



INFORME N° 04 - ISPMR/IESTP" M" 2023

A : Mag. Elsa Luisa Aquino Castro.
Directora General del I.E.S.T.P. "Marco"

DEL : Ing. Saúl Paulino Meza Ríos
Docente Estable I

ASUNTO : Informe Final del Proyecto de investigación sobre
efecto de ozono en pinos.

FECHA : Marco, 31 de enero del 2023

Por medio del presente documento, me es grato dirigirme a Ud., para hacerle llegar mis saludos y a la vez informar que, estoy presentando informe fin del Proyecto de investigación titulado: Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia del complejo de hongos (*Phytium* spp. *Phytothora* spp. *Rhizoctonia* spp. Y *Fusarium* spp. En pinos (*Pinos radiata*) en condiciones de Marco-Jauja.

Es cuanto informo a Ud., para su conocimiento y fines pertinentes.

ATENTAMENTE.


ING. AGR. CIP SAUL P. MEZA RIOS
REG. No. 37182

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

1. Título.

Evaluación del efecto del ozono sobre la incidencia del complejo de hongos (Phytium spp. Phytophthora spp. Rhizoctonia spp., y Fusarium spp. en pinos (Pinus radiata) en condiciones de Marco-Jauja

2. INTRODUCCION

El Pinus radiata D., es una de las especies exótica de mayor importancia nacional e internacional. En Chile, se iniciaron repoblaciones a gran escala en los años 30, siendo en la actualidad el país del mundo con mayor extensión de Pinus radiata. Nueva Zelanda es uno de los mayores productores de Pinus radiata, con más de un millón y medio de hectáreas en ambas islas. Otros países con importantes superficies de Pinus radiata son Australia, Sudáfrica y España (Fernández y Sarmiento, 2006).

En Perú, a inicios de la década del 80 del presente siglo, la especie de Pinus radiata es considerada también en los programas de reforestación, aunque en pequeña escala. En 1986 las estadísticas de reforestación del INFOR reportaban el establecimiento de 209,475 ha de plantaciones forestales a nivel nacional. De estas, el 23% (51138 ha) fueron localizadas en Cajamarca, Lambayeque, la libertad y Ancash (Picard 1988).

Esto es debido a sus múltiples usos; la madera es empleada en la construcción de viviendas, ventanas, puertas, muebles y leña. Además, es una especie que se adapta a una variedad de suelos ácidos o muy ácidos, la mayoría profundos, franco arenoso de buena permeabilidad y es la especie más utilizada en los programas de forestación y reforestación, particularmente en la sierra de Cajamarca, en donde según fuente ADEFOR, existen 25 000 hectáreas de plantaciones forestales, de las cuales el 40% es Pinus radiata.

Sin embargo, en nuestro país no se ha realizado la mejora de esta especie. Aun sabiendo que el objetivo específico de un programa de mejora genética es el de mejorar las principales características cuantitativas y cualitativas a través de la selección progresiva de genes deseables y su perpetuación mediante la utilización de semillas o de clones mejorados. La combinación de la mejora genética selectiva y la multiplicación de clones mejorados posibilita

la obtención de ganancias significativas que pueden ser rápidamente transferidas al bosque (Zobel and Jett 1995).

La producción de plantas de pinos en vivero, muestra susceptibilidad al complejo de hongos (*Phytium* spp. *Phytophthora* spp. *Rhizoctonia* spp., y *Fusarium* spp. que limitan la producción. Este complejo de hongos se lo encuentra en todas las áreas agrícolas de la región y el Perú donde se siembra causando pérdidas de hasta el 50% originando una planta indeseable para su trasplante en terreno definitivo.

Una de las formas de controlar la acción de este complejo de hongos en la planta es el desarrollo de cultivos con resistencia genética.

Es necesario explorar otras alternativas de manejo para mitigar el impacto negativo de este complejo de hongos. Motivo por el cual, se requiere realizar una investigación para medir el efecto del ozono sobre la supresión del complejo de hongos en la planta. El ozono es una molécula aprobada para su uso por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de Norteamérica (FDA-USA) para el manejo y cuidado de alimentos contra microorganismos e incluso en la potabilización del agua y en otros casos, en procesos de esterilización de sustratos orgánicos.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos:

3. Objetivos:

Objetivo general.

- a. Determinar el efecto de ozono para el control del complejo de hongos en vivero de pinos (*Pinus radiata*) e condiciones de Marco-Jauja.
- b. Determinar intervalos de aplicación de ozono para el control del complejo de hongos.

4. Hipótesis.

4.1 Hipótesis General.

La aplicación de ozono tendrá efecto en el complejo de hongos (*Phytium* spp., *Phytophthora* spp. *Rhizoctonia* spp., y *Fusarium* spp. En vivero de pinos (*Pinus radiata*) en condiciones de Marco-Jauja.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don)

5.1.1 Generalidades del pino radiata

Pinus radiata es una especie de pino (género *Pinus*) que se desarrolla con facilidad en el continente americano, específicamente en Estados Unidos y en zonas cálidas, como California.

Su porte es de gran tamaño, aunque ligeramente inferior a otras especies del mismo género. Un tamaño medio es el comprendido entre 20 y 30 metros de altura para especies adultas y con muchos años en crecimiento.

Pinus radiata es una especie de pino (género *Pinus*) que se desarrolla con facilidad en el continente americano, específicamente en Estados Unidos y en zonas cálidas, como California.

Su porte es de gran tamaño, aunque ligeramente inferior a otras especies del mismo género. Un tamaño medio es el comprendido entre 20 y 30 metros de altura para especies adultas y con muchos años en crecimiento.

5.1.2 Principales cuidados de *Pinus radiata*

Climatología

El mejor perfil climatológico para el desarrollo del pino de Monterrey es un clima medio entre cálido y templado. No tolera en exceso las bajas temperaturas, aunque tiene una buena resistencia a la congelación.

En las zonas frías donde se cultiva, suele estar cerca de la costa, por lo que se suaviza mucho las temperaturas en invierno.

Características de suelo

Pinus radiata requiere suelos profundos y recomendables con nivel medio de materia orgánica. Deben de ofrecer buen drenaje, especialmente en zonas donde haya mucha pluviometría (superior a 1500 mm).

Para su óptimo crecimiento, requiere suelos ligeramente ácidos (pH 5-6,5) ya que es una especie ligeramente acidófila.

Riego y necesidades hídricas

Una de las ventajas del pino de Monterrey es su resistencia a la falta de agua, especialmente en los meses de verano, donde se pueden llegar a tener 4 meses sin ninguna precipitación y niveles de temperatura altos.

Sin embargo, en condiciones normales, las necesidades de agua de esta especie son moderadas.

Plagas y enfermedades

Una de las plagas más significativas del género *Pinus* es actualmente la **procesionaria del pino**. De hecho, *Pinus radiata* es bastante propensa a esta oruga y esto hace que las poblaciones mundiales hayan disminuido considerablemente en los últimos años.

Clasificación taxonómica La clasificación taxonómica del pino, se detalla de acuerdo al sistema de clasificación de (Cronquist 1981).

5.1.3 Taxonomía.

Reino: Plantae División Pinophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Subfamilia: Pinoideae

Género: *Pinus*

Especie: Pinus radiata D.

Sección: Taeda

Grupo: Insignes

Sinonimias Sinónimo: Pinus insignes Doug/as

Nombres comunes Nombre vulgar: Pino de Monterrey, pino insigne

Fuente: Maderas Villamor

5.1.4 Generalidades del complejo de hongos.

Los problemas más drásticos que sufre la planta forestal de supervivencia se presenta durante el periodo en el que se encuentra en invernadero o vivero. El responsable de la falta de salud de la plántula son las micosis que dan lugar a infecciones más conocidas como Damping-off, los síntomas que desarrolla la enfermedad se engloban en tres formas, en relación con la edad las cuales son: Damping-off de preemergencia, Damping-off de post-emergencia y Damping-off tardío (Soldevilla, 1995).

Cibrián y colaboradores (2008) señalan que las enfermedades presentadas en la germinación de planta son las siguientes:

Damping-off por *Pythium*: se caracteriza por presentar en su fase asexual, esporangios que dan origen a las zoosporas. Las zoosporas pueden orientarse y agregarse alrededor de las raíces, y desarrollar una hifa que es capaz de penetrar en el tejido suave de las raíces que apenas se están formando. Ya que el hongo se encuentra dentro de la planta se reduce con rapidez, el micelio penetra en las células, rompe y destruye las paredes celulares, y provoca la caída de las plántulas.

Damping-off por *Rhizoctonia*: hongo de los más frecuentes en el vivero. Este hongo forma estructuras de resistencia, llamadas esclerocios que son agregados de hifas de color café, semiesféricas,

pero pueden tomar formas distintas de pocosmilímetros de diámetro, las hifas están interconectadas y pueden infectar a las raíces de las plántulas que apenas están emergiendo; causan una pudrición suave.

Fusarium en plántulas de pino: se genera un micelio blanco que infecta el nuevo tejido. Este micelio mata la punta, e incluso puede bajar al cuello de la plántula. Al dejar en cámara húmeda a plantas enfermas, se propicia el desarrollo de un manto micelar de color blanco en la superficie del tejido vegetal o en la cubierta de la semilla.

Quiroz y colaboradores (2009) indican que tanto plagas como enfermedades presentes en Invernadero o vivero, son de los agentes que pueden producir daños severos si no son controlados en el momento de su aparición. Hacen mención de algunos hongos, insectos y nematodos más importantes que afectan a la planta.

5.1.5 Hongos

Caída de plantas o damping off, este hongo afecta a la planta cuando aún no posee ningún tejido secundario. El síntoma causado por este tipo de hongo es una lesión húmeda en la raíz-cotiledón a nivel del suelo, que asciende desde la parte superior hacia los cotiledones. En vivero e invernadero se ha observado “pudrición café de la raíz” provocada por *Phytophthora*, “Pudrición negra” producida por *Macrophomina phaseolina*.

5.1.6 El ozono

5.1.6.1 Generalidades del ozono.

El ozono es un gas incoloro e inestable de tres átomos de oxígeno, además, es un oxidante fuerte, muy fácil de producir, pero a la vez muy frágil y fácil de destruir. Muy pronto se descubrió que el ozono era un componente natural del aire (IDEAM, 2014, p. 2).

Su descubrimiento se atribuye a los químicos Charles Fabry y Henri

Buisson. En 1840, Christian Friedrich Schönbein lo denominó ozono, a partir del verbo griego ozein que significa tener olor, debido al olor que se percibe durante las tormentas eléctricas. En 1865, Jacques-Louis Soret determinó su fórmula, confirmada por Schönbein en 1867 (Álvarez, 2013, p. 4).

El Ozono es una variedad alotrópica del oxígeno, muy conocido por su presencia en la estratosfera, donde se forma por la acción de los rayos Ultravioletas del sol, los cuales absorbe en gran medida, evitando de este modo su acción perjudicial sobre los seres vivos. El Ozono posee un poder oxigenante mayor que el del oxígeno normal, y por ello mejora el proceso respiratorio a nivel celular (Villapudua, 2010, p. 2).

5.1.6.2 El ozono en la agricultura y el bienestar.

Las principales aplicaciones del ozono en la agricultura son la inyección de agua ozonizada en el riego y los tratamientos foliares por pulverización

El ozono, la forma más activa de oxígeno, convierte el agua en desinfectante natural que elimina de manera fácil y eficaz virus, bacterias, hongos, algas, esporas y demás microorganismos (Ecoticias, 2015, p.1).

Nos encontramos con todo tipo de industrias alimentarias en las que es necesaria la esterilización del proceso. Un método seguro y económico sería el empleo de ozono. Se puede decir que debido a su mínima toxicidad y fácil eliminación no deja residuo alguno tras su aplicación, su utilización sería de gran eficacia en las cámaras de frío (Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria, 2007, p. 30).

El ozono retrasa la maduración de las frutas en un 20-30 %, por lo que permite almacenar las frutas por más tiempo y así exportarlas de una manera más fácil. Por su acción desodorizante el ozono elimina malos olores y gases etilénicos que son producidos por la mayoría de especies,

en el caso de los cítricos, esto impide que se transmitan sabores de una especie a otra (Hidro Water, 2010, p. 7).

5.1.6.3 El ozono como desinfectante.

El ozono es reconocido por la comunidad científica internacional como uno de los más poderosos oxidantes de la naturaleza. Este efecto puede ser atribuido a su alta capacidad de oxidación. Dado que ninguna bacteria anaerobia, virus, protozoos u hongo puede vivir en una atmósfera con alta concentración de oxígeno, todas las enfermedades causadas por estos agentes patógenos son potencialmente curables mediante la acción del ozono (Ilzarbe, 2006, p. 4).

El ozono es el mejor desinfectante, atacando a todo tipo de microorganismos, bacterias, virus, protozoos, e inhibiendo su crecimiento. Utilizado como biocida en el agua, no solo desinfecta el agua, sino que ataca también a las algas que pueden formarse, reduciendo así su crecimiento y manteniendo el agua expuesta a la luz en condiciones apropiadas para el baño (Sánchez, Saldaña, 2005, p. 99).

El ozono, dado su alto poder oxidante y su descomposición espontánea a oxígeno, se ha convertido en un agente potencial para la seguridad microbiológica y la calidad de estos productos. En Cuba, el Centro de Investigaciones del Ozono (CIO) y el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) trabajan en la colaboración para proveer la base científico-técnica fundamental y contribuir a la sostenibilidad y competitividad de la cadena productiva de frutos como la fruta bomba, el plátano y el banano (Venta, 2010, p. 3).

El ozono destruye las bacterias, hongos y virus por una oxidación progresiva de los componentes celulares. El mecanismo de acción indica la oxidación de la pared celular y la membrana citoplasmática, por lo tanto, la diferencia de sensibilidad al ozono de las bacterias debe estar relacionada con las diferentes estructuras y composición de la pared

celular (Cruz– Broche, 2010, p. 5).

Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono - nitrógeno, lo que da lugar a una despolimerización, de especial interés en el caso de desactivación de todo tipo de virus (Cosemar Ozono, 2016, p.5).

5.1.6.4 Producción de ozono.

El Ozono (O₃) es una molécula relativamente inestable compuesta de tres átomos de oxígeno (O). A pesar de que sólo representa una fracción muy pequeña de la atmósfera, el ozono es indispensable para la vida en la Tierra (NASA, 2001, p. 1).

El ozono estratosférico está disminuyendo en todo el mundo debido en parte a actividades humanas. Los científicos saben ya que las grandes pérdidas polares de ozono son el resultado directo de los efectos de sustancias químicas producidas por el hombre. Sin embargo, la comunidad científica aún no sabe cuánto de la disminución de ozono en las latitudes medias es el resultado de actividades humanas, y cuanto es debido a las fluctuaciones de los ciclos naturales (NASA, 2001, p. 1).

5.1.6.5 Características físicas y químicas del ozono.

El ozono gaseoso es incoloro con un tono ligeramente azulado y tiene un característico olor acre que puede resultar irritante. En la Naturaleza se le suele encontrar como resultado de las descargas eléctricas producidas en las tormentas y en las capas altas de la atmósfera, particularmente en la troposfera, como consecuencia de la acción de los rayos ultravioleta sobre las moléculas de dióxigeno (Chicón, 2001, p. 1).

La acción del ozono sobre los virus requiere un residual necesario para garantizar la eliminación del 99.99 % entre 3 y 5 veces más altos que los necesarios para las bacterias. Lo mismo podríamos decir de los tiempos de contacto, y por tanto de las cantidades aportadas de ozono para un mismo caudal de agua infectada. Lo que sí podemos afirmar rotundamente es que el ozono, a igualdad de residuales, es mucho más activo que el cloro (Bringman, 2010, p. 4).

5.1.6.6 Riego con agua ozonizada.

La ozonización en el riego hace años que, tanto en cultivos intensivos, o de invernadero, como en extensivo, o campo abierto. El agua ozonizada se utiliza en todo tipo de cultivos, tanto convencionales como ecológicos, aplicándose a regadíos por aspersión, goteo o riego superficial. Utilizando Ozono se puede cultivar de forma totalmente ecológica, sin perjudicar la rentabilidad de la explotación (Top ozono, 2015, p. 6).

La producción del ozono se da por medio de una maquina llamada "ozonificador" mediante un sistema de inyección vénturi, el ozono es introducido en la corriente de agua donde se produce la mezcla de ambos. Elimina todo tipo microorganismos, no deja residuos ya que el Ozono al descomponerse se convierte en Oxígeno, aportando por tanto mayor cantidad del mismo a las raíces y a su vez oxigena la tierra mejorando las condiciones de inmunidad de la misma a cualquier tipo de contagio (Inter Ozono, 2011, p. 2).

Se han realizado estudios que comprobaron que regar con agua ozonificada mejora el crecimiento y da vigor a las plantas. De hecho, existen publicados diversos ensayos que informan de que el ozono en el agua de riego puede reducir la aparición de insectos y enfermedades, mejorar la penetración del agua, y reducir el uso de fertilizantes (Calvo, 2013, p. 10-11).

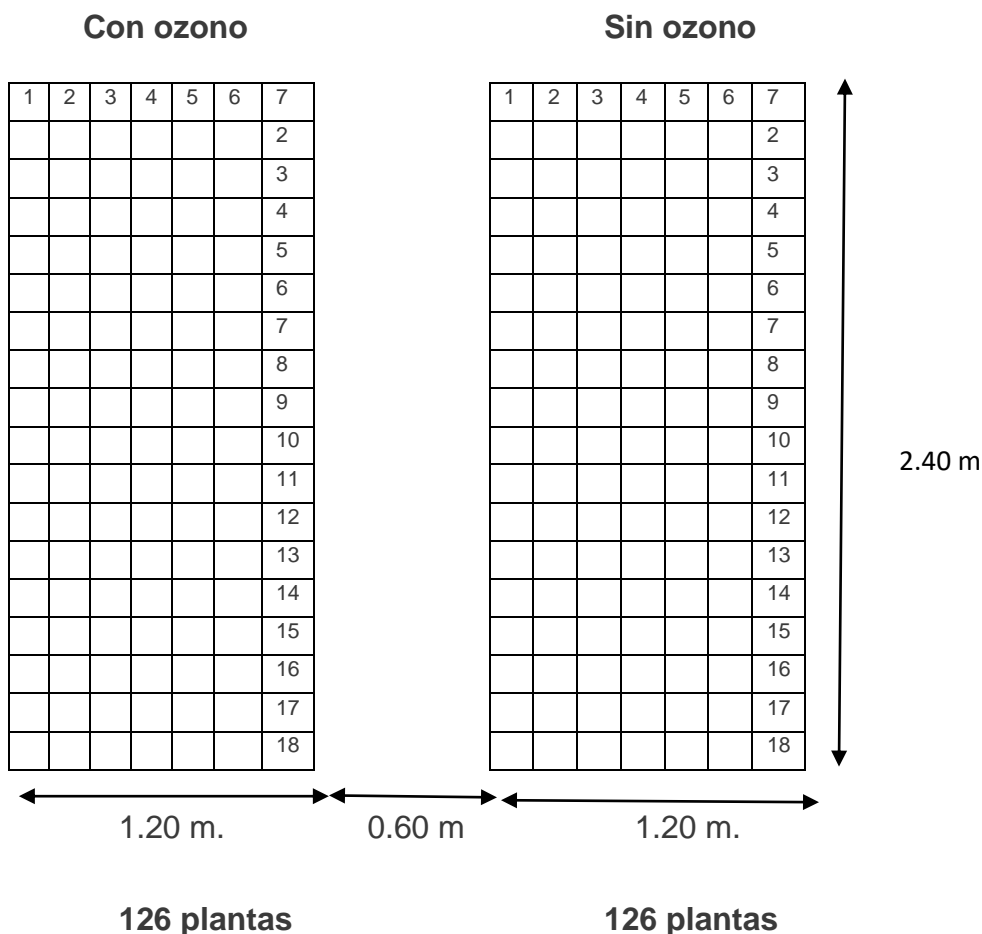
6. MARCO METODOLÓGICO

6.1 Zona de estudio.

El material infectado con el complejo de hongos se colectó en una plantación localizado en el vivero del Instituto de Educación Superior Tecnológico Publico “Marco” Distrito de Marco, Provincia de Jauja, Departamento de Junín.

6.2 Establecimiento de las plantas de pinos

Las planta de pinos con la presencia de complejo de hongos, se ubicaron en dentro del vivero institucional, para lo cual se escogieron todas aquellas plantas que estaban infectadas con el hongo mencionado para su respectivo tratamiento en las platabandas:



6.3 Materiales

6.3.1 Material biológico.

- Plantas de pinos infectadas
- Hongos infectando

6.3.2 Material técnico.

- Mochilla de fumigar
- Fundas de polietileno
- Tamiz
- Lápiz

6.3.3 Material Tecnológico.

- Computadora portátil
- Teléfono móvil
- Equipo ozonizador

6.4 Tamaño y/o número de plantas para evaluación

Se utilizaron plantas de pinos de edad de 1 año y de una altura de 40 cm. Las cuales fueron seleccionadas de la cama nro. 3 del vivero institucional, para lo cual se tuvo en cuenta que las plantas deberían presentar la infección con el complejo de hongos lo que se podía observar que la planta tenía los síntomas característicos de poseer ésta enfermedad que se traduce en la presencia de las partes apicales en un color pardo rojizo.

6.5 Variables a estudiar

De acuerdo a la naturaleza del experimento se consideró la variable planta enferma

con aplicación de ozono y planta enferma sin aplicación de ozono

6.6 Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de datos categóricos mediante cuadros comparativos toda vez que hubo que comparar la muestra con aplicación de ozono y otra muestra sin la aplicación de ozono.

6.7 Metodología

6.7.1 Procesamiento de la muestra

La muestra fue tomada al azar de todas aquellas plantas con presencia de la enfermedad causada por el complejo de hongos: (*Phytium* spp., *Phytophthora* spp. *Rhizoctonia* spp., y *Fusarium* sp.

6.7.2 Tratamientos.

El tratamiento en estudio de acuerdo al momento de ser ubicado para el experimento se detalla a continuación:

- Ozonificación de las plantas de pinos con 8 ppm + agua (Tratamiento)
- Testigo: plantas asperjadas con agua solamente

6.7.3. DOSIS DE APLICACIÓN

La dosis de aplicación de ozono al tratamiento de pinos con el complejo de hongos es de 30 litros de agua con una concentración de ozono de 8 ppm. Y la aplicación al tratamiento testigo es de 30 litros de agua solamente (sin ozono)

La aplicación del ozono fue realizando a 126 plantas de pinos que en este caso se llama el tratamiento experimental y al tratamiento testigo también de 126 plantas, se le aplicó agua solamente.

A la fecha se aplicó 4 veces de agua ozonizada a las plantas en estudio para lo cual se realizó previamente generada el ozono en las instalaciones del Instituto La aplicación de ozono se aplicó de acuerdo a la programación establecida en el proyecto de investigación, habiéndose suministrado la primera aplicación el día lunes 02 de noviembre del año en curso y posteriormente las 3 aplicaciones cronogramadas.

La aplicación de ozono en principio se estuvo realizando mediante una mochila generación de la misma hacia el lugar del experimento duraba un tiempo de 15 minutos, y siendo que el ozono tiene una duración máxima de alrededor de 30 minutos, dependiendo de la calidad, temperatura y humedad del aire ambiente, es por esta razón que se optó por utilizar una manguera para enviar directamente el ozono generado hasta el lugar del experimento para su aplicación del tratamiento y de ésta manera ahorrar minutos para lograr el efecto del ozono.

6.7.4 Fecha y dosis de aplicación

TRATAMIENTO			TESTIGO	
Aplicación de agua ozonizada			Aplicación de agua solamente	
Nro.	Fecha	Dosis	Fecha	Dosis
1	02/11/2022	8 ppm	02-09/11/2022	32 Lt.
2	16/11/2022	8 ppm	16-23/11/2022	32 Lt.
3	30/11/2022	8 ppm	30- 01/11,12/22	32 Lt.
4	15/12/2022	8 ppm	08-15/12/2022	32 Lt.

6.8 Evaluaciones

Las evaluaciones respectivas se realizaron cada 15 días, éstas evaluaciones se hicieron teniendo en cuenta el color del que presentaba la parte apical de la planta de pino, que es por donde inicia su infección el complejo de hongos, para luego descender hacia la parte basal.

Color pardo rojizo = Presencia de la enfermedad

- Color pardo** = Enfermedad menguante
- Color pardo a verde** = Enfermedad en erradicación
- Color verde** = Enfermedad erradicada.

7. RESULTADOS

En la Tabla 1, los resultados se refieren a que luego de la primera aplicación de ozono a 8 ppm, algunas plantas reaccionaron mostrando la parte apical de un color pardo, mientras que las demás no presentaron síntomas de reacción alguna.

Tabla Nro.1 Aspersión de agua ozonizada y no ozonizada, concerniente al tratamiento y al testigo, 4 plantas de pinos mostraron reacción, mientras que el testigo no muestra reacción alguna

TRATAMIENTO			TESTIGO	
Aplicación de agua ozonizada			Aplicación de agua solamente	
Nro.	Nro. plantas	Síntoma (color)	Nro. Plantas	Síntoma (color)
1	122	Pardo rojizo	126	Pardo rojizo
2	4	Pardo	-	Pardo
3	-	Pardo a verde	-	Pardo a verde
4	-	Verde	-	Verde

En la Tabla 2, los resultados indican diferencias en las reacciones después de la 2da. Aplicación de ozono en las plantas de pinos.

Tabla Nro.2 Aspersión de agua ozonizada y no ozonizada, concerniente al tratamiento y al testigo, 6 plantas de pinos mostraron reacción, mientras que el testigo no muestra reacción alguna.

TRATAMIENTO			TESTIGO	
Aplicación de agua ozonizada			Aplicación de agua solamente	
Nro.	Nro. plantas	Síntoma (color)	Nro. Plantas	Síntoma (color)

1	120	Pardo rojizo	126	Pardo rojizo
2	6	Pardo	-	Pardo
3	-	Pardo a verde	-	Pardo a verde
4	-	Verde	-	Verde

En la Tabla 3, los resultados se refieren a que luego de la tercera aplicación de ozono a 8 ppm, las plantas siguen su reacción mostrando la parte apical de un color pardo, mientras que las demás no presentaron síntomas de reacción alguna.

Tabla Nro.3 Aspersión de agua ozonizada y no ozonizada, concerniente al tratamiento y al testigo, 15 plantas de pinos mostraron reacción, mientras que el testigo no muestra reacción alguna.

TRATAMIENTO			TESTIGO	
Aplicación de agua ozonizada			Aplicación de agua solamente	
Nro.	Nro. plantas	Síntoma (color)	Nro. Plantas	Síntoma (color)
1	101	Pardo rojizo	126	Pardo rojizo
2	15	Pardo	-	Pardo
3	5	Pardo a verde	-	Pardo a verde
4	5	Verde	-	Verde

En la Tabla 4, los resultados se refieren a que luego de la cuarta aplicación de ozono a 8 ppm, las plantas siguen su reacción progresiva mostrando la parte apical de un color pardo, mientras que las del testigo también muestran una ligera reacción con 5 plantas.

Tabla Nro. 4 Aspersión de agua ozonizada y no ozonizada, concerniente al tratamiento y al testigo, 60 plantas de pinos mostraron reacción, mientras que el testigo muestra reacción con 5 plantas.

TRATAMIENTO			TESTIGO	
Aplicación de agua ozonizada			Aplicación de agua solamente	
Nro.	Nro. plantas	Síntoma (color)	Nro. Plantas	Síntoma (color)
1	66	Pardo rojizo	121	Pardo rojizo
2	16	Pardo	5	Pardo
3	10	Pardo a verde	-	Pardo a verde
4	34	Verde	-	Verde

8. DISCUSION

La aplicación de ozono como medida de control para microorganismos han sido sustentados en investigaciones previas (Venta, 2010, p.3).

Investigaciones sobre el efecto inhibitorio del ozono sobre los microorganismos ha sido poco estudiado. Faytong (2017) demostró que aplicaciones de ozono con 4 y 5 ppm en condiciones in vitro inhibió el crecimiento micelial de *Moniliophthora roreri*.

Nuestros resultados establecen que aplicaciones tempranas de ozono pueden estar ejerciendo un efecto sobre el complejo de hongos antes de establecerse en el interior de la célula vegetal esto debido por el equilibrio numérico de plantas sanas y enfermas que se obtuvieron.

Las acciones del ozono sobre los hongos han sido reportadas por Ilzarbe (2006, p.4) y Sánchez y Saldaña (2005, p.99) que enfatizan las propiedades de control que ejerce al inhibir poblaciones de hongos.

En la presente investigación el ozono se disolvió y concentró en el agua, lo que proporcionó la ventaja de ser aplicado en el suelo en donde nuevamente se liberó como gas, interactuando con las poblaciones de microorganismos y contribuyendo a la disminución, tanto de hongos como de bacterias, tal como se ha reportado para este tipo de organismos en la literatura, pero afectó además a los nematodos, para lo cual no se encontraron reportes del uso del ozono para su control. En general, no se encontró información en la literatura sobre un trabajo similar en donde se haya utilizado ozono disuelto en agua de riego para el tratamiento del suelo, con el objetivo de disminuir las poblaciones de microorganismos en el mismo y posteriormente ver el efecto indirecto en el crecimiento vegetal. La fácil volatilidad del ozono, una vez liberado del agua, ayuda a su distribución en la planta favoreciendo su acción biocida; otros compuestos han demostrado su efectividad deletérea contra microorganismos gracias a su volatilidad.

La única aplicación de ozono en la parcela correspondiente disminuyó inicialmente y de manera significativa las poblaciones de hongos habitantes en las plantas.

El efecto estimulante del ozono sobre las plantas de pinos podría haberse presentado solo en el caso de haber realizado un mayor número de aplicaciones del mismo distribuidas a lo largo del tiempo, tomando en consideración que la descomposición del ozono da como resultado oxígeno, que puede ser utilizado por las raíces de las plantas para su respiración y por ende en la absorción de nutrimentos, pero es necesario tener cuidado de no llegar a niveles de concentración de ozono que resulten tóxicos a las plantas, como en el estudio realizado por Keutgen et al. (2005), quienes encontraron una disminución del área foliar de las plantas al exponerlas por dos meses a un ambiente de 78 ppm de ozono.

Finalmente, el uso del ozono dirigido al suelo mediante su aplicación con el agua de riego, sigue dos propósitos, el primero busca reducir las poblaciones microbianas fitopatógenas habitantes del suelo, y a consecuencia de esto, el segundo pretende conseguir un estímulo en el crecimiento de las plantas, por lo que se sugiere continuar estudiando el fenómeno, hasta lograr una dosis óptima y un número adecuado de aplicaciones que permitan conseguir resultados satisfactorios.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

Se concluyó lo siguiente:

- De las 126 planta de pinos que fueron asperjadas con agua ozonizada, 34 plantas resultaron con la erradicación del complejo de hongos, 16 menguantes y 10 en proceso de erradicación total.
- De las 126 planta de pinos que fueron asperjadas con agua solamente, 5 plantas presentaron reacción al presentar un color pardo que nos indica de acuerdo a la tabla de valorización, que la enfermedad tiende a ser erradicada posteriormente o está en proceso de ser erradicada por resistencia que muestra la planta en si misma.

- Solamente hubo un tratamiento de ozono, un tratamiento de dosis de ozono asperjando a 8ppm.
- El ozono aplicado en las plantas de pinos redujo el complejo de hongos, así como su incidencia en la misma.
- Dado que el tiempo de efecto germicida del ozono tiene poca durabilidad, se requiere su aplicación al instante luego de que se genere el ozono.

9.2 Recomendaciones

Se recomienda lo siguiente:

- Realizar investigaciones de dosis altas y frecuencias de aspersiones de ozono en las plantas de pinos y otros para determinar su efecto deletéreo sobre los microorganismos.
- Realizar investigaciones de dosis y frecuencia de aspersiones de ozono antes de la transmisión del PRSV-P con áfidos.
- Siendo que el pino contiene una secreción orgánica llamada resina, ésta hace que la penetración del ozono a las estomas de la planta sea muy lenta y por lo tanto el efecto del ozono tiende a ser lenta también, entonces realizar investigaciones con más frecuencias de aplicación y tiempo.

BIBLIOGRAFIA

Bringman. (2010). El ozono en el tratamiento del agua.

CABI. (10 de enero de 2017). Centre for Agriculture and Biosciences International. Obtenido de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45962>

Calvo, M. d. (2013). Tratamientos con ozono . Madrid: Cosemar ozono.

Chicón, L. (2001). Ozono atmosférico.

Cruz–Broche, S. S. (2010). El ozono: una alternativa sustentable en el tratamiento postcosecha de frutas y hortalizas. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 10.

Ecoticias. (13 de 7 de 2015). El uso del ozono en la agricultura incrementa hasta un 40% la productividad. Recuperado el 2015, de <http://www.ecoticias.com/agricultura-ecologica/105262/ozono-agricultura-incrementa-productividad>

Faytong, W. (2017). Evaluación del efecto inhibitor del ozono sobre *Moniliophthora roreri* en condiciones in vitro.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Generalidades del ozono Bogotá, Colombia.

Inter Ozono. (7 de noviembre de 2011). Ozono para el riego agrícola. Obtenido de <http://www.basibe.es/wp-content/uploads/2017/04/CATALOGO-OZONO-RIEGO- AGRICOLA.pdf>

Top ozono. (2015). Tratamiento agro-ecológico con ozono. Obtenido de <http://www.topozono.com/MegaArchivos/Tratamiento%20Agro-ECOLOGICO%20con%20OZONO%20para%20Agua%20de%20Riego.df>

Villapudua, J. R. (2010). El ozono en la agricultura y el bienestar. Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa y Agro biológica.

EVIDENCIAS

Instalación del proyecto con los dos tratamientos:

Con ozono

Sin ozono



Presencia del complejo de hongos



Presencia en masa del hongo



Tratamiento experimental



Tratamiento testigo



Tratamiento experimental



Tratamiento testigo



Parte apical con ozono



Tratamiento con ozono



El trabajo de investigación se encuentra ubicado en las instalaciones del vivero institucional



Plantas que reaccionaron a la aplicación de ozono (Enfermedad erradicada)



Plantas que no reaccionaron o están en estado menguante



Parte apical con enfermedad erradicada de la planta (Con ozono)



Parte apical con presencia de la enfermedad (Sin ozono)



Enfermedad erradicada en mayoría de plantas (Con ozono)



Plantas con la presencia de la enfermedad (Sin ozono)

