



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS QUE GENERA EL OZONO  
TROPOSFÉRICO A CONCENTRACIONES REALES ALTAS EN  
PLANTAS NATIVAS DEL ECUADOR DENTRO DE LA PARROQUIA DE  
ALANGASÍ

AUTORA

María Esther Almendariz Maza

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS QUE GENERA EL OZONO  
TROPOSFÉRICO A CONCENTRACIONES REALES ALTAS EN  
PLANTAS NATIVAS DEL ECUADOR DENTRO DE LA PARROQUIA DE  
ALANGASÍ

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

Profesora Guía

Ph. D Rasa Zalavekiciute

Autora

María Esther Almendariz Maza

AÑO

2019

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación de los efectos que genera el ozono troposférico a concentraciones reales altas en plantas nativas del Ecuador dentro de la parroquia de Alangasí, a través de reuniones periódicas con la estudiante María Esther Almendariz Maza, en el semestre 201910, 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  
CI: 175707679-7

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación de los efectos que genera el ozono troposférico a concentraciones reales altas en plantas nativas del Ecuador dentro de la parroquia de Alangasí, de María Esther Almendariz Maza, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Yasser Alejandro González Romero  
Magister en Ingeniería Ambiental  
CI: 070373762-7

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA 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”.

---

Maria Esther Almendariz Maza  
CI: 172334077-2

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios y a la Virgen del Cisne por todas las bendiciones que me han brindado a lo largo de mi etapa universitaria.

A mis padres Amabelita Maza y Tito Almendariz por su apoyo incondicional, por su paciencia y por sus sacrificios que han permitido alcanzar una etapa más en mi vida y por guiarme para ser una gran persona y una excelente profesional.

A mi familia en general que han estado en cada uno de los pasos que doy, animándome a seguir adelante.

## DEDICATORIA

A mis abuelitos María Esther Romero y Miguel Almendariz por ser mis guías, por su apoyo incondicional e inigualable en cada paso que doy.

A mis padres por el amor y los valores que me han inculcado para llegar a ser la persona que ahora soy.

A mis hermanos María José y Jeofry por ser mi fortaleza para seguir adelante y cumplir con cada una de mis metas.

## RESUMEN

El ozono troposférico ( $O_3$ ) es un contaminante secundario, cuyos altos niveles se pueden observar sobre todo en las afueras de la ciudad de Quito. Es decir, que las zonas más afectadas son Carapungo, Guamaní, Tumbaco y el Valle de los Chillos llegando a tener picos de hasta  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , especialmente durante los meses de agosto a septiembre. Entre los seres vivos más sensibles a este contaminante se encuentran las plantas. Por lo tanto, este trabajo de titulación se enfocó en el estudio de los cambios morfológicos y microscópicos de tres especies nativas de Quito que son: Mora de Castilla (*Rubus glaucus*), Chilca (*Baccharis latifolia*), Salvia Ornamental (*Salvia splendens*) y Salvia de Quito (*Salvia quitensis*) expuestas a diversas concentraciones de ozono troposférico. Los resultados demuestran que a mayor concentración de ozono, mayor es el efecto en su altura, número de hojas, tamaño de hojas, número de manchas, clorofila y a nivel microscópico, demostrando que la especie más afectada es la Salvia Ornamental. Mientras que de acuerdo a los estudios de ácido ascórbico se determina que la especie más tolerante fue la Chilca, cuyos efectos son poco visibles. De acuerdo con lo encontrado se recomienda realizar un estudio a profundidad sobre el ácido ascórbico con el objetivo de determinar en qué nivel de tolerancia se encuentran las plantas que fueron estudiadas y de esta manera determinar cuál de ellas es ideal para usarlas en proyectos de revegetación en zonas más contaminadas.

## ABSTRACT

The tropospheric ozone is a secondary pollutant, the high levels of which can be observed specially in the outskirts of Quito. That means, the most affected areas are Carapungo, Guamaní, Tumbaco and el Valle de los Chillos reaching levels up to  $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , especially during the August and September months. Among the most sensitive living beings to this pollutant are the plants, therefore the goal of this thesis work is to study morphological and microscopic changes of three native species of Quito: Mora de Castilla (*Rubus glaucus*), Chilca (*Baccharis latifolia*), Salvia Ornamental (*Salvia splendens*) y Salvia de Quito (*Salvia quitensis*), by exposing them to different levels of tropospheric ozone. The results indicate that the higher concentration of ozone, the greater effects on its height, number of leaves, leaf size, number of spots, chlorophyll and the microscopic level, demonstrating that the most affected species are Salvia Ornamental. While according to the studies of ascorbic acid it indicates that the most tolerant species was Chilca, whose effects are not visible enough. According to the study, it is recommended to carry out an in depth study of ascorbic acid in order to determine in which level of tolerance are the plants that were studied and in this way determine which of them is optimal for a revegetation projects in more polluted areas.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	4
1.3 Objetivo General.....	5
1.4 Objetivos Específicos .....	5
1.5 Alcance .....	5
1.6 Justificación .....	6
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1 Contaminación Atmosférica .....	7
2.2 Radiación Solar.....	10
2.3 Radiación Ultravioleta.....	13
2.4 Índice Ultravioleta .....	14
2.5 Ángulo del Sol .....	15
2.6 Ozono Troposférico .....	16
2.7 Efectos del ozono en materiales.....	18
2.8 El ozono en las personas .....	19
2.9 Efectos del ozono en plantas.....	20
2.10 Plantas Nativas .....	21
2.11 Ácido Ascórbico .....	22
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	25
3.1 Selección de Plantas .....	25
3.1.1 Criterio de selección de las especies.....	25
3.2 Método de trasplante.....	28
3.3 Diseño Experimental.....	28
3.4 Diseño del prototipo y localización .....	33
3.5 Generación de ozono .....	38
3.6 Medición de temperatura y humedad relativa.....	39
3.7 Toma de datos físicos y morfológicos .....	40

3.7.1	Determinación de la Altura .....	40
3.7.2	Determinación del tamaño y el número de hojas.....	40
3.7.3	Determinación Microscópica.....	40
3.8	Ácido Ascórbico .....	42
3.8.1	Solución de Yodo.....	42
3.8.2	Solución de Almidón.....	43
3.8.3	Preparación de las muestras .....	43
3.9	Determinación de clorofila.....	45
3.10	Verificación de la concentración de ozono .....	45
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
4.1	Radiación Solar.....	46
4.2	Temperatura .....	46
4.3	Humedad Relativa.....	48
4.4	Ozono Troposférico .....	49
4.5	Generación de Ozono .....	49
4.6	Verificación de Concentración de Ozono .....	50
4.7	Clorofila.....	51
4.8	Ácido Ascórbico .....	59
4.9	Altura de la planta .....	67
4.10	Número de hojas .....	76
4.11	Tamaño promedio de hojas.....	85
4.12	Número de manchas .....	94
4.13	Cambios morfológicos a nivel microscópico .....	102
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>105</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>111</b>
6.1	Conclusiones.....	111
6.2	Recomendaciones.....	112
	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>114</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>123</b>

## 1. INTRODUCCION

### 1.1 Antecedentes

La contaminación atmosférica simboliza un gran riesgo para salud medioambiental ya sea en los países desarrollados como en los países que se encuentran en vías de desarrollo. Se estima que alrededor de 4,2 millones de muertes prematuras infecciones o cáncer de pulmón se encuentran relacionadas con la contaminación atmosférica (Organización Mundial de la Salud, 2018).

En el Ecuador uno de los temas ambientales más preocupantes es la contaminación atmosférica. Las causas de esta problemática se debe principalmente a la ubicación de las fuentes puntuales de emisión, además de la densidad urbana y usos de suelos. A nivel nacional se ha visto un incremento significativo en toneladas de las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos no consumidos esto a causa del sector de transporte, industrial y energético (Moreira, 2018). De acuerdo con el informe de la Organización Mundial de la Salud (2016), se determina que la ciudad con mayor nivel de contaminación atmosférica es Santo Domingo de los Tschilas, producto de los altos niveles de material particulado 2.5 cuya fuente principal es el parque automotor

En la ciudad de Quito hasta el año 2004 los contaminantes atmosféricos primarios no sobrepasaban los niveles establecidos en la normativa nacional. Sin embargo, en el año 2007 se evidenció que el ozono troposférico ( $O_3$ ) superó los límites de la normativa tres veces durante ese año. Mientras que en el año 2015 se registraron las concentraciones elevadas de ozono troposférico en los meses de febrero, septiembre y diciembre, especialmente en las zonas de Guamaní y Tumbaco. Además, la Secretaría del Ambiente en el mismo año informó que la calidad del aire en el Distrito Metropolitano era calificada como deseable ya que los contaminantes tales como: monóxido de carbono, dióxido de azufre, material

particulado fino y dióxido de nitrógeno presentaban promedios que se mantenían en condiciones estables (Secretaría de Ambiente, 2016).

En Quito los contaminantes primarios que ayudan a la formación del ozono troposférico; se desplazan hacia las afueras de la ciudad, de acuerdo con la dirección del viento. En el año 2016 la concentración de ozono troposférico superó el máximo promedio horario en las zonas de Carapungo y Centro de Quito, llegando a ser de  $123.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $108.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Mientras que las zonas de Cotocollao, Belisario, Tumbaco y Los Chillos la concentración de  $\text{O}_3$  se encontraba dentro de la normativa establecida (Secretaría de Ambiente, 2017). Cabe mencionar que de acuerdo con la Norma Nacional de la Calidad del Aire Ambiente se determina que el límite máximo permisible para el ozono troposférico es de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en concentraciones máximas en 8 horas consecutivas (Ministerio del Ambiente, 2015).

De acuerdo con Burgos y Copo (2017), mediante el método de Álvarez y Padilla se estimó la concentración de ozono troposférico en las parroquias urbanas del cantón Quito. Determinando que las zonas afectadas con altas concentraciones de ozono troposférico en el Valle de los Chillos son: Cruz Loma, Conocoto, Alangasí y Sangolquí. Cabe mencionar que las zonas con mayor tasa de ozono troposférico son: Alangasí y Sangolquí con valores de  $94,7$  y  $94,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente en los años 2014 y 2015.

El ozono es un contaminante atmosférico que se forma tras la reacción entre los contaminantes primarios y la radiación solar. Las fuentes principales de emisiones de contaminantes primarios son las industrias, centrales eléctricas, el escape de los vehículos y los solventes químicos. A pesar de que se ha tratado de disminuir sus concentraciones a nivel mundial, estas aun exceden las normas nacionales (FLACSO; MAE, PNUMA, 2008).

Además, el ozono es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global y está directamente implicado en el cambio climático. Este

contaminante inclusive genera efectos nocivos en la salud de los seres humanos, sobre todo causa efectos en el sistema respiratorio y cardiovascular, y en casos extremos este podría causar la muerte. Sin embargo, los seres humanos no son los únicos afectados, ya que el ozono troposférico genera daños en las especies animales y en especial a las especies vegetales, de manera que afecta a la producción de los cultivos, los bosques, los matorrales y las plantas en general (Commission for Environmental Cooperation, 2008).

Durante los años 1950 y 1970 los estudios de efectos de ozono troposférico en plantas se realizaban en invernaderos, bajo condiciones ambientales controladas. Mientras que en los años 80 se empezaron a estudiar los efectos del ozono bajo condiciones reales en campo por medio de la implementación de cámaras abiertas y sistemas de fumigación. A partir de los años 80 se empezaron a realizar estudios en los que se utilizaban cajas abiertas para conocer la concentración real de ozono troposférico presente en el ambiente (Delgado, 2005).

Las concentraciones de ozono troposférico sean altas o bajas afectan a la reproducción y al desarrollo de las plantas, reduce el proceso de fotosíntesis y la absorción del dióxido de carbono. El impacto del ozono troposférico en las plantas depende de varios factores tales como: la humedad, los niveles de luz, la edad, condiciones del suelo y especialmente la concentración de ozono y el tiempo de exposición son los factores fundamentales (Romero y Moreno, 2015).

De acuerdo a un estudio realizado por Lyons y Barnes (1998), sobre los efectos adversos que produce el ozono en la especie *Plantago major* a diferentes edades y diversas concentraciones. Determinaron que la exposición a este contaminante redujo el crecimiento vegetativo y el potencial reproductivo de las plantas. Además, se pudo determinar que la resistencia al contaminante aumentó con la edad de la planta.

Un estudio en Cuba sobre los efectos que genera el ozono troposférico en el ajo y el tabaco determinaron que el O<sub>3</sub> produce síntomas severos en los mismos. En el caso del ajo se pudo evidenciar la presencia de necrosis en las hojas además de pérdidas totales de plantas. Mientras que en el tabaco se evidenció síntomas con mayor intensidad en la zona basal de los cultivos. Se consideró que los resultados obtenidos se encontraban relacionados con el tiempo en que los estomas están abiertos en condiciones ambientales y otros elementos físicos importantes (Rodríguez, Cupull, Pérez, y Morales, 2012).

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El ozono troposférico es un contaminante gaseoso e incoloro presente cerca de la superficie, en la troposfera. Se considera que las principales causas de la formación del ozono troposférico se genera por el incremento de los contaminantes primarios: monóxido de carbono, metano y especialmente COVs y óxidos de nitrógeno. Los cuales son generados en los procesos de combustión de vehículos motorizados a diésel, la quema de combustibles como, carbón, gasolina, madera o gas natural. A su vez estos reaccionan con la radiación solar y generan el ozono troposférico en la atmósfera. Sin embargo, cabe mencionar que existen fuentes naturales de producción de ozono troposférico en las que se incluyen emisiones de suelo y especies vegetales, incendios forestales e inclusive proviene de los rayos de las tormentas (Madruga y Patier, 2006).

Las concentraciones más altas de ozono troposférico en la ciudad de Quito se han registrado en los meses de agosto y septiembre, es decir en verano, lo cual facilita la formación de O<sub>3</sub> ya que el cielo se encuentra despejado y permite mayor entrada de radiación solar. Las zonas más afectadas por este contaminante son las afueras de Quito especialmente el Sur, el Valle y el Norte; presentando picos de alrededor de 130 µg/m<sup>3</sup> (Secretaría de Ambiente, 2018).

El ozono troposférico es un problema para la salud de todos los seres vivos. Sin embargo, las especies más afectadas son las especies vegetales, las cuales

sufren daños a nivel microscópico y macroscópico, independientemente de la concentración de O<sub>3</sub> a la que estas se encuentren sometidas, generando inclusive hasta la muerte de las mismas. Por lo tanto, este contaminante ocasiona la pérdida de cultivos, bosques y vegetación en general, lo cual produce un daño significativo en los ecosistemas (Ambrioso, Mejías, Escudero, Alvarez, y Torres del Castillo, s.f.).

Por consiguiente, la medición del ozono troposférico en la parroquia de Alangasí permitirá conocer la tasa de concentración a la que se ven expuestas las plantas nativas que se desarrollan en la zona. Además, las plantas: mora de castilla, chilca y la salvia de Quito (plantas nativas) se someterán a distintas concentraciones de ozono troposférico para identificar y comparar su reacción frente a concentraciones altas, medias y nulas.

### **1.3 Objetivo General**

Evaluar la reacción de tres especies de plantas nativas del Ecuador expuestas a ozono troposférico.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Implementar un prototipo de celdas de experimentación en la parroquia de Alangasí para plantas nativas expuestas a concentraciones reales de ozono.
- Analizar los efectos morfológicos que se producen en las especies mora de castilla, chilca y la salvia de Quito bajo condiciones altas, medias y nulas de ozono troposférico.

### **1.5 Alcance**

Este estudio` permitirá determinar cuáles son los efectos morfológicos que se producen en las especies nativas: Chilca (*Baccharis latifolia*), Mora de Castilla

(*Rubus glaucus Benth*) y la Salvia de Quito (*Salvia quitensis Benth*) expuestas a concentraciones reales altas de ozono troposférico durante los meses de agosto y septiembre en la parroquia de Alangasí.

## 1.6 Justificación

De acuerdo a la normativa se establece que el ozono troposférico no debe exceder los 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de media en 8 h. Sin embargo, en el Distrito Metropolitano de Quito se ha evidenciado tasas que superan esta media, especialmente en los meses de julio a septiembre (Secretaría de Ambiente, 2016).

En el año 2017 se registró un incremento de ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) a comparación de los años anteriores, llegando a ser una concentración de 128  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el mes de septiembre, afectando sobre todo Valle de los Chillos (Secretaría de Ambiente, 2018).

Mediante estudios se ha comprobado que las especies vegetales son realmente sensibles al ozono troposférico, por lo cual la mayoría de estas especies sufren de ennegrecimiento de las hojas, además de presentar puntos rojizos, reducción en la biomasa y alteración en el reparto de dióxido de carbono entre otros síntomas. No obstante, el impacto más significativo es el cambio que se produce en la estructura de la vegetación, cambios en la estructura genética, degradación de la función ecosistémica y la pérdida de la biodiversidad (Delgado, 2005).

Las especies nativas de plantas son fundamentales para los ecosistemas ya que son resistentes a plagas, contribuyen a la regulación hídrica, conservan la fauna de la zona, no acidifican los suelos, se adaptan rápidamente, no consumen mucha agua, entre otras características (Añazco, 2008).

Entre las especies que se va a estudiar en el presente documento se encuentra: la Chilca (*Baccharis latifolia*), Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) y la Salvia de Quito (*Salvia quitensis Benth*). Cada una de estas especies posee

características significativas dentro de los ecosistemas como es el caso de la Chilca la cual tiene la capacidad de aumentar la materia orgánica y retiene la humedad en el suelo lo que facilita el crecimiento de otras especies. Mientras que la Mora de Castilla se utiliza como cercas vivas y las flores de la Salvia de Quito atraen colibríes (Oleas, Rios-Touma, Peña Altamirano, y Bustamante, 2016).

En el Distrito Metropolitano la mayoría de los estudios sobre este tema se han trabajado con condiciones ambientales controladas, por lo cual no se conoce la concentración real a la cual las plantas son sometidas. La medición de ozono troposférico con celdas abiertas permitirá conocer las tasas de concentración real de este tipo de contaminante en la parroquia de Alangasí. A su vez que permitirá identificar los efectos que se producen en las plantas nativas, con el fin buscar soluciones que ayuden a disminuir la concentración de este contaminante.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Contaminación Atmosférica**

Se define contaminación atmosférica a la presencia de sustancias perjudiciales provenientes de fuentes naturales o artificiales, en cantidades que puedan causar molestia o riesgo en la salud de los seres humanos y demás seres vivos (Carnicer, 2008).

Las principales fuentes de emisiones antropogénicas se clasifican por su movilidad y distribución. Por su movilidad se clasifican en; focos fijos como que son las industrias y calefacción doméstica, los focos móviles que son los vehículos, aeronaves y buques y, finalmente, los multifocos que son zonas industriales y áreas urbanas. En cuanto a su distribución se encuentran; los focos puntuales que son las chimeneas aisladas y vehículos individuales, los focos

lineales que son carreteras y calles, finalmente focos área que son las zonas industriales y áreas urbanas (Carnicer, 2008).



Figura 1. Mecanismos de la contaminación atmosférica.

Tomado de (Terradas, s.f.)

La formación de la mayoría de los contaminantes más relevantes ocurre durante el proceso de combustión, es decir un sistema estrechamente acoplado el cual involucra el flujo de fluidos, el transporte de masa y energía y la cinética química. Adicionalmente de los contaminantes generados en los procesos de combustión de combustibles fósiles, el hombre produce otros más; debido a actividades industriales. Cabe destacar que las principales fuentes de combustión son las industrias y los automóviles los cuales generan contaminantes primarios y a su vez son susceptibles a producir contaminantes secundarios (Flagan y Seinfeld, 2012).

Los contaminantes primarios son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera, mientras que los contaminantes secundarios son aquellos que se forman a partir de procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios, así como se puede observar en la Figura 1 (Carnicer, 2008).

Los contaminantes que se generan de forma natural son los siguientes: dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los cuales son gases que se

forman a partir de actividad volcánica. El metano ( $\text{CH}_4$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) los cuales se forman a partir de la putrefacción de productos orgánicos en condiciones anaerobias. En cuanto al monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) se producen por descargas eléctricas durante tormentas, similar ocurre con el ozono; a su vez puede provenir del efecto de radiación solar. Finalmente, el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) se genera en grandes cantidades especialmente durante los incendios forestales, oxidación del metano y otras fuentes naturales (Puerto Martín y García Rodríguez, 1986).

Las emisiones de gases, vapores, aerosoles y polvos son productos del metabolismo de la materia viva, actividades humanas y fenómenos naturales que se producen tanto en la superficie como en la tierra, que al momento de desprenderse a la atmósfera estos se incorporan a los distintos ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en la Tierra (Carnicer, 2008).

Otros compuestos a tomar en cuenta en emisiones atmosféricas son los derivados cloro aromáticos en los que se puede destacar los PCBs y las dioxinas, los cuales son utilizados en la industria transformadora de aceites, fabricación de insecticidas, fungicidas y herbicidas, además forman parte en adhesivos, tintas y plastificantes. Cabe mencionar que los compuestos que se encuentran constantemente en la atmósfera y que se emiten directamente por el hombre son los clorofluorocarbonos o mejor conocidos como CFCs, que son sustancias empleadas en distintas aplicaciones como extintores de espuma, en sistemas de refrigeración y de aire acondicionado, etc., ya que por su gran estabilidad son capaces de alcanzar la estratosfera donde se rompen a causa de la incidencia de la radiación ultravioleta emitida por el sol, que a su vez libera átomos de cloro que reaccionan con el ozono y facilita la disminución del mismo (Flamarique, 2008).

La alta concentración de los componentes del aire ocasiona efectos nocivos tanto en seres vivos, como en materiales y en ecosistemas que puedan valorarse

a corto plazo o a largo plazo. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el grado y el tipo de efecto depende de la concentración y el tiempo de exposición de un contaminante, al igual que la tolerancia de los receptores y las posibles reacciones de reacción entre contaminantes que pueden generar un aumento en los efectos (Terradas, s.f.).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2018), la contaminación del aire es el causante de la muerte de alrededor de 7 millones de personas por año en todo el mundo, especialmente por la exposición a partículas finas presente en el aire contaminado. Que a su vez esto provoca accidentes cerebrovasculares, cardiopatías, cáncer de pulmón, neumopatía obstructiva crónica e infecciones respiratorias, por ejemplo neumonía.

Con el transcurso del tiempo la contaminación del aire ambiental se ha considerado como principal riesgo para la salud en el continente Americano. La OMS ha estimado que de cada cien muertes; nueve se encuentran estrictamente relacionadas con la contaminación atmosférica. Los contaminantes con mayor importancia para la salud son: material particulado con diámetro de 10 micrómetros o menos, que se generan a partir de la quema de combustibles fósiles (Organización Panamericana de la Salud, 2016).

En el caso de la vegetación los distintos contaminantes presentes en la atmosfera pueden provocar los siguientes problemas: bioacumulación, perdida de color en las hojas, disminución de la reproducción, disminución del crecimiento entre otros efectos, dependiendo del contaminante al cual está expuesta la vegetación (Terradas, s.f.).

## **2.2 Radiación Solar**

El sol es la zona donde se desarrolla una serie de procesos termonucleares y donde se genera una gran cantidad de energía. Dicha energía emitida por el sol es mejor conocida como radiación solar. A pesar de que entre el sol y la tierra

haya una gran distancia, la cantidad de energía que llega a la tierra es realmente significativo (Wald, 2009).

De acuerdo a varios estudios se ha determinado que la tierra en cualquier momento intercepta alrededor de  $180 \cdot 10^6$  GW. La cantidad de energía que recibe una zona dada varía con el tiempo es decir entre el día y la noche; debido a la rotación de la tierra; y entre estaciones; debido a la órbita e inclinación de la tierra. Cabe mencionar que en cierto tiempo también varía en cuanto al espacio debido a los cambios en la inclinación de los rayos solares con latitud y longitud. En consecuencia, la cantidad de energía que recibe un lugar y tiempo dado depende mucho de la posición del sol y de la tierra. Por esta razón la geometría del sol y de la tierra juegan un papel fundamental en la conversión de la energía solar y en los sistemas de energía fotoeléctrica (Wald, 2009).

La cantidad de radiación solar que recibe la tierra se llama radiación extraterrestre. A medida que avanza hacia el suelo, se agota al pasar por la atmósfera. En promedio, menos de la mitad de la radiación extraterrestre alcanza el nivel del suelo. Inclusive cuando el cielo está muy despejado y sin nubes, la radiación extraterrestre se pierde aproximadamente de un 20% al 30% durante la trayectoria de la corriente descendente. Las nubes juegan un rol importante debido a que las nubes delgadas permiten que una pequeña magnitud de radiación alcance el suelo. Mientras que las nubes gruesas crean oscuridad al detener la radiación hacia abajo. Cabe mencionar que cuando hay cielos despejados, los aerosoles y el vapor de agua son los principales contribuyentes al agotamiento (Wald, 2009).

Se debe destacar que aproximadamente la mitad de la distribución espectral de la radiación se encuentra en la parte visible del espectro electromagnético. De tal manera que genera luz diurna por lo tanto es perceptible por el ojo humano. No obstante, otras partes están en los rangos infrarrojo y ultravioleta. Esta distribución espectral se modifica a medida que la radiación atraviesa la atmósfera hacia abajo y los cambios se deben principalmente a gases y

aerosoles. La distribución espectral tiene un impacto en los sistemas de foto energía, ya que estos últimos tienen una respuesta en rangos preferidos del espectro electromagnético (Luna, 2014).

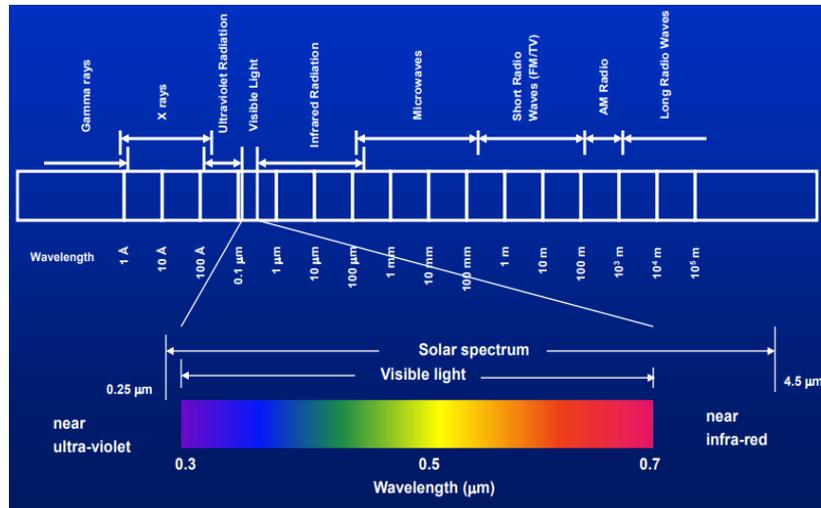


Figura 2. Espectro electromagnético.

Tomado de (Dunlop, 2012)

La radiación emitida por el sol engloba un espectro muy amplio; desde rayos X hasta el infrarrojo lejano. No obstante, aproximadamente el 99,9% de la radiación emitida se encuentra entre en rangos entre  $0,2 \text{ \mu m}$  a  $8 \text{ \mu m}$  y el 98% en rangos entre  $0,3 \text{ \mu m}$  a  $4 \text{ \mu m}$ , tal como se muestra en la Figura 2. Cabe mencionar que las radiaciones más cortas se debilitan completamente al entrar a la atmósfera, mientras que tan solo una parte de la radiación (ultravioleta e infrarroja) llega a la superficie terrestre (Dunlop, 2012).

De acuerdo con Díaz (2018), se ha podido evidenciar que la radiación promedio en la ciudad de Quito es de  $4,5 \text{ KWh/m}^2/\text{d}$ . Además, presenta valores máximos de radiación solar que oscilan entre los  $3,7 \text{ KWh/m}^2/\text{d}$  a  $5,2 \text{ KWh/m}^2/\text{d}$ . Inclusive se ha podido determinar que los meses en los que existe mayor radiación es durante el período de julio a octubre, destacando que el mes con mayor radiación solar y con un promedio de  $5,1 \text{ KWh/m}^2/\text{d}$ ; es el mes de septiembre.

### **2.3 Radiación Ultravioleta**

Las longitudes de ondas de la radiación ultravioleta se encuentran en rangos entre 100 a 400 nm y se clasifican en tres bandas que son; radiación UVA con longitudes de onda con rangos entre 320 a 400 nm, radiación UVB con longitudes de onda con rangos entre 280 a 320 nm y radiación UVC con longitudes de onda con rangos entre 100 a 280 nm. Cabe mencionar que solo la radiación UVA y UVB llegan a la superficie terrestre y producen efectos adversos en la salud de los seres vivos (Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2006).

El grado de radiación UV depende de varios factores como son; latitud, altitud, hora del día, época del año y ozono estratosférico. De acuerdo a varios estudios se ha determinado que la radiación es absorbida al llegar a la capa de ozono. Sin embargo, la magnitud de absorbancia depende de los cambios climáticos y de la época del año. Además, se debe tomar en cuenta que con el transcurso del tiempo la capa de ozono se ha ido destruyendo a causa de diversas sustancias tales como los clorofluorocarbonos por lo tanto hay mayor entrada de radiación ultravioleta. De acuerdo con la EPA (2001), la intensidad de la radiación solar es fuerte en el ecuador ya que el grosor de la capa de ozono en los trópicos es menor. Cabe destacar, que la distancia recorrida dentro de la atmósfera por los rayos solares es más corta mientras que los niveles radiación ultravioleta B son altos durante el mediodía donde el sol se encuentra en su punto más alto. Los niveles de radiación ultravioleta son más altos durante la época de verano. Durante los meses de invierno hay menor radiación ultravioleta debido a las nubes, sin embargo, no la eliminan completamente (EPA, 2001).

En cuanto a la acción fotoquímica con mayor significancia de la radiación ultravioleta es aquella que se realiza sobre el oxígeno ya que ocasiona la separación de los dos átomos que forman la molécula de oxígeno; dejando libre el oxígeno atómico y se recombina para formar oxígeno molecular u ozono troposférico (Portero, 2004).

La dosis de radiación ultravioleta que recibe el ser humano depende de: la intensidad de la radiación solar, el tiempo de exposición, el uso de ropa protectora y del uso de bloqueador solar. En caso de que no se preste atención a cualquiera de los parámetros anteriores, la radiación ultravioleta puede producir efectos adversos en la fisiología de la piel, algunos de esos efectos se presentan de manera aguda y otras de manera retardada. Uno de los efectos más agudos que producen los rayos UV en la piel: es la inflamación, las quemaduras y cáncer del mismo (González-Púmariega, Tamayo, y Sánchez-Lamar, 2009).

En cuanto a los efectos que produce la radiación UV en las plantas se encuentran los cambios a nivel morfológico, fisiológico y bioquímico. Entre los daños más comunes que produce la radiación ultravioleta de tipo B se puede abarcar la disminución de clorofilas debido a que se degradan las proteínas y polipéptidos por lo tanto se produce una liberación de pigmentos, disminución de la altura de la planta, disminución del área foliar y aumento del peso seco de la planta la ramificación y el crecimiento de hojas auxiliares. Se ha determinado que la radiación UV en rangos menores de 380 nm actúan como agentes germicidas y menores de 260 nm se evidencian efectos letales para las especies vegetales. Cabe mencionar que los efectos depende del tipo de planta y el nivel de radiación UVB que está recibiendo (Hughes y Dunn, 1990).

De acuerdo con un estudio realizado por Auquilla Guzmán y Tello Quizhpe (2016), se determina que la radiación ultravioleta tiene un valor promedio anual relativamente alto de 13,8 para la ciudad de Quito. Inclusive en los últimos meses en la ciudad de Quito se han registrado niveles de radiación extremadamente altos (Secretaría de Ambiente, 2018).

## **2.4 Índice Ultravioleta**

El IUUV o mejor conocido como el índice UV solar mundial es instrumento que permite medir de la magnitud de la radiación ultravioleta presente en la superficie

terrestre. Como se puede observar en la Figura 3 el índice de radiación ultra violeta varía entre cero que es su valor mínimo y valores superiores a 11 determinando de esta manera la probabilidad de adquirir lesiones cutáneas u oculares en los seres humanos (Organización Mundial de la Salud, 2003).

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
<b>BAJA</b>	<b>&lt; 2</b>
<b>MODERADA</b>	<b>3 A 5</b>
<b>ALTA</b>	<b>6 A 7</b>
<b>MUY ALTA</b>	<b>8 A 10</b>
<b>EXTREMADAMENTE ALTA</b>	<b>11+</b>

*Figura 3.* Categoría de exposición a la radiación ultravioleta.

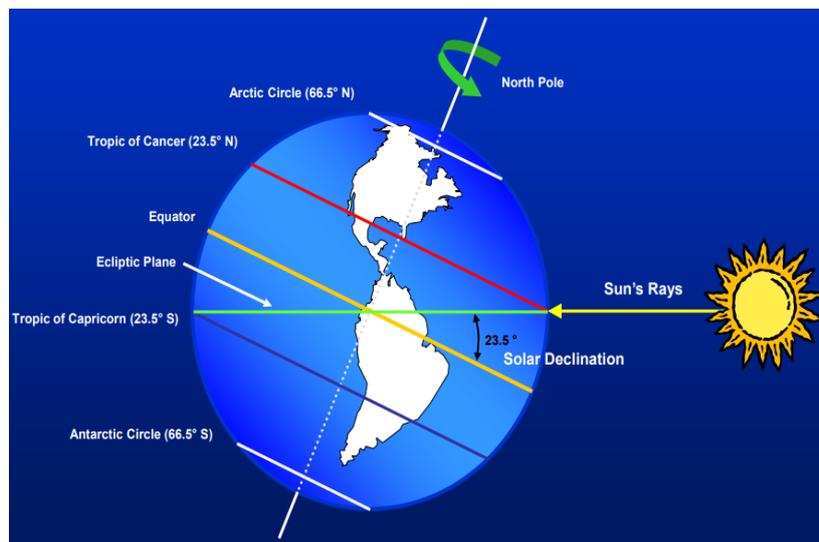
Tomado de (Organización Mundial de la Salud, 2003)

## 2.5 Ángulo del Sol

El ángulo del sol hace alusión al trayecto del sol en el cielo y de su ubicación de acuerdo con la fecha y hora, cuyo propósito es determinar su interrelación con planos y volúmenes en el espacio, en relación a su ubicación relativa (Scherrer y Scherrer, 2014).

La órbita de la Tierra con respecto al Sol es casi circular y se encuentra a una distancia promedio de 149,6 millones de kilómetros. La declinación solar varía de - 0.40928 rad a + 0.40928 rad. Cabe mencionar que estos extremos son alcanzados en los solsticios de invierno y verano respectivamente. En equinoccios, la declinación es 0. Un valor diario medio es lo suficientemente preciso para la estimación de la radiación solar. Además, la dirección de los rayos solares no es siempre paralela al plano ecuatorial. El ángulo compuesto por la dirección al sol y al ecuador el plano se llama declinación solar como se muestra en la Figura 4. Cabe mencionar que se encuentra representado por  $\delta$  (Wald, 2009).

La inclinación del sol permite la formación de las estaciones ya que los rayos solares brillan de forma más directa y durante períodos más prolongados en ciertas épocas del año y en algunas zonas. Los rayos solares tienen la capacidad de brillar de forma paralela hacia el planeta tierra, lo cual permite que la superficie se caliente. Cabe mencionar que diferentes partes del planeta se inclinan hacia el sol y durante el tiempo en el que la tierra gira alrededor del sol, tanto el hemisferio norte como el hemisferio sur experimentan la luz directa en la superficie en distintas épocas del año. Se señala, que el hemisferio norte hace alusión a todas las latitudes ubicadas al norte del ecuador, mientras que el hemisferio sur hace mención a todas las latitudes del sur del ecuador (Blanco Galvez y Malato Rodríguez, 2009).



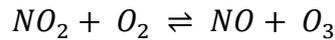
*Figura 4.* Declinación solar.

Tomado de (Dunlop, 2012)

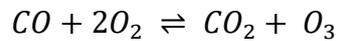
## 2.6 Ozono Troposférico

La producción de ozono troposférico es el resultado de la reacción fotoquímica entre el monóxido de carbono, el metano y otros compuestos en la presencia de monóxido de carbono. Las reacciones que se desarrollan son las siguientes (Felzer, Cronin, Reilly, Melillo, y Wang, 2007):

(Ecuación 1)



(Ecuación 2)



(Ecuación 3)



Tanto la (Ecuación 2 y la (Ecuación 3 dependen de las reacciones con compuestos hidroxílicos y con óxidos de nitrógeno como ocurren en la (Ecuación 1. Además, la destrucción del ozono es el resultado de las reacciones fotoquímicas, incluyendo el monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de hidrógeno (HO<sub>2</sub>) o monóxido de hidrógeno (HO). Los óxidos de nitrógeno son el resultado de la combustión de carburantes fósiles (63%), la quema de biomasa (14%), relámpagos (10%), pisos (11%) y de otras pequeñas fuentes. La vegetación natural es una de las fuentes que contienen compuestos orgánicos volátiles COVs, los cuales se descomponen en radicales peroxi que a su vez reaccionan con los NO para producir dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (Felzer et al., 2007).

No obstante, el ozono se genera de forma natural, procedente del ozono estratosférico que ingresa en la troposfera, por medio de zonas de discontinuidad de la tropopausa por la cual pasan las corrientes subtropicales y en chorro polar es decir en latitudes entre 30° y 60°. Además, el ozono aparece en pequeñas cantidades junto al oxígeno producido por las plantas verdes en la fotosíntesis. Otra fuente puntual la constituyen las descargas eléctricas en la atmósfera, desprendiéndose también las reacciones químicas que liberan oxígeno en frío (OMS, 2006).

La producción de ozono ocurre durante el tiempo de alta temperatura y radiación solar, así como también durante los sistemas de alta presión que se presentan en el verano. Mientras que se espera que la producción natural de ozono alcance

un máximo a principios de la primavera, los máximos actuales a menudo ocurren durante el verano debido al aumento de las emisiones de NO<sub>x</sub> y COVs. Las regiones continentales industriales tienden a tener valores máximos de ozono al final de la tarde y valores mínimos en las primeras horas de la mañana. Por otra parte, los sitios marinos y de alta latitud tienen valores máximos de ozono antes del amanecer y los valores más bajos en la tarde debido a las bajas concentraciones de NO<sub>x</sub> y por lo tanto a la baja producción de ozono y la fuerte destrucción de la capa de ozono. Los niveles de ozono de fondo en el aire no contaminado pueden llegar a ser de 20-50 ppb. De acuerdo con un estudio se menciona que los niveles de fondo ocasionales más de 60 ppb como resultado de la entrada estratosférica (Felzer et al., 2007).

## **2.7 Efectos del ozono en materiales**

Los compuestos o productos que poseen doble enlace son poco tolerantes a las reacciones cruzadas que genera el ozono. De tal manera que la fractura de cadenas hidrocarbonadas producen radicales que pueden ser excitados fotoquímicamente para crear otros radicales libres, de esta manera el ozono troposférico tienen la capacidad de degradar polímeros naturales, tal como el caucho, el cuero, celulosa, algodón, plásticos (González-Púmariega et al., 2009).

Uno de los efectos más significativos es la reducción de la intensidad de los colores que se ven afectados por los altos niveles de ozono, entre otros productos. Las concentraciones de ozono en el aire en interiores pueden resultar igual o mayores a las registradas en el exterior. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la humedad relativa del aire intensifica la acción oxidante sobre los colorantes, si los cuartos de exposición no disponen de sistemas de climatización adecuados, la decoloración puede ser perceptible a partir de los tres meses (Christodoulakis, Tzanis, Varotsos, Ferm, y Tidblad, 2017).

El efecto sobre la visibilidad también es perceptible, sin embargo esto se debe a la presencia de sus precedentes como el dióxido de nitrógeno. La contaminación

que se genera es una neblina pardo-anaranjada y es perceptible tanto a larga distancia como en el interior de las zonas contaminadas. Este tipo de contaminación en condiciones adversas genera un aumento de problemas de tráfico, además de obstaculización paisajística (Velázquez, 1997).

## **2.8 El ozono en las personas**

Al igual que en las especies vegetales, los seres humanos y otros animales se ven afectados por el ozono troposférico, independientemente de su concentración. Entre los efectos fisiológicos y anatómicos que se producen en los seres humanos y animales es la: irritación de ojos, garganta, fosas nasales y bronquios a causa del ozono troposférico a diversas concentraciones. Además, genera edema intersticial, inflamación epitelial e hipertrofia celular después de una exposición a concentraciones elevadas. Mientras que a concentraciones bajas daña los tejidos en el conducto bronquio-alveolar (Velázquez, 1997).

Las concentraciones de ozono en el ambiente varían durante el día, al ser un contaminante potente, produce lesiones a nivel alveolar. Cuando este contaminante se encuentra a concentraciones elevadas a mayores a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se irrita la mucosa ocular, altera la percepción visual y produce efectos adversos en los pulmones. Inclusive se han evidenciado problemas de migraña durante de exposiciones desde  $40$  a  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Seoáñez, Bellas, y Seoáñez, 2002).

Los grupos de personas más afectados por este contaminante son: las personas que practican actividades al aire libre, personas que por su trabajo se ven expuestos a este tipo de gas como por ejemplo; la fabricación de textiles, blanqueo de celulosa, refinado de aceites minerales entre otras actividades laborales. Finalmente, un grupo de los más afectados son los ancianos, niños y personas con problemas respiratorios (González-Púmariega et al., 2009).

## 2.9 Efectos del ozono en plantas

De acuerdo con estudios se ha demostrado que el ozono es uno de los contaminantes más fitotóxicos, ya que se ha podido evidenciar que las especies vegetales y los cultivos menos tolerantes al ozono a comparación de los seres humanos ya que inclusive en concentraciones de ozono relativamente bajas tienen efectos adversos en determinadas especies de árboles y sobre un número importante de cultivos agrícolas (Delgado, 2005).

El ozono es uno de los contaminantes más fitotóxicos; el cual permite evidenciar las consecuencias más visibles, tanto a altas o medias dosis a comparación de las bajas exposiciones prolongadas en el tiempo. Sin embargo, en ambos casos la acción del ozono reduce la fotosíntesis neta e inclusive puede aumentar la senescencia prematura de tal manera que provoca una disminución del rendimiento de los cultivos (González-Púmariega et al., 2009; Sanz, Sánchez, Calatayud, Minaya, y Cerveró, 2001).

En cuanto a efectos en el metabolismo de las especies vegetales se puede evidenciar cambios en los patrones proteicos de varias especies. La alteración de la manifestación de determinadas proteínas es una forma de adaptación de los individuos al estrés producido por el ozono. Otro de los efectos que se genera es el aumento de la producción de antioxidantes como es el caso del superóxido dismutasa (SOD) y el ascorbato de las especies vegetales con el propósito de prevenir o resistir la estimulación de radicales libres o a su vez regenerar los grupos oxidados en los componentes de la membrana (Mora-Herrera, Peralta-Velázquez, López-Delgado, García-Velasco, y González-Díaz, 2011).

Cabe mencionar que el ozono es un contaminante que ataca exclusivamente a nivel fisiológico y anatómico de las plantas causando efectos adversos; como es el caso de las células del parénquima en empalizada que se disuelven y desaparecen, además se ven afectadas las células que se encuentran debajo de la epidermis. Por lo tanto, uno de los efectos es la presencia de plasmólisis por

deshidratación de tal manera que el contenido celular se destruye y como consecuencia aparecen pigmentos oscuros. Inclusive la necrosis externa es aún más visible cuando las concentraciones de ozono son más elevadas ya que se dañan los parénquimas lagunares y la mayoría de los tejidos internos (Seoáñez et al., 2002).

A causa de las distintas dosis de ozono se ve afectada la conductancia estomática, lo cual reduce la habilidad de asimilar de manera adecuada el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y a su vez como consecuencia los azúcares presentes en la planta se reducen. Esta reducción se debe a la inhibición de la síntesis y la modificación de los procesos de translocación. Otro de los efectos que se atribuye al ozono es la disminución del crecimiento (Mora-Herrera et al., 2011).

## **2.10 Plantas Nativas**

Las plantas nativas o especies autóctonas son aquellas que se desarrollan en una misma zona, región o biotipo. Estas se han venido adaptando con el transcurso del tiempo durante más de miles de años a las diversas condiciones físicas y químicas a las que se encuentran expuestas (FAO, 2002).

Las plantas autóctonas son importantes ya que tienen la capacidad de recuperar áreas degradadas, suelos erosionados, servir como barreras ecológicas entre otras funciones. Cabe mencionar que al utilizar especies nativas para la recuperación de la cubierta vegetal ayuda a mitigar o reducir el deterioro. Las plantas además ayudan a disminuir los efectos adversos climáticos de la urbanización como por ejemplo: absorben una porción del calor que se genera en los ambientes urbanos y también absorbe el agua que corre en superficies duras. Además, estas especies de esta manera contribuyen a mejorar los climas urbanos tanto a una escala micro-climática como a una escala mayor, ayudando a aminorar los efectos de la isla de calor urbana, combaten las inundaciones urbanas, y reducen los costos asociados con el enfriamiento de edificios en

climas cálidos. Además, dan identidad biocultural (Galindo-Bianconi y Victoria-Urbe, 2018).

En el Ecuador, debido al crecimiento urbano muchos bosques y ecosistemas nativos han sido alterados constantemente. Sin embargo, en los últimos años se ha optado por reforestar las zonas degradadas con especies nativas debido a las funciones antes mencionadas. Además, cabe mencionar que entre las especies más afectadas en la sierra ecuatoriana han sido las especies arbustivas por diversos factores como: incendios forestales o por deterioro de las quebradas en donde estas se desarrollan (Burbano, Herdoíza, Segura, y Yépez, 2008).

Se debe tomar en cuenta que las especies arbustivas contribuyen a detener el desgaste del relieve. Por otro lado; el follaje y la hojarasca de estas especies reducen la velocidad y energía de las gotas de agua que impactan en el suelo. Mientras que las raíces y troncos disminuyen la capacidad de los diversos factores climáticos para la transportación de materiales, además, reducen la potencia erosiva del viento (Burbano et al., 2008; Gutiérrez y Squeo, 2004).

### **2.11 Ácido Ascórbico**

El ácido ascórbico (AA) o mejor conocido como vitamina C, es una vitamina hidrosoluble y necesaria para un cierto número de reacciones metabólicas tanto en plantas y animales, por lo cual estos son los únicos capaces de generar este nutriente. Por otra parte, para los seres humanos es necesario consumir esta vitamina para la producción de colágeno y para la cicatrización de heridas. Además contribuye a un buen desarrollo del sistema inmunitario con el objetivo de proteger el cuerpo contra enfermedades. El ácido ascórbico es importante para el ser humano, si el mismo no lo consume podría sufrir de escorbuto, para evitar este tipo de enfermedad se debe consumir 60 mg diarios. Cabe mencionar, que es un antioxidante no enzimático utilizado como parte de la alimentación diaria del ser humano y además ayuda a la estimulación de las defensas

naturales, así como conservación de huesos y dientes (National Institutes of Health, 2016).

El ácido ascórbico posee un peso de 176.1 Da, su fórmula empírica es  $C_6H_8O_6$  y tiene una estructura correspondiente a una lactona de seis carbonos. Las propiedades de reducción se deben a su estructura enediol y también a la probabilidad de ionizar el hidroxilo que se encuentra sobre el carbono 3 ( $C_3$ ), forma un anión que por resonancia este se estabiliza. De acuerdo a varios estudios se ha demostrado que ciertos compuestos que están relacionados con respuestas oxidativas debido al estrés, que es el caso del ácido ascórbico, el cual presenta respuestas de tolerancia al estrés biótico (Serra y Cafaro, 2007).

Esta vitamina es uno de los antioxidantes más importantes en las plantas y se encuentra presente en varias partes de la célula vegetal como en: el citosol, mitocondria, pared celular, cloroplastos y vacuolas. Este nutriente actúa como defensa ante el estrés abiótico y biótico debido a la función de la degradación de las moléculas de agua en el ciclo del glutatión-ascorbato. Además interviene en varios procesos fisiológicos como en; la fotosíntesis, homeostasis del sistema redox, es precedente de las rutas en las síntesis molecular del metabolismo primario y secundario, es cofactor enzimático. De acuerdo con De Pinto y De Gara (2004), el ácido ascórbico está relacionado con el crecimiento, desarrollo y modulación en la división celular o ciclo celular.

El estrés causado en plantas incluyendo condiciones climáticas extremas y los contaminantes, actúan como parte de la causa de daño oxidativo. Investigaciones recientes utilizan plantas transgénicas para proporcionar evidencia acerca del papel fundamental que juega el ascorbato y ascorbato glutatión en estas especies (Smirnoff, 1996).

Para la biosíntesis del ácido ascórbico en las plantas se proponen dos vías: una vía es L-galactona-1, 4-lactona que requiere la inversión del esqueleto de

carbono, otra vía es la osona D-glucosona y L-sorbona. Cada una de las vías antes mencionadas se explica mejor por medio de la Figura 5 (Smirnoff, 1996).

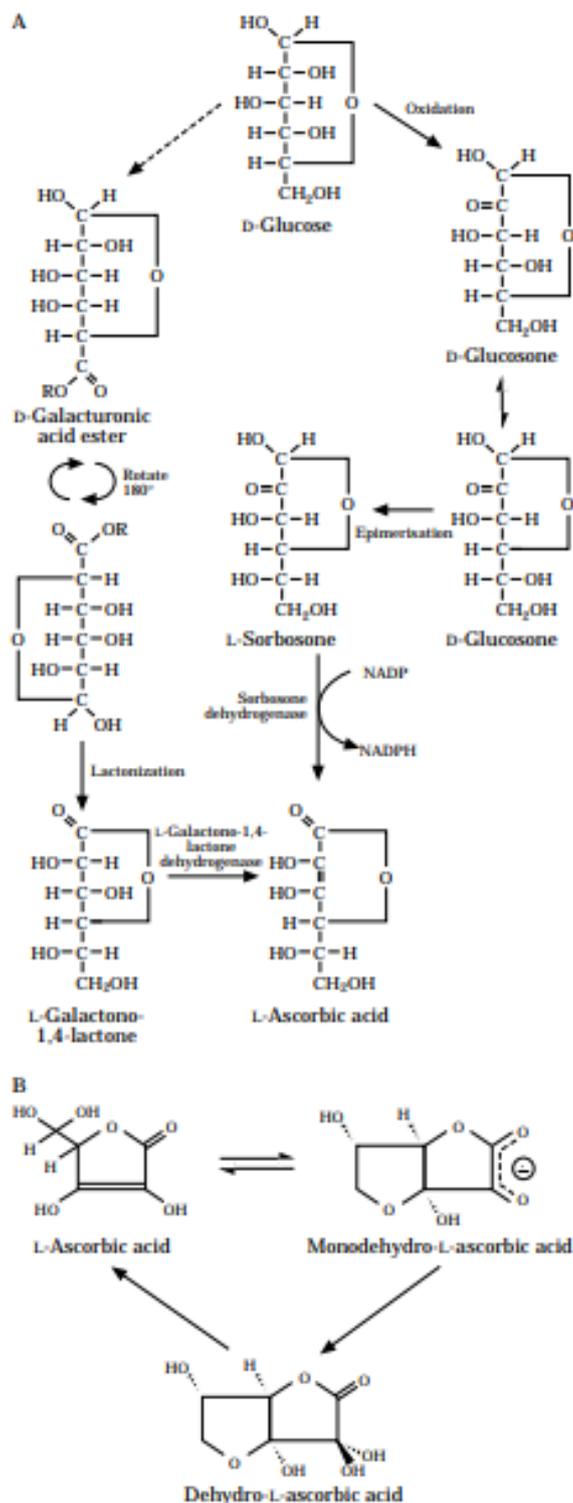


Figura 5. Posibles vías de biosíntesis del ácido ascórbico en las plantas. Tomado de (Smirnoff, 1996)

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Selección de Plantas**

##### **3.1.1 Criterio de selección de las especies**

La selección de especies vegetales nativas del Ecuador se basó en su origen, crecimiento y tolerancia a diversas temperaturas. De acuerdo con estos criterios se ha optado por seleccionar las siguientes especies: Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*), Chilca (*Baccharis latifolia*) y Salvia de Quito (*Salvia quitensis*), cabe resaltar que estas especies se desarrollan en quebradas entre los 2500 a 3000 m.s.n.m, poseen un rango de crecimiento entre 1 y 2 mm por día y son capaces de resistir a heladas y sequías, además de tolerar altas temperaturas de calor. Adicionalmente se eligió plantas jóvenes y de un tamaño entre 4 a 60 cm de acuerdo con la especie.

##### **3.1.1.1 Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*)**

Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) también conocida como Mora de Quito (Figura 6); es un arbusto que puede crecer hasta los 3 metros de alto y posee tallos espinosos de color verde azulado, es cultivada especialmente por su fruto. Es altamente rica en vitamina C y con alto contenido de agua. Además, su forma de crecimiento le permite ser una buena opción como uso de cerca viva (Oleas et al., 2016).



*Figura 6. Rubus glaucus Benth*

### **3.1.1.2 Chilca (*Baccharis latifolia*)**

La Figura 7 representa a la Chilca (*Baccharis latifolia*) que es una especie de arbusto que puede crecer hasta 3 metros de alto y posee inflorescencias color crema. Esta especie de planta es usada como analgésico, anti-inflamatorio, además se la aprovecha en rituales de curación dentro de la medicina tradicional. Inclusive es realmente importante primordialmente para programas de reforestación y restauración (Oleas et al., 2016).



*Figura 7. Baccharis latifolia*

### 3.1.1.3 Salvia de Quito (*Salvia quitensis*)

Salvia de Quito (*Salvia quitensis*) también conocida como Kinti tsunkana (Figura 8); es un arbusto leñoso que puede crecer hasta los 2 metros de alto y posee tallos angulares. Esta especie es conocida especialmente por los usos medicinales que esta ofrece ya que puede ser utilizada como analgésico. Con el transcurso del tiempo esta especie es usada con fines ornamentales ya que sus flores atraen colibríes (Oleas et al., 2016).



Figura 8. *Salvia quitensis*

### 3.1.1.4 Salvia Ornamental (*Salvia splendens*)

Salvia Ornamental (*Salvia splendens*) también conocida como Salvia roja (Figura 9), es una planta herbácea que puede crecer hasta un metro de alto. Se pueden encontrar en varios colores, sin embargo, la más común es la roja. Es utilizada especialmente para adornar jardines y balcones (Gilman y Howe, 1999).



*Figura 9. Salvia splendens*

### **3.2 Método de trasplante**

Las plantas se encontraban en fundas por lo cual fueron traspasadas a macetas con una altura propicia de 15 cm para permitir el crecimiento normal de las raíces. A continuación, se dispuso de macetas que poseen en su base orificios con el propósito de generar un buen drenaje en las plantas. Después se llenaron las macetas hasta llegar a dos dedos del borde de la misma; con sustrato universal, el cual es apto para casi la mayoría de las plantas, posee un pH de 6,5-7,0 y de fácil hidratación y retención de agua. Seguidamente; con la ayuda de las manos se realizó un pequeño hueco en el sustrato y se introdujo el cepellón de la planta en el centro. Luego se apisonó el sustrato con las puntas de los dedos, de modo que se compactó el suelo. Finalmente, se regó las plantas con abundancia, con el fin de impregnar bien el cepellón y la tierra (Asociación Española de Centros de Jardinería, s.f.).

### **3.3 Diseño Experimental**

Para este estudio experimental se realizó un diseño factorial con un solo factor que es la concentración de ozono troposférico. En este proceso el factor se trabajó con tres niveles y ocho repeticiones. Es decir, se utilizó ocho plantas de cada especie; las cuales fueron expuestas a cuatro concentraciones de ozono troposférico. En consecuencia, se colocaron 24 individuos en cada una de las cámaras y contando que son cuatro cámaras se utilizaron un total de 96 plántulas

expuestas a diversas concentraciones (Pulido Gutiérrez y De la Vara Salzar, 2012).

Tabla 1

*Diseño Experimental*

<b>Especies Vegetales Nativas</b>	<b>Número de Especies Nativas</b>	<b>Concentraciones de Ozono troposférico</b>
SP1	8	C1 – Carbón Activado (0 µg/m <sup>3</sup> )
SP2	8	C2 - Aire Fumigado (100-50 µg/m <sup>3</sup> )
SP3	8	C2** - Ambiente Agosto (20-80 µg/m <sup>3</sup> ) Septiembre (30-100 µg/m <sup>3</sup> )
SP3*		C3 - Ambiente + Carbón Activado (20-0 µg/m <sup>3</sup> )

Nota: \*Especie de la misma familia. \*\*Alto Ozono Troposférico natural

Tabla 2

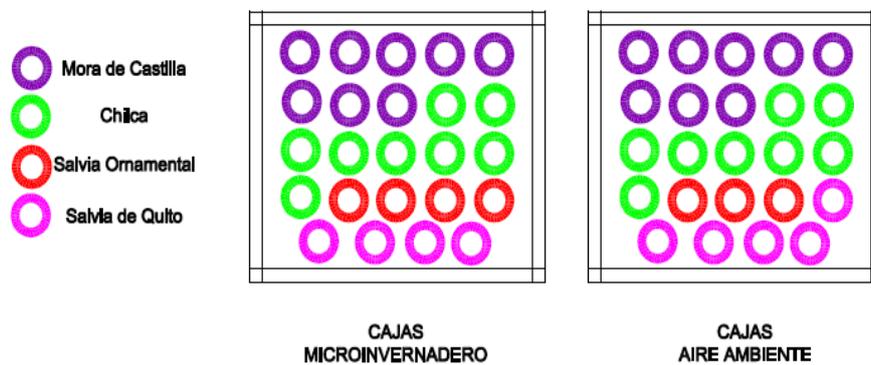
*Variable Dependiente: Especie de planta nativa*

<b>Código</b>	<b>SP1</b>	<b>SP2</b>	<b>SP3</b>	<b>SP3*</b>
<b>Especie de planta nativa</b>	Mora de Castilla ( <i>Rubus glaucus</i> )	Chilca ( <i>Baccharis latifolia</i> )	Salvia de Quito ( <i>Salvia quitensis</i> )	Salvia Ornamental ( <i>Salvia splendens</i> )

Nota: \*Especie de la misma familia.

Como se mencionó anteriormente en cada caja se colocó 8 plántulas de cada especie, cuya distribución se muestra en la Figura 10. Como se puede observar

la posición de las especies Mora de Castilla y Chilca son iguales en las cuatro cajas. Sin embargo, la cantidad de la Salvia Ornamental y Salvia de Quito colocadas en las cuatro cajas varia, ya que se colocaron cuatro plantas de salvia ornamental dentro de las cajas cerradas y tres dentro de las cajas abiertas. Mientras que se le colocaron cuatro Salvias de Quito dentro de las cajas del microinvernadero y cinco en las cajas de aire ambiente.



*Figura 10.* Distribución de las plántulas dentro de las cajas de microinvernadero y aire ambiente

Las celdas de experimentación constaron de cuatro tipos de cámara abierta de madera que son las siguientes (Del Valle et al., s.f.):

1. Aire ambiente: Cajas expuestas a todos los factores ambientales y no poseen recubrimiento de plástico.
2. Aire filtrado: Cajas cerradas en las que al aire ambiental se elimina el ozono mediante su paso por filtros de carbón activado.
3. Aire fumigado: Cajas cerradas en las que se inyecta una concentración conocida de ozono.
4. Aire ambiente más aire fumigado: Cajas expuestas a todos los factores ambientales y no poseen recubrimiento y además posee filtros de carbón activado.

Las cajas de aire filtrado fueron utilizadas como blanco para poder evidenciar los efectos que se producen en las plantas expuestas a mayores concentraciones. De tal manera que la primera concentración fue de cero y la ausencia de ozono se logró filtrando el aire por carbón activado (Gallego Piñol et al., 2013).

La caja de aire fumigado fue expuesta a la concentración mínima de ozono troposférico registrada en la ciudad de Quito. Por lo tanto, la segunda concentración fue de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que a su vez fue inyectado mediante un ozonificador (Secretaría de Ambiente, 2017).

El tercer valor de concentración de ozono fue el existente en la atmósfera en los meses en los que se realizó la experimentación, ya que hay registros históricos que señalan a esos meses como los críticos para las concentraciones del contaminante. Por lo tanto, la caja de aire ambiente permaneció expuesta y sin ningún tipo de filtración ni fumigación. En consecuencia, este fue la tercera concentración a la que fueron expuestas las plántulas que se encuentren en la caja de aire ambiente (Secretaría de Ambiente, 2017).

A continuación, se explica a mayor detalle los tratamientos que se realizarán para cada especie de vegetación y sus respectivas repeticiones.

### Tabla 3

#### *Esquema del diseño experimental*

Número y Tipo de Tratamiento	Concentración de Ozono Troposférico $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Especie de planta nativa	Número de réplicas por especie	Número de plántulas en cada celda
<b>Tratamiento 1</b> <b>Aire Filtrado</b>	0 Carbón Activado	Chilca ( <i>Baccharis latifolia</i> ) Mora de Castilla ( <i>Rubus glaucus</i> ) Salvia de Quito ( <i>Salvia quitensis</i> )	8	24
<b>Tratamiento 2</b> <b>Aire Fumigado</b>	40 Ozono inyectado	Chilca ( <i>Baccharis latifolia</i> ) Mora de Castilla ( <i>Rubus glaucus</i> ) Salvia de Quito ( <i>Salvia quitensis</i> )	8	24
<b>Tratamiento 3</b> <b>Aire Ambiente</b>	Agosto 20-80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Septiembre 30-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Chilca ( <i>Baccharis latifolia</i> ) Mora de Castilla ( <i>Rubus glaucus</i> ) Salvia de Quito ( <i>Salvia quitensis</i> )	8	24

Número y Tipo de Tratamiento	Concentración de Ozono Troposférico $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Especie de planta nativa	Número de réplicas por especie	Número de plántulas en cada celda
Tratamiento 4 Aire Ambiente + Aire Fumigado	20 - 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Chilca ( <i>Baccharis latifolia</i> ) Mora de Castilla ( <i>Rubus glaucus</i> ) Salvia de Quito ( <i>Salvia quitensis</i> )	8	24

### 3.4 Diseño del prototipo y localización

Como se mencionó anteriormente se realizó cuatro tratamientos de tal manera que se construyeron cuatro cámaras con materiales de fácil accesibilidad como la madera, cada una de ellas contó con 1 m<sup>3</sup> de volumen tal y como se muestra en las Figura 11y 12.

A continuación, se explicará más detalladamente las medidas de cada caja y su modelo.

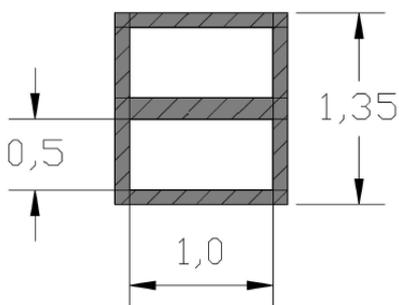


Figura 11. Vista frontal de las cajas

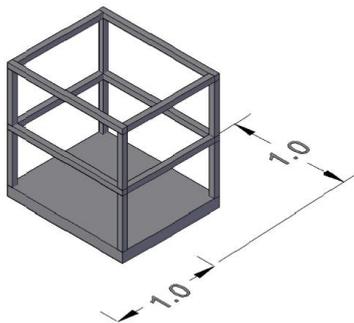


Figura 12. Vista en 3D de las cajas

En cuanto al riego de las plántulas, esto se realizó de forma manual, con la ayuda de una regadera de plástico de capacidad de 2 litros (Figura 13). El riego se realizó saltando un día con el objetivo de evitar estrés hídrico y satisfacer las necesidades de agua que requiere cada plántula (Del Valle et al., s.f.).



Figura 13. Regadera de plástico

Adicionalmente se construyó un microinvernadero de tipo túnel con una estructura de plástico fino transparente cuya base fue de 1.10 m, largo de 3 m y un alto de 1.8 m anclada a una base de ladrillo, que sirvió como soporte como se puede observar en la Figura 14 y 15 . Se realizó este tipo de diseño con el objetivo de alojar un volumen mayor de aire en su interior y proporcionar resistencia a la lluvia. A continuación, se explicará de mejor manera, mediante un gráfico la estructura del microinvernadero (Asensi, 2008).

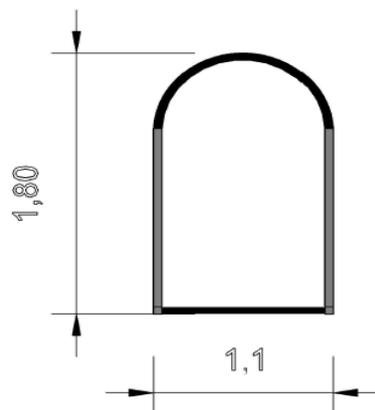


Figura 14. Vista frontal del microinvernadero

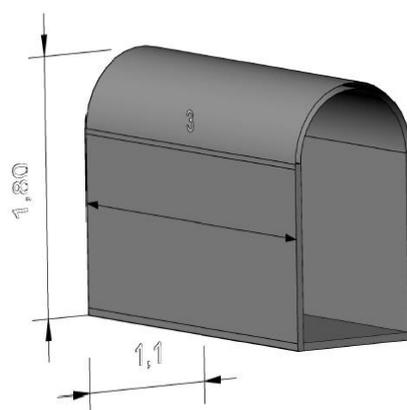


Figura 15. Vista en 3D del microinvernadero

Dentro del microinvernadero se colocó dos celdas de experimentación, la cámara de aire filtrado y de aire fumigado. Estas cámaras contaron con tres ventiladores de 12 voltios (Figura 16) ubicados de la siguiente manera, uno en la parte superior y dos en dos esquinas inferiores de manera alternada respectivamente, con el objetivo de facilitar la circulación del ozono inyectado y facilitar la circulación del aire ambiente de cada caja respectivamente. Cabe mencionar que la cámara de aire filtrado poseía cajas de carbón activado lo cual tiene la capacidad de reducir aproximadamente un 80% del ozono ambiental (Del Valle et al., s.f.).



Figura 16. Ventiladores de 12 voltios

Finalmente, las dos cámaras de: aire ambiente y aire ambiente más aire filtrado se encontraron fuera de cualquier tipo de estructura con el fin de que estas sean expuestas a condiciones climáticas reales (Asensi, 2008).

La instalación constó de un total de 4 cámaras ubicadas en el barrio “La Floresta” dentro de la parroquia de Alangasí con coordenadas; altitud:  $-0.322395^{\circ}$  y longitud:  $-78.394671^{\circ}$ , representado en las Figuras 17 y 18. Estas celdas además se encontraban en una zona central con el objetivo de evitar la influencia de factores correspondientes a la instalación tal como efecto de muros, sombras, etc.



*Figura 17.* Ubicación del experimento.

Adoptado de (Google Maps, 2018)



*Figura 18.* Experimentación

### 3.5 Generación de ozono

La generación de ozono se realizó mediante la ayuda de un equipo ozonificador de marca Ozonolux XXI con diseño acrílico, el cual genera ozono a partir del oxígeno ambiental dentro de un condensador dieléctrico que posee polos concéntricos. Además, este equipo tiene la capacidad de producir 35 mg/h de  $O_3$  (Ozonolux de Colombia, s.f.).



*Figura 19.* Equipo Ozonolux XXI

Por lo tanto, para la generación de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se utilizó la (Ecuación 4 con el objetivo de calcular el tiempo que debía permanecer encendido el equipo para generar dicha concentración. Cabe mencionar que se tomó en cuenta el espacio

al cual se iba a inyectar el ozono ya que la cámara abierta de aire fumigado se encontraba dentro del microinvernadero.

(Ecuación 4)

$$\text{Tiempo de generación} = \frac{\text{Cantidad de ozono necesario } (\mu\text{g}) * 3600 \text{ segundos}}{\text{Concentración generada en una hora } (\mu\text{g})}$$

La caja de aire fumigado fue inyectada todos los días a medio día entre las 12:00 y 13:00 de la tarde ya que son las horas en las que mayor radiación hay en la ciudad de Quito.

### 3.6 Medición de temperatura y humedad relativa

La medición de humedad relativa y temperatura se realizó con la ayuda del equipo EL-USB -2-LCD EasyLog RH/T & Dew Point, el cual al inicio de la experimentación estaba completamente expuesto al sol; por lo tanto este se calentaba y arrojaba valores significativamente más altos. Sin embargo, después de un mes se colocó el equipo en la sombra para obtener datos más reales como se puede ver en la Figura 20.



Figura 20. Equipo EL-USB LCD EasyLog RH/T & Dew Point colocado en la sombra del lugar de experimentación.

### **3.7 Toma de datos físicos y morfológicos**

Se realizó la medición de los aspectos físicos y morfológicos antes, durante y después de la experimentación como se ha mencionado anteriormente. Los parámetros medidos fueron los siguientes: altura de la planta, número de hojas, tamaño promedio de las hojas, presencia de manchas en las hojas y cambios morfológicos a nivel microscópico.

#### **3.7.1 Determinación de la Altura**

La altura se midió con la ayuda de una cinta métrica; comenzando desde el nivel del suelo hasta la punta más alta de cada planta. Cada planta se midió al inicio y al final de la experimentación.

#### **3.7.2 Determinación del tamaño y el número de hojas**

Se procedió a contar cada una de las hojas que poseía cada planta, tomando en cuenta su ancho y largo para la determinación de su tamaño. Cada planta se midió al inicio y al final de la experimentación.

Adicionalmente se contó cada cinco días el número de hojas que presenten manchas o ennegrecimiento.

#### **3.7.3 Determinación Microscópica**

Los cambios a nivel microscópico de los aspectos morfológico se determinaron mediante la ayuda de un microscopio modelo CX-41, Olympus (Figura 21). El cual es un equipo sólido y fácil de operar, está compuesto por un iluminador Koehler para luz transmitida que tiene incorporado un bombillo de halógeno de 6 V/300 W. Además, tiene un tratamiento anti hongos, con el cual protege las partes ópticas y las regiones de alta humedad del equipo (OLYMPUS, 2018).

Para determinar los cambios morfológicos a nivel microscópico; primero se cortó una hoja de cada especie de planta con la ayuda de un bisturí para obtener una pequeña muestra, además en el momento del corte se tomó en cuenta de no cortar las nervaduras de las hojas con el objetivo de poder identificar de mejor manera los cambios producidos. A continuación, se colocó la muestra sobre un portaobjetos, se añadió una gota de azul de metileno sobre la muestra y se colocó un cubreobjetos sobre la misma.

Al finalizar se obtuvo una lectura clara lo cual permitió observar los cambios en la estructura molecular de la hoja por lo tanto se tomó una captura de pantalla. Para el análisis se realizó el método de cuadrícula, en el cual la imagen se fragmenta en partes iguales y se señalan la cantidad de manchas que existe en la imagen. A continuación, se hizo una regla de tres de tal manera que se pudo determinar cuál es el porcentaje de afectación total de la planta a nivel molecular.

(Ecuación 5)

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

Dónde:

$Afm$  = Porcentaje de afectación a nivel molecular [%]

$x$  = Cantidad de cuadros afectados dentro de la cuadrícula

$N$  = Cantidad total de cuadros dentro de la cuadrícula



*Figura 21. Microscopio CX-41 Olympus*

### **3.8 Ácido Ascórbico**

Para la determinación de vitamina C se procedió a seguir los pasos señalados por la Universidad Complutense (2008):

#### **3.8.1 Solución de Yodo**

Para esta solución se disolvió 5 gramos de yoduro de potasio y 0.268 gramos de yodato de potasio en 200 mililitros de agua destilada dentro de un vaso precipitado. A continuación, se agregó 16 mililitros de ácido sulfúrico 1N. Finalmente se vertió la solución en un cilindro graduado de 500 mililitros y se diluyó a un volumen final de 500 mililitros de agua destilada como se puede observar en la Figura 22.

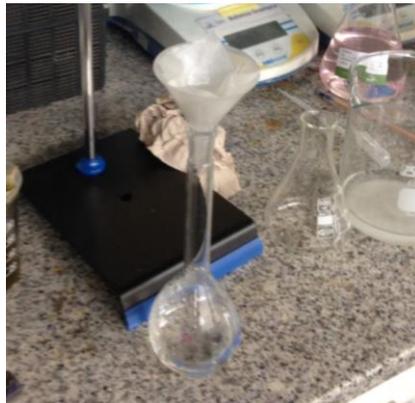
Esta solución se vertió en una probeta de 25 mililitros para posteriormente ser utilizada en la titulación.



*Figura 22.* Solución de yodo

### **3.8.2 Solución de Almidón**

Se filtró 1 gramo de almidón de papa en un cilindro graduado y se diluyó a un volumen final de 100 mililitros con agua caliente (Figura 23).



*Figura 23.* Solución de almidón

### **3.8.3 Preparación de las muestras**

Para la extracción del zumo de las hojas de las tres especies vegetales se realizó el siguiente procedimiento: se tomó 10 hojas de una de las plántulas y se licuó con 50 mililitros de agua destilada. A continuación, se dejó filtrar para obtener solo la solución líquida tal y como se observa en la Figura 24.

Después se tomó 10 mililitros de dicha solución y se disolvió en un erlenmeyer de 100 mililitros. De la última disolución se tomó 10 mililitros y se colocó en un

nuevo erlenmeyer donde; se añadió 0.25 mililitros de la solución de almidón, 0.15 mililitros de agua destilada y finalmente se procedió a realizar la titulación hasta observar un color azulado o violeta (Universidad de Canterbury, 2012).



*Figura 24.* Filtración del zumo de las hojas

Para la solución estándar de vitamina C; se disolvió 0.25 gramos de vitamina C en 250 mililitros de agua destilada y se realizó el mismo procedimiento de las muestras para la titulación (Figura 25).



*Figura 25.* Solución de vitamina C

Cabe mencionar que se realizó el mismo procedimiento antes y después de la experimentación.

### **3.9 Determinación de clorofila**

El índice de concentración de clorofila en las hojas de las plantas de cada especie se determinó con la ayuda del Equipo CCM-200 Plus. Para lo cual primero se calibro el equipo y después se colocaron las hojas de las plantas de cada especie en el mismo para que obtener la lectura. Esto se realizó antes y después de la experimentación. Ver en Anexo 2.

### **3.10 Verificación de la concentración de ozono**

La concentración de ozono en el tratamiento 2 (Aire fumigado) y tratamiento 3 (Aire ambiente), se determinaron con la ayuda del equipo Aeroqual 500, el cual tiene la capacidad de medir la cantidad de ozono troposférico presente en el ambiente. Cabe mencionar que el equipo estuvo disponible después de la experimentación por lo tanto las concentraciones de ozono fueron simuladas dentro del microinvernadero.

De tal manera, que para el tratamiento 2 primero se procedió a inyectar el ozono durante el tiempo calculado. A continuación, se realizó mediciones en la parte inferior, medio y superior de la caja durante tres minutos en cada lugar, teniendo en cuenta que se encontraban encendidos los ventiladores de dicha caja; esto con el objetivo de determinar si la concentración de ozono esperada se encuentra dispersa por toda la caja.

Por otra parte para el tratamiento 3 se procedió a realizar la misma metodología. Sin embargo, en este caso se inyectó el ozono durante 31 segundos para simular los  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que se presentaron durante los meses de agosto y septiembre 2018.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Radiación Solar

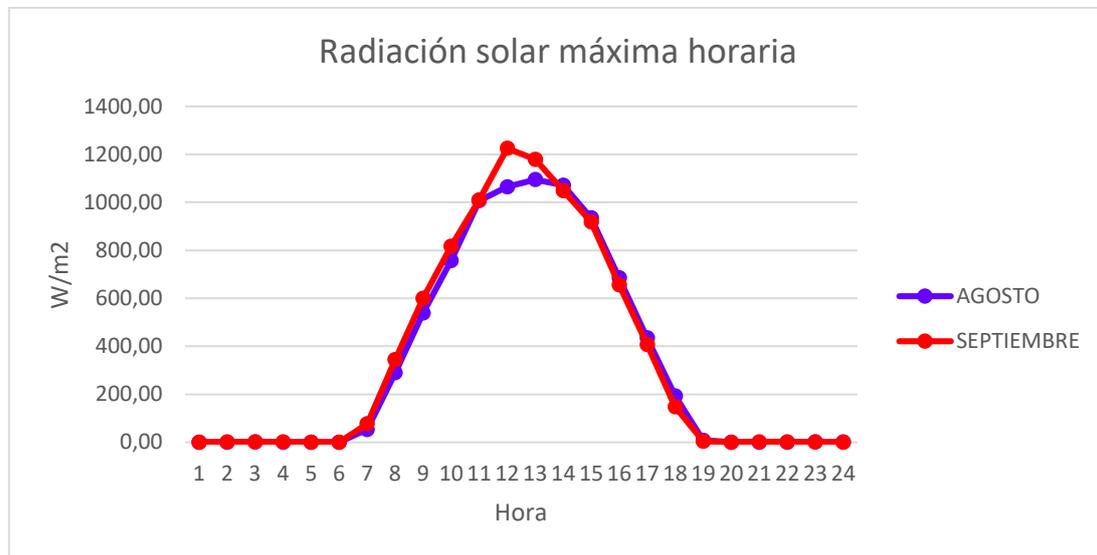


Figura 26. Radiación solar máxima horaria de agosto y septiembre 2018

La Figura 26 representa los niveles de radiación solar máxima en los meses de agosto y septiembre del año 2018. Durante estos meses se han llegado a formar picos desde los 1094,6 hasta los 1225.2 W/m<sup>2</sup>, registrando dichos niveles durante las 11 y 12 am. Estos datos han sido tomados de la estación de monitoreo del distrito metropolitano de Quito Los Chillos, operada por la Secretaría de Ambiente.

### 4.2 Temperatura

La Figura 27 representa la temperatura a la cual han sido expuestas las celdas de experimentación durante el mes de agosto del año 2018. La línea verde representa los datos tomados por la Secretaría del Ambiente de la estación de monitoreo Los Chillos. Mientras que la línea de color rosado representa los datos tomados con el equipo EL-USB -2-LCD EasyLog RH/T & Dew Point. De acuerdo con los datos se obtiene un  $r^2$  de 0,54 es decir que se relacionan bien pero no

exactamente igual, esto se debe a que el equipo estuvo expuesto directamente al sol por lo cual el mismo se calentó y arrojó valores altos.

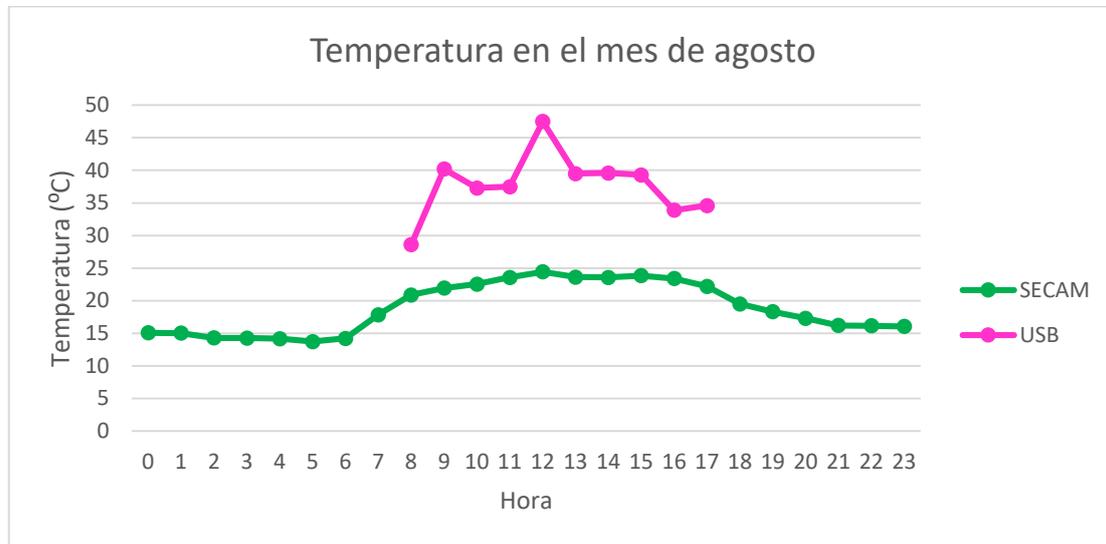


Figura 27. Temperatura máxima horaria del mes de agosto 2018

La Figura 28 representa la temperatura a la cual han sido expuestas las celdas de experimentación durante el mes de septiembre del año 2018. La línea verde al igual que en el mes anterior representa los datos tomados por la Secretaría del Ambiente de la estación de monitoreo Los Chillos. De la misma manera la línea de color rosado representa los datos tomados con el equipo EL-USB -2-LCD EasyLog RH/T & Dew Point. Sin embargo, en este caso se procedió a colocar el equipo en la sombra con el objetivo de que los datos no sean modificados. De acuerdo con los datos se obtiene un  $r^2$  de 0,79 es decir que los datos de los dos sitios se relacionan muy bien después de poner el dispositivo en la sombra utilizando la practica adecuada.

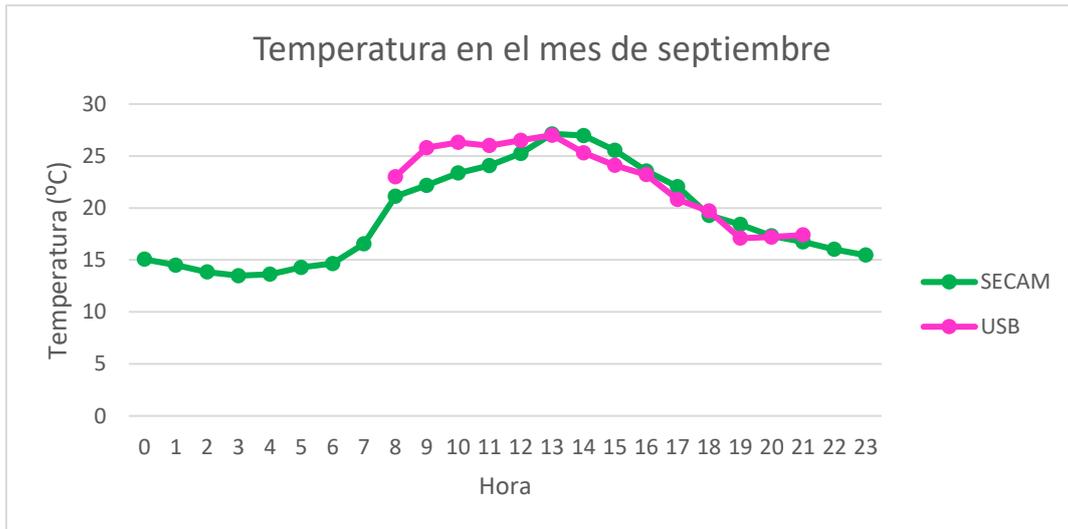


Figura 28. Temperatura máxima horaria del mes de septiembre 2018

#### 4.3 Humedad Relativa

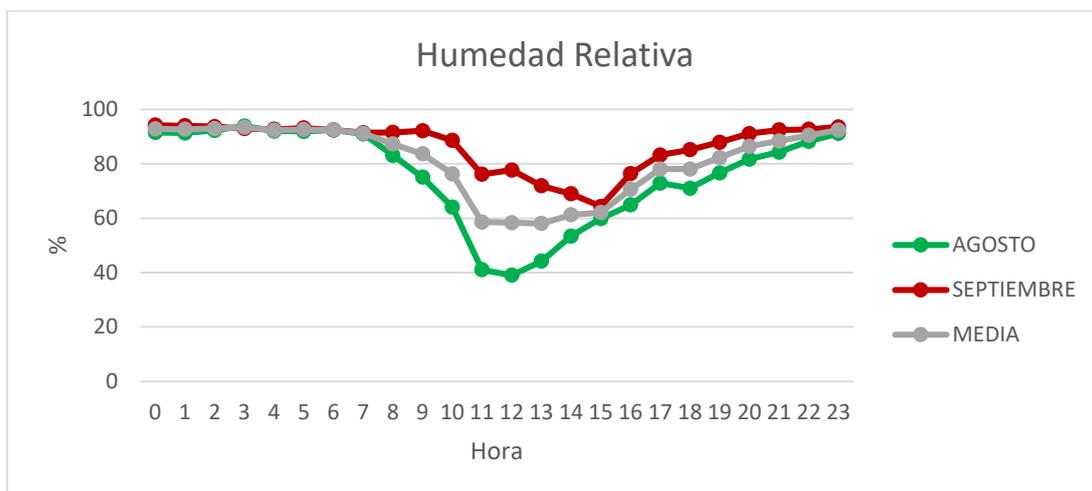


Figura 29. Humedad relativa máxima horario del mes de agosto y septiembre y su media.

La Figura 29 representa los niveles de humedad relativa máxima en los meses de agosto y septiembre del año 2018. Durante el mes de agosto el porcentaje más bajo de humedad relativa fue de 39% y se evidencio a las 12 de la tarde. Mientras que en el mes de septiembre se registró un 68% a las 3 de la tarde, siendo el más bajo durante este mes. Estos datos han sido tomados de la estación de monitoreo Los Chillos.

#### 4.4 Ozono Troposférico

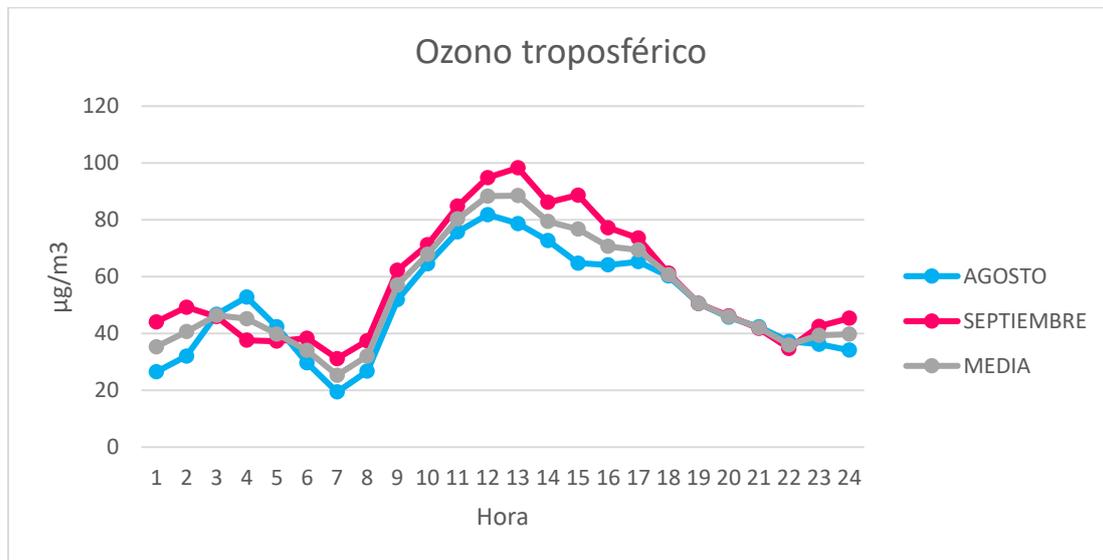


Figura 30. Ozono troposférico máximo horario de agosto y septiembre 2018

La Figura 30 representa las concentraciones máximas de ozono troposférico durante el mes de agosto y septiembre, además de cómo estas varían de acuerdo a la hora. Cabe destacar que durante el mes de agosto la concentración más alta fue de 82 µg/m<sup>3</sup> registrada a las 11 de la mañana. Mientras que en el mes de septiembre la concentración más alta fue de 98 µg/m<sup>3</sup> registrada al medio día.

#### 4.5 Generación de Ozono

Para determinar el tiempo que debe permanecer encendido el equipo de la generación de ozono. Se utilizó la (Ecuación 4), tomando en cuenta el volumen de las celdas de experimentación (Figura 11 y 12) y el microinvernadero (Figura 14 y 15). Por lo cual se mantuvo encendido el equipo 12 segundos.

$$\text{Tiempo de generación} = \frac{\text{Cantidad de ozono necesario } (\mu\text{g}) * 3600 \text{ segundos}}{\text{Concentración generada en una hora } (\mu\text{g})}$$

$$\text{Tiempo de generación} = \frac{118.8 \mu\text{g} * 3600 \text{ segundos}}{35000 \mu\text{g}}$$

$$\text{Tiempo de generación} = 12 \text{ seg.}$$

#### 4.6 Verificación de Concentración de Ozono

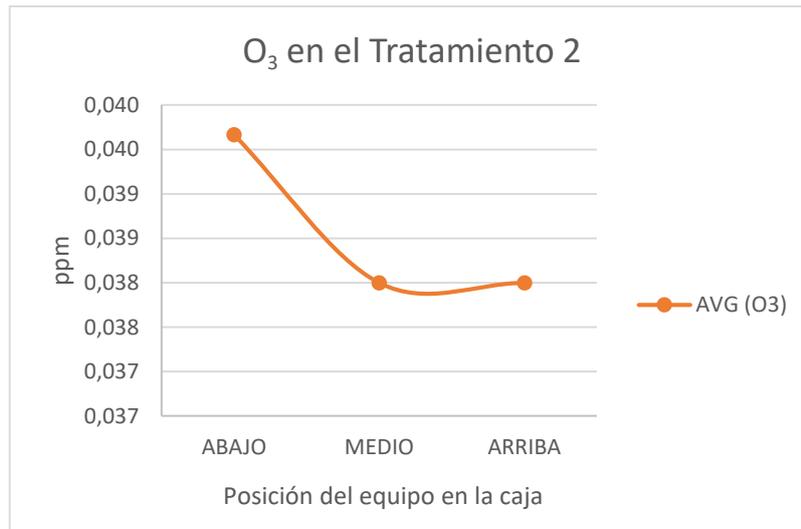


Figura 31. Concentración de ozono troposférico en el Tratamiento 2

Como se puede observar en la Figura 31 la concentración de ozono en el Tratamiento 2 es de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la parte inferior de la caja, mientras que en la parte media y superior hay una concentración de  $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De tal manera, que se comprueba que la concentración calculada e inyectada es correcta.



Figura 32. Concentración de ozono troposférico en el Tratamiento 3

Como se puede observar en la Figura 31 la concentración de ozono para el Tratamiento 3 es de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la parte inferior de la caja, mientras que en la parte media y superior hay una concentración de  $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 4.7 Clorofila

En el Anexo 4 se pueden observar los resultados obtenidos del índice de concentración de clorofila más detalladamente después de la experimentación de cada una de las especies en los cuatro tratamientos.

Tabla 4

Resultados de clorofila de la Mora de Castilla antes y después de la experimentación.

CLOROFILA DE LA MORA DE CASTILLA				
TRATAMIENTO	INICIO (cci)	FINAL (cci)	DISMINUCIÓN (cci)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	17	23	6	27,2
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	17	15	-2	-12,2

CLOROFILA DE LA MORA DE CASTILLA				
TRATAMIENTO	INICIO (cci)	FINAL (cci)	DISMINUCIÓN (cci)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	17	7	-10	-57,6
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	17	17	0	-1,9

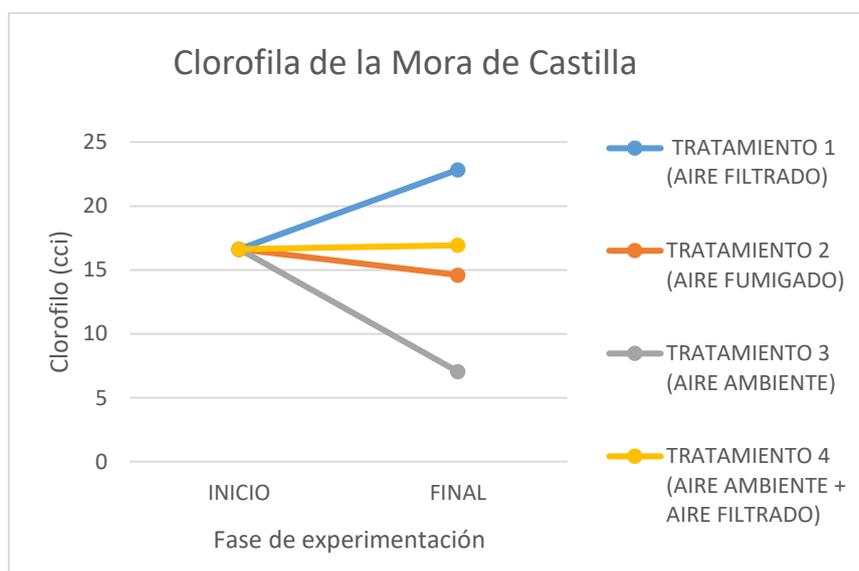


Figura 33. Índice de concentración de clorofila de la especie *Rubus glaucus Benth* en cada celda de experimentación.

La Tabla 4 nos muestra el porcentaje de reducción de la clorofila de la especie *Rubus glaucus Benth*, al final de la experimentación. Señalando que existe un mayor porcentaje de reducción en el tercer tratamiento con un 57,6% de disminución. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 33 el Tratamiento 3 no fue el único afectado, también se vio cambios en los Tratamientos 2 y 4 pero a niveles mínimos de afectación. Es decir, las plantas de las tres celdas expuestas a concentraciones de ozono troposférico presenciaron un efecto adverso en la clorofila de las hojas. Además, se puede evidenciar que el Tratamiento 1 el cual es la celda de aire filtrado se desarrolló y aumentó su índice de concentración de clorofila en un 27.2%.

Para el estudio de los resultados en cada uno de los tratamientos se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el factor ozono afecta de manera significativa la clorofila de las hojas de la Mora de Castilla en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 5*

*Análisis estadístico ANOVA de la clorofila de la Mora de Castilla*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	5	31,1	6,22	7,302
TRATAMIENTO 2	5	-10,1	-2,02	14,737
TRATAMIENTO 3	5	-47,9	-9,58	17,902
TRATAMIENTO 4	5	1,6	0,32	15,097

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	641,23	3	213,74	15,53	0,00	3,24
Dentro de los grupos	220,15	16	13,76			
Total	861,39	19				

*Tabla 6*

Resultados de clorofila de la Chilca antes y después de la experimentación.

<b>CLOROFILA DE LA CHILCA</b>				
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>INICIO (cci)</b>	<b>FINAL (cci)</b>	<b>DISMINUCIÓN (cci)</b>	<b>% REDUCIDO</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	8,98	16,2	7,22	44,6

CLOROFILA DE LA CHILCA				
TRATAMIENTO	INICIO (cci)	FINAL (cci)	DISMINUCIÓN (cci)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8,98	14,8	5,82	39,2
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8,98	3,4	-5,58	-61,7
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8,98	12,7	3,72	29,2

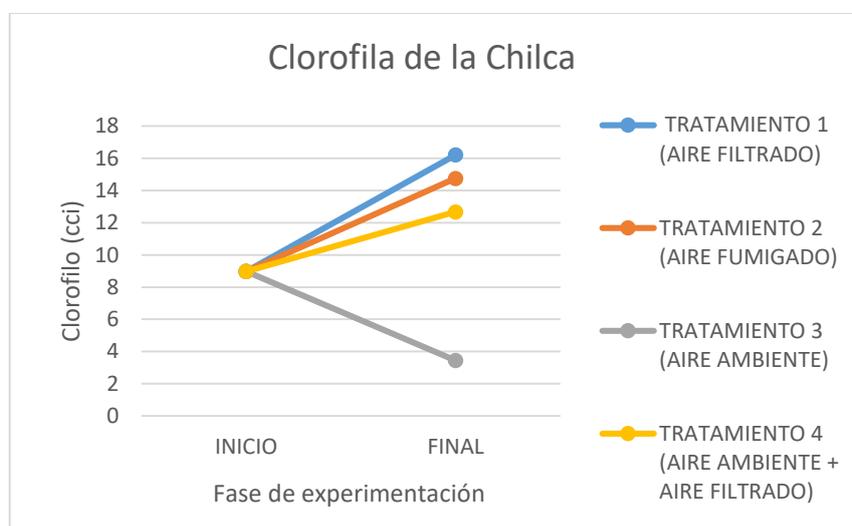


Figura 34. Índice de concentración de clorofila de la especie *Baccharis latifolia* en cada celda de experimentación.

La Tabla 6 nos muestra el porcentaje de reducción de la clorofila de la especie *Baccharis latifolia*, al final de la experimentación. Señalando que el mayor porcentaje de reducción ocurrió en el Tratamiento 3 con un 61.7 %, es decir presento afectos adversos en la clorofila ya que estuvo expuesto a altas concentraciones de ozono troposférico. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 34 tanto el Tratamiento 1, 2 y 4 no han sido tan afectados a comparación del Tratamiento 3 ya que ha aumentado el índice de concentración de clorofila en las hojas de las plantas de estas tres celdas. No obstante, se puede evidenciar que el tratamiento con mayor porcentaje de crecimiento es el

Tratamiento 1 con un 44.6 %, mientras que el Tratamiento 2 el cual fue expuesto a concentraciones bajas aumentó en un 39.2 % y el Tratamiento 4 expuesto tanto a aire ambiente como a aire filtrado aumentó un 29.2% en su índice de concentración de clorofila.

La Tabla 7 muestra el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el factor ozono afecta de significativamente la clorofila de las hojas de la Chilca en los diversos tratamientos.

*Tabla 7*

*Análisis estadístico ANOVA de la clorofila de la Chilca*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	5	36,2	7,24	12,203
TRATAMIENTO 2	5	28,9	5,78	8,347
TRATAMIENTO 3	5	-27,7	-5,54	4,548
TRATAMIENTO 4	5	18,5	3,7	5,275

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	494,79	3	164,93	21,72	6,91492E-06	3,23
Dentro de los grupos	121,49	16	7,59			
Total	616,28	19				

*Tabla 8*

Resultados de clorofila de la Salvia Ornamental antes y después de la experimentación.

CLOROFILA DE LA SALVIA ORNAMENTAL				
TRATAMIENTO	INICIO (cci)	FINAL (cci)	DISMINUCIÓN (cci)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	34,22	35,6	1,38	4,0
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	34,22	22,8	-11,42	-33,3
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	34,22	21,3	-12,92	-37,8
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	34,22	29,7	-4,52	-13,2

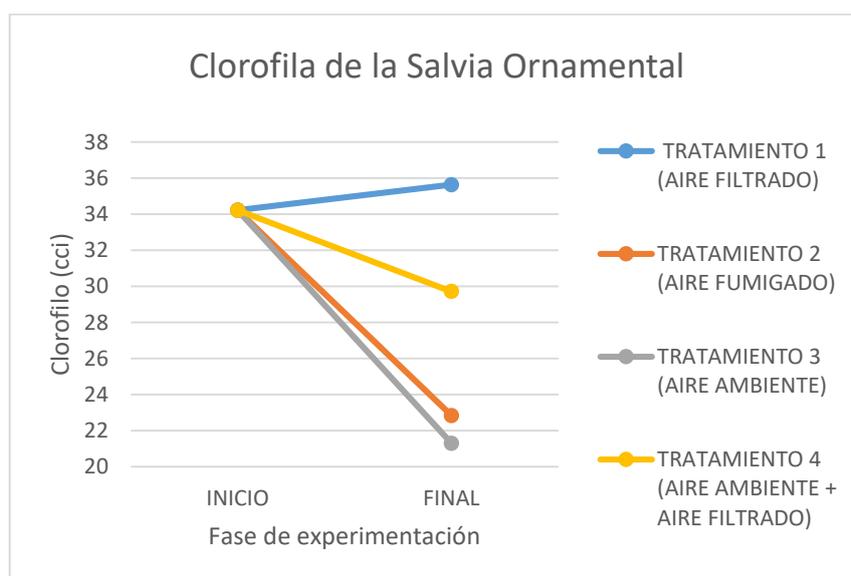


Figura 35. Índice de concentración de clorofila de la *Salvia splendens* en cada celda de experimentación.

La Tabla 8 muestra el porcentaje de reducción de la clorofila de la especie *Salvia splendens*, al final de la experimentación. Demostrando que el Tratamiento 2-4 presentan efectos adversos tras ser expuestos a diversas concentraciones de ozono troposférico. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 35 que el Tratamiento 3 redujo su índice de concentración de clorofila en un 37.8%, seguido del Tratamiento 2 con un 33.3% siendo los tratamientos más afectados en cuanto a la reducción de índice de clorofila. Mientras que el Tratamiento 4 no

ha sido tan afectado como los anteriores ya que presenta un porcentaje de reducción de 13.2%. No obstante, como se puede observar el Tratamiento 1 ha aumentado el índice de concentración de clorofila en un mínimo de 4%.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa la clorofila de las hojas de la Salvia Ornamental en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 9*

*Análisis estadístico ANOVA de la clorofila de la Salvia Ornamental*

<i>RESUMEN</i>						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
<i>TRATAMIENTO 1</i>	<i>5</i>	<i>7,1</i>	<i>1,42</i>	<i>60,397</i>		
<i>TRATAMIENTO 2</i>	<i>5</i>	<i>-56,9</i>	<i>-11,38</i>	<i>53,567</i>		
<i>TRATAMIENTO 3</i>	<i>5</i>	<i>-64,6</i>	<i>-12,92</i>	<i>24,117</i>		
<i>TRATAMIENTO 4</i>	<i>5</i>	<i>-22,5</i>	<i>-4,5</i>	<i>29,415</i>		

<i>ANÁLISIS DE VARIANZA</i>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<i>Entre grupos</i>	<i>656,40</i>	<i>3</i>	<i>218,80</i>	<i>5,22</i>	<i>0,010</i>	<i>3,23</i>
<i>Dentro de los grupos</i>	<i>669,98</i>	<i>16</i>	<i>41,87</i>			
<i>Total</i>	<i>1326,38</i>	<i>19</i>				

*Tabla 10*

Resultados de clorofila de la Savia de Quito antes y después de la experimentación.

CLOROFILA DE LA SALVIA DE QUITO				
TRATAMIENTO	INICIO (cci)	FINAL (cci)	DISMINUCIÓN (cci)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	10,9	12,6	1,7	13,4
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	10,9	5,4	-5,5	-50,3
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	10,9	4,2	-6,7	-61,3
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	10,9	15,3	4,4	28,7

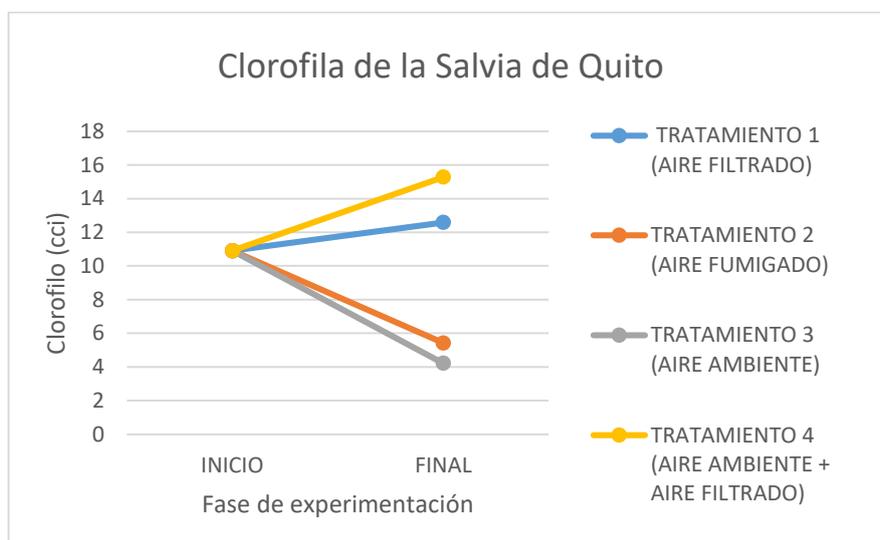


Figura 36. Índice de concentración de clorofila de la *Salvia quitensis* en cada celda de experimentación.

La Tabla 10 nos muestra el porcentaje de reducción de la clorofila de la especie *Salvia quitensis*, al final de la experimentación. Demostrando que el Tratamiento 2-3 presentan efectos adversos tras ser expuestos a diversas concentraciones de ozono troposférico. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 36 el Tratamiento 3 redujo su índice de concentración de clorofila en un 61.3 %, seguido del Tratamiento 2 con un 50.3%, siendo los tratamientos más afectados en cuanto a la reducción de índice de clorofila. No obstante, se puede evidenciar

que el tratamiento con mayor porcentaje de crecimiento es el cuarto con un 28.7 %, mientras que el Tratamiento 1 aumentó un 13.4 % en su índice de concentración de clorofila.

La Tabla 11 demuestra el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el factor ozono afecta de manera significativa la clorofila de las hojas de la Salvia de Quito en los diversos tratamientos.

*Tabla 11*

*Análisis estadístico ANOVA de la clorofila de la Salvia de Quito*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	5	8,4	1,68	12,707
TRATAMIENTO 2	5	-27,4	-5,48	3,557
TRATAMIENTO 3	5	-33,4	-6,68	9,547
TRATAMIENTO 4	5	21,9	4,38	11,697

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	436,78	3	145,59	15,52	5,35738E-05	3,23
Dentro de los grupos	150,03	16	9,37			
Total	586,81	19				

#### **4.8 Ácido Ascórbico**

En el Anexo 5 se pueden observar los resultados obtenidos de la concentración de ácido ascórbico más detalladamente después de la experimentación de cada una de las especies en los cuatro tratamientos.

Tabla 12

Cantidad promedio de ácido ascórbico de la Mora de Castilla antes y después de la experimentación.

ÁCIDO ASCÓRBICO DE LA MORA DE CASTILLA				
TRATAMIENTO	INICIO (g/L)	FINAL (g/L)	DISMINUCIÓN (g/L)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	0,24	0,22	-0,02	-8,3
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	0,24	0,01	-0,23	-95,4
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	0,24	0,01	-0,23	-96,3
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	0,24	0,01	-0,23	-95,4

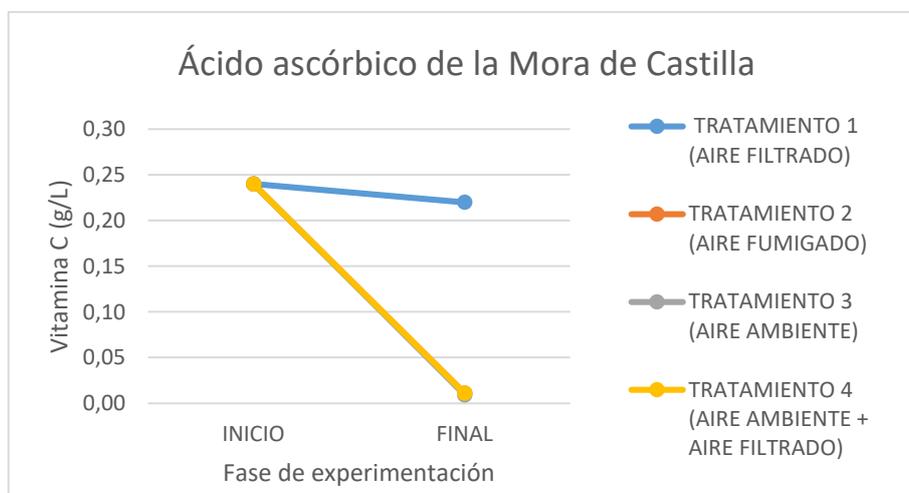


Figura 37. Disminución de ácido ascórbico de la especie *Rubus glaucus Benth* de acuerdo al tratamiento

La Tabla 12 muestra el porcentaje de reducción de ácido ascórbico de la especie *Rubus glaucus Benth* en cada uno de sus tratamientos. Demostrando que las plantas del Tratamiento 3 son las más afectadas ya que han reducido su ácido ascórbico en un 96.3 %. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 37 todos los tratamientos se han visto afectados especialmente los que han sido

expuestos a diversas concentraciones de ozono troposférico como el Tratamiento 2 y 4 ya que han reducido su concentración en un 95.4%. Aunque el Tratamiento 1 no fue sometido a ninguna concentración se pudo evidenciar que también se redujo la concentración de ácido ascórbico en un 8.3%.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, por el medio del cual se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta significativamente al ácido ascórbico de las plantas de Mora de Castilla en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 13*

*Análisis estadístico ANOVA del ácido ascórbico de la Mora de Castilla*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	3	-0,0445	-0,01484	0,0085
TRATAMIENTO 2	3	-0,6826	-0,2275	0,00279
TRATAMIENTO 3	3	-0,689	-0,2296	0,0025
TRATAMIENTO 4	3	-0,6826	-0,2275	0,00273

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,1024	3	0,0341	8,2239	0,0079	4,0661
Dentro de los grupos	0,0332	8	0,0041			
Total	0,1357	11				

*Tabla 14*

Cantidad promedio de ácido ascórbico de la Chilca antes y después de la experimentación.

ÁCIDO ASCÓRBICO DE LA CHILCA				
TRATAMIENTO	INICIO (g/L)	FINAL (g/L)	DISMINUCIÓN (g/L)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	0,34	0,32	-0,02	-5,9
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	0,34	0,01	-0,33	-97,6
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	0,34	0,01	-0,33	-97,9
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	0,34	0,02	-0,32	-95,3

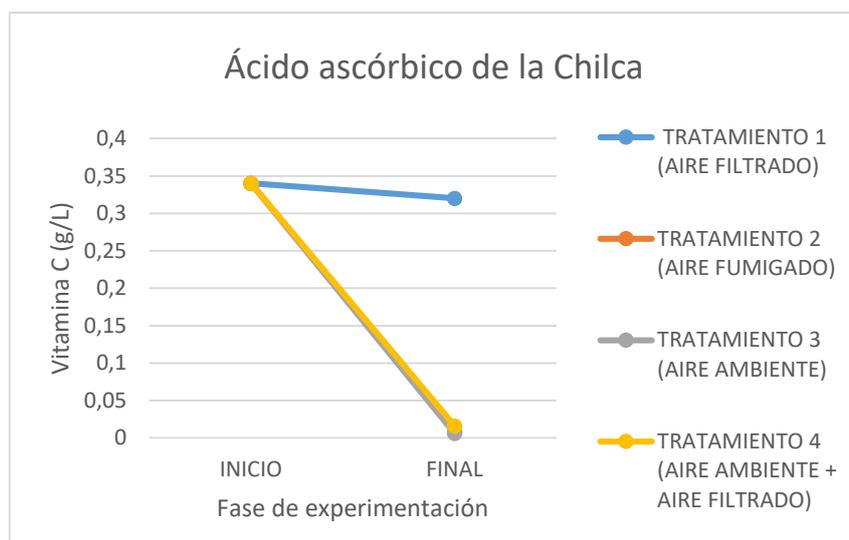


Figura 38. Disminución de ácido ascórbico de la especie *Baccharis latifolia* de acuerdo al tratamiento

La Tabla 14 muestra el porcentaje de reducción de ácido ascórbico de la especie *Baccharis latifolia* en cada uno de sus tratamientos. Demostrando que las plantas del Tratamiento 3 son las más afectadas ya que han reducido su ácido ascórbico en un 97.9 %. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 38 todos los tratamientos se han visto afectados especialmente los que han sido expuestos a diversas concentraciones de ozono troposférico como el Tratamiento 2 y 4 ya que han reducido su concentración en un 97.6% y 95.3%, respectivamente.

Aunque el Tratamiento 1 no fue sometido a ninguna concentración se pudo evidenciar que también se redujo la concentración de ácido ascórbico en un 5.9%.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, por el medio del cual se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa al ácido ascórbico de las plantas de Chilca en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 15*

*Análisis estadístico ANOVA del ácido ascórbico de la Chilca*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	3	-0,04028	-0,01342	0,002940
TRATAMIENTO 2	3	-1,00276	-0,33425	0,000828
TRATAMIENTO 3	3	-1,00488	-0,33496	0,000759
TRATAMIENTO 4	3	-0,97944	-0,32648	0,000665

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,2283	3	0,076	58,61	8,668E-06	4,06
Dentro de los grupos	0,0103	8	0,0012			
Total	0,2387	11				

*Tabla 16*

Cantidad promedio de ácido ascórbico en la Salvia Ornamental antes y después de la experimentación.

ÁCIDO ASCÓRBICO DE LA SALVIA ORNAMENTAL				
TRATAMIENTO	INICIO (g/L)	FINAL (g/L)	DISMINUCIÓN (g/L)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	0,13	0,10	-0,03	-23,1
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	0,13	0,01	-0,12	-94,6
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	0,13	0,00	-0,13	-96,9
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	0,13	0,01	-0,12	-95,4

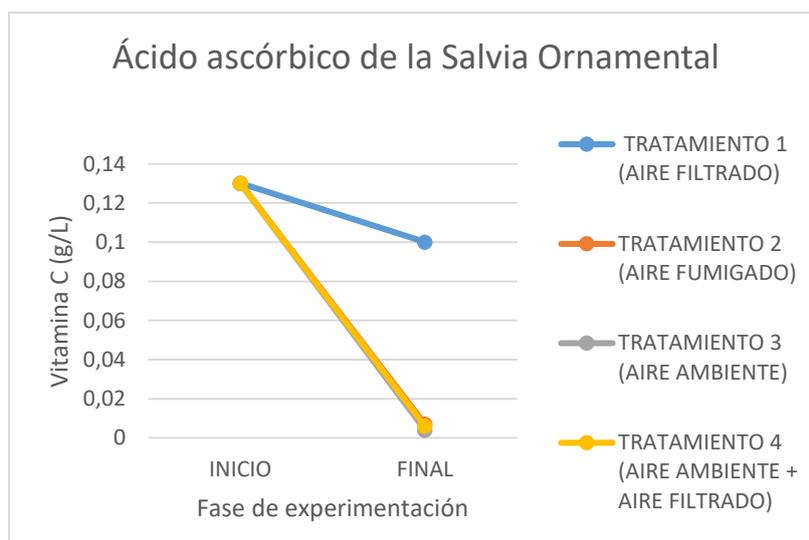


Figura 39. Disminución de ácido ascórbico de la especie *Salvia splendens* de acuerdo al tratamiento

La Tabla 16 muestra el porcentaje de reducción de ácido ascórbico de la especie *Salvia splendens* en cada uno de sus tratamientos. Demostrando que las plantas del Tratamiento 3 son las más afectadas ya que han reducido su ácido ascórbico en un 96.9 %. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 39 todos los tratamientos se han visto afectados especialmente los que han sido expuestos a diversas concentraciones de ozono troposférico como el Tratamiento 2 y 4 ya que han reducido su concentración en un 94.6% y 95.4%, respectivamente.

Aunque el Tratamiento 1 no fue sometido a ninguna concentración se pudo evidenciar que también se redujo la concentración de ácido ascórbico en un 23.1%.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, por el medio del cual se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el factor ozono afecta significativamente al ácido ascórbico de las plantas de Salvia Ornamental en los diversos tratamientos como se puede observar en la Tabla 5.

*Tabla 17*

*Análisis estadístico ANOVA del ácido ascórbico de la Salvia Ornamental*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	3	-0,05936	-0,01978	6,441E-05
TRATAMIENTO 2	3	-0,36464	-0,12154	0,000253
TRATAMIENTO 3	3	-0,37524	-0,12508	0,000337
TRATAMIENTO 4	3	-0,36888	-0,12296	0,000215

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,0240	3	0,008026	36,8852	4,9E-05	4,0661
Dentro de los grupos	0,0017	8	0,000217			
Total	0,0258	11				

*Tabla 18*

Cantidad promedio de ácido ascórbico en la Salvia de Quito antes y después de la experimentación.

ÁCIDO ASCÓRBICO DE LA SALVIA DE QUITO				
TRATAMIENTO	INICIO (g/L)	FINAL (g/L)	DISMINUCIÓN (g/L)	% REDUCIDO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	0,15	0,15	-0,01	-1,3
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	0,15	0,01	-0,14	-95,3
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	0,15	0,01	-0,14	-96,0
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	0,15	0,01	-0,14	-93,3

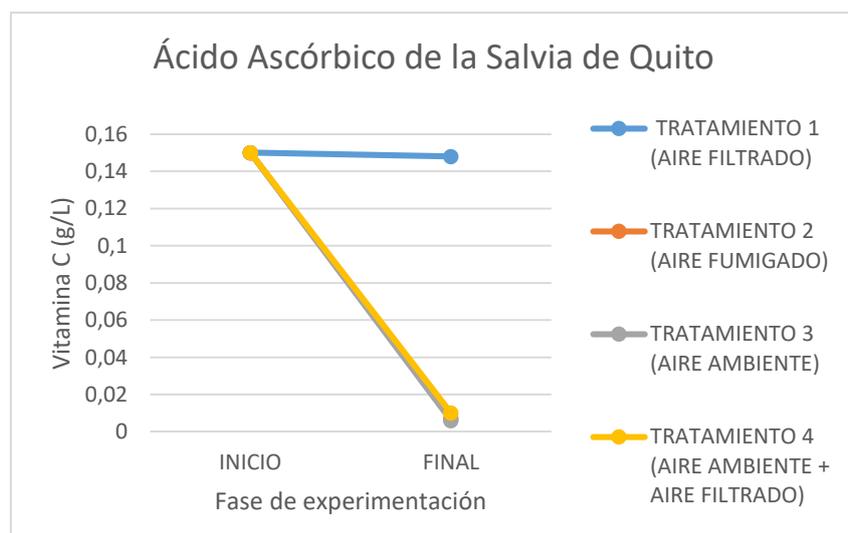


Figura 40. Disminución de ácido ascórbico de la especie *Salvia quitensis* de acuerdo al tratamiento.

La Tabla 18 muestra el porcentaje de reducción de ácido ascórbico de la especie *Salvia quitensis* en cada uno de sus tratamientos. Demostrando que las plantas del Tratamiento 3 son las más afectadas ya que han reducido su ácido ascórbico en un 96.0 %. Sin embargo, como se puede observar en la Figura 40 todos los tratamientos se han visto afectados especialmente los que han sido expuestos a diversas concentraciones de ozono troposférico como el Tratamiento 2 y 4 ya que han reducido su concentración en un 95.3% y 93.3%, respectivamente.

Aunque el Tratamiento 1 no fue sometido a ninguna concentración se pudo evidenciar que también se redujo la concentración de ácido ascórbico en 1.3%.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, por el medio del cual se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta significativamente al ácido ascórbico de las plantas de Salvia de Quito en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 19*

*Análisis estadístico ANOVA del ácido ascórbico de la Salvia de Quito*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	3	-0,0106	-0,003533	0,00187
TRATAMIENTO 2	3	-0,4324	-0,14416	0,00037
TRATAMIENTO 3	3	-0,4367	-0,145573	0,00045
TRATAMIENTO 4	3	-0,424	-0,141333	0,00050

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,04422	3	0,01474	18,40	0,00059	4,0661
Dentro de los grupos	0,00640	8	0,000801			
Total	0,05063	11				

#### 4.9 Altura de la planta

En el Anexo 6 se pueden observar los resultados obtenidos del crecimiento de la Mora de Castilla más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 20

Altura de la Mora de Castilla antes y después de la experimentación.

CRECIMIENTO DE LA MORA DE CASTILLA					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm)	FINAL (cm)	DISMINUCIÓN (cm)	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	47	54	7	13,3
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	53	54	1	2,5
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	47	45	-2	-4,2
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	52	58	6	10,3

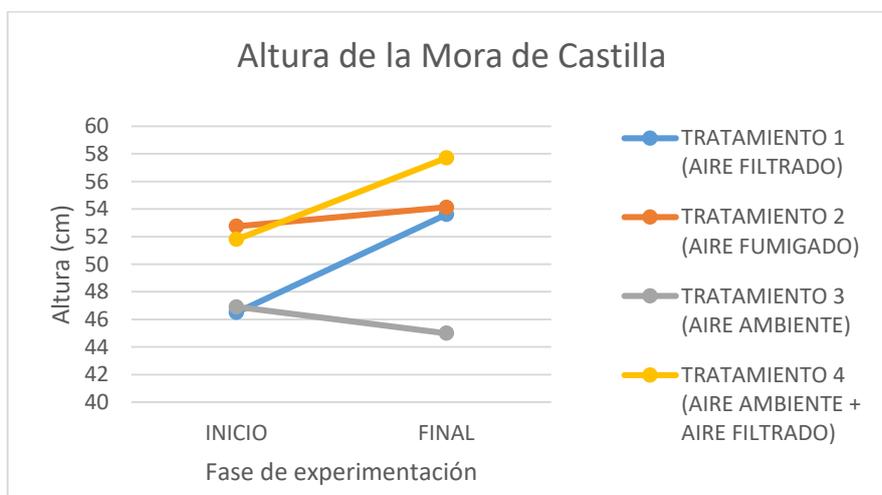


Figura 41. Crecimiento de la especie *Rubus glaucus Benth* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 20 muestra el porcentaje de crecimiento de las plantas de la especie *Rubus glaucus Benth* de cada tratamiento. Determinando que las plantas más afectadas son las del tercer tratamiento que han reducido su altura en un 4,2%, debido a que esta se encuentra expuesta a una mayor concentración de ozono troposférico. Como se puede observar en la Figura 41 todos los tratamientos al

inició poseían una variación en su altura. Sin embargo, se puede denotar los cambios que sufrieron después de la experimentación. Dando como resultado que el Tratamiento 1, 2 y 4 crecieron en 13,3%, 2,5% y 10,3%, respectivamente.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que no hay efectos significativos en el crecimiento de las plantas de la Mora de Castilla a causa de la exposición a ozono en los diversos tratamientos.

*Tabla 21*

*Análisis estadístico ANOVA de la altura de la Mora de Castilla*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	8	57	7,125	82,982
TRATAMIENTO 2	8	11	1,375	299,12
TRATAMIENTO 3	8	-15	-1,875	59,267
TRATAMIENTO 4	8	47,5	5,937	45,888

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	415,77	3	138,5911	1,1377	0,3508	2,9466
Dentro de los grupos	3410,84	28	121,8158			
Total	3826,61	31				

En el Anexo 7 se pueden observar los resultados obtenidos del crecimiento de la Chilca más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 22

Altura de la Chilca antes y después de la experimentación

CRECIMIENTO DE LA CHILCA					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm)	FINAL (cm)	DISMINUCIÓN (cm)	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	37	48	11	23,2
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	37	52	15	29,2
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	40	44	4	9,1
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	35	45	10	21,9

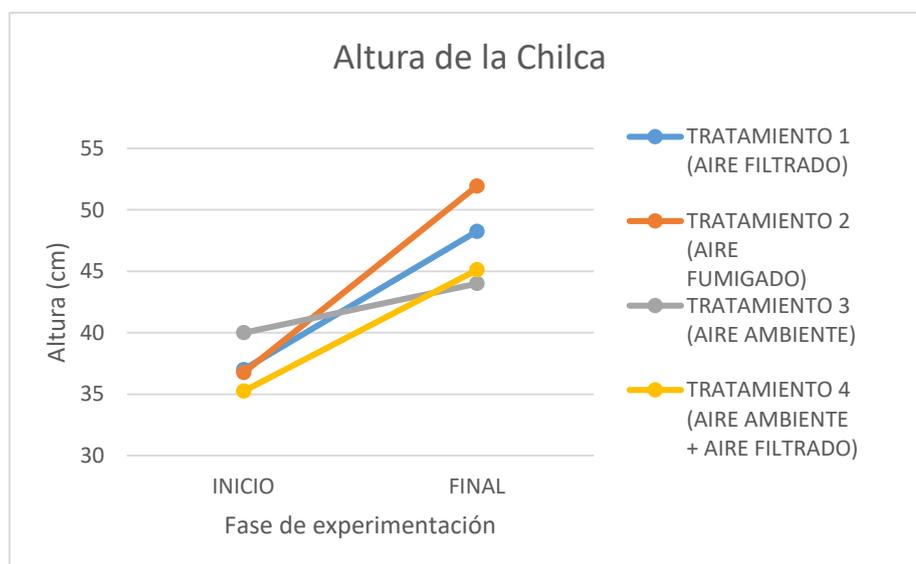


Figura 42. Crecimiento de la especie *Baccharis latifolia* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 22 muestra el porcentaje de crecimiento de las plantas de la especie *Baccharis latifolia* de cada tratamiento. Determinando que las plantas más afectadas son las del Tratamiento 3 ya que las mismas no crecieron mucho a comparación de los demás tratamientos. Como se puede divisar en la Figura 42 todos los tratamientos iniciaron con una variación de altura. Inclusive se puede denotar cual fue la altura al final de la experimentación. Dando como resultado en porcentaje de crecimiento que el Tratamiento 1, 2 y 4 crecieron significativamente en 23,2%, 29,2 % y 21,9%, respectivamente. Mientras que las plantas de esta especie en el Tratamiento 3 crecieron solo 9,1%.

La Tabla 11 demuestra el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que hay efectos significativos en el crecimiento de las plantas de Chilca por exposición al ozono en los diversos tratamientos.

*Tabla 23*

*Análisis estadístico ANOVA de la altura de la Chilca*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	8	90	11,25	41,928
TRATAMIENTO 2	8	121,5	15,18	69,566
TRATAMIENTO 3	8	32	4	13,785
TRATAMIENTO 4	8	79	9,87	12,410

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	515,71	3	171,9036	4,993	0,00671	2,946
Dentro de los grupos	963,84	28	34,4229			
Total	1479,55	31				

En el Anexo 8 se pueden observar los resultados obtenidos del crecimiento de la Salvia Ornamental más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 24

Altura de la Salvia Ornamental antes y después de la experimentación.

CRECIMIENTO DE LA SALVIA ORNAMENTAL					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm)	FINAL (cm)	DISMINUCIÓN (cm)	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	32	35	3	8
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	32	32	0	-2,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	33	31	-2	-5,0
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	32	35	3	9,0

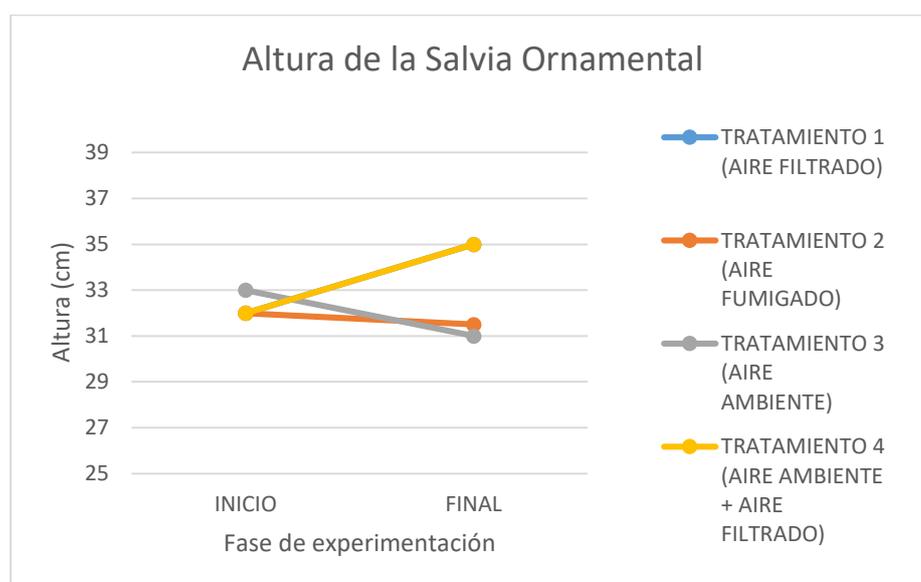


Figura 43. Crecimiento de la especie *Salvia splendens* con respecto a cada uno de los tratamientos

La Tabla 24 muestra el porcentaje de crecimiento de las plantas de la especie *Salvia splendens* de cada tratamiento. Determinando que las plantas más afectadas son las del Tratamiento 3 ya que la altura de las plantas se redujo en un 5%. Como se puede observar en la Figura 43 tan solo uno de los tratamientos inició con una variación de altura. Además, se puede denotar cual fue la altura al final de la experimentación en cada tratamiento. En cuanto al Tratamiento 2 la altura de las plantas de esta especie disminuyó en un 2%. Dando como resultado en porcentaje de crecimiento que el Tratamiento 1 y 4 crecieron a un 8% y 9%, respectivamente.

La Tabla 11 demuestra el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que hay efectos significativos en el crecimiento de las plantas de *Salvia Ornamental* por exposición al ozono en los diversos tratamientos.

*Tabla 25*

*Análisis estadístico ANOVA de la altura de la Salvia Ornamental*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	11	2,75	5,58
TRATAMIENTO 2	4	-3	-0,75	9,58
TRATAMIENTO 3	3	-5	-1,67	0,33
TRATAMIENTO 4	3	10	3,33	1,33

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	62,095	3	20,698	4,239	0,036	3,708
Dentro de los grupos	48,833	10	4,883			

Total 110,929 13

En el Anexo 9 se pueden observar los resultados obtenidos del crecimiento de la Salvia de Quito más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 26

Altura de la Salvia de Quito antes y después de la experimentación

CRECIMIENTO DE LA SALVIA DE QUITO					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm)	FINAL (cm)	DISMINUCIÓN (cm)	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	38	48	10	20
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	37	37	0	0,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	37	37	-0,4	-2,2
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	36	48	12	24,0

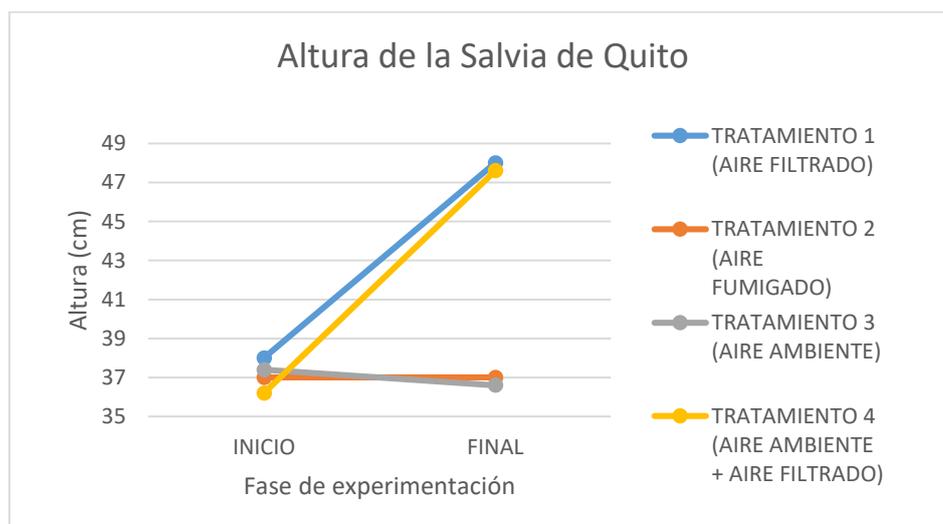


Figura 44. Crecimiento de la especie *Salvia quitensis* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 26 muestra el porcentaje de crecimiento de las plantas de la especie *Salvia quitensis* de cada tratamiento. Determinando que las plantas más afectadas son las del Tratamiento 3 ya que la altura de las plantas se redujo en un 2,2%. Como se puede observar en la Figura 44 todos los tratamientos iniciaron con una variación de altura. Inclusive, se puede denotar cual fue la altura al final de la experimentación en cada tratamiento. Dando como resultado en porcentaje de crecimiento que el Tratamiento 1 y 4 crecieron a un 20% y 24%, respectivamente. En cuanto al Tratamiento 2 la altura de las plantas de esta especie mantuvieron la altura inicial.

La Tabla 11 demuestra el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que hay efectos significativos en el crecimiento de las plantas de la salvia de Quito por exposición al ozono en los diversos tratamientos.

*Tabla 27*

*Análisis estadístico ANOVA de la altura de la Salvia de Quito*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	39	9,75	4,92
TRATAMIENTO 2	4	0,5	0,13	9,73
TRATAMIENTO 3	5	-4	-0,8	19,7
TRATAMIENTO 4	5	57	11,4	26,3

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	557,965	3	185,988	11,423	0,00047	3,343
Dentro de los grupos	227,938	14	16,281			

Total 785,903 17

#### 4.10 Número de hojas

En el Anexo 11 se pueden observar los resultados obtenidos del número de hojas de la Mora de Castilla más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 28

Cantidad de hojas promedio de la Mora de Castilla.

NÚMERO DE HOJAS DE LA MORA DE CASTILLA					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	DISMINUCIÓN	% DE HOJAS
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	8	127	119	93,9
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	14	79	65	82,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	10	67	57	84,9
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	14	126	112	89,0

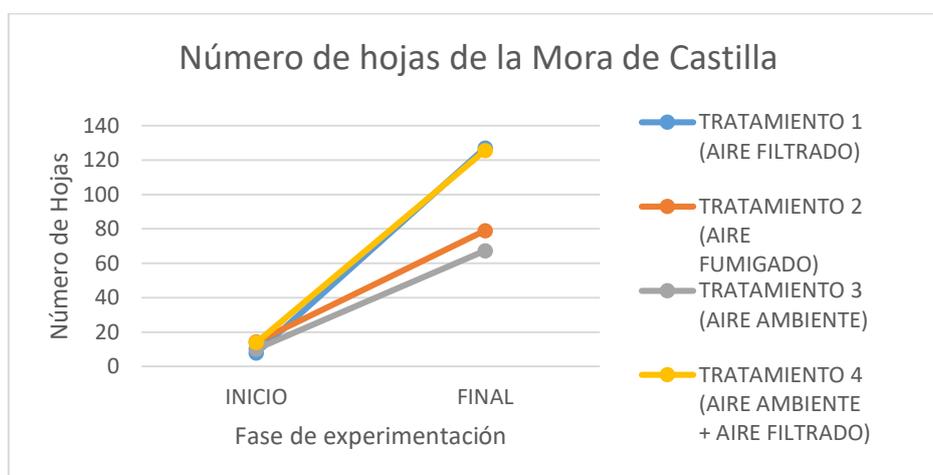


Figura 45. Cantidad de hojas de la especie *Rubus glaucus Benth* presente en cada tratamiento

La Tabla 28 muestra el porcentaje de crecimiento del número de hojas de la especie *Rubus glaucus Benth* en las cuatro celdas de experimentación. Determinando que las plantas del Tratamiento 1 y 4 tuvieron un mayor porcentaje en cuanto a la cantidad de hojas al final de la experimentación. Como se puede observar en la Figura 45 la cantidad de hojas en cada tratamiento han aumentado mucho sobre todo en el Tratamiento 1 y 4 llegando a tener hasta 127 y 126 hojas respectivamente en cada una de las plantas de dichas celdas. Además, se puede observar que tanto en el Tratamiento 2 y 3 la cantidad de hojas no es tan relevante a comparación del Tratamiento 1 y 4, llegando a tener un porcentaje de número de hojas de un 82% y 84,9% en el Tratamiento 2 y 3 respectivamente.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que hay efectos significativos en la cantidad de hojas de la Mora de Castilla por exposición al ozono en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 29*

*Análisis estadístico ANOVA del número de hojas de la Mora de Castilla*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	8	955	119,38	2766,55
TRATAMIENTO 2	8	518	64,75	1431,93
TRATAMIENTO 3	8	457	57,13	881,27
TRATAMIENTO 4	8	894	111,75	3941,36

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
----------------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------------------	----------	---------------------	-----------------------------

Entre grupos	24336,25	3	8112,083	3,597	0,026	2,947
Dentro de los grupos	63147,75	28	2255,277			
Total	87484	31				

---

En el Anexo 12 se pueden observar los resultados obtenidos del número de hojas de la Chilca más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

*Tabla 30*

Cantidad de hojas promedio de la Chilca.

<b>NÚMERO DE HOJAS DE LA CHILCA</b>					
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. DE PLANTAS</b>	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>DISMINUCIÓN</b>	<b>% DE HOJAS</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	8	5	68	63	92,2
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	8	6	90	84	92,9
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	8	6	50	44	88,3
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	8	6	62	56	89,9

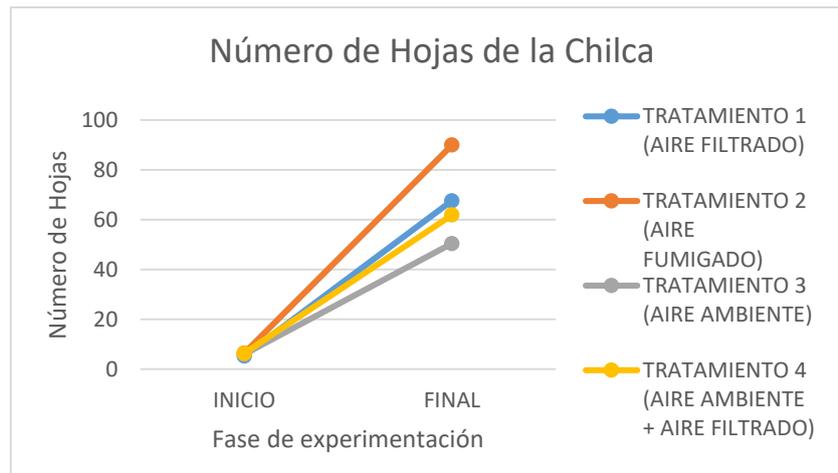


Figura 46. Cantidad de hojas de la especie *Baccharis latifolia* presente en cada tratamiento

La Tabla 30 muestra el porcentaje de crecimiento del número de hojas de la especie *Baccharis latifolia* en las cuatro celdas de experimentación. Determinando que las plantas del Tratamiento 1 y 2 tuvieron un mayor porcentaje en cuanto a la cantidad de hojas al final de la experimentación. Como se puede observar en la Figura 46 la cantidad de hojas en cada tratamiento han aumentado mucho sobre todo en el Tratamiento 1 y 2 llegando a tener hasta 90 y 68 hojas respectivamente en cada una de las plantas de dichas celdas. Además, se puede observar que tanto en el Tratamiento 3 y 4 la cantidad de hojas no es tan relevante a comparación del Tratamiento 1 y 2, llegando a tener un porcentaje de número de hojas de un 88,3% y 89,9% en Tratamiento 3 y 4 respectivamente. Cabe mencionar que estas dos celdas se encontraban expuestas al ozono presente en el ambiente.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que el ozono no afecta de manera significativa al incremento o disminución de hojas de las plantas de Chilca en los diversos tratamientos.

Tabla 31

Análisis estadístico ANOVA del número de hojas de la Chilca

## RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRATAMIENTO 1	8	499	62,4	629,7
TRATAMIENTO 2	8	669	83,6	1615,7
TRATAMIENTO 3	8	356	44,5	656,3
TRATAMIENTO 4	8	445	55,6	218,8

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6510,34	3	2170,115	2,782	0,059	2,947
Dentro de los grupos	21843,63	28	780,129			
Total	28353,97	31				

En el Anexo 13 se pueden observar los resultados obtenidos del número de hojas de la Salvia Ornamental más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 32

Cantidad de hojas promedio de la Salvia Ornamental.

NÚMERO DE HOJAS DE LA SALVIA ORNAMENTAL					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	DISMINUCIÓN	% DE HOJAS
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	23	75	52	70
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	18	48	30	63
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	14	40	26	63,9

NÚMERO DE HOJAS DE LA SALVIA ORNAMENTAL					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	DISMINUCIÓN	% DE HOJAS
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	12	55	43	78,7

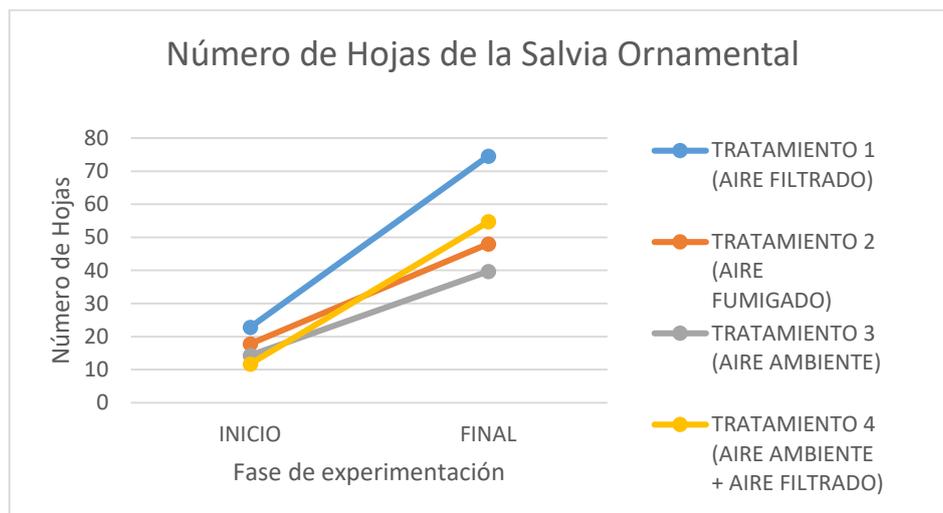


Figura 47. Cantidad de hojas de la especie *Salvia splendens* presente en cada tratamiento

La Tabla 32 muestra el porcentaje de crecimiento del número de hojas de la especie *Salvia splendens* en las cuatro celdas de experimentación. Determinando que las plantas que se encontraban en el Tratamiento 1 tuvieron un mayor porcentaje en cuanto a la cantidad de hojas al final de la experimentación. Como se puede observar en la Figura 47 la cantidad de hojas en cada tratamiento al inicio tiene una gran variación. Inclusive, se puede observar el incremento del número de hojas al final de la experimentación. Además, se puede divisar que los Tratamientos 2-4 son los que tiene menor cantidad de hojas al final de la experimentación debido a que este se encontraba expuesta a diversas concentraciones de ozono troposférico.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la

hipotesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que el ozono no afecta de manera significativa al incremento o disminución de hojas de las plantas de la Salvia Ornamental en los diversos tratamientos.

*Tabla 33*

*Análisis estadístico ANOVA del número de hojas de la Salvia Ornamental*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	207	51,75	94,92
TRATAMIENTO 2	4	101	25,25	1002,25
TRATAMIENTO 3	3	56	18,67	574,33
TRATAMIENTO 4	3	109	36,33	240,33

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2287,52	3	762,508	1,550	0,262	3,708
Dentro de los grupos	4920,83	10	492,083			
Total	7208,36	13				

En el Anexo 14 se pueden observar los resultados obtenidos del número de hojas de la Salvia de Quito más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

*Tabla 34*

Cantidad de hojas promedio de la Salvia de Quito.

NÚMERO DE HOJAS DE LA SALVIA DE QUITO					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	DISMINUCIÓN	% DE HOJAS
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	201	301	100	33
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	202	216	14	20,4
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	191	174	-17	-10,1
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	194	211	17	8,0

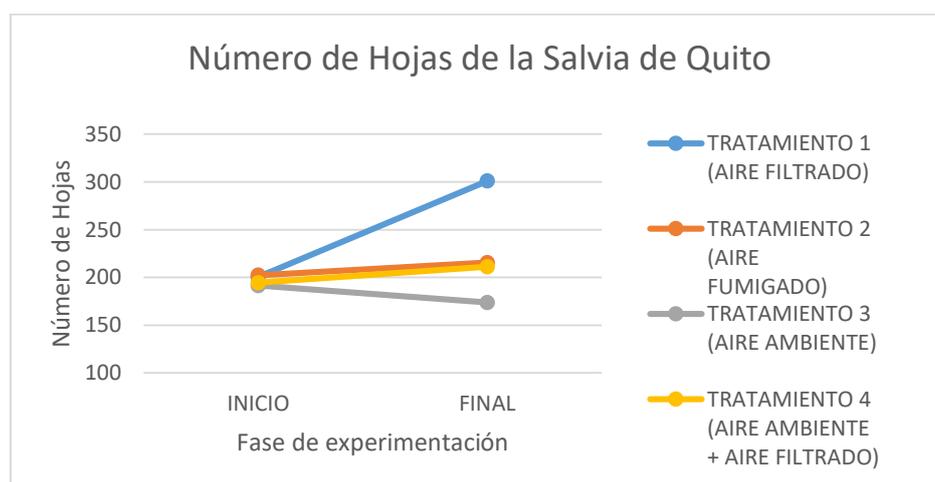


Figura 48. Cantidad de hojas de la especie *Salvia quitensis* presente en cada tratamiento

La Tabla 34 muestra el porcentaje de crecimiento del número de hojas de la especie *Salvia quitensis* en las cuatro celdas de experimentación. Determinando que las plantas que se encontraban en el Tratamiento 1 tuvieron un mayor porcentaje de crecimiento en cuanto a la cantidad de hojas al final de la experimentación, llegando a ser de 33%. Como se puede observar en la Figura 48 tanto el Tratamiento 2 y 4 tienen un mínimo de crecimiento en la cantidad de sus hojas ya que han llegado a tener 216 y 211 que es poco a comparación del Tratamiento 1. Cabe mencionar que el Tratamiento 3 fue el más afectado debido

a las altas concentraciones de ozono troposférico disminuyendo en un 10,1% en su cantidad de hojas en cada planta de dicha celda de experimentación.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que el ozono no afecta significativamente al incremento o disminución de hojas de las plantas de la Salvia de Quito en los diversos tratamientos.

*Tabla 35*

*Análisis estadístico ANOVA del número de hojas de la Salvia de Quito*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	402	100,5	2076,3
TRATAMIENTO 2	4	264	66	7750
TRATAMIENTO 3	5	-88	-17,6	3598,3
TRATAMIENTO 4	5	84	16,8	8380,2

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	36438,1	3	12146,04	2,20	0,13	3,34
Dentro de los grupos	77393,0	14	5528,07			
Total	113831,1	17				

#### 4.11 Tamaño promedio de hojas

En el Anexo 16 se pueden observar los resultados obtenidos del tamaño de hojas de la Mora de Castilla más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 36

Promedio del tamaño de las hojas de la Mora de Castilla antes y después de la experimentación.

TAMAÑO DE LAS HOJAS DE LA MORA DE CASTILLA					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm <sup>2</sup> )	FINAL (cm <sup>2</sup> )	DISMINUCIÓN (cm <sup>2</sup> )	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	4	4	0,9	20,7
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	4	3	-0,4	-13,8
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	4	3	-0,5	-17,8
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	4	3	-0,2	-7,2

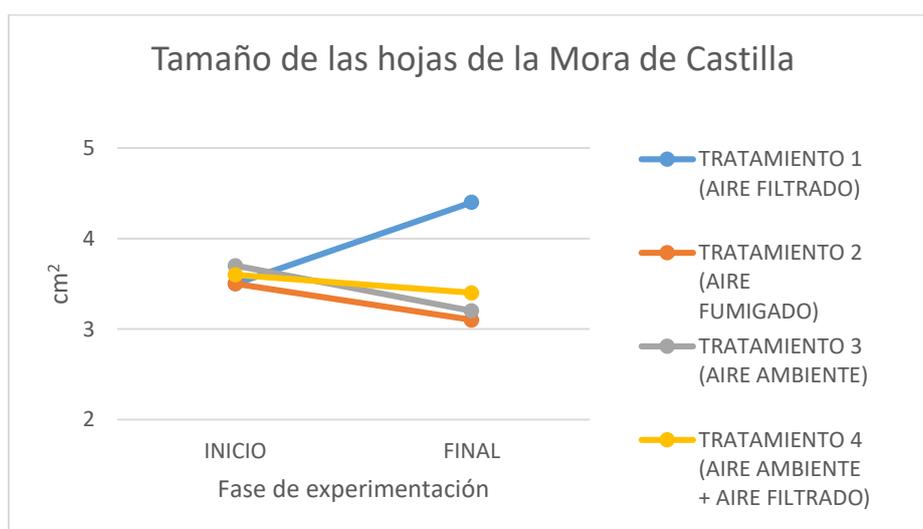


Figura 49. Tamaño de las hojas de la especie *Rubus glaucus Benth* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 36 muestra el porcentaje de crecimiento del tamaño de las hojas de la especie *Rubus glaucus Benth* en las distintas celdas de experimentación. Determinando que las plantas del Tratamiento 2-4 son las más afectadas ya que estas se encontraban expuestas a diversas concentraciones de ozono. Sin embargo, como se puede evidenciar en la Figura 49 el Tratamiento 2 es el más afectado llegando a reducir su tamaño en un 13,8 %. No obstante, se puede divisar que el tratamiento que ha presentado mejores resultados es el Tratamiento 1 ya que este ha incrementado su tamaño en un 20,7% y este fue una de las celdas que no estuvo expuesta a ningún tipo de contaminante.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que el ozono no afecta de manera significativa al tamaño de las hojas de la Mora de Castilla en los diversos tratamientos.

*Tabla 37*

*Análisis estadístico ANOVA del tamaño de las hojas de la Mora de Castilla*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	8	7,3367	0,9171	1,555
TRATAMIENTO 2	8	-3,41	-0,42625	2,192
TRATAMIENTO 3	8	-4,52	-0,565	1,369
TRATAMIENTO 4	8	-1,94	-0,2425	0,769

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
----------------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------------------	----------	---------------------	-----------------------------

Entre grupos	11,0055	3	3,669	2,493	0,081	2,947
Dentro de los grupos	41,2004	28	1,471			
Total	52,2059	31				

En el Anexo 17 se pueden observar los resultados obtenidos del tamaño de hojas de la Chilca más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

*Tabla 38*

Promedio del tamaño de las hojas de la Chilca antes y después de la experimentación.

<b>TAMAÑO DE LAS HOJAS DE LA CHILCA</b>					
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. DE PLANTAS</b>	<b>INICIO (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>FINAL (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>DISMINUCIÓN (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% DE CRECIMIENTO</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	8	3	6	2,1	38,6
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	8	3	4	1	23,6
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	8	3	4	0,1	3,5
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	8	3	4	0,6	16,3

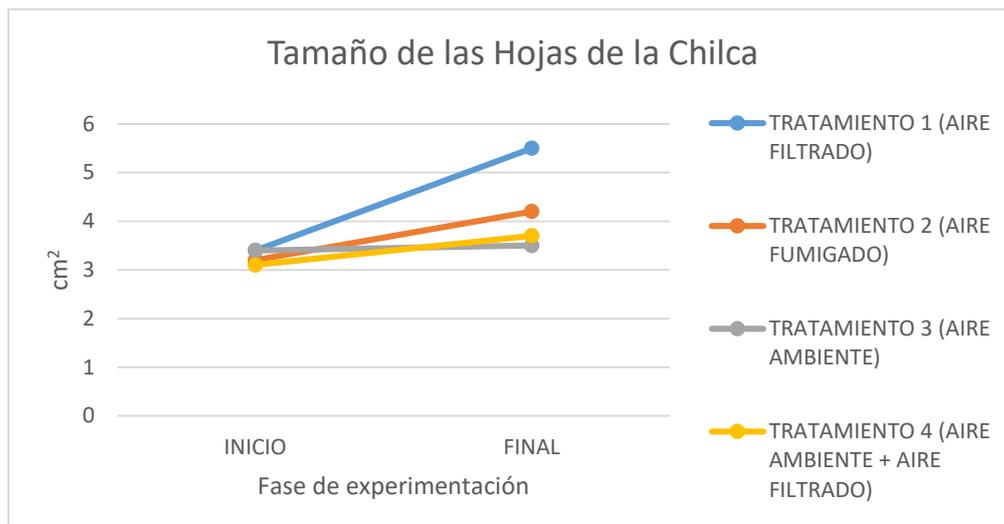


Figura 50. Tamaño de las hojas de la especie *Baccharis latifolia* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 38 muestra el porcentaje de crecimiento del tamaño de las hojas de la especie *Baccharis latifolia* en las distintas celdas de experimentación. Determinando que las plantas del Tratamiento 2 Y 4 son las más afectadas ya que estas se encontraban expuestas a diversas concentraciones de ozono. Sin embargo, como se puede evidenciar en la Figura 50 en todos los tratamientos hubo un incremento en el tamaño de las hojas. Sin embargo, Tratamiento 3 es el más afectado ya que fue un crecimiento mínimo de tan solo 0,1 cm<sup>2</sup>. No obstante, los otros dos tratamientos que fueron sometidos a concentraciones de ozono troposférico relativamente bajos también incrementaron el tamaño de las hojas, pero no mucho a comparación del Tratamiento 1 ya que este poseía carbón activado y tuvo un incremento en el tamaño de un 38,6 %.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa en al tamaño de las hojas de la Chilca en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

Tabla 39

Análisis estadístico ANOVA del tamaño de las hojas de la Chilca

## RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
TRATAMIENTO 1	8	16,89	2,111	0,227
TRATAMIENTO 2	8	7,87	0,984	0,250
TRATAMIENTO 3	8	0,98	0,123	0,750
TRATAMIENTO 4	8	4,86	0,608	1,273

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	17,212	3	5,737	9,176	0,000217	2,946
Dentro de los grupos	17,507	28	0,625			
Total	34,719	31				

En el Anexo 18 se pueden observar los resultados obtenidos del tamaño de hojas de la Salvia Ornamental más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 40

Promedio del tamaño de las hojas de la Salvia Ornamental antes y después de la experimentación.

TAMAÑO DE LAS HOJAS DE LA SALVIA ORNAMENTAL					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm <sup>2</sup> )	FINAL (cm <sup>2</sup> )	DISMINUCIÓN (cm <sup>2</sup> )	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	6	4	-1,6	-41
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	5	3	-1,9	-69

TAMAÑO DE LAS HOJAS DE LA SALVIA ORNAMENTAL					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm <sup>2</sup> )	FINAL (cm <sup>2</sup> )	DISMINUCIÓN (cm <sup>2</sup> )	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	6	3	-2,3	-72,8
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	6	4	-1,3	-31,3

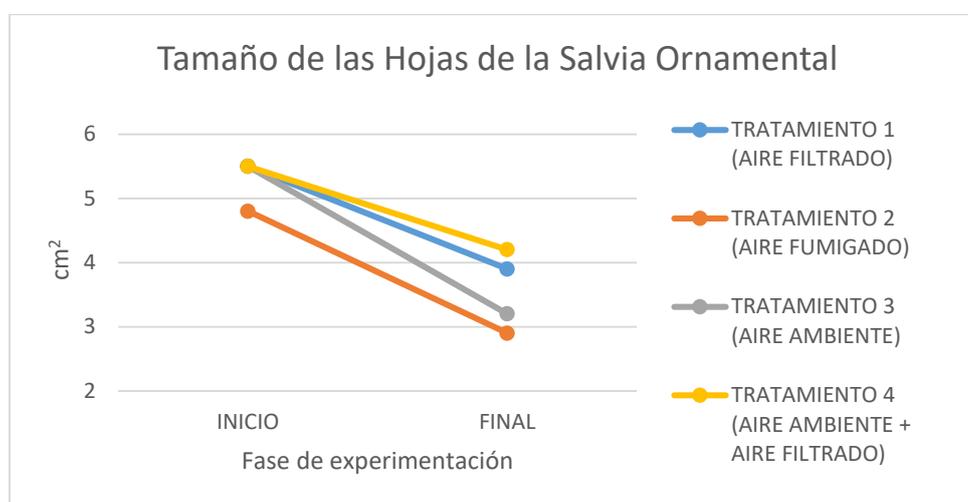


Figura 51. Tamaño de las hojas de la especie *Salvia splendens* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 40 muestra el porcentaje de crecimiento del tamaño de las hojas de la especie *Salvia splendens* en las distintas celdas de experimentación. Determinando que todos los tratamientos presentan una disminución en el tamaño de las hojas de cada una de las plantas. Sin embargo, el tratamiento en el cual se observó un mayor cambio fue en el Tratamiento 3 ya que se observó una disminución de 72,8 %. Como se puede denotar en la Figura 51 el segundo tratamiento inició con un tamaño de hojas variado a comparación de los demás tratamientos, a pesar de ello como se mencionó anteriormente el tratamiento más afectado es el Tratamiento 3, seguido del Tratamiento 2 que ha disminuido su tamaño en un 69% y el Tratamiento 4 en un 31,3 %. No obstante, se puede evidenciar que el Tratamiento 1 ha sufrido un efecto adverso a pesar de que este

no haya sido expuesta a ozono por lo que su disminución se debe a otros parámetros.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que el ozono no afecta de manera significativa al tamaño de las hojas de la Salvia Ornamental en los diversos tratamientos.

*Tabla 41*

*Análisis estadístico ANOVA del tamaño de las hojas de la Salvia Ornamental*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	-6,35	-1,59	0,85
TRATAMIENTO 2	4	-7,82	-1,96	0,44
TRATAMIENTO 3	3	-6,91	-2,30	0,91
TRATAMIENTO 4	3	-3,9	-1,30	0,11

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1,783	3	0,594	1,006	0,430	3,708
Dentro de los grupos	5,907	10	0,591			
Total	7,690	13				

En el Anexo 19 se pueden observar los resultados obtenidos del tamaño de hojas de la Salvia de Quito más detalladamente antes y después de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 42

Promedio del tamaño de las hojas de la Salvia de Quito antes y después de la experimentación.

TAMAÑO DE LAS HOJAS DE LA SALVIA DE QUITO					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO (cm <sup>2</sup> )	FINAL (cm <sup>2</sup> )	DISMINUCIÓN (cm <sup>2</sup> )	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	4	3	-1,4	-47
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	4	3	-1,3	-48,4
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	4	2	-1,9	-83,6
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	4	3	-1,5	-61,7

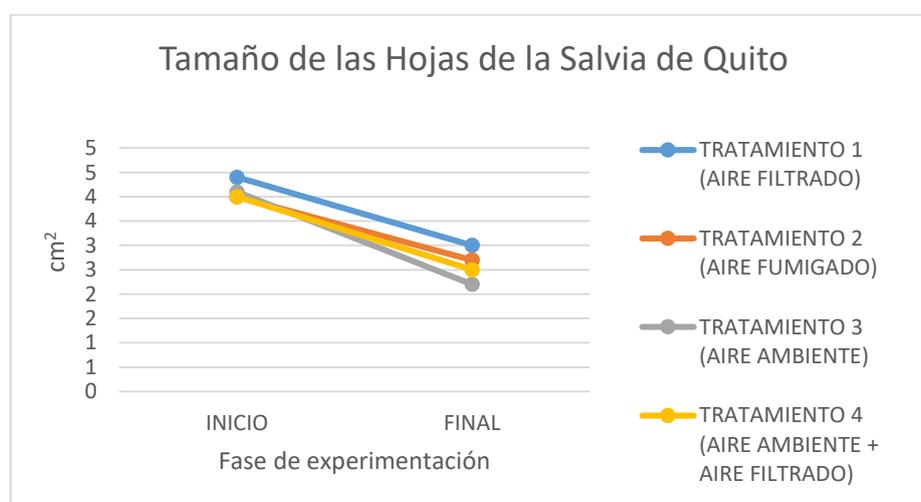


Figura 52. Tamaño de las hojas de la especie *Salvia quitensis* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 42 muestra el porcentaje de crecimiento del tamaño de las hojas de la especie *Salvia quitensis* en las distintas celdas de experimentación. Determinando que todos los tratamientos presentan una disminución en el tamaño de las hojas de cada una de las plantas. Sin embargo, el tratamiento en cual se observó un mayor cambio fue el Tratamiento 3 ya que se observó una

disminución de 83,6 %. Además, como se puede denotar en la Figura 52 el Tratamiento 1 inició con un tamaño de hojas variado a comparación de los demás tratamientos. Cabe mencionar, que el Tratamiento 4 disminuyó su tamaño en un 61,7% y el Tratamiento 2 en un 48,4 %, los cuales fueron expuestos a diversas concentraciones de ozono. No obstante, se puede evidenciar que el Tratamiento 1 ha sufrido un efecto adverso a pesar de que este no haya sido expuesta a ozono por lo que su disminución se debe a otros parámetros.

Se realizó el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 21 la probabilidad es mayor que  $\alpha$  por lo tanto se demuestra que el ozono no afecta significativamente en el tamaño de hojas de la Salvia de Quito en los diversos tratamientos.

*Tabla 43*

*Análisis estadístico ANOVA del tamaño de las hojas de la Salvia de Quito*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	-5,58	-1,40	1,40
TRATAMIENTO 2	4	-5,21	-1,30	0,88
TRATAMIENTO 3	5	-9,25	-1,85	0,47
TRATAMIENTO 4	5	-7,72	-1,54	0,97

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,790	3	0,263	0,293	0,830	3,344
Dentro de los grupos	12,597	14	0,900			
Total	13,387	17				

#### 4.12 Número de manchas

En el Anexo 21 se pueden observar las manchas en las hojas de la Mora de Castilla al final de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 44

Cantidad de manchas presentes en las hojas de la Mora de Castilla.

HOJAS CON MANCHAS DE LA MORA DE CASTILLA					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	INCREMENTO	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	0	7	7	100,0
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	0	28	28	100,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	0	50	50	100,0
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	0	18	18	100,0

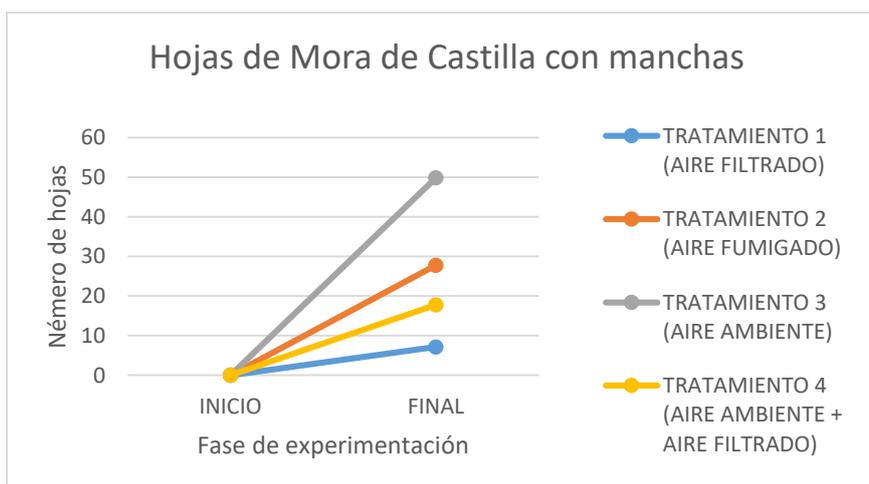


Figura 53. Número de manchas presente en las hojas de la especie *Rubus glaucus Benth* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 44 muestra el porcentaje de la cantidad de manchas que se formaron en las plantas de la especie *Rubus glaucus Benth* en cada uno de los tratamientos. Determinando que todas las plantas en todos los tratamientos tienen un 100% de crecimiento de manchas, esto debido a que antes de la experimentación no se observaba ninguna mancha. Además, como se puede denotar en la Figura 53 el tratamiento donde más se observó manchas fue el Tratamiento 3 ya que al final de la experimentación el número total de hojas manchadas fueron 50 a comparación de los demás tratamientos que tuvieron entre 18 a 7 hojas manchadas.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa, incrementando el número de manchas en las hojas de la Mora de Castilla en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 45*

*Análisis estadístico ANOVA de la cantidad de manchas presentes en las hojas de la Mora de Castilla*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	8	57	7,13	8,98
TRATAMIENTO 2	8	222	27,75	343,64
TRATAMIENTO 3	8	399	49,88	444,70
TRATAMIENTO 4	8	142	17,75	144,21

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7974,75	3	2658,25	11,29	4,96743E-05	2,95
Dentro de los grupos	6590,75	28	235,38			

Total 14565,5 31

En el Anexo 22 se pueden observar las manchas en las hojas de la Chilca al final de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 46

Cantidad de manchas presentes en las hojas de la Chilca.

HOJAS CON MANCHAS DE LA CHILCA					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	INCREMENTO	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	0	1	1	100,0
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	0	2	2	100,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	0	5	5	100,0
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	0	3	3	100,0



Figura 54. Número de manchas presentes en las hojas de la especie *Baccharis latifolia* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 46 muestra el porcentaje de la cantidad de manchas que se formaron en las plantas de la especie *Baccharis latifolia* en cada uno de los tratamientos. Determinando que todas las plantas en todos los tratamientos tienen un 100% de crecimiento de manchas, esto debido a que antes de la experimentación no se observaba ninguna mancha. Además, como se puede denotar en la Figura 54 el tratamiento donde más se observó manchas fue el Tratamiento 3 ya que al final de la experimentación el número total de hojas manchadas fueron 5 a comparación de los demás tratamientos que tuvieron entre 3 a 1 hojas manchadas.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa, incrementando el número de manchas en las hojas de la Chilca en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 47*

*Análisis estadístico ANOVA de la cantidad de manchas presentes en las hojas de la Chilca*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	8	5	0,63	1,41
TRATAMIENTO 2	8	12	1,50	2,86
TRATAMIENTO 3	8	42	5,25	7,36
TRATAMIENTO 4	8	23	2,88	15,55

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	97,62	3	32,5417	4,7893	0,0081	2,9467
Dentro de los grupos	190,25	28	6,7946			

Total 287,87 31

En el Anexo 23 se pueden observar las manchas en las hojas de la Salvia Ornamental al final de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 48

Cantidad de manchas presentes en las hojas de Salvia Ornamental.

HOJAS CON MANCHAS DE LA SALVIA ORNAMENTAL					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	INCREMENTO	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	0	10	10	100,0
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	0	53	53	100,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	0	39	39	100,0
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	0	27	27	100,0

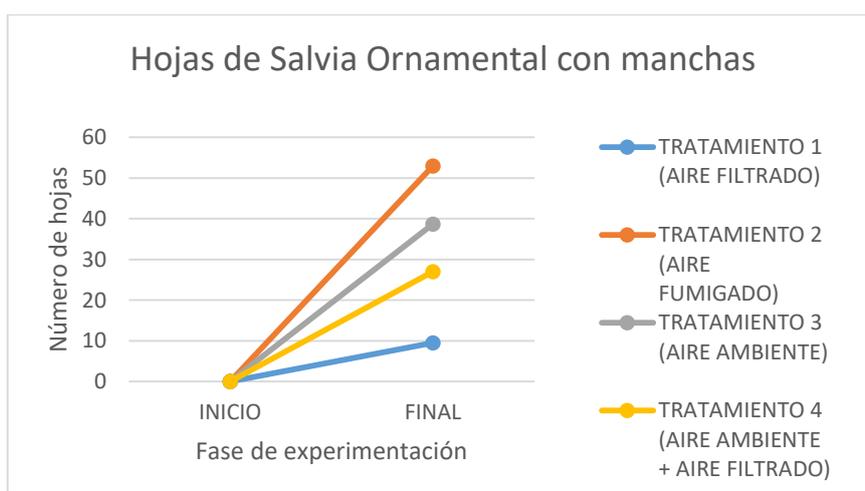


Figura 55. Número de manchas presentes en las hojas de la especie *Salvia splendens* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 48 muestra el porcentaje de la cantidad de manchas que se formaron en las plantas de la especie *Salvia splendens* en cada uno de los tratamientos. Determinando que todas las plantas en todos los tratamientos tienen un 100% de crecimiento de manchas, esto debido a que antes de la experimentación no se observaba ninguna mancha. Además, como se puede denotar en la Figura 55 el tratamiento donde más se observó manchas fue el Tratamiento 2 ya que al final de la experimentación el número total de hojas manchadas fueron 53 a pesar de que haya estado expuesta a bajas concentraciones. Sin embargo, los demás tratamientos también tuvieron incremento de hojas manchadas entre 10 a 39.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa, incrementando el número de manchas en las hojas de la Salvia Ornamental en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 49*

*Análisis estadístico ANOVA de la cantidad de manchas presentes en las hojas de la Salvia Ornamental*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	38	9,5	27
TRATAMIENTO 2	4	212	53	573,3
TRATAMIENTO 3	3	116	38,7	142,3
TRATAMIENTO 4	3	81	27	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
----------------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------------------	----------	---------------------	-----------------------------

Entre grupos	3997,26	3	1332,42	6,29	0,01	3,71
Dentro de los grupos	2117,67	10	211,77			
Total	6114,93	13				

En el Anexo 24 se pueden observar las manchas en las hojas de la Salvia de Quito al final de la experimentación en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tabla 50

Cantidad de manchas presentes en las hojas de la Salvia de Quito.

HOJAS CON MANCHAS DE LA SALVIA DE QUITO					
TRATAMIENTO	No. DE PLANTAS	INICIO	FINAL	INCREMENTO	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	8	0	3	3	100,0
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	8	0	22	22	100,0
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	8	0	18	18	100,0
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	8	0	7	7	100,0

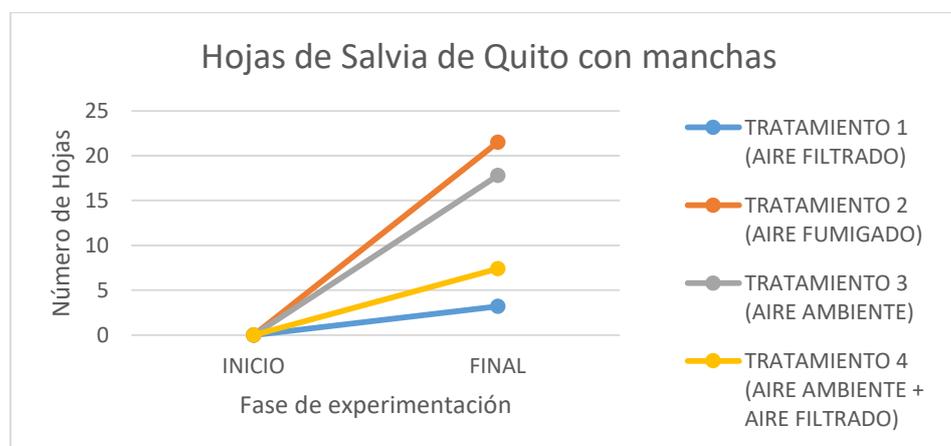


Figura 56. Número de manchas presentes en las hojas de las especie *Salvia quitensis* con respecto a cada tratamiento

La Tabla 50 muestra el porcentaje de la cantidad de manchas que se formaron en las plantas de la especie *Salvia quitensis* en cada uno de los tratamientos. Determinando que todas las plantas en todos los tratamientos tienen un 100% de crecimiento de manchas, esto debido a que antes de la experimentación no se observaba ninguna mancha. Además, como se puede denotar en la Figura 56 el tratamiento donde más se observó manchas fue el Tratamiento 2 ya que al final de la experimentación el número total de hojas manchadas fueron 53 a pesar de que haya estado expuesta a bajas concentraciones. Sin embargo, los demás tratamientos también tuvieron incremento de hojas manchadas entre 3 a 18.

Mediante el análisis estadístico ANOVA, el cual define que si la probabilidad de los resultados es menor al valor  $\alpha$  que en este caso es 0,05 se aprueba la hipótesis 1 ( $H_1$ ), la cual establece que existe variación entre los datos y demostrando que el ozono afecta de manera significativa, incrementando el número de manchas en las hojas de la Salvia de Quito en los diversos tratamientos como se observa en la Tabla 5.

*Tabla 51*

*Análisis estadístico ANOVA de la cantidad de manchas presentes en las hojas de la Salvia de Quito*

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
TRATAMIENTO 1	4	13	3,25	6,92
TRATAMIENTO 2	4	86	21,5	13,67
TRATAMIENTO 3	5	89	17,8	32,70
TRATAMIENTO 4	5	37	7,4	8,30

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	936,75	3	312,25	19,364	2,98117E-05	3,344
Dentro de los grupos	225,75	14	16,125			
Total	1162,5	17				

#### 4.13 Cambios morfológicos a nivel microscópico

En la Tabla 52 se puede observar el porcentaje de afectación del ozono troposférico a nivel microscópico de la Mora de Castilla. Además, se puede evidenciar que a nivel microscópico el tratamiento que presentó mayores efectos adversos en las hojas de cada una de las plantas fue el Tratamiento 3 (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con una afectación del 34%.

Tabla 52

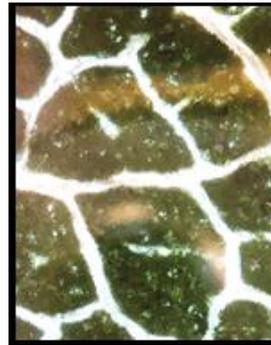
Cambios de la hoja de la Mora de Castilla a nivel microscópico y porcentaje de afectación.

MORA DE CASTILLA			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
			
1% de afectación a nivel microscópico	25% de afectación a nivel microscópico	34% de afectación a nivel microscópico	18% de afectación a nivel microscópico

En la Tabla 52 se puede observar el porcentaje de afectación del ozono troposférico a nivel microscópico de la Chilca. Además, se puede evidenciar que a nivel microscópico el tratamiento que presentó mayores efectos adversos en las hojas de cada una de las plantas fue el Tratamiento 3 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con una afectación del 29%.

*Tabla 53*

Cambios de la hoja de la Chilca a nivel microscópico por tratamiento y porcentaje de afectación.

CHILCA			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
			
0% de afectación a nivel microscópico	21% de afectación a nivel microscópico	29% de afectación a nivel microscópico	2% de afectación a nivel microscópico

En la Tabla 52 se puede observar el porcentaje de afectación del ozono troposférico a nivel microscópico de la Salvia Ornamental. Además, se puede evidenciar que a nivel microscópico el tratamiento que presentó mayores efectos adversos en las hojas de cada una de las plantas fue el Tratamiento 3 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con una afectación del 60%.

*Tabla 54*

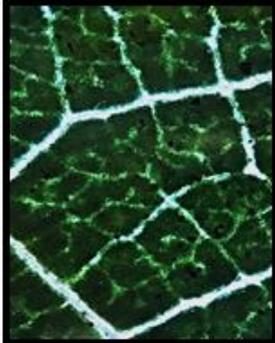
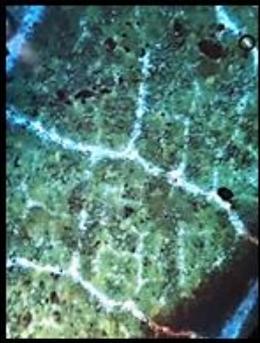
Cambios de la hoja de la Salvia Ornamental a nivel microscópico por tratamiento y porcentaje de afectación.

SALVIA ORNAMENTAL			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
			
4% de afectación a nivel microscópico	46% de afectación a nivel microscópico	60% de afectación a nivel microscópico	25% de afectación a nivel microscópico

En la Tabla 52 se puede observar el porcentaje de afectación del ozono troposférico a nivel microscópico de la Salvia de Quito. Además, se puede evidenciar que a nivel microscópico el tratamiento que presentó mayores efectos adversos en las hojas de cada una de las plantas fue el Tratamiento 3 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con una afectación del 55%.

*Tabla 55*

Cambios de la hoja de la Salvia de Quito a nivel microscópico por tratamiento y porcentaje de afectación.

SALVIA DE QUITO			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
			

2% de afectación a nivel microscópico	30% de afectación a nivel microscópico	55% de afectación a nivel microscópico	14% de afectación a nivel microscópico
---------------------------------------	--	--	--

De acuerdo con la Figura 57 la especie más afectada es la Salvia Ornamental presentando un 60% de afectación a nivel microscópico a causa de la exposición alta a ozono troposférico. También, se puede observar que todas poseen una curva de crecimiento, que disminuye al llegar al Tratamiento 4 es decir, que hay menor afectación durante el Tratamiento 4 donde se utilizó también carbón activado, el cual tiene la capacidad de eliminar o disminuir la concentración del contaminante presente en el ambiente.

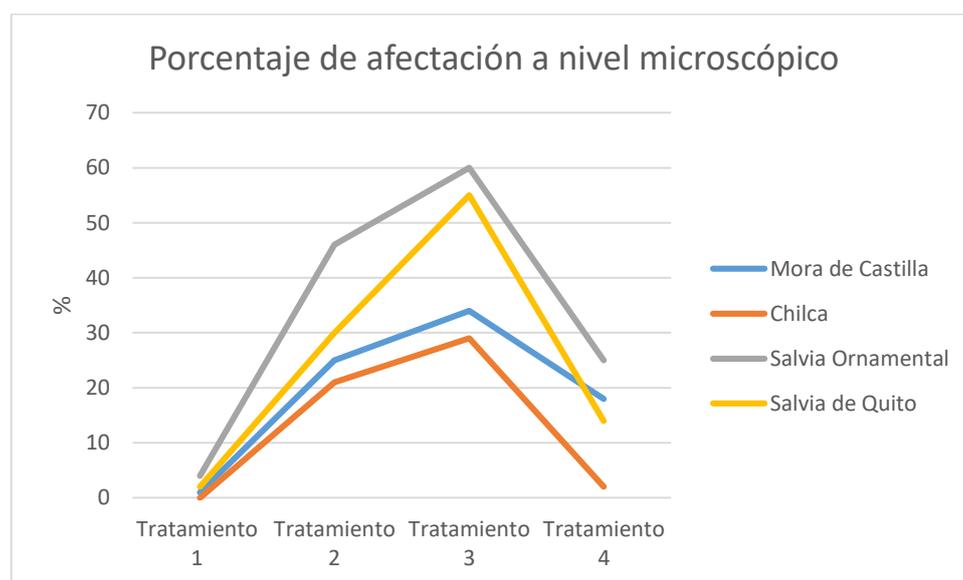


Figura 57. Porcentaje de afectación microscópica de cada una de las especies expuestas a ozono troposférico

## 5. DISCUSIÓN

Durante el experimento de dos meses Agosto y Septiembre de 2018, las concentraciones de ozono en la zona de experimentación se acercaron a los niveles dañinos para la vida ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); variando desde 82 hasta  $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$  al medio día. Para las plantas expuestas al aire ambiente podríamos esperar

efectos adversos en su morfología y otros parámetros. Es decir, que el experimento logró estar en las condiciones esperadas.

En el caso del experimento de clorofila de las 3 especies nativas de Quito se ha podido evidenciar que la especie más afectada es la Salvia Ornamental, ya que presenta una disminución significativa en el índice de concentración de clorofila en sus hojas. A comparación de las otras especies, donde la menos afectada es la Chilca seguido de la Salvia de Quito y la Mora de Castilla. Sin embargo, la disminución del índice de clorofila en las especies estudiadas puede deberse a otros parámetros como la radiación solar UV-B, debido a que se degradan las proteínas y polipéptidos (Hughes y Dunn, 1990). Lo que a su vez daría como resultado una pérdida en la capacidad fotosintética de la planta (Reol Manrique, 2003). Todos estos resultados fueron resumidos en el Anexo 3.

De acuerdo a un estudio realizado por Borowiak, Zbierska, Budka, y Kayzer (2014), para definir la concentración de clorofila en plantas de tabaco, petunias y frijoles expuestas a ozono troposférico, se ha podido evidenciar que varios de los resultados presentan una correlación positiva con la radiación solar y la temperatura del aire. En el caso de las plantas de petunia se pudo evidenciar que existe una alta relación entre las altas concentraciones de ozono y el contenido de clorofila en la materia seca. Inclusive, que la alta radiación solar está estrechamente relacionada con el contenido de clorofila en la materia seca. Además, en este estudio se pudo observar en el séptimo día de experimentación, el nivel más alto de la clorofila en todas sus hojas, mientras que los más bajos se pudo observar después del catorceavo día. Como se observó en los resultados finales de la experimentación en los Tratamientos 2-4 disminuyó el índice de concentración de clorofila después de 62 días, en todas las plantas expuestas a diversas concentraciones de ozono troposférico. A pesar de los resultados, sería óptimo medir la clorofila durante los primeros días para observar si en efecto uno de los parámetro de mayor afectación es el ozono. De acuerdo con Borowiak, Zbierska, y Jusik (2011), algunas especies de plantas muestran una disminución de clorofila con el

aumento de concentraciones de ozono troposférico. Sin embargo, se ha notado un incremento en el contenido de clorofila en los cultivos sensibles como respuesta de la planta a la disminución del área de la hoja debido a la aparición de necrosis (Borowiak et al., 2014). La reducción significativa de clorofila en el proceso de fotosíntesis durante la exposición de ozono puede ocurrir con o sin un daño visible (Scebba, Soldatini, y Ranieri, 2003).

En el caso del experimento de ácido ascórbico de las 3 especies nativas de Quito se ha podido evidenciar que la especie más afectada por el ozono es la Chilca, ya que presenta una disminución significativa en la concentración de ácido ascórbico. Sin embargo, las demás especies como la Mora de Castilla, Salvia de Quito y Salvia Ornamental, fueron afectadas por este contaminante especialmente en el Tratamiento 3.

De acuerdo a un estudio realizado por (Luwe, Takahama, y Heber (1993), acerca del efecto del ozono en las hojas de espinaca y como actúa el ácido ascórbico de la misma. Dando como resultados que los daños observados en las hojas fueron más extensos al tercer día de fumigación con  $0.3 \mu\text{L L}^{-1}$ , demostrando que ni el ascorbato u otros eliminadores de ozono podrían hacer frente al estrés oxidativo causado por este contaminante. El estudio mencionado es muy parecido con nuestra experimentación realizada con las especies Mora de Castilla, Salvia de Quito y Salvia Ornamental.

Cabe mencionar que la actividad antioxidante del ácido ascórbico está asociada con la resistencia al estrés oxidativo y la longevidad en las plantas (Smirnoff, 1996). Que parece el caso de la Chilca ya que esta presentó menos daños visibles durante la experimentación. Sin embargo, es la especie con menor cantidad de ácido ascórbico solo al final del experimento, ya que la especie con menor cantidad de ácido ascórbico al inicio y final de la experimentación fue la Salvia Ornamental. Por otra parte, de acuerdo con el estudio de (Khan, Mazid, y Mohammad (2011), se afirma que el ácido ascórbico bajo induce respuestas de defensa y el nivel de ascorbato alto suprimen la inducción de los genes de

defensa lo cual no ocurrió con las especies que poseían menor cantidad de ácido ascórbico, en este caso se debería realizar la experimentación con más réplicas de diferentes plantas de la misma especie.

En el caso del experimento de la altura de las plantas de las 3 especies nativas de Quito se ha podido evidenciar que la especie más afectada es la Salvia Ornamental y poco afectada la Salvia de Quito. Mientras que Chilca es una de las especies que incrementó su tamaño, esto se debe a que es una de las especies más tolerantes al ozono troposférico, debido a la resistencia de estrés oxidativo por la alta cantidad de ácido ascórbico que posee.

En el caso de la Mora de Castilla cuando se realizó el ANOVA se pudo observar que el ozono troposférico no es un factor significativo que altere el crecimiento de las plantas en sus diversos tratamientos. Sin embargo, al correr el ANOVA con los casos más extremos da como resultado que para este parámetro el efecto dañino es solo con altos niveles de ozono. Lo que se ve también es, que la concentración más alta era natural y la fumigación es menor. Pero las plantas eran pequeñas en los dos casos más extremos. Cabe mencionar, que en buenas condiciones el cambio es muy grande ya que en buenas condiciones la planta crece, mientras en aire abierto disminuye. Lo cual daría a pensar que en la naturaleza las plantas se desarrollan de esta forma. Sin embargo, se debería hacer una foto antes y después de los meses de agosto y septiembre, para observar el efecto en las plantas.

En el caso del experimento de número de hojas de las 3 especies nativas de Quito se ha podido evidenciar que la especie más afectada es la Salvia de Quito. Esto se debe a que uno de los efectos más visibles del ozono troposférico es el aumento de la rapidez de longevidad de las hojas, por lo cual hubo mayor desprendimiento de hojas de esta especie en los 4 tratamientos. Mientras que se pudo observar un incremento en el número de hojas en las especies: Salvia Ornamental, Chilca y Mora de Castilla. Lo cual implica que estas especies son más resistentes a este tipo de efecto. En este caso estas especies podrían ser

plantadas en las ciudades donde hay altos niveles de ozono aquí en el Ecuador como puede ser Santo domingo de los Tsachilas.

En el caso de las especies Chilca, Salvia Ornamental y Salvia de Quito cuando se realizó el ANOVA se pudo observar que el ozono troposférico no es un factor significativo que altere el incremento de número de hojas en las plantas en sus diversos tratamientos. Sin embargo, al correr el ANOVA con los casos más extremos de cada una de las especies, da como resultado que para este parámetro el efecto dañino es solo con altos niveles de ozono. Es decir,  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lo cual se acerca al nivel estándar de salud. Lo que nos lleva a los resultados esperados, sin embargo, también se debería correr el análisis estadístico para los otros tratamientos que son adicionales.

En el caso del tamaño de hojas de las 3 especies nativas de Quito se ha podido evidenciar que la especie más afectada de acuerdo al Anexo 3 es la Salvia Ornamental. Sin embargo, al correr el ANOVA son datos no significativos tanto para esta especie como para la Salvia de Quito por lo cual se determina que el ozono no es un factor significativo para la disminución del tamaño de las hojas de estas especies. Esto implica, que existen otros factores que alteran su tamaño tal como la radiación UV-B o la humedad, similar a lo ocurrido en el estudio de Terán (2018) en el cual los altos niveles de humedad dentro de las cajas de experimentación produjeron un daño directo en las hojas de la especie Salvia Ornamental, disminuyendo el área foliar y formándose lanas en sus hojas.

En cuanto a la Mora de Castilla cuando se realizó el ANOVA se pudo observar que el ozono troposférico no es un factor significativo que altere el tamaño de las hojas de las plantas en sus diversos tratamientos. Sin embargo, al correr el ANOVA con los casos más extremos da como resultado que para este parámetro el efecto dañino es solo con altos niveles de ozono. Es decir,  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lo cual se acerca al nivel peligroso.

En el caso del número de manchas en las hojas de las 3 especies nativas de Quito se ha podido evidenciar que la especie más afectada por el ozono es la Salvia Ornamental en el Tratamiento 2, ya que presenta una mayor cantidad de manchas al final de la experimentación. Sin embargo, las demás especies como la Mora de Castilla, Salvia de Quito y Salvia Ornamental, fueron afectadas por este contaminante especialmente en el Tratamiento 2-3, respectivamente. Cabe mencionar que el porcentaje de afectación es el más alto ya que las plantas al inicio de la experimentación no poseían ninguna mancha. Por otra parte, de acuerdo con la revisión bibliográfica estos son los efectos más significativos que produce el ozono troposférico independientemente de su concentración. De acuerdo con un estudio realizado con plantas del bosque Pacific Northwest expuestas a ozono en diferentes medios climáticos se pudo determinar que su efecto visible más común es la necrosis que se presentó en las hojas de cada una de las especies estudiadas (Brace, Peterson, y Bowers, 1999). A pesar de esto, también se puede decir que uno de los factores más influyentes en este efecto es la radiación UV-B ya que al inicio de la experimentación las plantas que se encontraban en las cajas abiertas fuera del microinvernadero recibían radiación directa, lo cual provocaba manchas tipo quemadura en sus hojas.

En cuanto a los cambios morfológicos a nivel microscópico en las 3 especies estudiadas se puede observar que los porcentajes varían de acuerdo a los niveles de ozono troposférico de cada celda de experimentación. Cabe recalcar, que las plantas tienden a responder de diferente manera frente a contaminantes como el ozono troposférico, pueden presentar cambios en la membrana plasmática, alteraciones en las concentraciones de iones internos, alteración estomática, cambios en el potencial osmótico y reducción de procesos fotosintéticos. Lo cual, a su vez reduce la capacidad de fijación de CO<sub>2</sub>, sobre todo en plantas que son expuestas a este contaminante durante largos periodos e intervienen de manera directa en la movilización de carbohidratos (Delgado, 2005). En este caso se deberían realizar más estudios de captación CO<sub>2</sub> para determinar la capacidad de fijación del mismo en las plantas estudiadas y como estas se han visto afectadas.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se implementó un prototipo de celdas de experimentación en la parroquia de Alangasí para plantas nativas expuestas a diversas concentraciones de ozono.

Se ha podido determinar que las diversas concentraciones de ozono troposférico afectan especialmente a las siguientes especies: Salvia Ornamental, Salvia de Quito y Mora de Castilla. Por otra parte la especie más tolerante a este contaminante es la Chilca, en la cual la presencia de efectos adversos son muy pequeños a comparación de las demás especies.

Los resultados en la mayoría de los parámetros estudiados en las especies se vieron significativamente afectadas durante el tercer tratamiento, el cual se encontraban concentraciones hasta de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante los meses de agosto y septiembre. La especie en la que más se evidenció la influencia del ozono es la *Salvia splendens*, la cual es una especie ornamental menos resistente al estrés causado por diversos contaminantes como el ozono.

Uno de los parámetros más importantes que se estudió fue la concentración de ácido ascórbico el cual representa la capacidad de tolerancia de las plantas a ser expuestas a concentraciones de ozono troposférico. Dando como resultado que la especie más tolerante es la Chilca ya que esta presentó menos efectos adversos tanto a nivel morfológico como a nivel microscópico. Seguida de la Mora de Castilla, Salvia de Quito y Salvia Ornamental.

Las altas concentraciones de ozono troposférico tienden a generar varios efectos adversos en las plantas, formando efectos en cascada. Como es el caso de la alteración de los estomas de las hojas que produce un daño en los cloroplastos y a su vez este limita la fijación de  $\text{CO}_2$  por lo cual disminuye el proceso fotosintético de las plantas. Que es el caso de las tres especies nativas de Quito estudiadas: Mora de Castilla, Chilca, Salvia de Quito y Salvia Ornamental,

especialmente durante los Tratamientos 2-4 en los cuales las concentraciones de ozono variaban entre 20 a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las tres especies de plantas nativas de Quito tuvieron un cambio en la altura, número de hojas, tamaño de las hojas y presencia de manchas. Determinando que la especie más afectada fue la Salvia Ornamental en la mayoría de los parámetros estudiados. Por otra parte, la especie con mayor resistencia en la mayoría de estos parámetros es la Chilca la cual puede resistir altos niveles de estrés ambiental, por lo tanto esta especie se puede encontrar en varias zonas especialmente en las afueras de las zonas urbanas.

El principal efecto en las plantas de las tres especies a causa de la exposición de ozono es la necrosis, la cual se pudo observar en los Tratamientos 2-4, ya que fueron expuestas a diversas concentraciones. De acuerdo con los resultados las plantas con mayor número de manchas fueron la Salvia Ornamental y la Salvia de Quito las cuales son menos resistentes al estrés ambiental producido por la contaminación de ozono.

## **6.2 Recomendaciones**

A pesar de que sea demostrado que el ozono afecta al crecimiento de la planta, número de hojas y área folial de las 3 especies nativas de Quito sometidas a ozono, existen otros parámetros que influyen o desarrollen efectos similares a los encontrados. De tal manera, que se debería realizar estudios a profundidad para determinar cual es el parámetro exacto que produce dichos efectos.

Lo que se recomienda es realizar un estudio más profundo. Es decir, con mayor diversidad de plantas con el objetivo de determinar la cantidad de ácido ascórbico que poseen las mismas, para determinar en que nivel escalar se encuentran las plantas estudiadas y poder concluir en que rango las plantas nativas son más tolerantes al ozono troposférico.

Se recomienda realizar un registro fotográfico de las especies de plantas en las zonas donde estas se desarrollan previo a la experimentación y post experimentación, con el objetivo de poder comprobar que las plantas actúan de la misma forma en la naturaleza como en la experimentación.

Se recomienda también realizar un análisis estadístico por cada tratamiento, es decir el Tratamiento 1 versus los otros tres tratamientos, para determinar si existe o no significancia de que el ozono es un factor que produce dichos efectos adversos en las plantas.

De acuerdo con el estudio realizado, se recomienda el uso de la especie *Baccharis latifolia* (Chilca) en proyectos de revegetación, ya que es una de las especies con mayor resistencia al estrés ambiental producido por los diversos contaminantes presentes en la atmósfera.

Es posible que las condiciones en la naturaleza sean muy diferentes para las plantas; por la tierra, el clima y otros factores tanto químicos, físicos como biológicos a comparación de las que se mantiene dentro de una experimentación. De tal manera que puede que las plantas sean aún más resistentes en el medio donde se desarrollan, por lo tanto también se debería observar el efecto de este contaminante en la naturaleza.

## REFERENCIAS

- Ambrioso, P., Mejías, M., Escudero, N., Alvarez, S., y Torres del Castillo, E. (s.f.). ESTUDIO SOBRE LOS NIVELES DE OZONO TROPOSFERICOS MEDIDOS EN LA ESTACIÓN DE BARCARROTA (BADAJOZ). Recuperado el 02 de abril de 2018 de <http://www.seio.es/descargas/Incubadora2014/ExtremaduraBachillerato.pdf>
- Añazco, M. (2008). Usos medioambientales de las plantas. In Enciclopedia De Plantas Utiles Del Ecuador (Vol. 1, p. 118).
- Asensi Fabado, A. (2008). EFECTOS DEL OZONO TROPOSFÉRICO SOBRE EL CULTIVO DE PATATA EN CARCAIXENT. Valencia. Universitat de València.
- Asociación Española de Centros de Jardinería. (s.f.). Plantar y Transplantar. Madrid. Recuperado el 02 de abril de 2018 de [http://www.artiflora.net/\\_data/publicationsfile/guia-plantar-impresora1-4.pdf](http://www.artiflora.net/_data/publicationsfile/guia-plantar-impresora1-4.pdf)
- Auquilla Guzmán, R. B., y Tello Quizhpe, R. A. (2016). ASOCIACIÓN ENTRE EL NIVEL DE RADIACIÓN SOLAR ULTRAVIOLETA Y LA INCIDENCIA DE LESIONES DERMATOLÓGICAS ACTÍNICAS AGUDAS EN EL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO DURANTE 2011 Y 2014. Recuperado el 23 de enero de 2019 de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25575/1/PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.pdf>
- Blanco Galvez, J., y Malato Rodríguez, S. (2009). *Solar Energy Conversion And Photoenergy System - Volume I*. Eolss Publishers. Recuperado de <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=XTBUCwAAQBAJ&pgis=1>
- Borowiak, K., Zbierska, J., Budka, A., y Kayzer, D. (2014). *Principal Component Analysis of Chlorophyll Content in Tobacco, Bean and Petunia Plants Exposed to Different Tropospheric Ozone Concentrations*. *Civil And Environmental Engineering Reports*, 12(1), 5–16. <https://doi.org/10.2478/ceer-2014-0001>
- Borowiak, K., Zbierska, J., y Jusik, S. (2011). *Canonical correspondence analysis (CCA) as a tool for interpretation of bioindicator plant response to ambient*

- air pollution*. Fresenius Environmental Bulletin, 20(9), 2264–2270.
- Brace, S., Peterson, D. L., y Bowers, D. (1999). *A Guide to Ozone Injury in Vascular Plants of the Pacific Northwest*. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-446. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 63 p, 446.
- Burbano, D., Herdoíza, N., Segura, A., y Yépez, P. (2008). LA BIODIVERSIDAD DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UN TESORO POR EXPLORAR. Universidad San Francisco de Quito. Recuperado el 05 de octubre de 2018 de [https://www.usfq.edu.ec/programas\\_academicos/colegios/cociba/quitoambiente/temas\\_ambientales/biodiversidad/Documents/DC4AC5Las plantas y animales nativos del DMQ.pdf](https://www.usfq.edu.ec/programas_academicos/colegios/cociba/quitoambiente/temas_ambientales/biodiversidad/Documents/DC4AC5Las plantas y animales nativos del DMQ.pdf)
- Burgos, M., y Copo, K. (2017). ESTIMACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO TROPOSFÉRICO (O<sub>3</sub>), MEDIANTE ANÁLISIS GEOESPACIAL DE IMÁGENES SATELITALES Y MÍNIMOS CUADRADOS PARCIALES (PLS), PARA LAS PARROQUIAS URBANAS DEL CANTÓN QUITO. Universidad de las Fuerzas Armadas. Recuperado el 20 de abril de 2018 de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7450/1/T-ESPE-047445.pdf>
- Carnicer, J. (2008). Contaminación Atmosférica. EOI, Escuela de Negocios, Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental, España. 1–174.
- Christodoulakis, J., Tzanis, C. G., Varotsos, C. A., Ferm, M., y Tidblad, J. (2017). *Impacts of air pollution and climate on materials in Athens, Greece. Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(1), 439–448. <https://doi.org/10.5194/acp-17-439-2017>
- Commission for Environmental Cooperation. (2008). *The North American Mosaic: An Overview of Key Environmental Issues*. Review Literature And Arts Of The Americas.
- De Pinto, M., y De Gara, L. (2004). *Changes in the ascorbate metabolism of apoplasmic and symplasmic spaces are associated with cell differentiation. Journal of Experimental Botany*, 55(408), 2559–2569. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh253>

- Del Valle, S., Barreno, E., Calatayud, A., Carrasco, J. L., Ramírez, J. W., y Aleixandre, E. (s.f.). Estudio sobre el impacto del ozono en la agricultura. *Comunitat Valenciana Agraria* 59, 59–64.
- Delgado Saborit, J. M. (2005). Validación e implementación de técnicas de captación pasiva para el estudio de los niveles y efectos de ozono troposférico y dióxido de nitrógeno en un área costera mediterránea. 21-01-2005. Universitat Jaume I.
- Díaz, S. (2018). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL SOLAR PARA OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE QUITO. Recuperado el 24 de enero de 2019 de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10228>
- Dunlop, J. (2012). *Solar Radiation Terminology & Definitions • Geometric & Atmospheric Effects • Solar Power & Energy • Measurements & Data*. Recuperado el 05 de octubre de 2018 de <http://ecgllp.com/files/3514/0200/1304/2-Solar-Radiation.pdf>
- EPA. (2001). La radiación ultravioleta. Recuperado el 12 de octubre de 2018 de [www.epa.gov/sunwise](http://www.epa.gov/sunwise)
- Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales; Ministerio del Ambiente del Ecuador y Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente. (2008). Geo Ecuador 2008 - Informe sobre el estado del medio ambiente. Quito. Retrieved el 19 de abril de 2018 de <http://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=41444>
- FAO. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Manual preparado por el Grupo de Cultivos Hortícolas Dirección de Producción y Protección Vegetal. Roma. Recuperado el 25 de mayo de 2018 de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/005/s8630S/s8630S00.pdf>
- Felzer, B. S., Cronin, T., Reilly, J. M., Melillo, J. M., y Wang, X. (2007). *External Geophysics, Climate and Environment (Climate) Impacts of ozone on trees and crops. Comptes Rendus Geoscience*, 339, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2007.08.008>
- Flagan, R. C., y Seinfeld, J. H. (2012). *FUNDAMENTALS OF AIR POLLUTION ENGINEERING*. Courier Corporation. (I. WordCrafers Editorial Services, Ed.). New Jersey. Recuperado el 23 de octubre de 2018 de

- <https://authors.library.caltech.edu/25069/1/AirPollution88.pdf>
- Flamarique, J. (2008). Focos Emisores, (Contaminación Atmosférica). EOI, Escuela de Negocios, Master Profesional en Ingeniería y Gestión Medioambiental, España.1–124.
- Galindo-Bianconi, A., y Victoria-Uribe, R. (2018). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones para el Valle de Toluca. *Revista de Estudios Territoriales*, 14(1), 98–108. Recuperado el 27 de octubre de 2018 de <http://www.redalyc.org/pdf/401/40123894006.pdf>
- Gallego Piñol, E., Roca Mussons, X., Perales Lorente, J. F., Trillo Roca, X., Rosell Farrás, M. G., y Guardino Solá, X. (2013). NTP 989: Calidad de aire interior: filtros de carbón activo para su mejora. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo, 1–6. Recuperado el 30 de mayo de 2018 de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/989 w.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/989%20w.pdf)
- Gilman, E. F., & Howe, T. (1999). *Salvia splendens* 1. Cooperative Extension Service, 1–3. Retrieved el 02 de septiembre de 2018 de <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Google Maps. (2018). Recuperado el 21 de octubre de 2018 de <https://www.google.com/maps/@-0.26713,-78.43228,99409m/data=!3m1!1e3>.
- González-Púmariega, M., Tamayo, M. V., y Sánchez-Lamar, Á. (2009). LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA. SU EFECTO DAÑINO Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD HUMANA. *Theoria*, 18(2), 69–80. Recuperado el 22 de octubre de 2018 de <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/194/v/v18-2/06.pdf>
- Gutiérrez, J. R., y Squeo, F. A. (2004). Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 1–10. Recuperado el 05 de noviembre de 2018 de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=159>
- Hughes, M. A., y Dunn, M. A. (1990). *The Effect of Temperature on Plant Growth and Development*. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 8(1),

- 161–188. <https://doi.org/10.1080/02648725.1990.10647868>
- Khan, T., Mazid, M., y Mohammad, F. (2011). *Role of ascorbic acid against pathogenesis in plants*. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7(3), 222–234.
- Luna Jaramillo, L. (2014). METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE FOTOGRAFÍAS SATELITALES VISIBLES E INFRARROJAS, CASO PRÁCTICO EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR. <https://doi.org/10.1017/S0010417500000463>
- Luwe, M., Takahama, U., y Heber, U. (1993). *Ascorbate in Detoxifying Ozone in the Apoplast of Spinach*. *Plant Physiol*, 101(3), 969–976.
- Lyons, T. M., y Barnes, J. D. (1998). *Influence of plant age on ozone resistance in Plantago major*. *New Phytologist*, 138(1), 83–89. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00879.x>
- Madruga, D., y Patier, R. (2006). Implicación de los NOx en la química atmosférica. *Revista Electrónica de Medioambiente UCM*, 2(10), 90–103.
- Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2006). La Radiación Solar. AEMET Agencia Estatal de Meteorología. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente. Recuperado el 18 de noviembre de [http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links\\_doc\\_contaminantes/REGISTRO OFICIAL 387 - AM 140.pdf](http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links_doc_contaminantes/REGISTRO_OFICIAL_387_-_AM_140.pdf)
- Mora-Herrera, M. E., Peralta-Velázquez, J., López-Delgado, H. A., García-Velasco, R., y González-Díaz, J. G. (2011). Efecto Del Ácido Ascórbico Sobre Crecimiento, Pigmentos Fotosintéticos Y Actividad Peroxidasa En Plantas De Crisantemo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XVII(2), 73–81. <https://doi.org/10.1109/JRPROC.1931.222417>
- Moreira, A. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador, 3(7), 273–280. <https://doi.org/10.23857/casedelpo.2018.3.7.julio.273-280>
- National Institutes of Health. (2016). ¿Qué es la vitamina C? ¿Para qué sirve? USA. Recuperado el 21 de octubre de 2018 de

- <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/VitaminC-DatosEnEspanol.pdf>
- Oleas, N. H., Rios-Touma, B., Peña Altamirano, P., y Bustamante, M. (2016). Plantas de las quebradas de Quito: Guía práctica de identificación de plantas de ribera. Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito.
- OLYMPUS. (2018). Microscopio binocular biológico CX-41. Recuperado el 21 de junio de 2018 de <http://www.ictsl.net/productos/aparatos/microscopiobinocularbiologicocx41olympus.html>
- OMS. (2006). Guía de calidad de aire de la OMS. Suiza: OMS, 10. Recuperado el 18 de septiembre de 2018 de [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf;jsessionid=BFFFAD205C9DCCFF1E1293FE74F8D34E?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=BFFFAD205C9DCCFF1E1293FE74F8D34E?sequence=1)
- Organización Mundial de la Salud. (2003). INDICE UV. Recuperado el 10 de octubre de 2018 de <http://www.who.int/uv>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Recuperado el 20 de octubre de 2018 de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Panamericana de la Salud, O. M. S. (2016). Contaminación del Aire Ambiental. Recuperado el 22 de octubre de 2018 de [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es)
- Ozonolux de Colombia, S. (s.f.). Purificador acrílico mini ozonolux xxi. Recuperado el 12 de noviembre de 2018 de <https://1027-co.all.biz/purificador-acrilico-mini-ozonolux-xxi-g1515>
- Portero, S. (2004). RADIACIÓN ULTRAVIOLETA. Zhurnal Eksperimental'noi I Teoreticheskoi Fiziki. Recuperado el 23 de octubre de 2018 de <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/ultravioleta-morrillo.pdf>
- Puerto Martín, A., y García Rodríguez, J. A. (1986). LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. CSIC-Centro de Edafología y biología Aplicada de

- Salamanca (CEBA), 1, 54. Recuperado el 18 de octubre de 2018 de [https://www.ceresnet.com/ceresnet/eng/servicios/teleformacion/agroambiente/contaminacion\\_atmosferica.pdf](https://www.ceresnet.com/ceresnet/eng/servicios/teleformacion/agroambiente/contaminacion_atmosferica.pdf)
- Pulido Gutiérrez, H. y De la Vara Salzar, R. (2012). Análisis y diseño de experimentos. McGraw-Hill. Recuperado el 03 de mayo de 2018 de [http://gc.initelabs.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis\\_y\\_diseno\\_experimentos.pdf](http://gc.initelabs.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf)
- Reol Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. Ecosistemas, XII (1), 11. Recuperado el 12 de noviembre de 2018 de <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe4.htm>
- Rodríguez, C., Cupull, R., Pérez, G., y Morales, Y. (2012). Efectos del ozono troposférico sobre cultivos de ajo, *Allium sativum* y tabaco, *Nicotiana tabacum* en Cuba. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 1(2), 49–54. Recuperado el 25 de noviembre de 2018 de <https://www.uea.edu.ec/revista/images/Articulos/efectos-ozono-troposferico-revista-cientifica-articulo-7-vol-1-N-2.pdf>
- Romero, J., y Moreno, J. (2015). Desarrollo de un fotómetro económico y portátil para la medida de Ozono Troposférico. Cartagena. Recuperado el 22 de abril de 2018 de <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5587/tfm544.pdf?sequence=1>
- Sanz, M. J., Sánchez, G., Calatayud, V., Minaya, M. T., y Cerveró, J. (2001). La contaminación atmosférica en los bosques. Guía para la identificación de daños visibles causados por Ozono (Serie Técn). Organismo Autónomo Parques Nacionales. Recuperado el 24 de noviembre de 2018 de <https://www.tiempo.com/ram/272752/la-contaminacion-atmosferica-en-los-bosques-guia-para-la-identificacion-de-danos-visibles-causados-por-ozono/>
- Scebba, F., Soldatini, G., y Ranieri, A. (2003). *Ozone differentially affects physiological and biochemical responses of two clover species; Trifolium repens and Trifolium pratense*. Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987), 123(2), 209–216. Recuperado el 25 de octubre de 2018 de

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12628200>
- Scherrer, P., & Scherrer, D. (2014). *Solstice and Equinox (Suntrack) Season Model*. Stanford Solar Center in Collaboration with NASA, 1–17. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540305>
- Secretaría de Ambiente. (2016). Informe Anual 2015 Calidad del Aire del Distrito Metropolitano de Quito, 63. Recuperado el 16 de abril de 2018 de <http://www.quitoambiente.gob.ec/>
- Secretaría de Ambiente. (2017). Informe de la calidad de aire-2016, 4. Recuperado el 19 de abril de 2018 de [http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria\\_Ambiente/red\\_monitoreo/informacion/ICA2016.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/ICA2016.pdf)
- Secretaría de Ambiente. (2018). Calidad del Aire. Informe Anual 2017. Recuperado el 23 de octubre de 2018 de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/informes#informe-calidad-del-aire-2017>
- Seoáñez, M., Bellas, E., & Seoáñez, P. (2002). Tratado de la contaminación atmosférica: problemas, tratamiento y gestión. Mundi-Prensa. Recuperado el 23 de noviembre de 2018 de [http://biblioteca.udla.edu.ec/client/es\\_EC/default/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD\\_ILS\\$002f8\\$002fSD\\_ILS:8121/ada?qu=CALIDAD+DEL+AI RE&ic=true&te=ILS&ps=300](http://biblioteca.udla.edu.ec/client/es_EC/default/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f8$002fSD_ILS:8121/ada?qu=CALIDAD+DEL+AI RE&ic=true&te=ILS&ps=300)
- Serra, H., & Cafaro, T. (2007). Ácido ascórbico: desde la química hasta su crucial función protectora en ojo. *Bioquímica Clínica*, 41, 525–532. Recuperado el 28 de noviembre de 2018 de <https://www.redalyc.org/pdf/535/53541410.pdf>
- Smirnoff, N. (1996). *The Function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants*. *Annals of Botany Company*, 78, 661–669. Recuperado el 05 de diciembre de 2018 de <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/78/6/661/2587511>
- Terán, V. (2018). EFECTO DEL OZONO SOBRE ESPECIES NATIVAS ARBUSTIVAS. Universidad de las Américas. Recuperado el 25 de enero de 2019 de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9838/1/UDLA-EC-TIAM-2018-32.pdf>

- Terradas, J. (s.f.). Contaminación Atmosférica. Recuperado el 03 de octubre de 2018 de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448169816.pdf>
- Universidad Complutense. (2008). *OBSERVANDO EL CONTENIDO DE VITAMINA C*. Complutense. Recuperado el 23 de julio de 2018 de <https://webs.ucm.es/info/analitic/Asociencia/Vitamina C.pdf>
- Universidad de Canterbury. (2012). *Determination of vitamin C Concentration by Titration, 1–2*. Recuperado el 11 de agosto de 2018 de [www.outreach.canterbury.ac.nz](http://www.outreach.canterbury.ac.nz)
- Velázquez, F. (1997). MODELIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE OZONO TROPOSFÉRICO. Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ingeniería Química. Complutense de Madrid. Recuperado el 10 de diciembre de 2018 de <https://eprints.ucm.es/3158/1/T22336.pdf>
- Wald, L. (2009). *Solar radiation energy (fundamentals)*. *SOLAR ENERGY CONVERSION AND PHOTOENERGY SYSTEMS, 1*, 4–11. Recuperado el 08 de noviembre de 2018 de <https://www.researchgate.net/publication/266214117>

## **ANEXOS**

Anexo 1. Resumen de límites máximos permisibles TULSMA 2015

Tipo	Contaminante	Valor*	Unidad	Periodo de medición
<b>Contaminante Criterio</b>	Partículas sedimentables	1	mg/cm <sup>2</sup> durante 30 días	Máxima concentración de una muestra colectada durante 30 días de forma continua
	PM <sub>10</sub>	50	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año
		100	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 24 horas**
	SO <sub>2</sub>	60	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año
		125	µg/m <sup>3</sup>	Concentración en 24 horas de todas las muestras colectadas
	O <sub>3</sub>	100	µg/m <sup>3</sup>	Concentración máxima en 8 horas consecutivas
	NO <sub>2</sub>	40	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año
		200	µg/m <sup>3</sup>	Concentración máxima en 1 hora de todas las muestras colectadas
<b>Contaminante no convencional</b>	Benceno	5	µg/m <sup>3</sup>	Promedio aritmético de todas las muestras colectadas en 1 año

Anexo 2. Equipo CCM- 200 PLUS



### Anexo 3. Resumen de los resultados

PARAMETROS	MORA DE CASTILLA	T	CHILCA	T	SALVIA ORNAMENTAL	T	SALVIA DE QUITO	T
	CLOROFILA	-10	T3	-5,58	T3	-12,92	T3	-6,7
ACIDO ASCORBICO	-0,23	T3	-0,33	T3	-0,1	T3	-0,14	T3
ALTURA	-2	T3	4	T3	-2	T3	-0,4	T3
NUMERO DE HOJAS	57	T3	44	T3	26	T3	-17	T3
TAMAÑO DE HOJAS	-0,5	T3	0,1	T3	-2,3	T3	-1,9	T3
NUMERO DE HOJAS CON MANCHAS	50	T3	5	T3	53	T2	22	T2

Nota: T= Tratamiento

### Anexo 4. Mediciones de Clorofila por tratamiento y especie de planta

CLOROFILA (AIRE FILTRADO)					CLOROFILA (AIRE FUMIGADO)				
No	MORA DE CASTILLA	CHILCA	SALVIA DE QUITO	SALVIA ORNAMENTAL	No	MORA DE CASTILLA	CHILCA	SALVIA DE QUITO	SALVIA ORNAMENTAL
1	25,5	19,1	13,9	38,6	1	13,1	14,8	4,2	34,2
2	21,5	20,1	15,3	20,8	2	13,2	11,6	4,8	15,6
3	23,8	11	14,9	41,4	3	13,2	12	9,4	21,5
4	22,9	13,1	6,1	38,5	4	11,9	17,3	5,2	17,3
5	20,5	17,8	12,7	38,9	5	21,6	18,1	3,5	25,6
PROMEDIO	22,84	16,22	12,58	35,64	PROMEDIO	14,6	14,76	5,42	22,84

CLOROFILA (AIRE AMBIENTE)					CLOROFILA (AIRE AMBIENTE+AIRE FILTRADO)				
No	MORA DE CASTILLA	CHILCA	SALVIA DE QUITO	SALVIA ORNAMENTAL	No	MORA DE CASTILLA	CHILCA	SALVIA DE QUITO	SALVIA ORNAMENTAL
1	10,9	6,6	1,9	27,7	1	15,1	9,9	11,8	24,3
2	4,7	2,1	7,5	14,5	2	21,8	14,3	18,4	30,1
3	10,9	2,8	4,3	25	3	17,7	10,3	15,4	32,3
4	4,2	1,1	5,5	20,3	4	11,5	15,4	13,6	37,8
5	4,5	4,6	1,9	19	5	18,6	13,5	17,2	24,1
PROMEDIO	7,04	3,44	4,22	21,3	PROMEDIO	16,94	12,68	15,28	29,72

Anexo 5. Resultado de ácido ascórbico por tratamiento

ANTES				TRATAMIENTO AIRE FILTRADO				TRATAMIENTO AIRE FUMIGADO			
SPP. MORA DE CASTILLA				SPP. MORA DE CASTILLA				SPP. MORA DE CASTILLA			
Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C
4,25	10	0,424	0,1802	6,3	10	0,424	0,26712	0,3	10	0,424	0,01272
6,15	10	0,424	0,26076	5,25	10	0,424	0,2226	0,3	10	0,424	0,01272
6,5	10	0,424	0,2756	4,3	10	0,424	0,18232	0,2	10	0,424	0,00848
PROMEDIO			0,24	PROMEDIO			0,224	PROMEDIO			0,011
SPP. CHILCA				SPP. CHILCA				SPP. CHILCA			
Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C
8,5	10	0,424	0,3604	7,3	10	0,424	0,30952	0,25	10	0,424	0,0106
7,3	10	0,424	0,30952	8,45	10	0,424	0,35828	0,2	10	0,424	0,00848
8,4	10	0,424	0,35616	7,5	10	0,424	0,318	0,1	10	0,424	0,00424
PROMEDIO			0,34	PROMEDIO			0,329	PROMEDIO			0,008
SPP. SALVIA DE QUITO				SPP. SALVIA DE QUITO				SPP. SALVIA DE QUITO			
Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C
3,5	10	0,424	0,1484	4,3	10	0,424	0,18232	0,2	10	0,424	0,00848
3,1	10	0,424	0,13144	3,25	10	0,424	0,1378	0,1	10	0,424	0,00424
4,1	10	0,424	0,17384	2,9	10	0,424	0,12296	0,2	10	0,424	0,00848
PROMEDIO			0,15	PROMEDIO			0,148	PROMEDIO			0,007
SPP. SALVIA ORNAMENTAL				SPP. SALVIA ORNAMENTAL				SPP. SALVIA ORNAMENTAL			
Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C	Yo (ml)	Ym (ml)	0,424	Cantida d de Vitamin a C
3,5	10	0,424	0,1484	3,25	10	0,424	0,1378	0,2	10	0,424	0,00848
2,8	10	0,424	0,11872	2,2	10	0,424	0,09328	0,15	10	0,424	0,00636
2,8	10	0,424	0,11872	2,25	10	0,424	0,0954	0,15	10	0,424	0,00636
PROMEDIO			0,13	PROMEDIO			0,109	PROMEDIO			0,007

Anexo 6. Resultados del Crecimiento de la Mora de Castilla

CRECIMIENTO DE LA MORA DE CASTILLA (cm)						
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	ALTURA INICIO	PROMEDIO INICIO	ALTURA FINAL	PROMEDIO FINAL	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	MC-1	74	46,5	76	53,6	13,3
	MC-2	70		71		
	MC-3	28		19		
	MC-4	34		51		

	MC-5	42		46		
	MC-6	28		42		
	MC-7	54		66		
	MC-8	42		58		
<b>TRAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	MC-1	64	52,75	79	54,125	2,5
	MC-2	74		67		
	MC-3	54		37		
	MC-4	54		59		
	MC-5	64		55		
	MC-6	42		78		
	MC-7	42		30		
	MC-8	28		28		
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	MC-1	44	46,9	44	45	-4,2
	MC-2	24		18		
	MC-3	42		43		
	MC-4	64		64		
	MC-5	74		84		
	MC-6	36		37		
	MC-7	46		42		
	MC-8	45		28		
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	MC-1	84	51,8	79	57,7	10,3
	MC-2	29		45,5		
	MC-3	54		65		
	MC-4	39		47		
	MC-5	84		94		
	MC-6	42		46		
	MC-7	54		56		
	MC-8	28		29		

Anexo 7. Resultados del crecimiento de la Chilca

CRECIMIENTO DE LA CHILCA (cm)						
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	ALTURA INICIO	PROMEDIO INICIO	ALTURA FINAL	PROMEDIO FINAL	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	CH-1	32	37	51	48,25	23,3
	CH-2	32		52		
	CH-3	26		30		
	CH-4	32		46		
	CH-5	69		72		
	CH-6	29		37		
	CH-7	26		40		
	CH-8	50		58		
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	CH-1	29	36,75	45	51,9375	29,2
	CH-2	29		38		
	CH-3	29		46		
	CH-4	29		50,5		
	CH-5	29		43		
	CH-6	30		60		
	CH-7	50		62		
	CH-8	69		71		
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	CH-1	39	40,0	41,5	44	9,1
	CH-2	45		44		
	CH-3	34		37		
	CH-4	36		40		
	CH-5	34		37		
	CH-6	49		52		
	CH-7	49		61		
	CH-8	34		39,5		
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	CH-1	38	35,25	49	45,125	21,9
	CH-2	29		39		
	CH-3	29		40		

	CH-4	34		45	
	CH-5	27		34	
	CH-6	27		38	
	CH-7	69		72	
	CH-8	29		44	

Anexo 8. Resultados del crecimiento de la Salvia Ornamental

CRECIMIENTO DE LA SALVIA ORNAMENTAL (cm)						
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	ALTURA INICIO	PROMEDIO INICIAL	ALTURA FINAL	PROMEDIO FINAL	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	SO-1	32	32	38	35	8
	SO-2	32		33		
	SO-3	32		35		
	SO-4	32		33		
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	SO-1	32	32	31	31,5	-2
	SO-2	32		33		
	SO-3	33		35		
	SO-4	32		27		
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	SO-1	32	33	31	31	-5
	SO-2	34		32		
	SO-3	32		30		
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	SO-1	32	32	36	35	9
	SO-2	32		36		
	SO-3	32		34		

Anexo 9. Resultados del crecimiento de la Salvia de Quito

CRECIMIENTO DE LA SALVIA DE QUITO (cm)						
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	ALTURA INICIO	PROMEDIO INICIAL	ALTURA FINAL	PROMEDIO FINAL	% DE CRECIMIENTO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	SQ-5	36	38	44	48	20
	SQ-6	39		48		

	SQ-7	32		41		
	SQ-8	46		59		
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	SQ-5	39	37	36	37	0
	SQ-6	32		30		
	SQ-7	36		39,5		
	SQ-8	39		41		
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	SQ-4	28	37,4	31	36,6	-2,2
	SQ-5	34		35		
	SQ-6	34		32		
	SQ-7	42		44		
	SQ-8	49		41		
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	SQ-4	34	36,2	44	47,6	24
	SQ-5	46		53		
	SQ-6	34		53		
	SQ-7	28		35		
	SQ-8	39		53		

*Anexo 10* Desviación estándar de la altura de la Mora de Castilla

**INICIO ALTURA**

ESPECIE	T1	T2	T3	T4	AVG/STD.
<b>MORA DE CASTILLA</b>	47/15	53/15	47/16	<b>52/22</b>	48/17

*Anexo 11.* Resultado del número de hojas de la especie Mora de Castilla por tratamiento

<b>NÚMERO DE HOJAS DE LA MORA DE CASTILLA</b>							
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	# DE HOJAS INICIO	PROMEDIO INICIAL	# DE HOJAS FINAL	PROMEDIO FINAL	DISMINUCION	% de No. DE HOJAS
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	MC-1	5	7,8	176	127,1	171,0	93,9
	MC-2	25		136		111,0	
	MC-3	5		9		4,0	

	MC-4	5		139		134,0	
	MC-5	2		163		161,0	
	MC-6	7		124		117,0	
	MC-7	8		161		153,0	
	MC-8	5		109		104,0	
<b>TRAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	MC-1	5	14,3	75	79,0	70,0	82,0
	MC-2	31		151		120,0	
	MC-3	5		0		-5,0	
	MC-4	8		48		40,0	
	MC-5	14		109		95,0	
	MC-6	31		116		85,0	
	MC-7	14		69		55,0	
	MC-8	6		64		58,0	
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	MC-1	6	10,1	70	67,3	64,0	84,9
	MC-2	4		18		14,0	
	MC-3	11		60		49,0	
	MC-4	12		65		53,0	
	MC-5	6		100		94,0	
	MC-6	6		109		103,0	
	MC-7	18		66		48,0	
	MC-8	18		50		32,0	
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	MC-1	26	13,9	94	125,6	68,0	89,0
	MC-2	7		16		9,0	
	MC-3	22		216		194,0	
	MC-4	10		77		67,0	
	MC-5	7		155		148,0	
	MC-6	15		197		182,0	
	MC-7	20		140		120,0	
	MC-8	4		110		106,0	

Anexo 12. Resultados del número de hojas de la Chilca en cada uno de sus tratamientos

NÚMERO DE HOJAS DE LA CHILCA							
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	# DE HOJAS INICIO	PROMEDIO INICIAL	# DE HOJAS FINAL	PROMEDIO FINAL	DISMINUCION	% de No. DE HOJAS
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	CH-1	4	5,3	96	67,6	92,0	92,2
	CH-2	5		40		35,0	
	CH-3	2		76		74,0	
	CH-4	10		48		38,0	
	CH-5	10		43		33,0	
	CH-6	5		94		89,0	
	CH-7	4		59		55,0	
	CH-8	2		85		83,0	
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	CH-1	4	6,4	37	90,0	33,0	92,9
	CH-2	10		101		91,0	
	CH-3	3		43		40,0	
	CH-4	5		93		88,0	
	CH-5	15		83		68,0	
	CH-6	6		104		98,0	
	CH-7	4		167		163,0	
	CH-8	4		92		88,0	
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	CH-1	6	5,9	49	50,4	43,0	88,3
	CH-2	7		69		62,0	
	CH-3	14		14		0,0	
	CH-4	3		18		15,0	
	CH-5	4		73		69,0	
	CH-6	6		78		72,0	
	CH-7	4		46		42,0	
	CH-8	3		56		53,0	
	CH-1	3	6,3	89	61,9	86,0	89,9

<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	CH-2	6	64	58,0
	CH-3	12	63	51,0
	CH-4	2	59	57,0
	CH-5	3	48	45,0
	CH-6	5	57	52,0
	CH-7	15	76	61,0
	CH-8	4	39	35,0

Anexo 13. Resultados del número de hojas de la Salvia Ornamental en cada uno de sus tratamientos

<b>NÚMERO DE HOJAS SALVIA ORNAMENTAL</b>							
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. DE ESPECIE</b>	<b># DE HOJAS INICIO</b>	<b>PROMEDIO INICIAL</b>	<b># DE HOJAS FINAL</b>	<b>PROMEDIO FINAL</b>	<b>DISMINUCION</b>	<b>% de No. DE HOJAS</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	SO-1	18	22,8	76	74,5	58,0	69,5
	SO-2	18		63		45,0	
	SO-3	19		61		42,0	
	SO-4	36		98		62,0	
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	SO-1	18	22,8	74	48,0	56,0	52,6
	SO-2	18		57		39,0	
	SO-3	18		42		24,0	
	SO-4	37		19		-18,0	
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	SO-1	14	21,0	46	39,7	32,0	47,1
	SO-2	15		48		33,0	
	SO-3	34		25		-9,0	
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	SO-1	12	18,3	42	54,7	30,0	66,5
	SO-2	11		65		54,0	
	SO-3	32		57		25,0	

Anexo 14. Resultados del número de hojas de la Salvia de Quito en cada uno de sus tratamientos

NÚMERO DE HOJAS SALVIA DE QUITO							
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	# DE HOJAS INICIO	PROMEDIO INICIAL	# DE HOJAS FINAL	PROMEDIO FINAL	DISMINUCION	% de No. DE HOJAS
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	SQ-5	230	200,5	291	301,0	61,0	33,4
	SQ-6	251		313		62,0	
	SQ-7	150		298		148,0	
	SQ-8	171		302		131,0	
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	SQ-5	271	202,3	210	268,3	-61,0	24,6
	SQ-6	235		313		78,0	
	SQ-7	138		248		110,0	
	SQ-8	165		302		137,0	
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	SQ-4	210	191,4	180	173,8	-30,0	-10,1
	SQ-5	154		176		22,0	
	SQ-6	282		197		-85,0	
	SQ-7	140		203		63,0	
	SQ-8	171		113		-58,0	
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	SQ-4	110	194,4	143	211,2	33,0	8,0
	SQ-5	281		164		-117,0	
	SQ-6	264		269		5,0	
	SQ-7	135		158		23,0	
	SQ-8	182		322		140,0	

Anexo 15. Desviación estándar del número de hojas de la Chilca, Salvia Ornamental y Salvia de Quito

**INICIO NÚMERO DE HOJAS**

ESPECIE	T1	T2	T3	T4	AVG/STD.
CHILCA	5/3	6/4	6/4	6/5	6/4

<b>SALVIA ORNAMENTAL</b>	23/9	18/1	14/11	<b>12/12</b>	17/8
<b>SALVIA DE QUITO</b>	201/48	202/61	191/57	<b>194/76</b>	197/61

Anexo 16. Resultados del crecimiento de las hojas de la Mora de Castilla

<b>CRECIMIENTO DE LAS HOJAS DE LA MORA DE CASTILLA (cm<sup>2</sup>)</b>							
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. DE ESPECIE</b>	<b>LARGO Y ANCHO INICIO</b>	<b>PROMEDIO L Y A INICIAL</b>	<b>LARGO Y ANCHO FINAL</b>	<b>PROMEDIO L Y A FINAL</b>	<b>DISMINUCION</b>	<b>% PROMEDIO</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	MC-1	2,38	3,5	4,10	4,4	1,7	20,7
	MC-2	4,02		5,07		1,1	
	MC-3	3,30		2,32		-1,0	
	MC-4	4,95		4,62		-0,3	
	MC-5	3,10		4,75		1,7	
	MC-6	4,80		4,68		-0,1	
	MC-7	2,37		4,93		2,6	
	MC-8	3,17		4,95		1,8	
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	MC-1	4,1	3,5	2,9	3,1	-1,2	-13,8
	MC-2	4,8		2,32		-2,5	
	MC-3	2,37		0		-2,4	
	MC-4	3,95		4,73		0,8	
	MC-5	4,07		3,47		-0,6	
	MC-6	3,02		3,72		0,7	
	MC-7	3,48		3,82		0,3	
	MC-8	2,3		3,72		1,4	
<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	MC-1	4,77	3,7	4,05	3,2	-0,7	-17,8
	MC-2	3,88		1,52		-2,4	
	MC-3	4,28		3,28		-1,0	
	MC-4	4,95		3,42		-1,5	
	MC-5	4,07		3,07		-1,0	
	MC-6	3,02		3,68		0,7	
	MC-7	2,75		3,82		1,1	

	MC-8	2,17		2,53		0,4	
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	MC-1	3,00	3,6	2,58	3,4	-0,4	-7,2
	MC-2	5,02		3,42		-1,6	
	MC-3	3,08		3,48		0,4	
	MC-4	4,2		4,10		-0,1	
	MC-5	3,18		2,42		-0,8	
	MC-6	4,48		3,47		-1,0	
	MC-7	3,30		4,35		1,1	
	MC-8	2,63		3,13		0,5	

Anexo 17. Resultados del crecimiento de las hojas de la Chilca

<b>CRECIMIENTO DE LAS HOJAS DE LA CHILCA (cm<sup>2</sup>)</b>							
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. DE ESPECIE</b>	<b>LARGO Y ANCHO INICIO</b>	<b>PROMEDIO L Y A INICIAL</b>	<b>LARGO Y ANCHO FINAL</b>	<b>PROMEDIO L Y A FINAL</b>	<b>DISMINUCION</b>	<b>% PROMEDIO</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	CH-1	3,25	3,4	5,00	5,5	1,8	38,6
	CH-2	3,07		5,43		2,4	
	CH-3	2,72		5,77		3,1	
	CH-4	4,08		6,05		2,0	
	CH-5	2,8		5,03		2,2	
	CH-6	4,03		5,8		1,8	
	CH-7	3,35		4,87		1,5	
	CH-8	3,58		5,82		2,2	
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	CH-1	2,72	3,2	3,55	4,2	0,8	23,6
	CH-2	4,08		4,67		0,6	
	CH-3	3,58		4,87		1,3	
	CH-4	3,35		4,77		1,4	
	CH-5	3,58		4,25		0,7	
	CH-6	2,58		4,42		1,8	
	CH-7	2,42		2,73		0,3	
	CH-8	3,13		4,05		0,9	

<b>TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)</b>	CH-1	3,68	3,4	2,57	3,5	-1,1	3,5
	CH-2	3,15		3,33		0,2	
	CH-3	3,58		4,93		1,4	
	CH-4	3,05		4,20		1,2	
	CH-5	3,03		3,30		0,3	
	CH-6	4,08		3,25		-0,8	
	CH-7	3,23		2,90		-0,3	
	CH-8	3,13		3,43		0,3	
<b>TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	CH-1	3,13	3,1	3,68	3,7	0,6	16,3
	CH-2	2,97		3,68		0,7	
	CH-3	3,67		3,75		0,1	
	CH-4	2,42		3,33		0,9	
	CH-5	2,92		3,43		0,5	
	CH-6	2,33		4,53		2,2	
	CH-7	4,67		3,02		-1,7	
	CH-8	2,92		4,47		1,6	

Anexo 18. Resultados de crecimientos de las hojas de la Salvia Ornamental

<b>CRECIMIENTO DE LAS HOJAS DE LA SALVIA ORNAMENTAL (cm<sup>2</sup>)</b>							
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. DE ESPECIE</b>	<b>LARGO Y ANCHO INICIO</b>	<b>PROMEDIO L Y A INICIAL</b>	<b>LARGO Y ANCHO FINAL</b>	<b>PROMEDIO L Y A FINAL</b>	<b>DISMINUCION</b>	<b>% PROMEDIO</b>
<b>TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)</b>	SO-1	5,48	5,5	4,3	3,9	-1,2	-40,8
	SO-2	5,45		2,83		-2,6	
	SO-3	5,47		3,45		-2,0	
	SO-4	5,5		4,97		-0,5	
<b>TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)</b>	SO-1	3,78	4,8	1,22	2,9	-2,6	-68,5
	SO-2	5,47		4,05		-1,4	
	SO-3	4,47		3,13		-1,3	
	SO-4	5,52		3,02		-2,5	
	SO-1	5,45	5,5	2,08	3,2	-3,4	-72,8

TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	SO-2	5,43		3,43		-2,0	
						-1,5	
	SO-3	5,52		3,98			
TRATAMIENTO 4 (AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)	SO-1	5,47	5,5	4	4,2	-1,5	-31,3
	SO-2	5,47		3,95		-1,5	
	SO-3	5,43		4,52		-0,9	

Anexo 19. Resultados del crecimiento de las hojas de la Salvia de Quito

CRECIMIENTO DE LAS HOJAS DE LA SALVIA DE QUITO (cm)							
TRATAMIENTO	No. DE ESPECIE	LARGO Y ANCHO INICIO	PROMEDIO L Y A INICIAL	LARGO Y ANCHO FINAL	PROMEDIO L Y A FINAL	DISMINUCION	% PROMEDIO
TRATAMIENTO 1 (AIRE FILTRADO)	SQ-5	5,3	4,4	2,72	3,0	-2,6	-47,2
	SQ-6	4,87		2,67		-2,2	
	SQ-7	3,9		3,78		-0,1	
	SQ-8	3,33		2,65		-0,7	
TRATAMIENTO 2 (AIRE FUMIGADO)	SQ-5	3,33	4,0	3,2	2,7	-0,1	-48,4
	SQ-6	4,3		2,62		-1,7	
	SQ-7	4,87		2,53		-2,3	
	SQ-8	3,48		2,42		-1,1	
TRATAMIENTO 3 (AIRE AMBIENTE)	SQ-4	4,88	4,1	1,93	2,2	-3,0	-83,6
	SQ-5	4,3		2,38		-1,9	
	SQ-6	3,87		2,22		-1,7	
	SQ-7	3,48		2,4		-1,1	
	SQ-8	3,78		2,13		-1,7	
TRATAMIENTO 4	SQ-4	5,18	4,0	2,37	2,5	-2,8	-61,7
	SQ-5	3,51		2,82		-0,7	

<b>(AIRE AMBIENTE + AIRE FILTRADO)</b>	SQ-6	4,33		2,28		-2,1
	SQ-7	4,17		2,43		-1,7
	SQ-8	3,05		2,62		-0,4

*Anexo 20.* Desviación estándar del tamaño de las hojas de la Mora de Castilla, Salvia Ornamental y Salvia de Quito

#### INICIO TAMAÑO HOJAS

ESPECIE	T1	T2	T3	T4	AVG/STD.
<b>MORA DE CASTILLA</b>	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1
<b>SALVIA ORNAMENTAL</b>	6/0	5/1	6/0	6/0	6/0
<b>SALVIA DE QUITO</b>	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1

*Anexo 21.* Manchas en las hojas de la Mora de Castilla en cada uno de sus tratamientos



- a) Tratamiento 1 (0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- b) Tratamiento 2 (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- c) Tratamiento 3 (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- d) Tratamiento 4 (80-100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Anexo 22. Manchas en las hojas de la Chilca en cada uno de sus tratamientos



- a) Tratamiento 1 ( $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- b) Tratamiento 2 ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- c) Tratamiento 3 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- d) Tratamiento 4 ( $80\text{-}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Anexo 23. Manchas en las hojas de la Salvia Ornamental en cada uno de sus tratamientos



- a) Tratamiento 1 ( $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- b) Tratamiento 2 ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- c) Tratamiento 3 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- d) Tratamiento 4 ( $80\text{-}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Anexo 24. Manchas en las hojas de Salvia de Quito en cada uno de sus tratamientos



- a) Tratamiento 1 ( $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- b) Tratamiento 2 ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- c) Tratamiento 3 ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- d) Tratamiento 4 ( $80\text{-}100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

