\bar{x}	σ	σ^2	α	
(0)	66	144	100.44	21.042	442.77	0.005	8
(-1)	80	168	114.63	29.491	869.70	0.008	7
(1)	56	132	96.38	23.730	563.12	0.110	7

El análisis de varianza de la cantidad de hojas de la Especie 2, nos dice que existe una mayor varianza de datos en el Tratamiento (-1) y que a pesar de que en los 3 tratamientos hay pérdidas, los resultados no son lo suficientemente representativos para que sea una afectación significativa, ya que el valor de F, no supera al valor crítico de F (Padilla. J, 2009).

Tabla 32.

Análisis ANOVA cantidad de hojas de Especie 2.

Análisis de Varianza de la cantidad de hojas de Especie 1						
Tratamiento	Suma	Promedio	Varianza	F	Probabilidad	Valor crítico para F
(0)	904	100.44	442.78			
(-1)	917	114.63	869.70	1.1991	0.3204	3.4434
(1)	771	96.38	563.13			

En la Figura 26 se puede observar una tendencia de decrecimiento tanto en la Sp1, como en la Sp2. Lo que nos quiere indicar que en las dos especies si existió una afectación por alta exposición de ozono, lo que ocasionó la reducción de la cantidad de hojas por individuo, llegando hasta a porcentajes negativos en caso de la Sp1. Observando la Figura 26, se puede concluir que el ozono causa efectos negativos a partir de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ influyendo en la pérdida de cantidad de hojas para cada especie. Además que la Sp1 no es adecuada para jardines verticales en ciudades que tengan altas concentraciones de ozono.

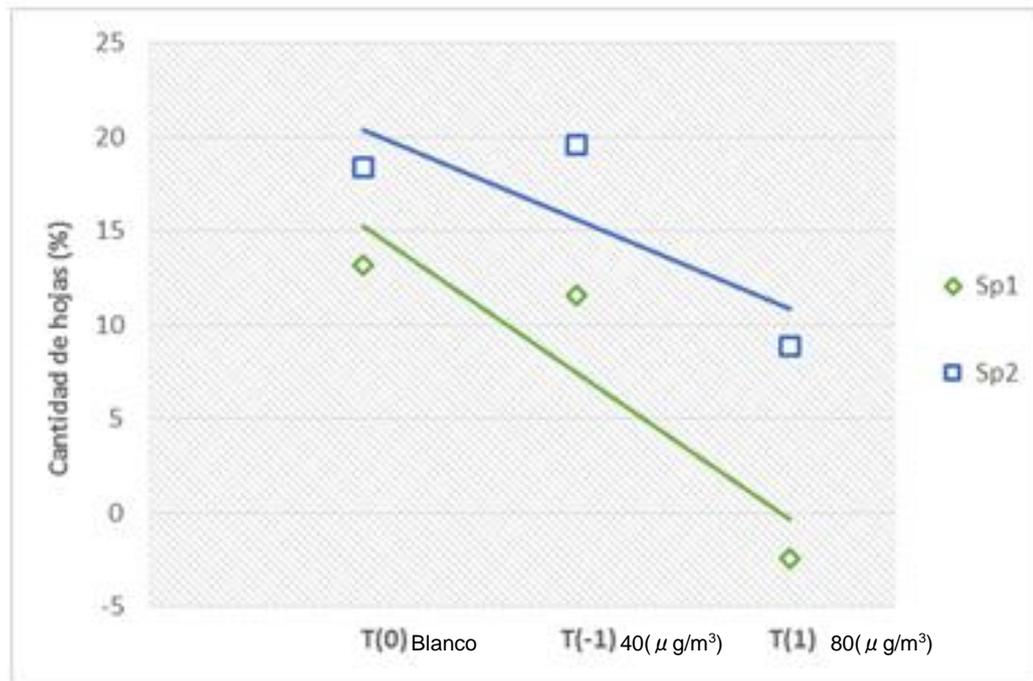


Figura 26. Comparación de cantidad de hojas.

4.5.5. Afectación de las especies vegetales

4.5.5.1. Afectación en la Especie 1

En la siguiente Tabla se puede observar que en los cuatro parámetros de medición, el porcentaje más alto de afectación de la Especie 1 (*Chlorophytum comosum*) en el Tratamiento (1), es decir en el tratamiento donde hubo mayor cantidad de ozono ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Además, que de 25 plantas, 14 fueron afectadas, es decir, un 56% de las plantas de esta especie en toda la experimentación y la planta más afectada fue la Especie 1:25.

Tabla 33.
Afectación total Especie 1.

Afectación de la Inyección de Ozono en Sp1		
Parámetro	Tratamiento	Porcentaje
Crecimiento de la planta	(0)	36.46%
	(-1)	39.84%
	(1)	7.75%
Aumento de peso	(0)	9.41%
	(-1)	6.29%
	(1)	2.50%
Aumento de Tamaño de Hoja	(0)	20.20%
	(-1)	3.23%
	(1)	0.36%
Aumento de cantidad de hojas	(0)	13.29%
	(-1)	11.58%
	(1)	2.39%

Cantidad de individuos afectadas:	14 individuos de 25
Individuo más Afectado	Sp1:25
Porcentaje de individuos afectados:	56.00

4.5.5.2. Afectación en la Especie 2

Para el caso de la Especie 2 (*Crassula ovata*) en cambio los resultados nos muestran que en tres de cuatro parámetros el tratamiento que más afecta a esta especie es el Tratamiento (1), el cual es el más fuerte, con una concentración de ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que en el parámetro de altura el tratamiento que más afecta a esta especie es el Tratamiento (-1), que es de ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Además, en total en toda la experimentación la cantidad plantas afectadas fue de un 48% y el individuo más afectado fue la Especie 2:25.

Tabla 34.
Afectación total Especie 2.

Afectación de la Inyección de Ozono en Sp2		
Parámetro	Tratamiento	Porcentaje
Crecimiento de la planta	(0)	9.20%
	(-1)	7.76%
	(1)	9.81%
Aumento de peso	(0)	1.76%
	(-1)	3.38%
	(1)	1.41%
Aumento de Tamaño de Hoja	(0)	3.79%
	(-1)	6.01%
	(1)	3.61%
Aumento de cantidad de hojas	(0)	18.35%
	(-1)	19.58%
	(1)	8.88%

Cantidad de individuos afectadas:	12 individuos de 25
Individuo más Afectado	Sp2:25
Porcentaje de individuos afectados:	48.00

4.6 Análisis Microscópico

4.6.1 Análisis Microscópico de Especie 1

En la Figura 27 podemos observar imágenes del análisis microscópico realizado para la Especie 1. Se puede observar claramente los cambios sufridos a nivel de estructura molecular, en función de la cantidad de ozono a la que estas estuvieron sometidas, siendo el Tratamiento (0) el que menos afectación tiene y el Tratamiento (1) ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) el de mayor afectación (Rosas. I, 2009).

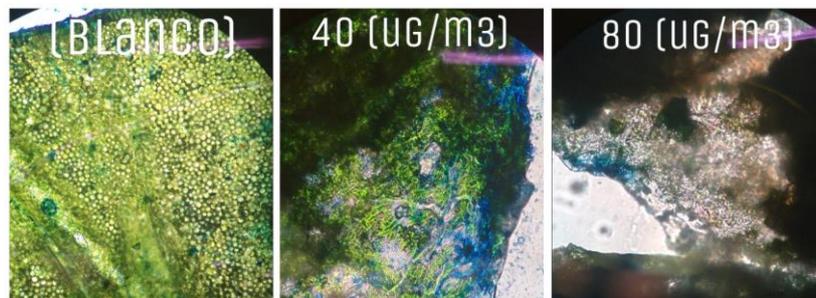


Figura 27. Análisis microscópico Especie 1.

Para analizar el primer tratamiento (0) (Blanco) se utilizó la técnica de cuadrícula, en el cual se fragmenta la imagen en partes iguales y se pinta de otro color lo que se puede notar el porcentaje de afectación a nivel molecular. Para Tratamiento (0), como se puede ver en la Figura 28, no existe mayor afectación, teniendo un porcentaje de afectación de 3.33%.

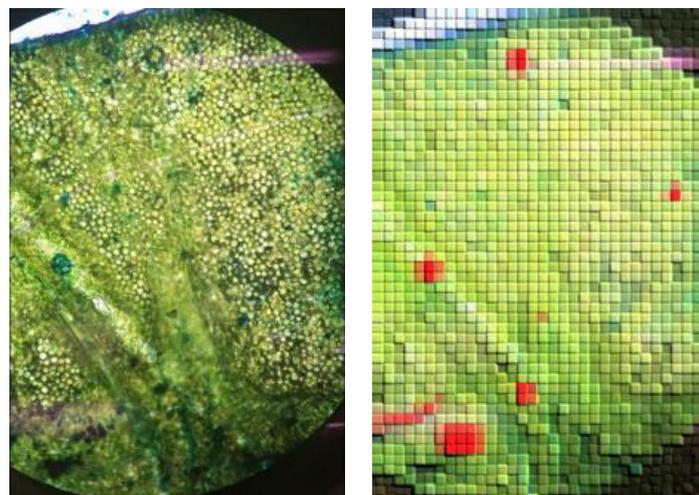


Figura 28. Análisis microscópico Especie 1.

Para el Tratamiento (-1) ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se puede observar que se encuentra más afectado o deteriorado que el Tratamiento (0). Después de realizar el análisis por cuadrícula se logró determinar que en este tratamiento existió un porcentaje de afectación del 29.7%.

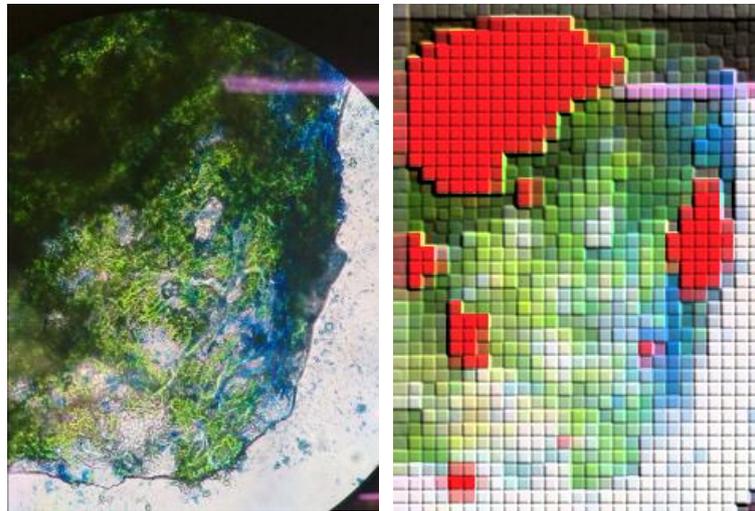


Figura 29. Análisis microscópico Especie 1. Tratamiento (-1).

Para el Tratamiento (1) ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se puede observar que se encuentra más afectado o deteriorado que los otros tratamientos, después de realizar el análisis por cuadrícula se logró determinar que en este tratamiento existió un porcentaje de afectación del 62.5%.

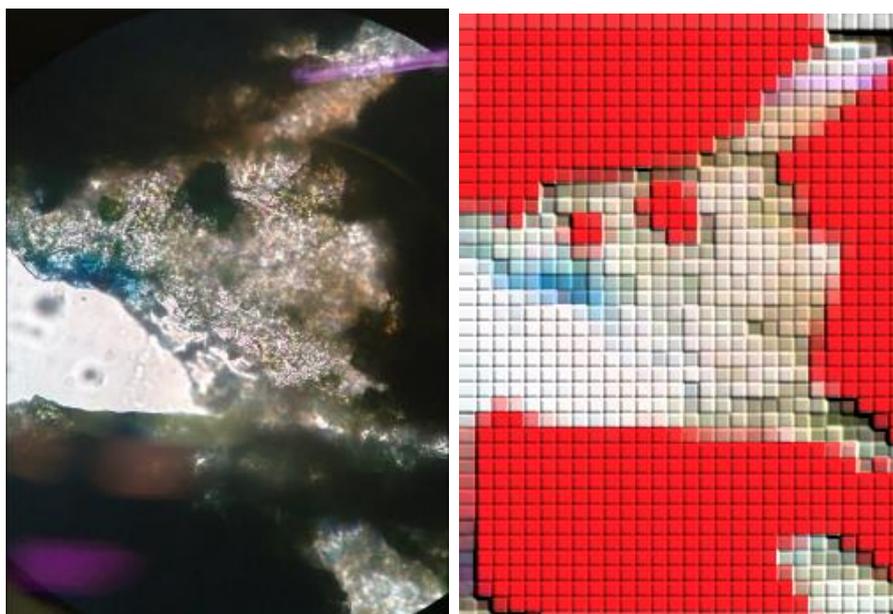


Figura 30. Análisis microscópico Especie 1. Tratamiento (1).

4.6.2 Análisis microscópico de Especie 2

En la Figura 31 podemos observar imágenes del análisis microscópico realizado para la Especie 2, se puede observar claramente los cambios sufridos a nivel de estructura molecular. En función de la cantidad de ozono a la que estas estuvieron sometidas, siendo el Tratamiento (0) o Blanco el que menos afectación tiene y el Tratamiento (1) ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) el de mayor afectación (Rosas. I, 2009).

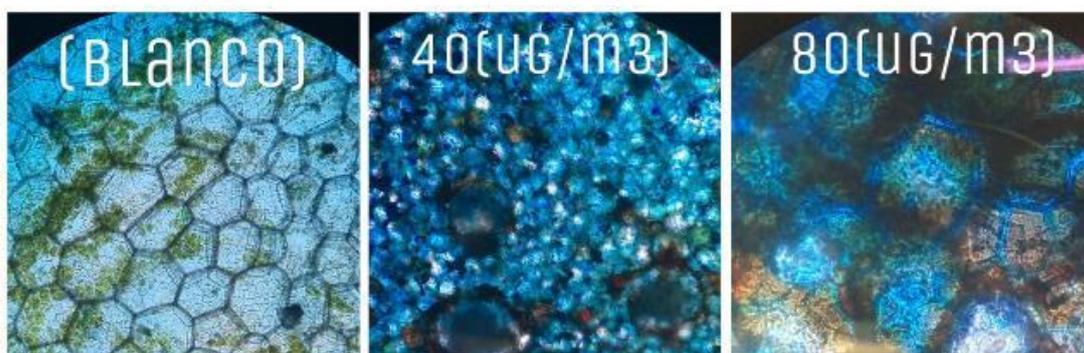


Figura 31. Análisis microscópico Especie 2.

Como se puede observar en la siguiente Figura, en el Tratamiento (0) (Blanco) de la Especie 2 no existe mayor afectación a nivel celular, ya que esta estuvo sometida a condiciones normales de ozono. Este tratamiento tiene un porcentaje de afectación del 1.9%.

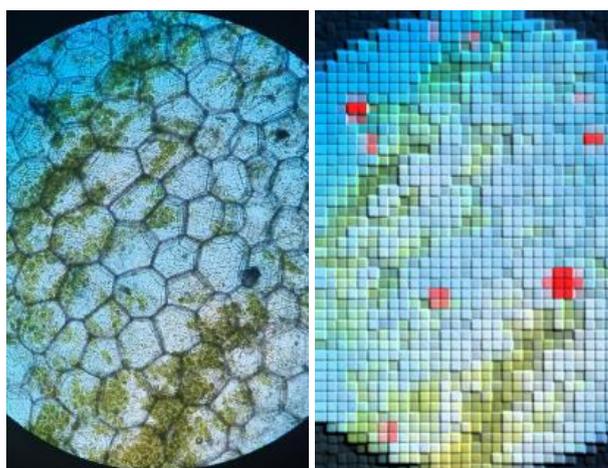


Figura 32. Análisis microscópico Especie 1. Tratamiento (0).

Para el Tratamiento (-1) ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se puede observar que se encuentra más afectado que el Tratamiento (0), después de realizar el análisis por cuadrícula se logró determinar que en este tratamiento existió un porcentaje de afectación del 23.4%.

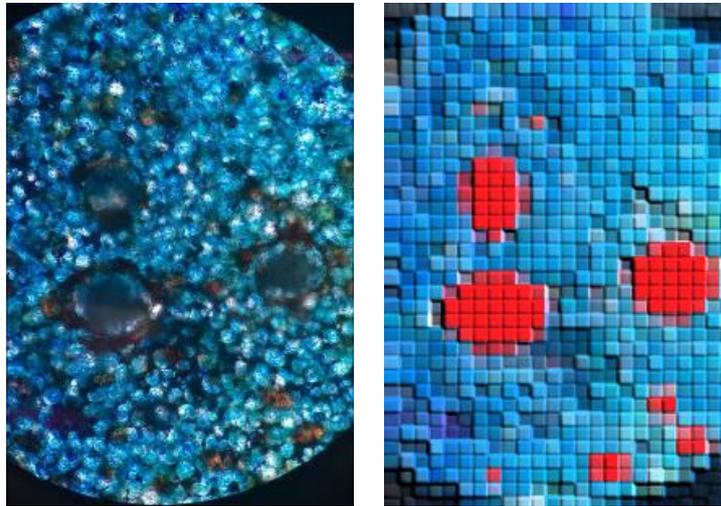


Figura 33. Análisis microscópico Especie 1. Tratamiento (-1).

Para el Tratamiento (1) ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se puede observar que se encuentra más afectado y deteriorado que los otros tratamientos, después de realizar el análisis por cuadrícula se logró determinar que en este tratamiento existió un porcentaje de afectación del 55.7%.

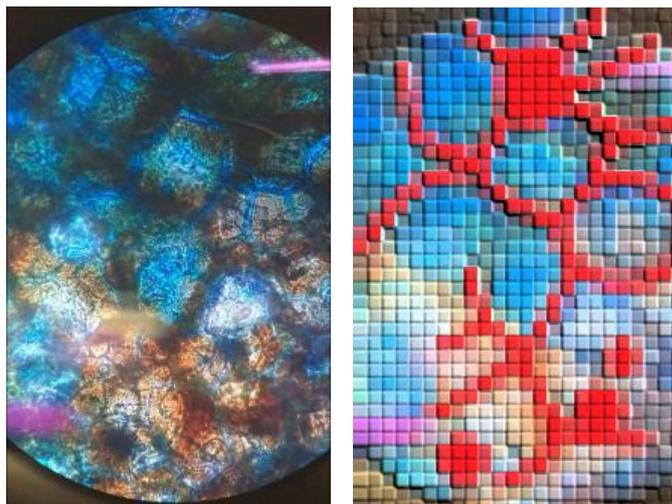


Figura 34. Análisis microscópico Especie 1. Tratamiento (1).

Para la discusión del análisis microscópico se realizó la Figura 35, donde podemos observar el porcentaje de afectación que tuvieron las especies a nivel microscópico por cada tratamiento. Se puede observar que tanto en la Sp1, como en la Sp2 que donde existió una mayor afectación fue en el Tratamiento (1), esto ocurre ya que es el tratamiento donde existía mayor cantidad de ozono, mientras que donde existió menor cantidad de afectación fue en el Tratamiento (0), ya que era el blanco y donde existió menor cantidad de ozono. La afectación microscópica de las especies es directamente proporcional al aumento de ozono (Lázaro-Gimeno. D, 2018).

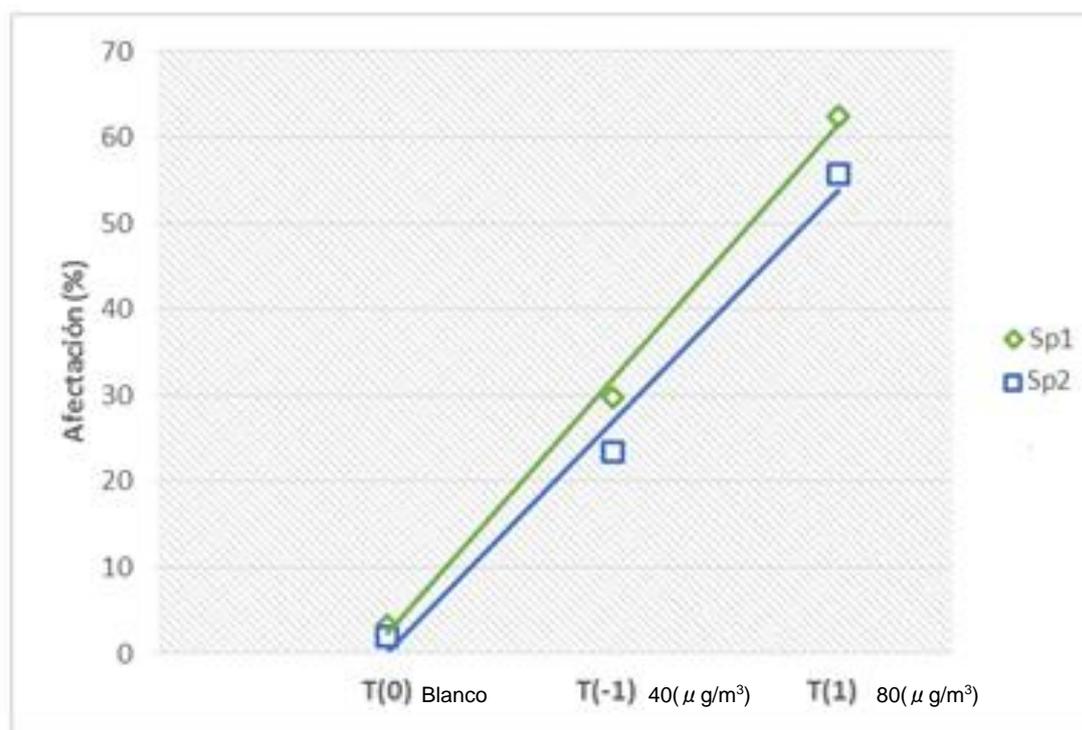


Figura 35. Comparación microscópica.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se pudo comprobar que el ozono troposférico tiene una influencia negativa en el desarrollo, morfología y resistencia de las especies vegetales que se sometieron a experimentación, tanto en la Malamadre (*Chlorophytum comosum*), como también en la Planta de Jade (*Crassula ovata*). Además de esto se pudo notar que a mayor presencia de ozono, la afectación de las plantas es mayor en los dos casos.

Según observación y cálculos se pudo determinar que donde existió una mayor cantidad de afectación de las plantas en ambos casos fue en el Tratamiento (1), es decir, en el tratamiento donde existió una mayor concentración de ozono troposférico, con un promedio de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ya que la mayoría de los individuos presentaron una mayor cantidad de alteraciones en su fisiología que en el resto de tratamiento.

La especie vegetal que opuso más resistencia a la inyección de ozono troposférico fue la Planta de Jade (*Crassula ovata*), ya que en los parámetros medidos antes y después de la experimentación existió un menor porcentaje de afectación, con un total de 12 de 25 individuos afectados. Mientras que la Malamadre (*Chlorophytum comosum*), demostró tener un mayor daño morfológico, afectando a 14 de 25 individuos.

El parámetro estadísticamente menos afectado en los dos casos es el crecimiento de la planta. A pesar de que estuvieron sometidos a altas concentraciones de ozono, el tamaño de la planta aumentó en los dos casos, no significativamente pero los resultados muestran una mejor respuesta de este parámetro frente al ozono.

El parámetro más afectado para la Malamadre (*Chlorophytum comosum*), fue el aumento de tamaño de hoja. Esto sucedió ya que todas las puntas de las hojas de esta especie se quemaron por la inyección de ozono. Mientras que para la

Planta de Jade (*Crassula ovata*), el parámetro más afectado fue la variación de peso, ya que sufrieron bastantes pérdidas de cantidad de hojas por individuo, especialmente en el Tratamiento (1).

La Planta de Jade (*Crassula ovata*) al tener mayor cantidad de ácido ascórbico, indica que es más resistente a las concentraciones de ozono, con lo que se puede concluir que una planta al tener mayor cantidad de ácido ascórbico será más resistente al ozono troposférico. Es decir, que existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de ácido y los efectos adversos del contaminante en la planta.

5.2. Recomendaciones

El presente estudio se enfocó solamente en dos especies que se utilizan en jardines verticales. Las dos especies seleccionadas pueden ser intercambiadas por su fenotipo, ya que ambas son de color verde. Además, se conoce que normalmente en este tipo de jardines se aprecian principalmente por su valor estético. A base de las conclusiones de este estudio, se recomienda realizar este tipo de experimentaciones con otras especies vegetales con diferentes cantidades de ácido ascórbico y que se utilicen en jardines verticales, que se diferencien por color, tamaño y tiempo de crecimiento, ya que estas son las características principales que se toman en cuenta en las plantas para usarlas en jardines verticales.

Se recomienda también que, si se realizan futuras experimentaciones con este tipo de especies, se tiene que tener los parámetros iniciales iguales o similares, es decir, que tengan alturas iguales, para comprobar el cambio real dentro de los individuos, que no existan grandes variaciones en la cantidad de hojas por individuo y que sean similares estéticamente, sin manchas ni quemaduras.

Para futuros experimentos similares, se recomienda hacer un análisis de todos los factores externos que pueden influir dentro de la experimentación, como análisis del agua de riego, dotación de agua, pH, conductividad eléctrica, temperatura y cantidad de radiación solar, y procurar que todas sean similares para todos los tratamientos, y de esta manera reducir la variabilidad en los resultados.

Para realizar este tipo de experimentos, se deben ocupar siempre equipos previamente calibrados por entidades que den certificados de validez. Además de equipos modernos que tengan todos los complementos necesarios, para que una persona pueda usarlos de manera correcta y con esto aumentar el nivel de confianza de los resultados y de análisis obtenidos.

Finalmente se recomienda utilizar especies con una mayor cantidad de ácido ascórbico para los jardines verticales en zonas urbanas con alta o elevada contaminación atmosférica. En este estudio se verificó que la especie de color verde recomendada para jardines verticales es la Especie 2 Planta de Jade (*Crassula ovata*).

Referencias

- ACMOR. (2014). La Nueva Amenaza del Planeta. Academia de Ciencias de Morelos. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: http://www.matcuer.unam.mx/~ansar/Amenaza_280714.pdf
- Acosta, J. (2007). Contaminación Atmosférica (Educativo No. Módulo 1). España: EOI. Recuperado el 3 de diciembre de 2017 de: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwi-zlaM5_3WAhXEOiYKHSQKDIwQFgg2MAM&url=https%3A%2F%2Fwww.eoi.es%2Fes%2Ffile%2F18023%2Fdownload%3Ftoken%3Ddd4zS2xa&usg=AOvVaw0ielqpxt5UNN34nL7ljGch
- Alcaldía Mayor de Bogotá DC. (2015). Techos Verdes y Jardines Verticales (Informativo No. 1) (p. 29). Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá DC. Recuperado el: 15 de noviembre del 2017.
- Anaya, A. (2003). Ecología Química (Plaza y Valdés S.A.). México. Recuperado el 14 de octubre del 2017 de: https://books.google.com.ec/books?id=H6j8zaDYSYEC&pg=PA70&lpg=PA70&dq=relaci%C3%B3n+entre+el+%C3%A1cido+asc%C3%B3rbico+y+concentraci%C3%B3n+de+ozono&source=bl&ots=1bfDRUUbJ2&sig=1wwIB_zoKxUi4bEmZU6upXoVEUA&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjNnaLzh4rXAhXEZCYKHWfICCsQ6AEIMjAC#v=onepage&q=relaci%C3%B3n%20entre%20el%20%C3%A1cido%20asc%C3%B3rbico%20y%20concentraci%C3%B3n%20de%20ozono&f=false
- Andreu. C. (2008). Efectos del ozono troposférico sobre cultivos de ajo, *Allium sativum* y tabaco, *Nicotiana tabacum* en Cuba. Universidad Central "Marta Abreu." Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: <https://www.uea.edu.ec/revista/images/Articulos/efectos-ozono-troposferico-revista-cientifica-articulo-7-vol-1-N-2.pdf>
- Asensi, A. (2008). Efectos del Ozono Troposférico sobre el cultivo de Patata en Carcaixent (Investigativa). Universitat de Valencia, Valencia.

- ATSDR. (2012). Monóxido de Carbono (Informativo No. 1) (p. 7). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Recuperado el 5 de agosto de 2017: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs201.pdf
- Ballester, F. (2005). Contaminación Atmosférica, Cambio Climático Y Salud (Vol. 79). Madrid, España: Rev. Esp. Salud Pública.
- Bellido. G. (2010). Prueba T Para Muestras Independientes. Recuperado el 10 de octubre del 2017 de: https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0701b.pdf
- Belmonte, P. (2013). Ozono Troposférico. *Ecologistas en Acción*, (79), 3.
- BID. (2015). Áreas Verdes de la escuela. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6773/Areas%20verdes%20de%20la%20escuela.pdf>
- Bordehore, C. (2000). Problemas Ambientales, Problemas Humanos. Informativo, París. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: https://www.researchgate.net/profile/Cesar_Bordehore/publication/233387315_C_Bordehore_PROBLEMAS_AMBIENTALES_PROBLEMAS_HUMANOS_Chapter_in_Sociologia_Ambiental_Antonio_Aledo_and_Jose_Andres_Dominguez_Gruppo_Editorial_Universitario_462_pp_Complete_book_at_ht
- Calvo, D. (2009). Ciencias de la Tierra y Medio Ambientales. España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA. Recuperado el 26 de julio de 2017 de: <https://bioyciencias.files.wordpress.com/2014/10/tema-10-contaminacion-atmosferica1.pdf>
- Carciner, J. (2008). Contaminación Atmosférica (Educativo No. Módulo 1). España: EOI. Recuperado el 11 de noviembre de 2017 de: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45259/componente45257.pdf
- Carmona, J. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a Nivel ambiental y productivo. *Universidad de Antioquia*, 18(1).

- Caselli, M. (2010). Contaminación Atmosférica (6th ed.). México: Siglo XXI editores. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: <https://books.google.com.ec/books?id=VNuvHQDylqUC&pg=PA13&dq=composicion+de+la+atmosfera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwirgqOw7PjWAhXM5CYKHbrnAjcQ6AEIJTAA#v=onepage&q=composicion%20de%20la%20atmosfera&f=false>
- CCSSO. (2006). Ozono - Efectos en la Salud. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. Recuperado el 11 de noviembre de 2017 de: http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/ozone/health_ozo.html
- CEC. (2011). Ozono Troposférico (Investigativo No. 1) (p. 4). América del Norte: Commission for Environmental Cooperation. Recuperado el 27 de junio de 2017 de: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/986-north-american-mosaic-overview-key-environmental-issues-es.pdf>
- Clemson University. (2015). Spider Plant. HOME & GARDEN INFORMATION CENTER. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: <https://www.clemson.edu/extension/hgic/plants/pdf/hgic1513.pdf>
- CNN. (2017). El aire sucio de América Latina. In Contaminación. EEUU. Recuperado el 17 de octubre de 2017 de: <http://cnnespanol.cnn.com/2017/05/22/el-aire-sucio-de-america-latina/>
- De la Barrera, A. (2012). Generador de ozono por efecto corona para fines germicidas basado en un micro controlador con PWM (Investigativa). IPN, México. Recuperado el 16 de octubre de 2017 de: https://www.researchgate.net/publication/302976649_Generador_de_ozono_por_efecto_corona_para_fines_germicidas_basado_en_un_micro_controlador_con_PWM
- Dirección de Monitoreo Atmosférico. (2016). ¿Qué es el Ozono? Recuperado el 16 de diciembre de 2017 de: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/noticias/que-es-ozono/que-es-ozono.pdf>
- DMQ. (2012). Estudio de Impacto Ambiental de la primera línea Metro de Quito. Quito: GESAMBCONSULT. Recuperado el: 10 de octubre del 2017.

- Domingo, J. (2010). Tecnología del Medio Ambiente. España: Universidad de Huelva. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: http://www.uhu.es/juan.domingo/descargas/Contaminacion_At_m_tmaIQ_b.pdf
- Domínguez, E. (2015). Jardines Verticales usando Musgo Sphagnum. INIA. Recuperado el 17 de octubre de 2017 de: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40443.pdf>
- Ecotelhado. (2014). Plantas que se pueden utilizar en jardines verticales [Ilustrativa]. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.
- EPA. (2012). Air Pollution: Current and Future Challenges. Informativo, LA. Recuperado el 7 de diciembre de 2017 de: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-future-challenges>
- EPA. (2012). El Ozono y Su Salud. Recuperado el 8 de diciembre de 2017 de: <https://airnow.gov/index.cfm?action=elozono.page1>
- EPA. (2017). Effects of Acid Rain. Recuperado el 11 de diciembre de 2017 de: <https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain>
- European Environment Agency. (2008). Ozono Troposférico. EEA. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de: <https://www.eea.europa.eu/downloads/f0d953ba5706573deec5feed80d647c3/1461090619/page005.html.pdf>
- FAO. (2002). El Cultivo Protegido (W.O. Baudoin). Roma. Recuperado el 28 de diciembre de 2017 de: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/005/s8630S/s8630S00.pdf>
- FAO. (2005). La contaminación del aire a larga distancia (Investigativo). Europa: FAO. Recuperado el 10 de agosto de 2017 de: <http://www.fao.org/docrep/r4165s/r4165s04.htm>
- FAO. (2011). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. FAO. Cartography and Geographic Information Systems. Recuperado el 2 de diciembre de 2017.
- FAO. (2011). Manual de Biogas. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>

- FAO. (2014). INVENTARIO NACIONAL FORESTAL. FAO. Tegucigalpa: Recursos Forestales. FAO. Recuperado el 10 de junio de 2017.
- Figueroa, M. (2007). Los Sumideros Naturales de CO₂. España: UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.
- Gilman. E. (2013). Crassula argentea Jade Plant. University of Florida. Recuperado el 17 de diciembre de 2017 de: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FP/FP15300.pdf>
- Global Urban Ambient Air Pollution Database. (2014). WHO Ambient air quality database (Investigativo). EEUU: Global Urban Ambient Air Pollution Database. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.
- Gobierno de Valencia. (2015). La Atmósfera y sus capas. Recuperado el 16 de octubre de 2017 de: <http://www.agroambient.gva.es/web/calidad-ambiental/la-atmosfera-y-sus-capas>
- Gómez-Biedma. M. (2001). Pruebas de significación en Bioestadística (Informativa). Servicio de Biopatología Clínica. Hospital La Fe. Valencia, Valencia. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-79732001000400008
- González, B. (2009). Ozono Troposférico. Ciudades para un futuro Sostenible , Madrid. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de: <http://habitat.aq.upm.es/temas/a-ozono-troposferico.html#13>
- González. J. (2013). Jardines verticales como alternativa ecológica. CEGESTI. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_243_141013_es.pdf
- GreenFacts. (2015). Contaminantes primarios y secundarios (Educativa). Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/contaminantes-primarios-y-secundarios.htm>
- GUAAPD. (2016). El aumento de la contaminación atmosférica. Investigativo, Global Urban Ambient Air Pollution Database, Ginebra. Recuperado el 12 de octubre de 2017 de:

- <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/mundo/2016/05/12/oms-aumenta-contaminacion-del-aire-en-ciudades-del-mundo>
- GTM. (2017). Peróxido de Hidrógeno. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de:
<http://www.gtm.net/images/industrial/p/PEROXIDO%20DE%20HIDROGENO.pdf>
- IARC. (2013). Air Pollution and Cancer. WHO, Lyon. Recuperado el 11 de diciembre de 2017 de: <http://www.iarc.fr/en/publications/books/Especie161/index.php>
- INEC. (2015). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Recuperado el 15 de agosto de 2017 de:
<http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/inec-parque-automotor-de-ecuador-crecio-57-en-5-anos>
- INSHT. (2007). Ácido Nítrico (Informativo). España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 13 de julio de 2017 de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Valores_Limite/Doc_Toxicologica/FicherosSerie2/DLEP%2022.pdf
- INSHT. (2014a). Dióxido de Azufre (Informativo). España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 10 de junio de 2017 de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VALORES%20LIMITE/Doc_Toxicologica/Capitulos%2083%20_90/Ficheros%202014/DLEP%2086%20DIOXIDO%20DE%20AZUFRE.pdf
- INSHT. (2014b). Hidrocarburos Aromáticos (Informativo). España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 17 de diciembre de 2017 de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo4/104_07.pdf
- INSHT. (2015). Ácido Sulfúrico (Informativo). España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 25 de noviembre de 2017 de:
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/LEP%20_VAL

ORES%20LIMITE/Doc_Toxicologica/capitulos%2091_100/Ficheros%202015/DLEP%20100%20Acido%20sulfurico.pdf

INTA. (2015). Riego por goteo. UCAR. Recuperado el 10 de agosto de 2017 de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

Instituto Industrial Luis A. Huergo. (2015). Proyecto Jardín Vertical. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: <http://huergo.edu.ar/ecohuergo/docs/jardinvertical.pdf>

Jiménez, J. C. (2007). Bosques y Cambio Climático: la función de los bosques como sumideros de carbono y su contribución al cumplimiento del Protocolo de Kioto por parte de España. Foro de Bosques y Cambio Climático, (pág. 44). Zaragoza. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.

Lázaro-Gimeno. D. (2018). Impacto del ozono troposférico sobre la anatomía foliar de *Abies pinsapo* Boiss. I: estudio de la distribución de daños (Investigativa). Universitat de Valencia, Valencia. Recuperado el 17 de diciembre de 2017 de: https://www.researchgate.net/publication/28312704_Impacto_del_ozono_troposferico_sobre_la_anatomia_foliar_de_Abies_pinsapo_Boiss_I_estudio_de_la_distribucion_de_danos

Ledesma, M. (2011). Principios de Meteorología y Climatología (1st ed.). España: Ediciones Paraninfo. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: <https://books.google.com.ec/books?id=QgtMz54pUWQC&pg=PA1&dq=composicion+de+la+atmosfera&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiY7NS77PjWAhXEbiYKHTRFAzI4ChDoAQgkMAA#v=onepage&q=composicion%20de%20la%20atmosfera&f=false>

López. S. (2015). Concepto de Jardín Vertical aplicando el enfoque de Diseño Emocional (Informativa). Universidad Tecnológica de la Mixteca, México. Recuperado el 10 de julio de 2017 de: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12888.pdf

MAj-Britt, L. (2012). El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación. Investigativo, Ministerio de Medio, Navarra. Recuperado el 6 de noviembre de 2017 de: <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y->

evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Ozono_tcm7-438816.pdf

Mantilla. E. (2010). Ozono Troposférico y Calidad de Aire. GENERALITAT VALENCIANA. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: <http://www.agroambient.gva.es/documents/20549779/161512949/Ozono+troposf%C3%A9rico+y+calidad+del+aire.+Libro+completo/c0ae3c3e-5588-433f-a0b6-daf473a9c0a9;jsessionid=5ECB82D8B0343FD0FDDBCD592001FE5D>

Martínez, E., y Días de Mera, Y. (2004). Contaminación Atmosférica. Cuenca, Ecuador: Ediciones de la Universidad de Castilla - La Mancha. Recuperado el 14 de diciembre de 2017.

McCaw, W. M. (2012). Sequestration vs. Emissions: On the Carbon Sequestration Potential of the Natural Areas of the City of Austin, Texas. En W. M. McCaw, Natural Areas Journal. Austin, Texas, EEUU: Natural Areas Association. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.

Minambiente. (2014). OZONO TROPOSFÉRICO. Formación de Ozono Troposférico, Bogotá. Recuperado el 19 de diciembre de 2017 de: <http://www.meteoaeronautica.gov.co/ozono-troposferico>

Ministerio del Ambiente. (2010). Plan Nacional de la Calidad de Aire (Investigativo) (p. 90). Ecuador: MAE. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>

Ministerio del Ambiente. (2014). Controlar la contaminación ambiental contribuye a mejorar la calidad de vida de la población (Informativo). Quito: MAE. Recuperado el 14 de diciembre de 2017 de: <http://www.ambiente.gob.ec/controlar-la-contaminacion-ambiental-contribuye-a-mejorar-la-calidad-de-vida-de-la-poblacion/>

Ministerio del Ambiente. (2016). Informe del Estado de Medio Ambiente. Chile: MMA. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_1.pdf

- Molanes, E. (2014). Diseño de Experimentos: ANOVA. Ilustrativa presented at the Diseño de Experimentos, España. Recuperado el 25 de junio de 2017 de:
<http://halweb.uc3m.es/esp/personal/personas/emolanes/esp/archivos/estii/anova.pdf>
- Municipio de Quito. (2012). Plan Metropolitano de Desarrollo 2012-2022. Informativo, Quito. Recuperado el 15 de octubre de 2017.
- Municipio de Quito. (2015). Diagnóstico del Territorio - Eje Territorial del Distrito Metropolitano de Quito. Informativo, DMQ, Quito. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.
- Municipio de Quito. (2015). Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Concejo Metropolitano del DMQ. Quito: Volumen II. Recuperado el 15 de noviembre de 2017 de
- NASA. (2014). Before and After: World Nitrogen Dioxide Levels, 2005-2014 (Investigativo) (p. 1). Mundial: Air Quality of NASA. Recuperado el 17 de diciembre de 2017 de: <https://airquality.gsfc.nasa.gov/>
- Navarro. J. (2013). Los Jardines Verticales en la Edificación (Informativa). Universitat Politècnica de Valencia, España. Recuperado el 24 de diciembre de 2017 de:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33814/TFM%20JUAN%20N%20AVARRO.pdf>
- NJ Healt. (2016). Dióxido de Carbono. New Jersey Departament of Healt. Recuperado el 27 de diciembre de 2017 de:
<http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0343sp.pdf>
- Olympus. (2008). Instructions CX41 Systems Microscope. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de:
<http://cn.olympus.com/upload/accessory/20114/20114111440447178768.pdf>
- OMS. (2013). La Contaminación del Aire en Cifras. Respira la vida. Recuperado el 5 de enero de 2018 de: <http://www.who.int/phe/breathe-life/air-pollution-by-numbers-es.png?ua=1>

- OMS. (2016). Aumento de Contaminación del Aire en Ciudades del Mundo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra: El Universal. Recuperado el 12 de noviembre de 2017 de: <http://www.eluniversal.com.mx/articulo/mundo/2016/05/12/oms-aumenta-contaminacion-del-aire-en-ciudades-del-mundo>
- OMS. (2016). Respira la vida: la contaminación atmosférica mata sin hacer ruido. Recuperado el 10 de julio de 2017 de: <http://www.who.int/phe/breathe-life/about/es/>
- Padilla. J. (2009). ANOVA: Interpretación de los resultados (Informativo). Colombia: UPBBGA. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: http://jpadilla.docentes.upbbga.edu.co/Dise%C3%B1o_de_Experimentos/9-ANOVA%20con%20un%20factor-3a%20parte.pdf
- PNUMA, I. (2005). La Captación y el Almacenamiento de Dióxido de Carbono. Recuperado el 10 de agosto de 2017 de: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf
- Portillo, P. (2017). La Atmósfera (Educativo). Meteorología en red. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: <https://www.meteorologiaenred.com/la-atmosfera.html>
- Red Ambiental de Asturias. (2014). Principales Contaminantes Atmosféricos (Educativo). España: Gobierno del Principado de Asturias. Recuperado el 19 de diciembre de 2017 de: <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=daca2ae109539210VgnVCM1000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=761ab1cc11b6a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>
- Rosas. I. (2009). Revisión y sistematización de la literatura nacional e internacional sobre los impactos de la contaminación del aire en cultivos agrícolas y forestales. INE/A1-003/2009. Recuperado el 1 de julio de 2017 de: http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2009_inf_impactos_ecologicos1.pdf

- SAGARPA. (2009). Invernaderos Rústicos. Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca Y Alimentación. Argentina. Recuperado el 5 de diciembre de 2017 de: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Invernadero%20R%C3%BAstico.pdf>
- Sánchez, R. (2015). t-Student. Usos y abusos (Investigativa). UMAE, México. Recuperado el 18 de diciembre de 2017 de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009
- Secretaría del Ambiente. (2015). Los contaminantes comunes del aire y sus efectos sobre la salud humana. Recuperado el 10 de julio de 2017 de: http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/contaminantes_aire_efec_salud.pdf
- Secretaria de Ambiente. (2017). Generalidades Quito. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: <http://www.quitoambiente.gob.ec./ambiente/index.php/generalidades>
- Secretaría del Ambiente. (2017). Informe de la Calidad de Aire. Quito: Secretaría del Ambiente. Recuperado el 10 de diciembre de 2017.
- SEMARNAT. (2013). Calidad del Aire: Una práctica de Vida. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 15 de julio de 2017 de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- Servicio de Sanidad Ambiental Murcia. (2007). Dióxido de Nitrógeno (Informativo). España: Dirección General de Salud Pública. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: https://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/114054-Dioxido_de_nitrogeno.pdf
- Sotelo, B. M. (2008). Fisiología del Estrés Ambiental en Plantas. Synthesis. Recuperado el 23 de diciembre de 2017 de: http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2009/04/27/Fisiologia_%20del_estres_ambiental_en_plantas.pdf

- Universidad Cardenal Herrera. (2005). Teoría Atómica de Dalton. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: <http://www.divulgameteo.es/uploads/John-Dalton.pdf>
- Universidad de Chile. (2005). Atmósfera, Tiempo y Clima. Presented at the Contaminación Atmosférica, Chile. Recuperado el 15 de diciembre de 2017 de: http://mct.dgf.uchile.cl/CURSOS/Clases_Atmosfera/claseX_contamaire.pdf
- Universidad de Sevilla. (2011). Jardines verticales para reducir el consumo energético en edificios. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Recuperado el 24 de octubre de 2017 de: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Jardines-verticales-para-reducir-el-consumo-energetico-en-edificios>
- Vaisala. (2016). Vaisala Air Quality Monitoring. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/WEA-MET-G%20Air%20Quality%20Brochure_B211617EN_0.pdf
- Vintimilla. C. (2013). Uso de materiales para Jardines Verticales en Espacios Interiores (Informativa). Universidad del Azuay, Ecuador. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2601/1/09789.pdf>
- Yepes, A. (2014). Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. Investigativo, Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá.

ANEXOS

Anexo 1. Ozono

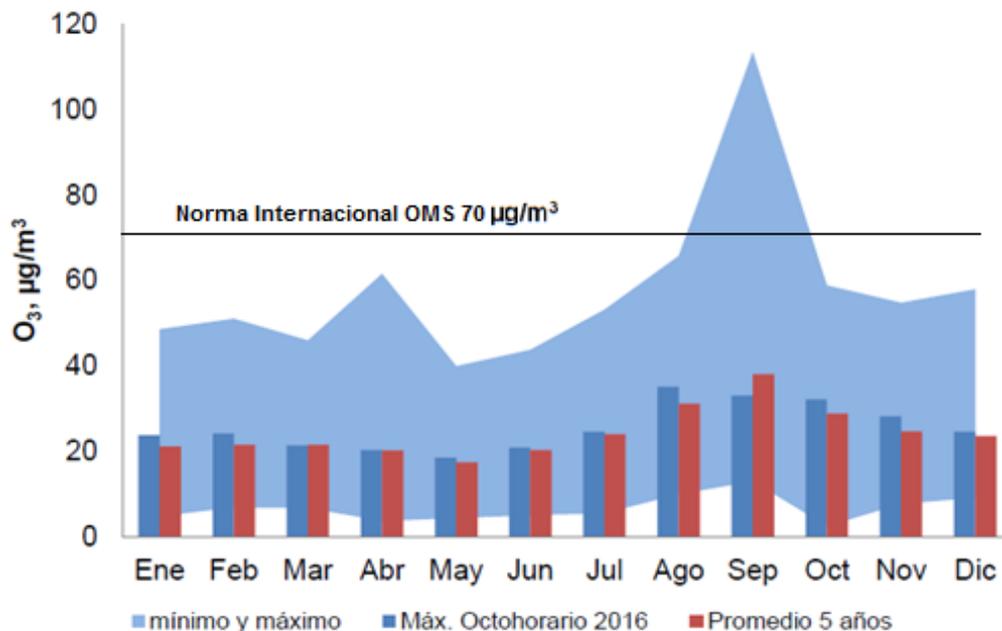


Figura A1. Concentraciones promedio mensuales de O₃ para el año 2016. Recuperado de: Secretaría de Ambiente del DMQ.

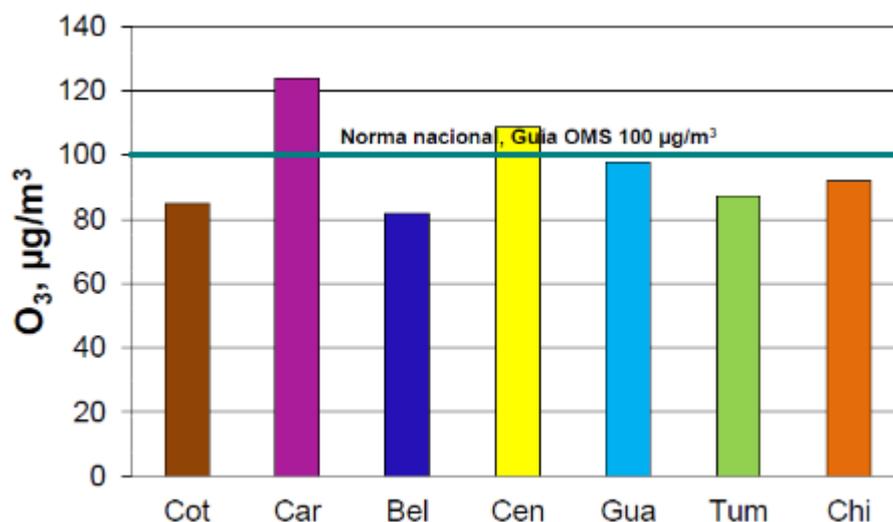
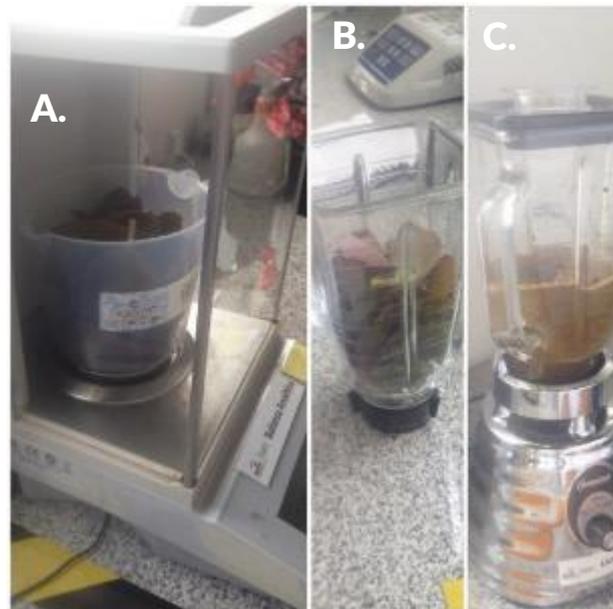


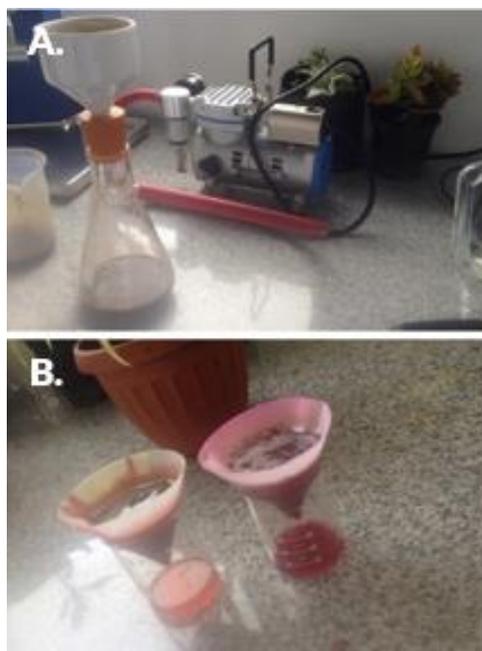
Figura A2. Promedio de concentraciones octohorarias diarias de O₃ del año 2016. Recuperado de: Secretaría de Ambiente del DMQ.

Anexo 2. Laboratorio



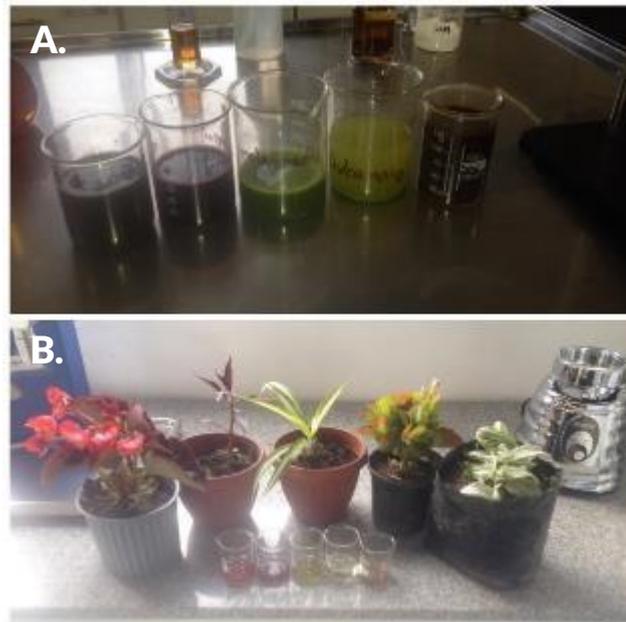
- A. Toma de peso de las hojas de las especies vegetales.
B. Añadición de 50 ml de agua destilada a la muestra.
C. Licuado de las hojas y agua destilada para obtención de zumo.

Figura A5. Preparación de las especies vegetales



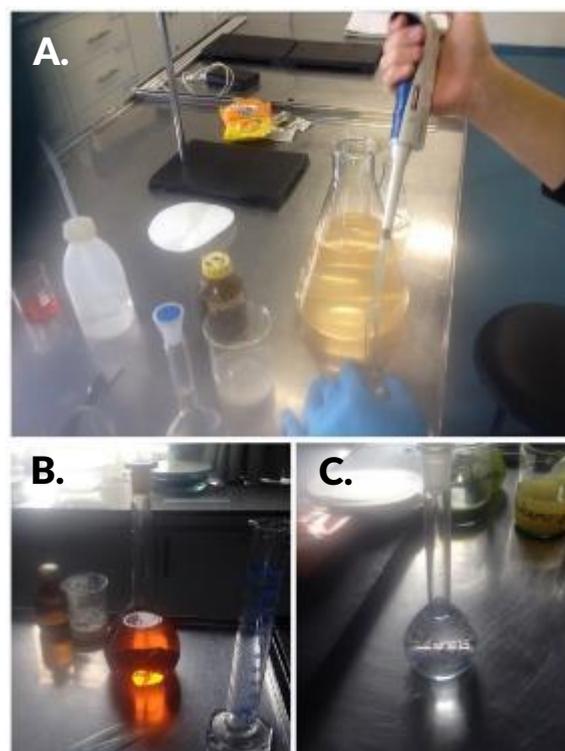
- A. Filtrado del licuado con ayuda de una bomba de vacío.
B. Filtrado final para obtención de zumo de cada especie.

Figura A6. Extracción de zumo de especies vegetales



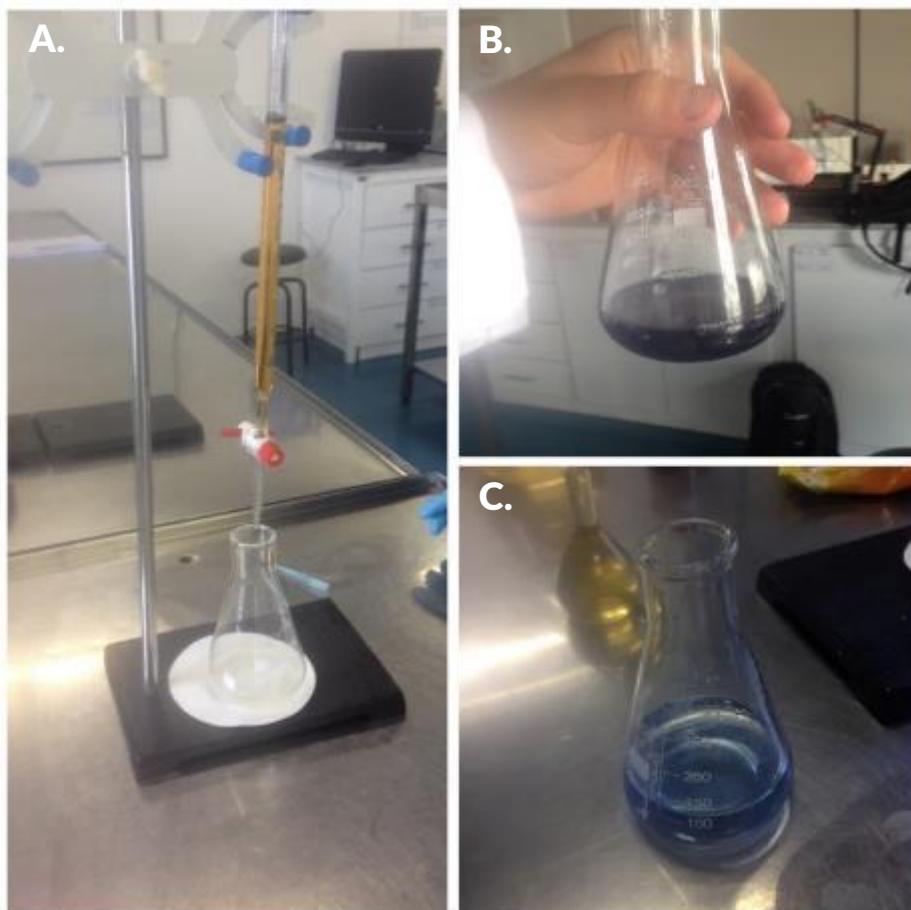
A. Zumo obtenido de cada especie antes de ser filtrado.
 B. Zumo total obtenido de cada especie vegetal.

Figura A7. Obtención de zumo de especies vegetales



A. Muestra de ácido ascórbico con una tableta de 500g.
 B. Preparación de disolución de Yodo (I) y almidón.
 C. Preparación de 0,25 ml de HCL (15%V/V).

Figura A8. Preparación de reactivos para obtención de ácido ascórbico



- A. Esquema y materiales para poner la muestra a titular.
B. Agitación de la muestra para obtener el color azul de titulación.
C. Muestra ya titulada, para determinar el valor de ácido ascórbico.

Figura A9. Titulación y obtención de ácido ascórbico

Anexo 3. Concentración de ozono (Carapungo)

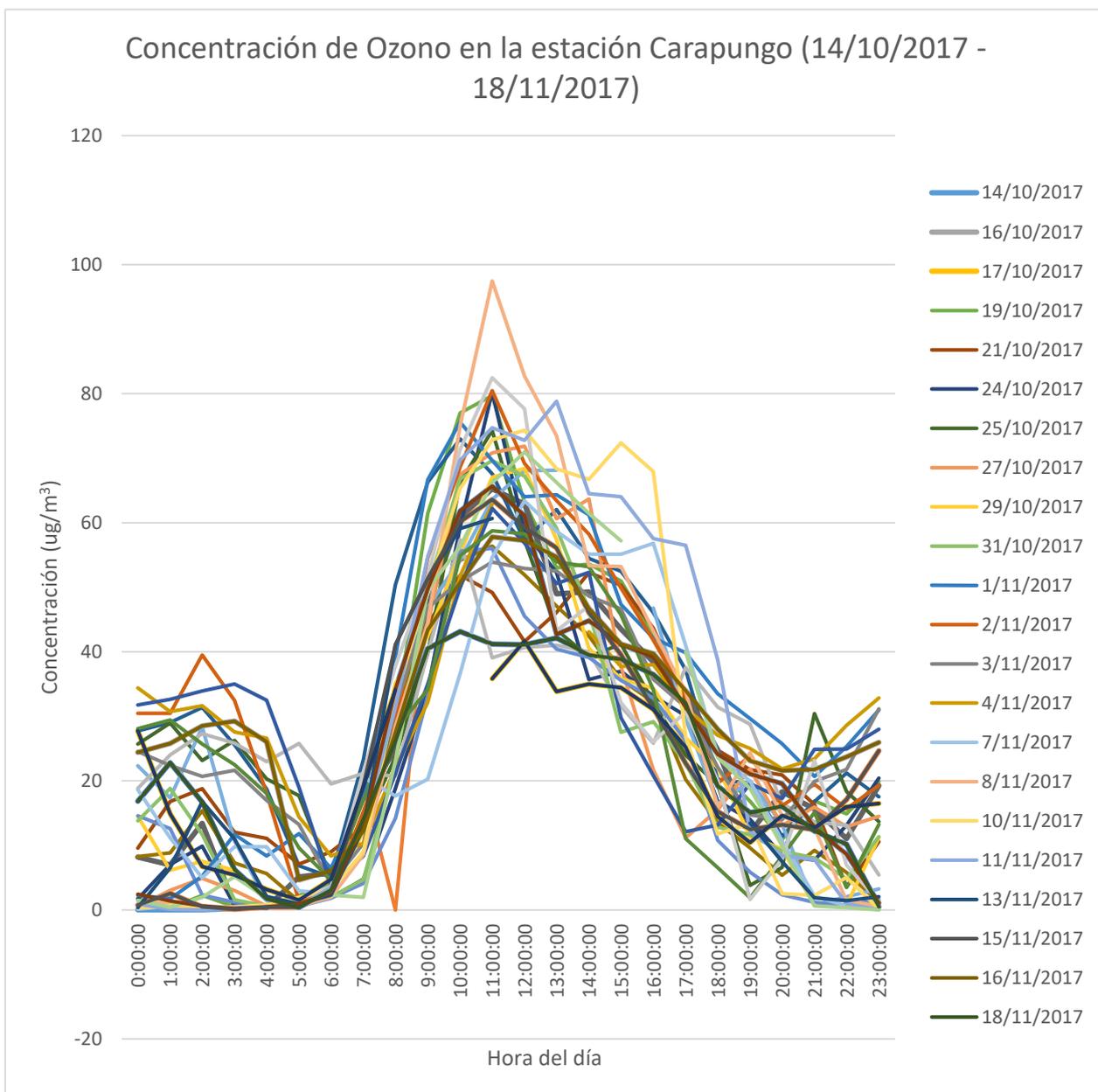


Figura A10. Concentración de Ozono en la estación Carapungo (14/10/2017 - 18/11/2017)

Anexo 4. Registros

Tabla A1. Registro de fugas para los microinvernaderos

Registro de fugas para los microinvernaderos				
Antes del Experimento	Durante el experimento			
	Día:	Fugas:	Observaciones:	Acción:
Se tuvieron que sellar 4 orificios que vinieron originalmente	0	3	Se selló exteriormente cada una de los microinvernaderos en las mangueras que ingresan para el sistema de riego y en la colocación de las tapas.	Silicona caliente en puntos afectados
	4	0		
	8	1	Pequeño orificio creado después de cortar el césped en la zona asignada para microinvernaderos	Silicona caliente en puntos afectados
Posterior a una serie de modificaciones en los microinvernaderos, se sellaron 6 orificios más	12	0		
	16	0		
	20	3	movimiento de mangueras, lo que causó que se despliegue silicona puesta anteriormente	Silicona caliente en puntos afectados
Un orificio tras instalación de equipo de medición de Ozono	24	1	Orificio creado tras desinstalación de equipo de medición de Ozono	Silicona caliente en puntos afectados
	28	0		
	30	0		
	34	0		
	36	0	Quitar las tapas de los microinvernaderos para instalación de tubos medidores de ozono, otorgados por la Secretaría de Ambiente	Sellado de tapas con silicona caliente

Tabla A2. Registro de Inyección de ozono

Registro de Inyección de Ozono				
#Día	Fecha	Hora de inyección de Ozono	Revisión de datos de Medición equipo VAISALA	Observaciones
Día 1	14/10/2017	-----	-----	Instalación del equipo de Medición VAISALA
Día 2	15/10/2017	12:00	21:00	Primera medición
Día 3	16/10/2017	12:55	20:00	El equipo mide una concentración de 230 ppb
Día 4	17/10/2017	12:30	19:30	El equipo mide una concentración de 230 ppb
Día 5	18/10/2017	-----	20:00	No se inyectó ozono para comprobar funcionalidad del equipo de medición
Día 6	19/10/2017	13:00	12:00	El equipo mide una concentración de 250 ppb
Día 7	20/10/2017	12:00	21:00	El equipo mide una concentración de 250 ppb
Día 8	21/10/2017	12:40	-----	
Día 9	22/10/2017	13:30	-----	
Día 10	23/10/2017	14:00	20:00	Los resultados no bajan de 200 ppb
Día 11	24/10/2017	14:00	22:00	Los resultados no bajan de 200 ppb
Día 12	25/10/2017	12:50	-----	
Día 13	26/10/2017	13:30	-----	
Día 14	27/10/2017	12:40	21:00	El equipo empieza a estabilizarse midiendo 130 ppb
Día 15	28/10/2017	12:30	21:30	El equipo empieza a estabilizarse midiendo 130 ppb
Día 16	29/10/2017	13:20	-----	
Día 17	30/10/2017	13:20	9:00	El equipo muestra resultados más certeros y reales
Día 18	31/10/2017	12:00	21:00	El equipo muestra resultados más certeros y reales
Día 19	1/11/2017	12:00	-----	
Día 20	2/11/2017	13:30	14:00	Los valores no superan los 90 ppb
Día 21	3/11/2017	14:00	23:00	Los valores no superan los 90 ppb
Día 22	4/11/2017	11:50	21:00	A partir de las 5 de la tarde los valores son superiores a 12000 ppb
Día 23	5/11/2017	12:00	22:00	El equipo mide una concentración mínima de 12000 ppb
Día 24	6/11/2017	13:30	16:00	Desinstalación del equipo de Medición VAISALA y última medición
Día 25	7/11/2017	14:00	-----	
Día 26	8/11/2017	14:00	-----	
Día 27	9/11/2017	13:30	-----	
Día 28	10/11/2017	13:00	-----	
Día 29	11/11/2017	13:30	-----	
Día 30	12/11/2017	11:30	-----	
Día 31	13/11/2017	12:00	-----	
Día 32	14/11/2017	13:30	-----	
Día 33	15/11/2017	13:30	-----	
Día 34	16/11/2017	14:00	-----	
Día 35	17/11/2017	12:00	-----	Pasivos ambientales de la Secretaria de Ambiente
Día 36	18/11/2017	11:00	-----	Pasivos ambientales de la Secretaria de Ambiente

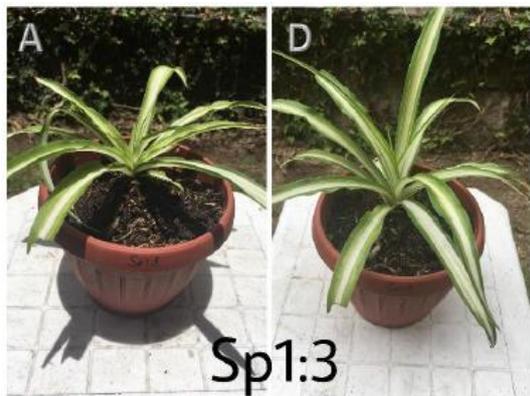
Anexo 5. Fotos (antes y después) de especies vegetales*Figura A11. Fotografía Especie 1:1**Figura A12. Fotografía Especie 1:2**Figura A15. Fotografía Especie 1:3**Figura A13. Fotografía Especie 1:4**Figura A16. Fotografía Especie 1:5**Figura A14. Fotografía Especie 1:6*



Figura A17. Fotografia Especie 1:7



Figura A18. Fotografia Especie 1:8



Figura A19. Fotografia Especie 1:9



Figura A20. Fotografia Especie 1:10



Figura A21. Fotografia Especie 1:11



Figura A22. Fotografia Especie 1:12



Figura A25. Fotografía Especie 1:13



Figura A23. Fotografía Especie 1:14



Figura A27. Fotografía Especie 1:15



Figura A24. Fotografía Especie 1:16



Figura A26. Fotografía Especie 1:17



Figura A28. Fotografía Especie 1:18



Figura A33. Fotografia Especie 1:19



Figura A32. Fotografia Especie 1:20



Figura A30. Fotografia Especie 1:21



Figura A31. Fotografia Especie 1:22



Figura A34. Fotografia Especie 1:23



Figura A29. Fotografia Especie 1:24



Figura A36. Fotografía Especie 1:25



Figura A35. Fotografía Especie 2:1



Figura A37. Fotografía Especie 2:2



Figura A38. Fotografía Especie 2:3



Figura A40. Fotografía Especie 2:4



Figura A39. Fotografía Especie 2:5



Figura A42. Fotografía Especie 2:6



Figura A41. Fotografía Especie 2:7



Figura A43. Fotografía Especie 2:8



Figura A44. Fotografía Especie 2:9



Figura A46. Fotografía Especie 2:10



Figura A45. Fotografía Especie 2:11



Figura A48. Fotografia Especie 2:12



Figura A47. Fotografia Especie 2:13



Figura A50. Fotografia Especie 2:14



Figura A49. Fotografia Especie 2:15



Figura A52. Fotografia Especie 2:16



Figura A51. Fotografia Especie 2:17



Figura A53. Fotografia Especie 2:18



Figura A54. Fotografia Especie 2:19



Figura A56. Fotografia Especie 2:20



Figura A57. Fotografia Especie 2:21



Figura A55. Fotografia Especie 2:22



Figura A58. Fotografia Especie 2:23



Figura A60. Fotografia Especie 2:24



Figura A59. Fotografia Especie 2:25

Anexo 6. Datos morfológicos crudos

Tabla A3. Datos crudos Tratamiento (0)

Tratamiento (0)

Especie	Código	Datos antes del Experimento			Datos después del Experimento		
		Parámetro	Cantidad	Unidad	Parámetro	Cantidad	Unidad
Malamadre	Especie 1:1	Peso	879	g	Peso	975	g
		Altura total	0.16	m	Altura total	0.24	m
		Promedio de tamaño de hoja	18.5	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	26	cm ²
		Número de hojas	15	unidades	Número de hojas	16	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 12 quemaduras y 5 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:2	Peso	877	g	Peso	944	g
		Altura total	0.14	m	Altura total	0.18	m
		Promedio de tamaño de hoja	18	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	36	cm ²
		Número de hojas	31	unidades	Número de hojas	36	unidades

		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 8 quemaduras y 2 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:3	Peso	880	g	Peso	917	g
		Altura total	0.12	m	Altura total	0.165	m
		Promedio de tamaño de hoja	17.9	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	21.2	cm ²
		Número de hojas	12	unidades	Número de hojas	17	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 mancha, 4 quemaduras y 3 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:4	Peso	844	g	Peso	1014	g
		Altura total	0.11	m	Altura total	0.22	m
		Promedio de tamaño de hoja	15	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22.5	cm ²
		Número de hojas	17	unidades	Número de hojas	18	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 mancha, 6 quemaduras y 3 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:5	Peso	845	g	Peso	907	g
		Altura total	0.10	m	Altura total	0.16	m

		Promedio de tamaño de hoja	14.3	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	14	cm ²
		Número de hojas	19	unidades	Número de hojas	23	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 mancha, 5 quemaduras y 1 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:6	Peso	995	g	Peso	1258	g
		Altura total	0.15	m	Altura total	0.195	m
		Promedio de tamaño de hoja	25	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	26	cm ²
		Número de hojas	23	unidades	Número de hojas	22	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 3 quemaduras y 2 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:7	Peso	913	g	Peso	951	g
		Altura total	12	m	Altura total	0.19	m
		Promedio de tamaño de hoja	20	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22.4	cm ²
		Número de hojas	18	unidades	Número de hojas	23	unidades

		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 3 mancha, 8 quemaduras y 3 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:8	Peso	826	g	Peso	877	g
		Altura total	0.12	m	Altura total	0.22	m
		Promedio de tamaño de hoja	17.5	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	26.1	cm ²
		Número de hojas	16	unidades	Número de hojas	19	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 3 mancha, 5 quemaduras y 2 puntas quemadas.	
Planta de Jade	Especie 2:1	Peso	1275	g	Peso	1301	g
		Altura total	0.245	m	Altura total	0.27	m
		Promedio de tamaño de hoja	15	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	16.5	cm ²
		Número de hojas	72	unidades	Número de hojas	94	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 3 manchas, 2 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:2	Peso	1373	g	Peso	1401	g
		Altura total	0.23	m	Altura total	0.24	m

		Promedio de tamaño de hoja	19.5	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.6	cm ²
		Número de hojas	82	unidades	Número de hojas	114	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 4 manchas, 1 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:3	Peso	1557	g	Peso	1567	g
		Altura total	0.205	m	Altura total	0.22	m
		Promedio de tamaño de hoja	16.2	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	16.3	cm ²
		Número de hojas	75	unidades	Número de hojas	95	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 16 manchas, 6 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:4	Peso	1222	g	Peso	1243	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.26	m
		Promedio de tamaño de hoja	16.5	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.1	cm ²
		Número de hojas	51	unidades	Número de hojas	66	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 17 manchas, 8 quemaduras.	

Planta de Jade	Especie 2:5	Peso	1286	g	Peso	1290	g
		Altura total	0.23	m	Altura total	0.25	m
		Promedio de tamaño de hoja	21.4	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	20.16	cm ²
		Número de hojas	67	unidades	Número de hojas	92	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 12 manchas, 9 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:6	Peso	1544	g	Peso	1579	g
		Altura total	0.28	m	Altura total	0.3	m
		Promedio de tamaño de hoja	21.4	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	25.6	cm ²
		Número de hojas	94	unidades	Número de hojas	91	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 4 manchas, 7 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:7	Peso	1248	g	Peso	1260	g
		Altura total	0.175	m	Altura total	0.21	m
		Promedio de tamaño de hoja	15.4	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	14.4	cm ²
		Número de hojas	91	unidades	Número de hojas	101	unidades

		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 9 manchas, 3 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:8	Peso	1386	g	Peso	1377	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.216	m
		Promedio de tamaño de hoja	12.9	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	13.7	cm ²
		Número de hojas	104	unidades	Número de hojas	107	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 15 manchas, 6 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:9	Peso	1570	g	Peso	1683	g
		Altura total	0.22	m	Altura total	0.23	m
		Promedio de tamaño de hoja	18	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	18.2	cm ²
		Número de hojas	96	unidades	Número de hojas	144	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas		Característica de la hoja:	Se puede observar 16 manchas, 15 quemaduras.	

Tabla A4. Datos crudos Tratamiento (-1)

Tratamiento (-1)

Especie	Código	Datos antes del Experimento			Datos después del Experimento		
		Parámetro	Cantidad	Unidad	Parámetro	Cantidad	Unidad
Malamadre	Especie 1:9	Peso	849	g	Peso	896	g
		Altura total	0.08	m	Altura total	0.15	m
		Promedio de tamaño de hoja	14	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	17	cm ²
		Número de hojas	16	unidades	Número de hojas	20	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 manchas, 7 quemaduras y 4 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:10	Peso	828	g	Peso	912	g
		Altura total	0.10	m	Altura total	0.12	m
		Promedio de tamaño de hoja	14	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	14.3	cm ²
		Número de hojas	16	unidades	Número de hojas	18	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 3 manchas, 14 quemaduras y 7 puntas quemadas.	

Malamadre	Especie 1:11	Peso	866	g	Peso	942	g
		Altura total	0.11	m	Altura total	0.17	m
		Promedio de tamaño de hoja	17.3	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	17.4	cm ²
		Número de hojas	23	unidades	Número de hojas	28	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 4 quemaduras y 7 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:12	Peso	878	g	Peso	954	g
		Altura total	0.10	m	Altura total	0.18	m
		Promedio de tamaño de hoja	19.2	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19	cm ²
		Número de hojas	12	unidades	Número de hojas	15	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 manchas, 6 quemaduras y 7 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:13	Peso	931	g	Peso	991	g
		Altura total	0.135	m	Altura total	0.19	m
		Promedio de tamaño de hoja	22.8	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	23	cm ²

		Número de hojas	29	unidades	Número de hojas	34	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 manchas, 13 quemaduras y 18 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:14	Peso	877	g	Peso	837	g
		Altura total	0.08	m	Altura total	0.16	m
		Promedio de tamaño de hoja	22.8	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.7	cm ²
		Número de hojas	12	unidades	Número de hojas	13	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 manchas, 3 quemaduras y 8 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:15	Peso	893	g	Peso	988	g
		Altura total	0.082	m	Altura total	0.16	m
		Promedio de tamaño de hoja	15.8	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	17.7	cm ²
		Número de hojas	20	unidades	Número de hojas	21	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 6 quemaduras y 8 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:16	Peso	882	g	Peso	998	g

		Altura total	0.12	m	Altura total	0.2	m
		Promedio de tamaño de hoja	19.7	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.5	cm ²
		Número de hojas	20	unidades	Número de hojas	18	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 manchas, 7 quemaduras y 6 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:17	Peso	997	g	Peso	1034	g
		Altura total	0.094	m	Altura total	0.18	m
		Promedio de tamaño de hoja	15.3	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	18	cm ²
		Número de hojas	42	unidades	Número de hojas	52	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 8 quemaduras y 5 puntas quemadas.	
Planta de Jade	Especie 2:10	Peso	1476	g	Peso	1544	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.24	m
		Promedio de tamaño de hoja	21	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22.75	cm ²
		Número de hojas	78	unidades	Número de hojas	123	unidades

		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 6 manchas, 13 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:11	Peso	1399	g	Peso	1498	g
		Altura total	0.24	m	Altura total	0.28	m
		Promedio de tamaño de hoja	21	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	21.3	cm ²
		Número de hojas	78	unidades	Número de hojas	103	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 6 manchas, 18 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:12	Peso	1511	g	Peso	1556	g
		Altura total	0.26	m	Altura total	0.264	m
		Promedio de tamaño de hoja	22.75	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	24	cm ²
		Número de hojas	88	unidades	Número de hojas	102	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 6 manchas, 25 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:13	Peso	1540	g	Peso	1601	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.23	m

		Promedio de tamaño de hoja	19.25	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	20	cm ²
		Número de hojas	57	unidades	Número de hojas	88	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 2 manchas, 7 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:14	Peso	1659	g	Peso	1660	g
		Altura total	0.32	m	Altura total	0.35	m
		Promedio de tamaño de hoja	24.57	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	30.4	cm ²
		Número de hojas	173	unidades	Número de hojas	168	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 manchas, 16 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:15	Peso	1530	g	Peso	1566	g
		Altura total	0.28	m	Altura total	0.29	m
		Promedio de tamaño de hoja	19.14	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	20.4	cm ²
		Número de hojas	140	unidades	Número de hojas	145	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 11 manchas, 19 quemaduras.	

Planta de Jade	Especie 2:16	Peso	1693	g	Peso	1711	g
		Altura total	0.225	m	Altura total	0.23	m
		Promedio de tamaño de hoja	18	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	18	cm ²
		Número de hojas	62	unidades	Número de hojas	80	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 manchas, 8 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:17	Peso	1488	g	Peso	1594	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.245	m
		Promedio de tamaño de hoja	22.1	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	24.5	cm ²
		Número de hojas	79	unidades	Número de hojas	108	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 manchas, 18 quemaduras.	

Tabla A5. Datos crudos Tratamiento (1)

Tratamiento (1)

Especie	Código	Datos antes del Experimento			Datos después del Experimento		
		Parámetro	Cantidad	Unidad	Parámetro	Cantidad	Unidad
Malamadre	Especie 1:18	Peso	862	g	Peso	878	g
		Altura total	0.115	m	Altura total	0.13	m
		Promedio de tamaño de hoja	18	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	18.2	cm ²
		Número de hojas	13	unidades	Número de hojas	14	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 11 mancha, 7 quemaduras y 5 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:19	Peso	849	g	Peso	879	g
		Altura total	0.13	m	Altura total	0.12	m
		Promedio de tamaño de hoja	19	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.1	cm ²
		Número de hojas	16	unidades	Número de hojas	14	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 11 mancha, 10 quemaduras y 8 puntas quemadas.	

Malamadre	Especie 1:20	Peso	713	g	Peso	690	g
		Altura total	0.12	m	Altura total	0.19	m
		Promedio de tamaño de hoja	19.2	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	18.8	cm ²
		Número de hojas	16	unidades	Número de hojas	17	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 12 mancha, 9 quemaduras y 6 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:21	Peso	1058	g	Peso	1129	g
		Altura total	0.11	m	Altura total	0.18	m
		Promedio de tamaño de hoja	20.4	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22	cm ²
		Número de hojas	24+1	unidades	Número de hojas	20	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 mancha, 16 quemaduras y 12 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:22	Peso	960	g	Peso	1014	g
		Altura total	0.122	m	Altura total	0.14	m
		Promedio de tamaño de hoja	23	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22.5	cm ²

		Número de hojas	24	unidades	Número de hojas	26	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 17 mancha, 20 quemaduras y 18 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:23	Peso	900	g	Peso	933	g
		Altura total	0.10	m	Altura total	0.08	m
		Promedio de tamaño de hoja	14.6	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	16.2	cm ²
		Número de hojas	23	unidades	Número de hojas	24	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 13 mancha, 17 quemaduras y 12 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:24	Peso	958	g	Peso	999	g
		Altura total	0.15	m	Altura total	0.13	m
		Promedio de tamaño de hoja	24.1	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22	cm ²
		Número de hojas	21	unidades	Número de hojas	22	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 7 mancha, 16 quemaduras y 22 puntas quemadas.	
Malamadre	Especie 1:25	Peso	963	g	Peso	952	g

		Altura total	0.143	m	Altura total	0.16	m
		Promedio de tamaño de hoja	20.4	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	20	cm ²
		Número de hojas	32	unidades	Número de hojas	28	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro con blanco, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 1 mancha, 6 quemaduras y 8 puntas quemadas.	
Planta de Jade	Especie 2:18	Peso	1488	g	Peso	1525	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.23	m
		Promedio de tamaño de hoja	19.4	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22.5	cm ²
		Número de hojas	83	unidades	Número de hojas	102	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 7 manchas, 13 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:19	Peso	1383	g	Peso	1388	g
		Altura total	0.24	m	Altura total	0.23	m
		Promedio de tamaño de hoja	15.6	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.2	cm ²
		Número de hojas	102	unidades	Número de hojas	132	unidades

		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 9 manchas, 19 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:20	Peso	1330	g	Peso	1342	g
		Altura total	0.24	m	Altura total	0.25	m
		Promedio de tamaño de hoja	26.28	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	28	cm ²
		Número de hojas	128	unidades	Número de hojas	112	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 manchas, 19 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:21	Peso	1192	g	Peso	1206	g
		Altura total	0.235	m	Altura total	0.23	m
		Promedio de tamaño de hoja	24.7	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	24.71	cm ²
		Número de hojas	84	unidades	Número de hojas	93	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 11 manchas, 18 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:22	Peso	1387	g	Peso	1486	g
		Altura total	0.19	m	Altura total	0.25	m

		Promedio de tamaño de hoja	19.8	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	18.3	cm ²
		Número de hojas	83	unidades	Número de hojas	109	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 15 manchas, 17 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:23	Peso	1042	g	Peso	1033	g
		Altura total	0.135	m	Altura total	0.18	m
		Promedio de tamaño de hoja	13.75	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	15.4	cm ²
		Número de hojas	68	unidades	Número de hojas	72	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 8 manchas, 12 quemaduras.	
Planta de Jade	Especie 2:24	Peso	1580	g	Peso	1597	g
		Altura total	0.205	m	Altura total	0.24	m
		Promedio de tamaño de hoja	23.8	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	22.4	cm ²
		Número de hojas	87	unidades	Número de hojas	95	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 7 manchas, 14 quemaduras.	

Planta de Jade	Especie 2:25	Peso	1251	g	Peso	1246	g
		Altura total	0.21	m	Altura total	0.23	m
		Promedio de tamaño de hoja	21	cm ²	Promedio de tamaño de hoja	19.8	cm ²
		Número de hojas	58	unidades	Número de hojas	56	unidades
		Característica de la hoja:	Verde oscuro, sin quemaduras ni manchas.		Característica de la hoja:	Se puede observar 9 manchas, 18 quemaduras.	

