



# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

## ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

### MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES MENCIÓN: GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

*Resolución: RPC-SE-01-No.016-2020*

#### PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

<b>Título del proyecto:</b>
Influencia De Las Ondas Electromagnéticas En El Hongo Roya En Plantas Ornamentales
<b>Línea de Investigación:</b>
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
Ciencia, Tecnología, Investigación
<b>Autor/a:</b>
Edwin Xavier Andrango Chisaguano
<b>Tutor/a:</b>
Ph. D. Fidel David Parra Balza / Mg. Wilmer Fabian Albaracín Guarochico

Quito – Ecuador

2022

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Fidel David Parra Balza** con C.I: **1757469950** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Influencia De Las Ondas Electromagnéticas En El Hongo Roya En Plantas Ornamentales**

Elaborado por: **Edwin Xavier Andrango Chisaguano**, de C.I: **0502882319**, estudiante de la Maestría: **Telecomunicaciones**, mención: **Gestión De Las Telecomunicaciones**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 19 de Marzo de 2022

---

**Firma**

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Contextualización general del estado del arte	5
1.2. Proceso investigativo metodológico	6
1.3. Análisis de resultados	7
CAPÍTULO II: PROPUESTA	9
1.1. Fundamentos teóricos aplicados	9
1.1.1 Espectro radioeléctrico.	9
1.1.2 Radiación no Ionizante	10
1.1.3 Radiación Ionizante	11
1.1.4 Ondas electromagnéticas.	11
1.1.5 Propagación	13
1.1.6 Elementos radiantes y antenas	14
1.1.7 Los geranios	15
1.1.8 Hongo Roya ( <i>Puccinia Pelargonii-zonalis</i> )	15
1.1.9 Ondas electromagnéticas y sus efectos en las plantas y microorganismos	16
1.2. Descripción de la propuesta	18
1.2.1 Fase I. Planteamiento del problema	21
1.2.2 Fase II. Recopilación de antecedentes bibliográficos	21
1.2.3 Fase III. Experimentar y manipular variables	22
1.2.3.1 Experimento por 15 días a 1 hora	23
1.2.3. 2 Experimento por 15 días a 2 hora	28
1.2.4 Fase IV Comparar los resultados obtenidos	33
1.2.4.1 Modelado de actividades realizadas	33
1.2.4.2 Análisis de resultados	34
1.3. Validación de la propuesta	39
1.4. Matriz de articulación de la propuesta	43
CONCLUSIONES	45

RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
Bibliografía	47
ANEXOS	49

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Resultados de las Pruebas Realizadas del Funcionamiento del Prototipo</i> .....	19
<b>Tabla 2.</b> <i>Muestras experimentales.</i> .....	22
<b>Tabla 3.</b> <i>Resultados de Hojas Inyectadas</i> .....	35
<b>Tabla 4.</b> <i>Resultados de Hojas Inyectadas.</i> .....	38
<b>Tabla 5.</b> <i>Descripción del Perfil del Validadores</i> .....	39
<b>Tabla 6.</b> <i>Criterios de Evaluación</i> .....	40
<b>Tabla 7.</b> <i>Escala de Evaluación de Criterios</i> .....	41
<b>Tabla 8.</b> Preguntas Instrumento de Validación .....	42
<b>Tabla 9.</b> <i>Matriz de articulación</i> .....	43

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Bandas de Frecuencia Dentro del Espectro Radioeléctrico</i> .....	9
<b>Figura 2.</b> <i>Rango de Frecuencias no Ionizantes</i> .....	10
<b>Figura 3.</b> <i>Onda Electromagnética y sus Componentes Eléctricos y Magnéticos</i> .....	11
<b>Figura 4.</b> <i>Elementos de una Onda</i> .....	12
<b>Figura 5.</b> <i>Reflexión y Difracción</i> .....	14
<b>Figura 6.</b> <i>Patrón de Radiación</i> .....	15
<b>Figura 7.</b> <i>Hoja Infeccionada por el Hongo Roya</i> .....	16
<b>Figura 8.</b> <i>Tabla de Crecimiento del Maíz.</i> .....	17
<b>Figura 9.</b> <i>Tabla de Germinación de la Semilla de Maíz</i> .....	18
<b>Figura 10.</b> <i>Elemento Radiante</i> .....	20
<b>Figura 11.</b> <i>Descripción del Proceso Realizado</i> .....	21
<b>Figura 12.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 8.5 GHZ en una Hora de Tratamiento por día</i> 23	
<b>Figura 13.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 8.5 GHZ en una Hora de Tratamiento por día</i> 24	
<b>Figura 14.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 9.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día</i> ....	25
<b>Figura 15.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 9.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día</i> ....	26
<b>Figura 16.</b> <i>Resultados de Hojas infeccionadas a 10.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día</i> ..	27
<b>Figura 17.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 10.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día</i> ..	27
<b>Figura 18.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 8.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día</i> ...	28
<b>Figura 19.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 8.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día</i> ...	29
<b>Figura 20.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 9.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día</i> ...	30
<b>Figura 21.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 9.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día</i> ...	31
<b>Figura 22.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 10.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día</i> .	32
<b>Figura 23.</b> <i>Resultados de Hojas Infeccionadas a 10.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día</i> .	32
<b>Figura 24.</b> <i>Tabla de Datos Muestras Sometidas a 1 Hora de Exposición</i> .....	34
<b>Figura 25.</b> <i>Comparación Hojas Infeccionadas por Frecuencia a Tiempos de 1 Hora</i> .....	34
<b>Figura 26.</b> <i>Tabla de Datos Muestras Sometidas a 2 Hora de Exposición</i> .....	36

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

Las plantas ornamentales cautivan por su belleza, pero para disfrutar de su belleza se deben emplear técnicas de cultivo, ya sea en invernaderos y por aficionados, requiere varios cuidados como la preparación de la tierra en la cual se cultiva, la temperatura idónea en la cual se desarrollan las plantas, cuidar de hongos y parásitos, y muchas variables que pueden afectar el correcto desarrollo de las plantas.

Uno de los principales hongos que afectan el crecimiento de las plantas es el hongo Royal, este tipo de hongo no solo afecta a plantas ornamentales, tiene un gran impacto en plantas de cultivo como frutales, tubérculos, verduras y vegetales, este tipo de hongo es un microorganismo de fácil propagación ya que se reproduce por medio de esporas que pueden ser transportadas por el viento, lluvia, por el contacto con plantas infectadas y hasta por el mismo ser humano.

Los daños más severos que causó el hongo se tiene en el 2001 en la zona de Brasil, según (Salamanca, 2018) una variante de Roya (*Phakopsora pachyrhizi*) proveniente de Asia acabó con el 60% del cultivo de Soya de dicho país provocando una pérdida de 121 mil toneladas de soya con un costo aproximado de 24.7 millones de dólares, causando una pérdida importante para el sector agrícola de la región. (Salamanca, 2018)

En las décadas pasadas se realizaron varios estudios en donde se emplearon nuevas tecnologías para combatir microorganismos presentes en la conservación de alimentos como métodos alternativos al de sometimiento a altas temperaturas, con el método convencional se elimina gran cantidad de bacterias y microorganismos pero al mismo tiempo se pierden las propiedades de los alimentos como son el color, textura y vitaminas propias de los productos, por lo que se explora nuevos métodos como son la radiación ultravioleta, ultrasonido, radiofrecuencia, luz infrarroja.

La radiación no ionizante a diferentes frecuencias se emplean para combatir diferentes tipos de microorganismos presentes en el ambiente, en estudios pasados se emplea ondas electromagnéticas para combatir un cierto tipo de hongo (*Botryti Cinérea*) presente en las frutas, el cual provoca que se pudran las frutas de forma prematura, se irradia radiofrecuencia de forma controlada sobre la zona afectada de la fruta, obteniendo un resultado favorable para evitar la proliferación del hongo desde la fruta hospedadora hasta la nueva fruta vecina.

En base a estudios previos se pretende analizar el uso de radiofrecuencia en ambiente controlado y plantas ornamentales para combatir el hongo Roya, que es uno de los principales hongos que afectan a las plantas en los invernaderos, jardines y demás lugares donde las plantas están expuesta a condiciones poco favorables de temperatura, humedad y fertilización del suelo, con esta investigación se pretende verificar la viabilidad del uso de ondas electromagnéticas en el cuidado de plantas y dejar un tema abierto para que se pueda investigar en plantas y vegetales de consumo humano.

### **Problema de investigación**

El hongo Roya en uno de los principales agentes dañinos que afectan a cultivos ornamentales, vegetales de consumo huma, plantas frutales, y a la vegetación en general, este hongo es el principal temor de los agricultores es de fácil propagación por lo que puede infectar a todo el cultivo haciendo que se eche a perder y provocando pérdidas económicas de gran magnitud para los agricultores de plantas ornamentales y de consumo humano.

El hongo Roya se desarrolla en sectores húmedos y a temperatura ambiente, mientras mayor sea el grado de humedad y temperatura es un sitio idóneo para que el hongo se desarrolla y sea propague por todo el cultivo, por lo que los agricultores de productos orgánicos y plantas ornamentales que se desarrollan en viveros e invernaderos son los más afectados, estos lugares son los más apropiados para que dicho hongo se desarrolle y se propague.

Este hongo se adhiere a las hojas de las plantas tornándole de color amarillento y marrón, causando que la planta se debilite y envejezca prematuramente, como consecuencia de esto sus flores y frutos no se desarrollan y la planta se echa a perder, en casos más severos el hongo se adhiera al tallo de las paltas causando que el mismo se pudra y si no se controla su propagación y desarrollo puede afectar a cultivos vecinos ya que se propaga con gran facilidad por medio del viento, residuos trasportados por los insectos, y hasta por las mismas personas que tienen contacto con las plantas infectadas.

La forma más eficiente para controlar dicho hongo es mediante el uso de productos químicos mediante fumigaciones periódicas, eh aquí el problema para los agricultores de productos orgánicos y plantas ornamentales ya que el uso de productos químicos deben ser nulos para que se puedan llamar cultivos orgánicos, además los químicos, fungicidas y pesticidas causan efectos secundarios en el suelo, agua, ser humano y el ambiente en general, provocando que se pierda la calidad de vida de las personas.

Por lo antes mencionado se busca soluciones ecológicas y amigables con el ambiente para los cultivos orgánicos que son afectados por el hongo Roya, mediante este trabajo de investigación se pretende encontrar un método alternativo para controlar el hongo Roya que afecta a las plantas ornamentales empleando radiofrecuencia utilizando la gama de espectro recomendado por la OMS, para así evitar el uso de químicos en los cultivos orgánicos e invernaderos.

### **Objetivo general**

- Analizar la influencia de las ondas electromagnéticas para el control del hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) en plantas ornamentales.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de las ondas electromagnéticas en los cultivos.
- Establecer la influencia de las ondas electromagnéticas sobre los cultivos ornamentales en función de la distancia, frecuencia y tiempo de exposición.
- Modelar la influencia de las ondas electromagnéticas sobre la propagación del hongo.
- Analizar los resultados de la investigación.

### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

Al encontrar un método alternativo para controlar la población del hongo Roya en las plantas ornamentales se evitará el uso de los productos químicos mejorando la calidad del suelo, agua, oxígeno, mejorando así la calidad de vida del ser humano, animales y las propias plantas ayudando a que se desarrollen de forma adecuada y sin los efectos secundarios causadas por los químicos.

El beneficio en sí de un método alternativo para el control del hongo Roya es para la población de agricultores y jardineros aficionados de productos orgánicos ya que este hongo puede causar que todo su cultivo se eche a perder llevando a grandes pérdidas económicas, ya que el hongo se combate solo con fungicidas y en esta clase de cultivos el uso de los mismo es nulo.

Además, esta investigación beneficia al campo de la ciencia y tecnología vinculado con la agricultura para encontrar métodos alternativos de control y prevención plagas, virus, bacterias para aprovechar la tecnología en beneficio de la agricultura, abriendo nuevos campos de

investigación para estudiantes y profesionales que deseen investigar sobre el uso de las ondas electromagnéticas en beneficio de la sociedad.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

La proliferación de plagas en cultivos ornamentales y orgánicos se ha vuelto un problema a gran escala, hoy en día los constantes cambios climáticos han provocado que las condiciones naturales varié ayudando a que hongos virus y bacteria se desarrollen de forma esporádica atacando a las plantas y cultivos de granjas ornamentales y orgánicos, las cuales no pueden controlar la proliferación de agentes patógenos empleando fungicidas ni pesticidas ya que al emplear estos productos dejan de ser orgánicos.

Por lo tanto, el presente trabajo está orientado a buscar un método alternativo para el control y prevención de plagas en cultivos orgánicos y ornamentales, específicamente se orienta al control del hongo roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) presente en plantas ornamentales en invernaderos orgánicos, jardines, cultivos de consumo humano y plantas silvestres que día a día están en contacto con personas y animales.

El espectro radioeléctrico según (Llanos, 2013) está formado por todo el conjunto de frecuencias desde las frecuencias de baja energía con longitudes de onda largas hasta frecuencias altas de alta energía con longitudes de onda nanométricas capaces de cambiar las propiedades moleculares de la materia, se enlista varios ejemplos, Luz visible, infrarrojo, rayos X, rayos ultravioletas, rayos gamma, las cuales se propagan por el espacio libre o por un medio material, en el presente trabajo de investigación se debe aplicar la teoría de propagación de las ondas electromagnéticas y la transmisión de un medio a otro, la energía que transmiten de un punto a otro y los efectos que provocan las perturbaciones causadas por las ondas electromagnéticas al propagarse por los diferentes medios existentes en la naturaleza. (Llanos, 2013)

Se estudia los beneficios de las ondas electromagnéticas de baja frecuencia para germinar semillas, según (Arenas et al. 2015) el tratamiento con campo magnético a una determinada frecuencia en un rango de (440 a 945 Mhz), y con un campo magnético estacionario a un determinado tiempo las semillas llega a germinar más rápido que la semilla testigo sin someter al tratamiento, además afirma en su trabajo que a mayor frecuencia con mayor intensidad de campo magnético las plantas de maíz luego de ser germinadas tiende a crecer más rápido que la muestra testigo, concluyendo que el campo magnético de bajas frecuencias es beneficioso para el crecimiento de las plantas. (Arnesto Arenas, 2015)

En un experimento realizado por la NASA en el 2002 (Bulck y Ramos, 2002) descubre que las plantas de alfalfa crecen de forma idónea en un ambiente natural con agua, luz solar y la variable más importante una radiación de 2.5Ghz comprendida en el rango de las microondas, además afirma que la planta no sufre ningún daño y florece más rápido que las plantas de un ambiente natural sin exposición a la radiación mencionada, la desventaja es que el equipo empleado para generar la radiación es sumamente costoso. (Ramos, 2002)

En el centro de investigación de la Universidad De Santiago de Chile (Rodríguez et al. 2018) realizó la investigación de “Campos Electromagnéticos No Ionizantes para la Inocuidad Alimentaria” en donde afirma que se puede controlar las bacterias de E. coli utilizando el espectro radioeléctrico en banda de 2.4 GHz proporcionada por los equipos Wi-Fi que se usan de forma cotidiana en hogares, oficinas, sitios de trabajo, descanso y ocio, en la banda de 2.4 GHZ y en el canal 1 y 11 a una potencia de -30dBm se tienen resultados significativos en el comportamiento de la bacteria como es su resistencia a los antibióticos, su capacidad de recuperación y su capacidad de proliferación, logrando controlar dichos microorganismos en muestras de Agua Peptonada expuestas a 28 grados centígrados de temperatura. (Arturo B. Rodriguez, 2018)

El rango de frecuencia necesaria para controlar hongos presentes en las plantas se obtiene del trabajo de (Maigua y Gonzales, 2015) en donde obtiene resultados favorables mediante experimentos para controlar el hongo (Botrytis Cinerea) presente en frutas, este rango de frecuencia oscila entre 8 a 10 GHz en un tiempo determinado de 15 a 30 minutos por día, en donde afirma que la población de hongos se reduce o se mantiene dependiendo de la frecuencia aplicada en las muestras. (Maigua, 2015)

Mediante los antecedentes antes mencionados se pretende verificar la influencia de las ondas electromagnéticas sobre las plantas y el hongo objetivo de estudio (Puccinia Pelargonii-zonalis) que es una variante de hongo roya presente en plantas ornamentales y cultivos orgánicos que causan afecciones a las hojas.

## **1.2. Proceso investigativo metodológico**

### **Tipo de investigación**

Para la presente investigación se aplica el proceso de investigación experimental donde (Arias, 2020) dice que:

Toda investigación que contiene un conjunto de variables dependientes e independientes enfocados a resultados científicos se conoce como investigación experimental, en el cual se

pude afirmar que los resultados son favorables cuando la variable dependientes sufra el más mínimo cambio al modificar las variables independientes presentes en la investigación, adicional es el principal método cuantitativo de resultados es la investigación experimental, la cual debe ser desarrollada bajo ciertas normas y condiciones aceptables para el campo científico. (Arias, 2020)

Se aplica la investigación científica ya que se pretende experimentar una muestra que será nuestra variable dependiente, con varias variables independientes controladas por el investigador, para observar, cuantificar y analizar los resultados de la influencia de las ondas electromagnéticas y así encontrar un método alternativo para el control de hongos en las plantas ornamentales y de cultivo orgánico.

### **Metodología aplicada**

Para realizar la presente investigación se aplicaron las etapas del método experimental, en donde el investigador formula el problema, recolecta información, manipula las variables, compara los resultados y saca conclusiones de las variables dependientes.

**Planteamiento del problema:** Depende a dónde quiere llegar el investigador, que teoría quiere comprobar o a su vez que pretende mejorar de lo que ya existe.

**Recopilación de información:** Investiga antecedentes previos para encontrar variables dependientes e independientes y poder manipular de forma que pueda obtener resultados favorables.

**Manipulación de variables:** manipula las variables independientes sobre una muestra para verificar el cambio de la variable dependiente, el investigador manipula las variables de acuerdo a sus necesidades.

**Comparar las muestras:** El investigador compara las muestras luego de manipular las variables para verificar los resultados de las variables dependientes.

**Saca conclusiones:** El investigador observa las muestras y confirma hasta qué punto se da solución al problema o confirma una hipótesis, verifica las limitaciones y efectos adversos dentro de la investigación.

### **1.3. Análisis de resultados**

Mediante la investigación realizada de los trabajos previos se aprecia que al usar las diferentes ondas del espectro radioeléctrico de tiene resultados beneficiosos para el desarrollo de los vegetales, según (Arenas et al, 2015) afirma que las plantas de maíz se desarrollan más

rápido si se somete a una radiación de 440 a 950Mhz, además ayuda a que las semillas germinen en menor tiempo, mientras más aumenta la frecuencia del espectro radioeléctrico se tiene resultados favorables para el control de bacterias y hongos. (Arnesto Arenas, 2015)

Al emplear una radiación de 2.4Ghz se puede controlar la E. coli como lo afirma (Gonzales, 2012), y al subir de frecuencia ya se puede controlar el hongo.... Con estos resultados obtenidos se procede a experimentar con un nuevo tipo de hongo para observar su comportamiento y cómo influye las ondas electromagnéticas sobre el mismo manipulando las variables independientes.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 1.1. Fundamentos teóricos aplicados

En este apartado se redactan todos los fundamentos teóricos y conceptos empleados para realizar esta investigación.

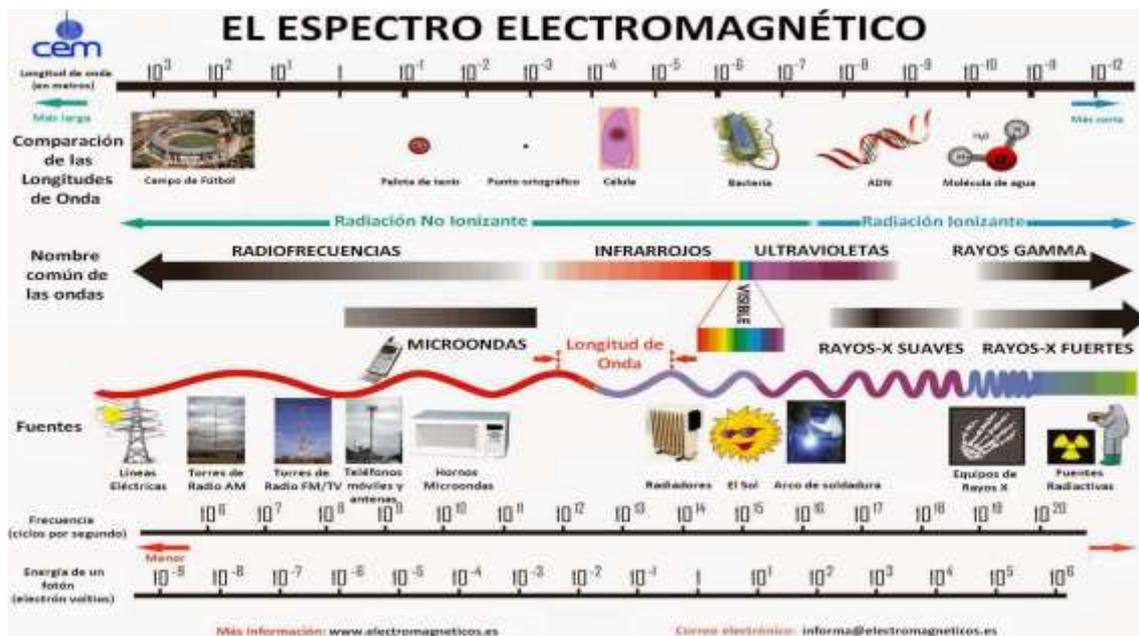
#### 1.1.1 Espectro radioeléctrico.

el espectro radioeléctrico es un recurso natural que todos los países del planeta lo poseen, este recurso lo pueden usar como el país lo requieran, las diferentes compañías de telecomunicaciones deben pagar al estado por hacer uso de este recurso natural, el esta es el que asigna una parte del espectro a cada compañía y se debe hacer buen uso del recurso acorde al acuerdo que firman con el estado, en el Ecuador el ente regulador es la ARCOTEL. (Arcotel, 2017)

Este recurso está conformado por todos los rangos de frecuencia las cuales se agrupan en bandas desde las frecuencias más bajas que se propagan a mayores distancias, hasta las frecuencias extremadamente altas que provocan alteraciones en la composición molecular de los organismos.

Figura 1.

*Bandas de Frecuencia Dentro del Espectro Radioeléctrico*



**Nota:** Bandas de frecuencia dentro del espectro radioeléctrico por: (Romero, 2014)

### 1.1.2 Radiación no Ionizante

Se conoce como radiación no ionizante a toda la gama de frecuencias que no contiene la energía suficiente como para cambiar el estado molecular de la materia, se divide en dos grupos importante de acuerdo a su frecuencia el primer grupo está compuesto por las ondas que van desde los 0 Hz hasta los 300 GHz, en este rango de frecuencia se emplea para aplicaciones de telecomunicaciones en general, el segundo grupo se conforma por las ondas que van desde los 300 GHz hasta los 1.666 THz y es conocido como el espectro óptico. (Knaeve, 2015)

La radiación no ionizante, aunque se dice que la concentración de energía es baja puede causar diferentes efectos secundarios, hablando del espectro óptico un claro ejemplo cuando las pieles de las personas están expuestas a la luz solar provoca quemaduras, en los materiales provoca la elevación de su temperatura, poniendo como ejemplo simple. (quironprevencion, 2018)

Figura 2.  
Rango de Frecuencias no Ionizantes.

## Restricciones Básicas para la Exposición a Radiaciones No Ionizantes

Tipo de exposición	Rango de Frecuencias	Densidad de Corriente para cabeza y tronco ( $\text{mA m}^{-2}$ ) (rms)	SAR promedio en todo el cuerpo ( $\text{Wkg}^{-1}$ )	SAR local cabeza y tronco ( $\text{Wkg}^{-1}$ )	SAR local extremidades ( $\text{Wkg}^{-1}$ )
Exposición ocupacional	hasta 1 Hz	40	--	--	--
	1 - 4 Hz	$40/f$	--	--	--
	4 Hz - 1 kHz	10	--	--	--
	1 - 100 kHz	$f/100$	--	--	--
	100 kHz - 10 MHz	$f/100$	0.4	10	20
	10 MHz - 10 GHz	--	0.4	10	20
Exposición al público en general	hasta 1 Hz	8	--	--	--
	1 - 4 Hz	$8/f$	--	--	--
	4 Hz - 1 kHz	2	--	--	--
	1 - 100 kHz	$f/500$	--	--	--
	100 kHz - 10 MHz	$f/500$	0.08	2	4
	10 MHz - 10 GHz	--	0.08	2	4

**Nota:** Clasificación del espectro no ionizante y zonas del cuerpo que se encuentran expuestas las personas: Fuente (Cruz, 2014)

### 1.1.3 Radiación Ionizante

Son ondas del espectro radioeléctrico con altas concentraciones de energía las cuales son capaces de causar alteraciones severas en la composición molecular de la materia orgánica e inorgánica. Este grupo está conformado por ondas que oscilan desde los 1.666 THz en adelante, en este grupo está conformado por los rayos X, rayos Gama, este tipo de radiación es emitida sólo por los materiales radiactivos en forma de partículas Alfa y Beta. (ATSDR, 2016)

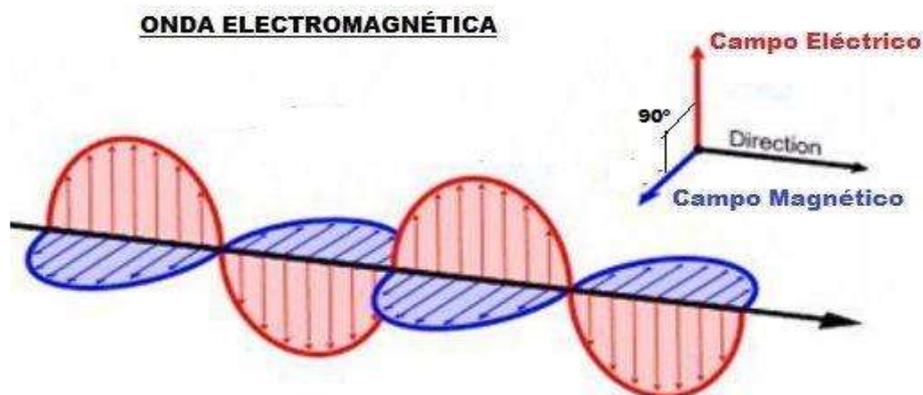
### 1.1.4 Ondas electromagnéticas.

En la naturaleza existen dos tipos de ondas, las ondas elásticas que son producidas por ondulaciones mecánicas y necesitan un medio material para poder propagarse y transmitir la energía de un medio a otro, las ondas electromagnéticas a diferencia de las ondas elásticas pueden propagarse de un medio a otro mediante un medio material y por el espacio libre, un claro ejemplo de una onda que se propaga por el espacio libre es la luz solar, la fuente de energía es el sol y la radiación solar viaja por el espacio una distancia de 150.000.000 km a una velocidad de 300000000 m/s. (Silvester, 2015)

Las ondas electromagnéticas poseen características muy importantes que son la amplitud, periodo, longitud de onda, frecuencia, además están conformadas por un campo eléctrico y magnético que se propagan de forma perpendicular entre ellas, la longitud de onda es inversamente proporcional a su frecuencia, a mayor frecuencia menor longitud de onda y viceversa. (Silvester, 2015)

**Figura 3.**

*Onda Electromagnética y sus Componentes Eléctricos y Magnéticos*



**Nota:** Ondas electromagnéticas y sus campos por: **Fuente:** (Silvester, 2015)

### Longitud de onda

La longitud de onda es la característica de la onda que toma un valor medido desde que la onda inicia y cumple un ciclo completo, su unidad de medida es el metro y se representa por el símbolo griego  $\lambda$  llamado landa.

### Frecuencia

Es una magnitud física y conocido por el número de repeticiones en un segundo de una perturbación que se propaga por el espacio libre, su magnitud se mide en Hz.

### Amplitud

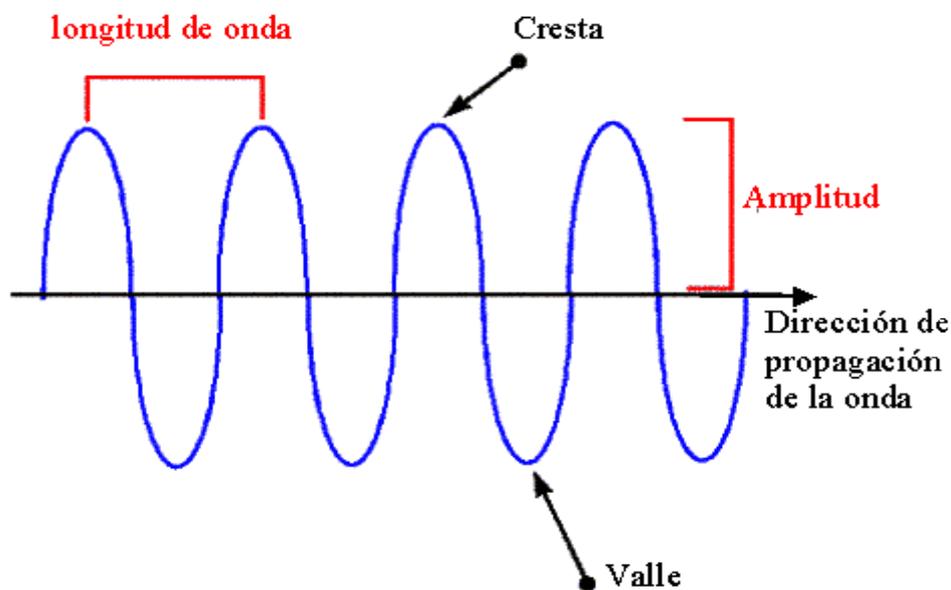
Una onda tiene un punto mínimo o más bajo y un punto más alto, denominados valle y cresta respectivamente la amplitud de una onda se mide desde el punto más bajo hasta el punto más alto, es la intensidad de la onda.

### Periodo

El periodo es el tiempo que dura un ciclo o la duración de una longitud y es el inverso de la frecuencia se mide en segundos.

Figura 4.

*Elementos de una Onda.*



**Nota:** Componentes de una electromagnética por: **Fuente:** (Silvester, 2015)

Las ondas electromagnéticas están muy relacionadas con la velocidad de la luz ya que teóricamente al viajar por la atmósfera terrestre se asume que viajan por el vacío, a una velocidad ideal que es a la velocidad de la luz, la frecuencia, longitud de onda y velocidad de la luz se relacionan mediante la siguiente ecuación. (Silvester, 2015)

$$c = \lambda * f$$

Dónde:

- c = velocidad de la luz
- $\lambda$  = longitud de onda
- f = frecuencia

### 1.1.5 Propagación

Las ondas electromagnéticas se propagan por un medio material o por el espacio libre en línea recta con una velocidad que depende del índice de refracción del medio, si la onda viaja por la atmósfera terrestre el índice de refracción tiende a la unidad y por ende se dice que la onda viaja por el espacio libre a la velocidad de la luz. (Silvester, 2015)

$$v = \frac{c}{n} = \frac{\text{(velocidad de la luz)}}{\text{índice de refracción}}$$

### Reflexión y Refracción

Son dos fenómenos físicos que ocurren cuando las ondas electromagnéticas se encuentran con un obstáculo y depende de la composición del material que está compuesto el obstáculo, para el primer caso, una onda que viaja por el espacio libre y se encuentra con un obstáculo existe reflexión cuando la totalidad de la onda rebota en el obstáculo, y el ángulo de reflexión es igual al ángulo de la incidente, para el segundo caso existe refracción cuando parte de la onda incidente pasa de un medio material a otro, el ángulo de refracción es menor al ángulo de incidencia y depende del material y de su índice de refracción y para calcular dicho ángulo se emplea la ley que se describe en la siguiente ecuación, (Silvester, 2015) (Fernández, 2018)

$$\frac{\sin \sigma_1}{\sin \sigma_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Figura 5.

Reflexión y Difracción



**Nota:** onda incidente, onda reflejada, onda difractada: Fuente: (Fernández, 2018)

### 1.1.6 Elementos radiantes y antenas

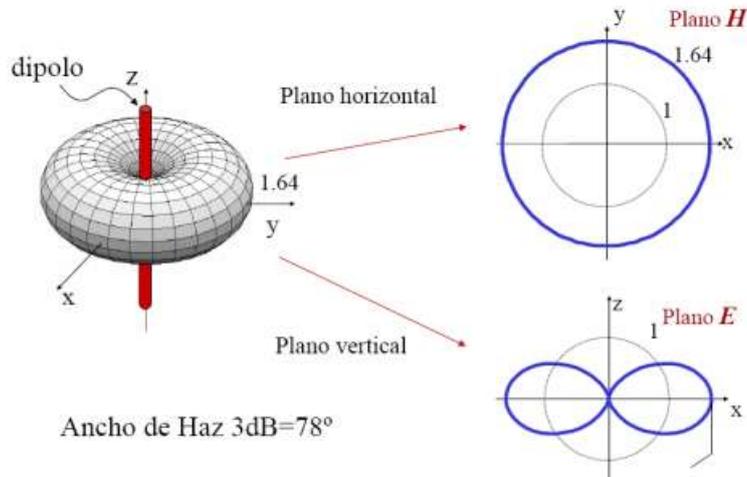
Uno de los principales elementos empleados para radiar las señales electromagnéticas son las antenas, que no son más que elementos pasivos empleados para transmitir la energía de un medio a otro, todo estudio a realizar se lo hace mediante una antena ideal también conocida como antena isotrópica.

La antena isotrópica es una antena teórica ya que no contiene pérdidas ni ganancia, la señal que se transmite al espacio en la misma que sale de los equipos transmisores, su patrón de radiación es el de una antena omnidireccional que quiere decir que se propaga en todas direcciones. (Huidobro, 2013)

Además, la señal que se transmiten por una antena tiene polaridad horizontal y vertical, las señales puede ser receptada por cualquier elemento receptor ya sea un equipo de telecomunicación o un cuerpo material que se emplea en un experimento.

**Figura 6.**

*Patrón de Radiación*



**Nota:** El patrón de radiación de una antena dipolo, como se aprecia se propaga en todas las direcciones: Fuente: (Huidobro, 2013)

Explicar los fundamentos teóricos aplicados en la propuesta, donde se especifique los conceptos principales y sus bases teóricas.

### **1.1.7 Los geranios**

Son plantas ornamentales muy comunes en jardines e invernaderos, por su fácil mantenimiento y resistencia a condiciones extremas como invierno extremo y sequías extremas, con capacidades de regeneración únicas dentro del reino vegetal, son muy demandadas para el adorno del hogar en especial el geranio común de nombre científico (*Pelargonium spp*), su gran resistencia a diversas condiciones climáticas y su capacidad de florecimiento durante todo el año son plantas ideales para principiantes en el mundo del cultivo de jardines, a pesar de su resistencia a condiciones extremas es vulnerable a plagas y hongos que afectan su salud, como las pulgas del geranio, las mariposa sudafricana, y todas las variantes del hongo Roya.

### **1.1.8 Hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*)**

Es una variante de Hongo Roya que pertenece al reino fungí, se desarrolla en la hoja de las plantas, ya sean de tipo ornamental, silvestre y vegetales para el consumo humano, sus principales características son manchas de color marrón rojizo en el reverso de la hoja, se propagan rápidamente por todas las hojas de la planta, al infectar a toda la planta las hojas

presentan envejecimiento prematuro y caen rápidamente, el hongo tarda 5 días en generar nuevas esporas e infectar a nuevas hojas de la planta. Es el hongo más particular entre las plantas ornamentales específicamente el geranio. (Colmer, 2015)

**Figura 7.**

*Hoja Infectada por el Hongo Roya*



Fuente (Colmer, 2015)

### **1.1.9 Ondas electromagnéticas y sus efectos en las plantas y microorganismos**

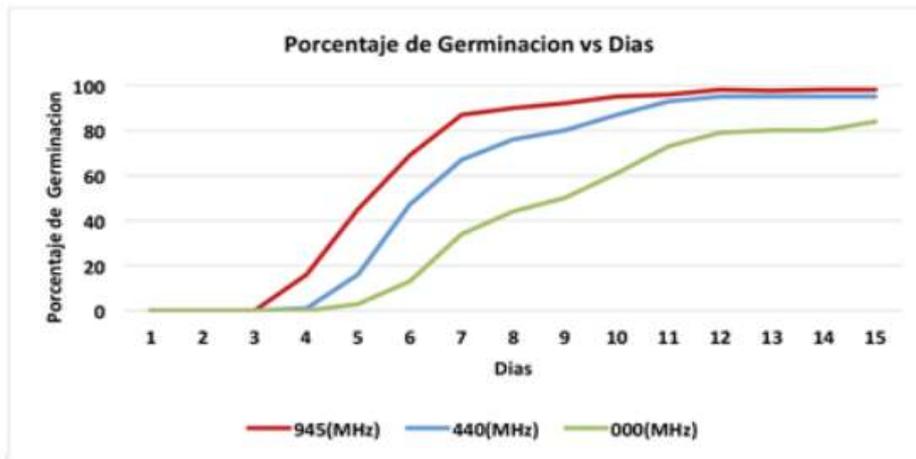
Los investigadores en sus trabajos afirman que si una planta o un microorganismos son expuestos a radiación electromagnética no ionizante directa cambian su comportamiento natural, en la publicación de la revista TECNURA en el artículos de los autores (Arenas et al. 2015), afirman que las semillas de maíz al ser sometidas a radiación electromagnética en un rango de frecuencia de 450 a 950 MHz las semillas de maíz experimentan un desarrollo más rápido en el proceso de germinación y crecimiento, adicional a esto se tiene más semillas germinadas con el tratamiento que sin el tratamiento. (Arnesto Arenas, 2015)

En la siguiente gráfica se observa las curvas de desarrollo de las semillas y plantas sometidas a distintas frecuencias en donde se aprecia de forma clara que las plantas que se sometieron a

mayores frecuencias se desarrollaron con mayor rapidez, es por eso que el investigador afirma que en realidad la radiación de microondas si influye sobre los vegetales.

**Figura 8.**

*Tabla de Crecimiento del Maíz.*

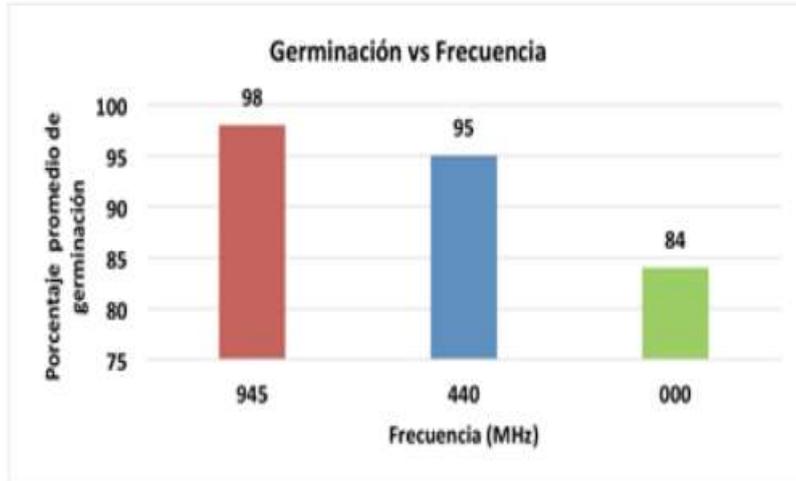


**Nota:** En la tabla se aprecia tres curvas las cuales representan el número de días que se trató y el porcentaje de crecimiento de las plantas de maíz a las distintas frecuencias. Fuente: (Arnesto Arenas, 2015)

Adicional el investigador afirma que se puede controlar los microorganismos que impiden la germinación del maíz, de 99 muestras que se sometieron a frecuencias de 420 MHz y 950 MHz tuvieron menos semillas sin germinar a diferencia de la muestra testigo que tuvo un sin número de semillas que no germinaron. En la siguiente figura se puede apreciar lo que afirma el investigador.

Figura 9.

Tabla de Germinación de la Semilla de Maíz



**Nota:** a mayor frecuencia mayor número de semillas germinadas. Fuente: (Arnesto Arenas, 2015)

En la figura 9 se aprecia que a mayor frecuencia mayor fue el número de semillas de maíz que germinaron, la muestra testigo a 0Hz del 100% se observa que el 20% de semillas no germinaron.

### 1.2. Descripción de la propuesta

Para la puesta en marcha este trabajo de investigación se emplea un prototipo electrónico capaz de generar ondas electromagnéticas en el rango de frecuencia permitidos por la OMS, este prototipo es capaz de variar su frecuencia desde los 7.5 GHz hasta los 10.5 Ghz, las pruebas de funcionamiento del equipo se realizó en el en el laboratorio de telecomunicaciones de la UPS (Universidad Politécnica Salesiana), a continuación en la tabla 1 se describe los resultados obtenidos del equipo a emplear en el presente trabajo.

**Tabla 1.***Resultados de las Pruebas Realizadas del Funcionamiento del Prototipo*

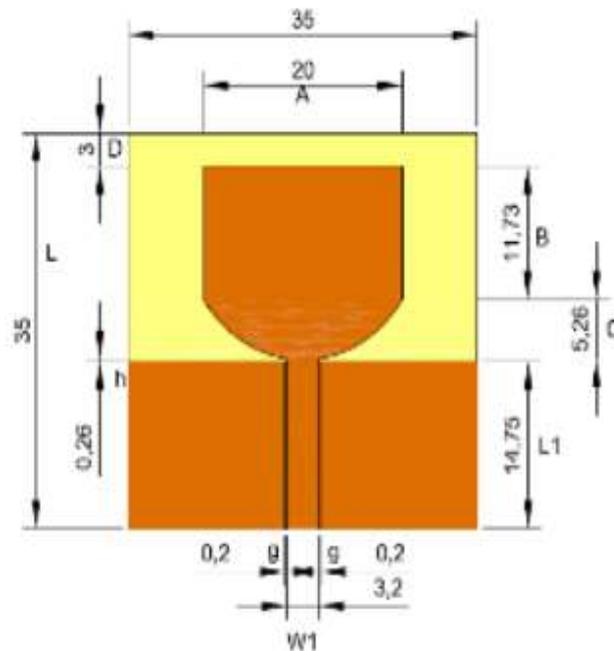
<i>Pruebas a 8 GHz</i>				
<i>Grados</i>	<i>0</i>	<i>90</i>	<i>180</i>	<i>270</i>
<i>Potencia(dBm)</i>	<i>-50.09</i>	<i>-49.77</i>	<i>-50.96</i>	<i>-49.02</i>
<i>Distancia(cm)</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>26</i>
<i>Pruebas a 8.5 GHz</i>				
<i>Grados</i>	<i>0</i>	<i>90</i>	<i>180</i>	<i>270</i>
<i>Potencia(dBm)</i>	<i>-49.09</i>	<i>-47.77</i>	<i>-48.96</i>	<i>-54.02</i>
<i>Distancia(cm)</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>26</i>
<i>Pruebas a 9 GHz</i>				
<i>Grados</i>	<i>0</i>	<i>90</i>	<i>180</i>	<i>270</i>
<i>Potencia(dBm)</i>	<i>-48.71</i>	<i>-49.85</i>	<i>-47.09</i>	<i>-49.65</i>
<i>Distancia(cm)</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>26</i>
<i>Pruebas a 9.5 GHz</i>				
<i>Grados</i>	<i>0</i>	<i>90</i>	<i>180</i>	<i>270</i>
<i>Potencia(dBm)</i>	<i>-47.71</i>	<i>-50.89</i>	<i>-46.09</i>	<i>-48.65</i>
<i>Distancia(cm)</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>26</i>
<i>Pruebas a 10 GHz</i>				
<i>Grados</i>	<i>0</i>	<i>90</i>	<i>180</i>	<i>270</i>
<i>Potencia(dBm)</i>	<i>-46.71</i>	<i>-49.89</i>	<i>-46.09</i>	<i>-49.65</i>
<i>Distancia(cm)</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>26</i>
<i>Pruebas a 10.5 GHz</i>				
<i>Grados</i>	<i>0</i>	<i>90</i>	<i>180</i>	<i>270</i>
<i>Potencia(dBm)</i>	<i>-47.71</i>	<i>-50.89</i>	<i>-46.09</i>	<i>-48.65</i>
<i>Distancia(cm)</i>	<i>30</i>	<i>31</i>	<i>32</i>	<i>26</i>

*Nota: Datos recopilados del funcionamiento del prototipo a diferentes frecuencias con un espectrómetro en el laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana, donde se aprecia que a mayor distancia la zona de cobertura baja por lo que recomiendan realizar las pruebas a 15 cm entre la antena radiante y el objeto de muestra. Fuente: (Quillupangui, 2019)*

Se emplea una antena de tipo patch la cual fue construida con medidas específicas para usar en experimentos con plantas, su patrón de radiación es omnidireccional para tener mayor cobertura en el área de pruebas, se debe tener extremo cuidada y que al ser un prototipo de pruebas sus parte y piezas son muy sensibles al ruido

**Figura 10.**

*Elemento Radiante*

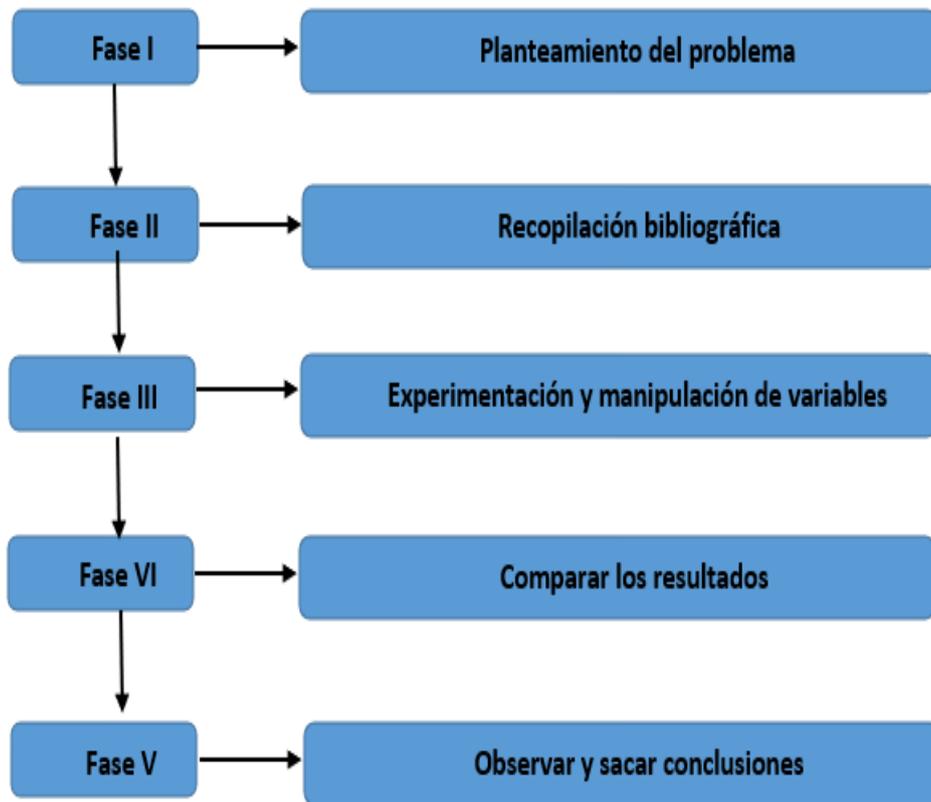


**Nota:** *Diseño del elemento radiante.* Fuente: (Quillupangui, 2019)

Con el prototipo listo para usarse se realiza varios experimentos en plantas ornamentales específicamente el plantas de geranio común (*Pelargonium spp*), las cuales son plantas que se cultivan al aire libre y bajo condiciones extremas ya que son plantas muy resistentes y se exponen a condiciones extremas, es donde son un blanco fácil para los ataques del hongo *Roya* (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) el cual causa que la planta pierda su belleza afectando a las hojas y causando envejecimiento prematuro, por lo cual se pretende controlar la proliferación de este hongo emperando ondas de radiofrecuencia no ionizantes. Para cumplir los objetivos de realiza las siguientes técnicas y procesos.

**Figura 11.**

*Descripción del Proceso Realizado*



**Nota:** Proceso metodológico empleado para el experimento. Elaborado por el autor

### **1.2.1 Fase I. Planteamiento del problema**

Se analiza y se plantea un problema de investigación acorde al campo de estudio y a las necesidades de la sociedad con el fin de buscar soluciones a las problemáticas existentes y empelar la ciencia y tecnología en beneficio de la sociedad y buscar métodos alternativos para brindar soluciones a los problemas con el fin de encontrar métodos amigables con el ambiente.

### **1.2.2 Fase II. Recopilación de antecedentes bibliográficos**

Revisando investigaciones pasados relacionadas al tema se encuentra que las ondas electromagnéticas tiene una gran influencia en el comportamiento de las plantas y microorganismos presentes en el ambiente, cabe recalcar que se encuentran estos efectos en

el rango de frecuencias del espectro electromagnético no ionizante y recomendado por la OMS (Organización Mundial De La Salud).

### 1.2.3 Fase III. Experimentar y manipular variables

En la presente investigación se busca controlar la proliferación del hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) el más común que ataca a plantas silvestres y plantas ornamentales, en este caso el más común que afecta a las plantas de geranio común. Para el experimento se manipulan dos variables independientes como es la frecuencia de la onda incidente y el tiempo de exposición en la muestra, la distancia se mantiene constante en todos los casos se emplea una distancia de 15 cm para todas las muestras para observar de forma eficiente los resultados en la siguiente tabla se muestra los valores de frecuencia y tiempos empleados en el experimento.

**Tabla 2.**

*Muestras experimentales.*

<i>Exposición de muestras por 15 días</i>		
<i>GHZ/H</i>	<i>1H</i>	<i>2H</i>
<i>8.5</i>	<i>Población A</i>	<i>Población B</i>
<i>9.5</i>	<i>Población A</i>	<i>Población B</i>
<i>10.5</i>	<i>Población A</i>	<i>Población c</i>

**Nota:** Elaborado por el autor

Para calcular el número de muestras se emplea la ecuación descrita a continuación, en donde nos indica que para mayor confianza y una precisión exacta de debe tener un cierto número de muestras sometidas al mismo experimento, en este caso se necesita conocer cuántas veces se debe realizar el mismo experimento para observar resultados notorios, con un grado de confianza del 95% a un error del 8% con un valor de prevalencia teórica del 20%.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 P_0 q_0}{d^2}$$

Por tablas se tiene que  $Z_{\alpha}$  a un nivel de confianza del 95% es de 1.96,  $P_0$  es la prevalencia esperada,  $q_0$  el resto de la población 80% 1-p, d es el error de 8%, reemplazando los datos se obtiene que

$$n = \frac{1.96^2 * 0.2 * 0.8}{0.08^2} = 96$$

De la ecuación anterior nos dice que se debe realizar el experimento en 96 muestras para obtener resultados visibles.

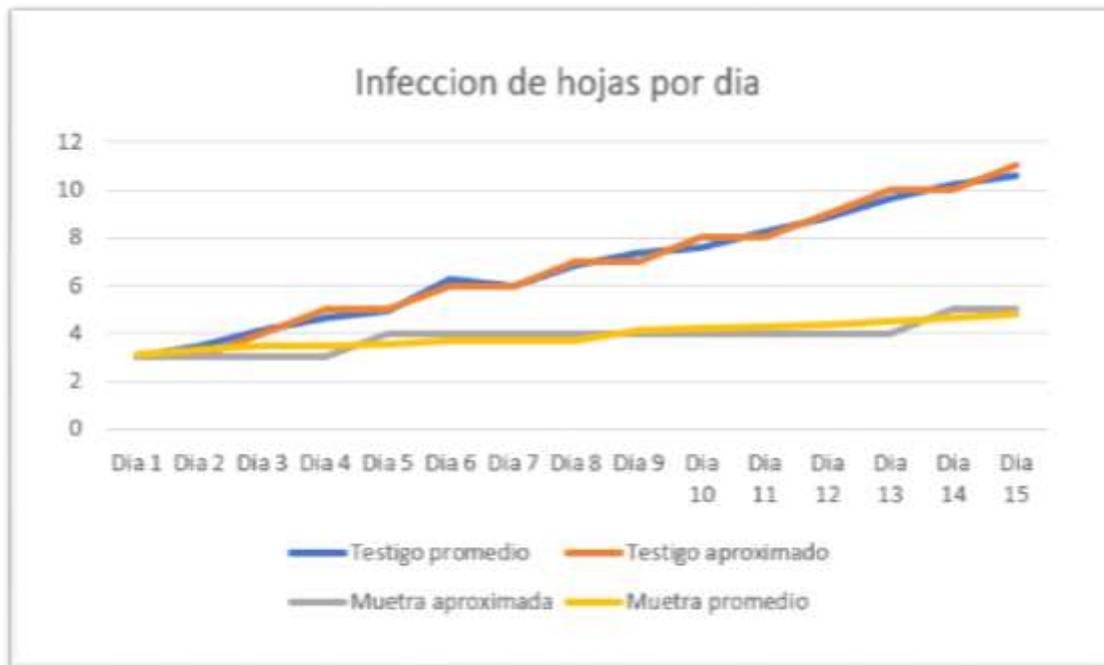
### 1.2.3.1 Experimento por 15 días a 1 hora

#### Caso 1 a 8.5 GHz

Se somete 96 muestras de plantas de geranio infectadas con el hongo Roya (Puccinia Pelargonii-zonalis) tratando de que todas las muestras sean uniformes a 8.5GHz por un tiempo de una hora, donde se observa en la muestra testigo en un entorno natural y la muestra sometida a la radiación durante los 15 días, se compara el número de hojas infectadas, en las 96 muestras testigo y las 96 muestras de prueba se verifica el número de hojas infectadas por día se anota en la tabla 2 del anexo 2 y se saca un promedio para estandarizar la muestra y se obtiene el siguiente resultado.

**Figura 12.**

*Resultados de Hojas Infectadas a 8.5 GHz en una Hora de Tratamiento por día*

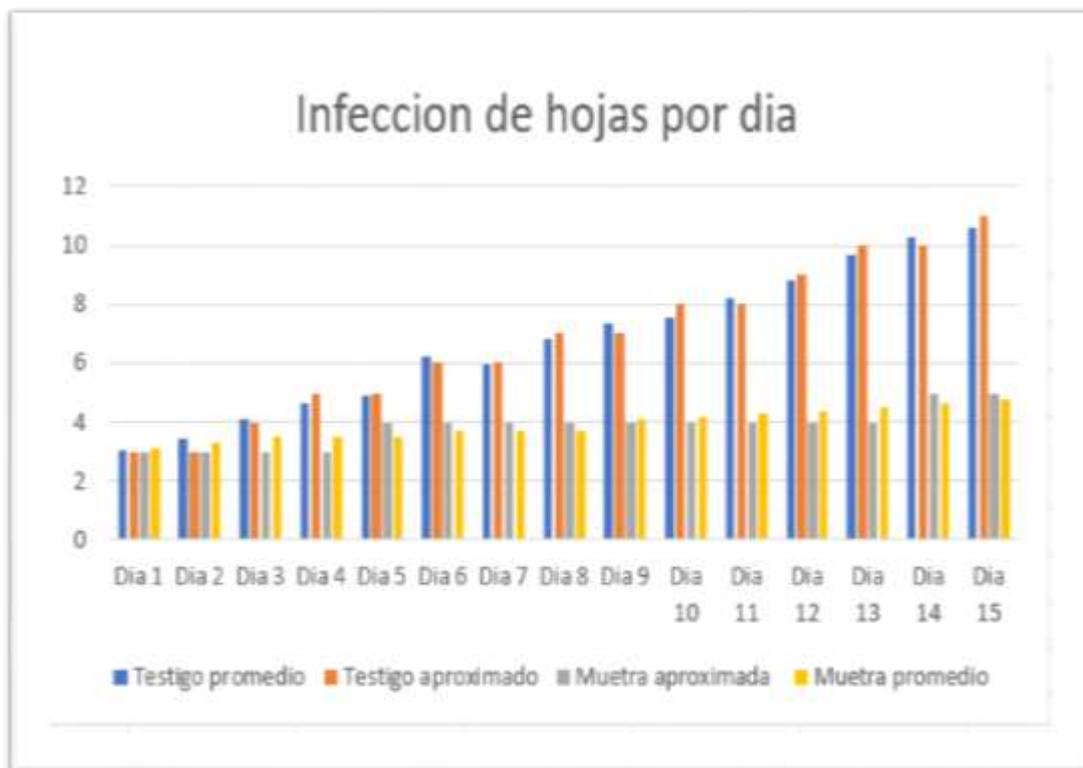


**Nota:** Se compara el número de hojas infectadas durante 15 días tanto en la muestra testigo como en la muestra de prueba sometidas a 8.5 GHz y por el lapso de 1 hora diaria. **Fuente** elaborado por el autor.

Como se observa en la figura las curvas de la muestra color azul y naranja indican que las muestras que no son tratadas tienen un mayor número de hojas infectadas en los 15 días que se realizó la prueba, a diferencia de las curvas de color amarillo y gris en donde se puede apreciar que con el transcurso de los días la curva se va estabilizando en un valor fijo de hojas infectadas, controlando así la proliferación del hongo.

**Figura 13.**

*Resultados de Hojas Infectadas a 8.5 GHZ en una Hora de Tratamiento por día*



**Nota:** Comparación en barras del número de hojas infectadas por día a 8 GHz con tratamiento de 1 hora por día por 15 días: **Fuente** elaborado por el autor.

En la figura 13 se observa con más a detalle como la muestra testigo y la muestra de prueba es infectada por el hongo, el número de hojas infectadas por la muestra testigo supera por un aproximado del 50% al número de hojas infectadas por las muestras de prueba.

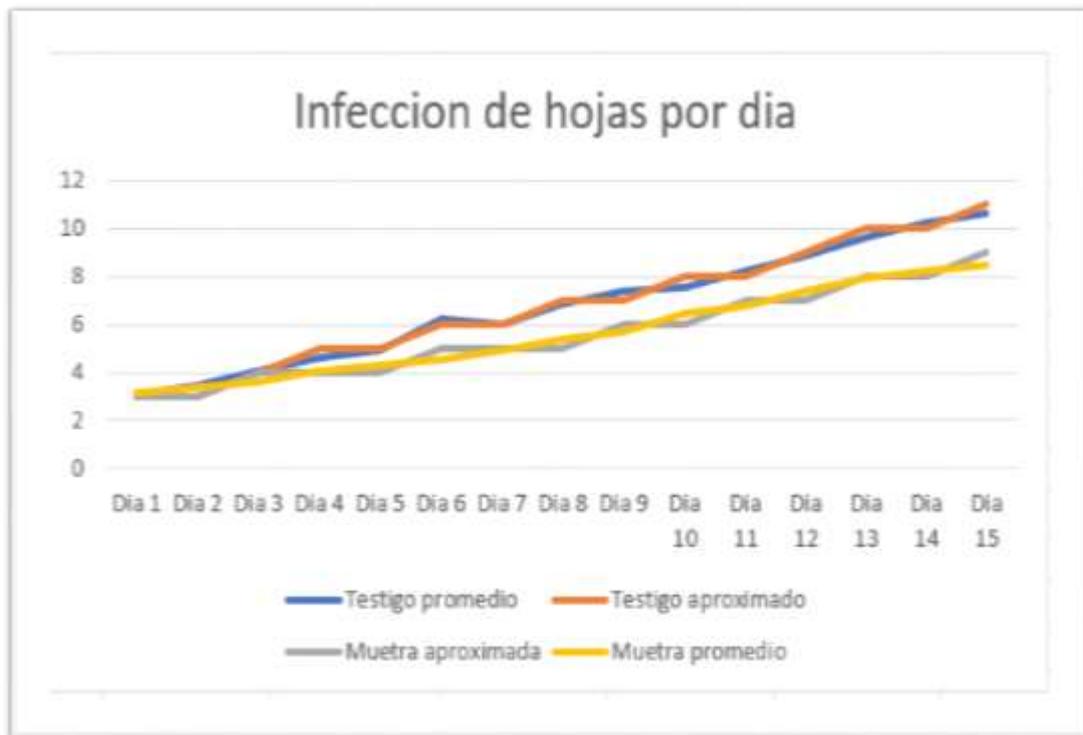
### **Caso 2 a 9.5GHz**

Para el caso número 2. Se somete 96 muestras de plantas de geranio infectadas con el hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) tratando de que todas las muestras sean uniformes a 9.5GHz por un tiempo de una hora diaria, donde se observa en la muestra testigo en un entorno natural

y la muestra sometida a la radiación durante los 15 días, se compara el número de hojas infectadas, en las 96 muestras testigo y las 96 muestras de prueba se verifica el número de hojas infectadas por día se anota en la tabla 3 del anexo 2 y se saca un promedio para estandarizar la muestra y se obtiene el siguiente resultados.

**Figura 14.**

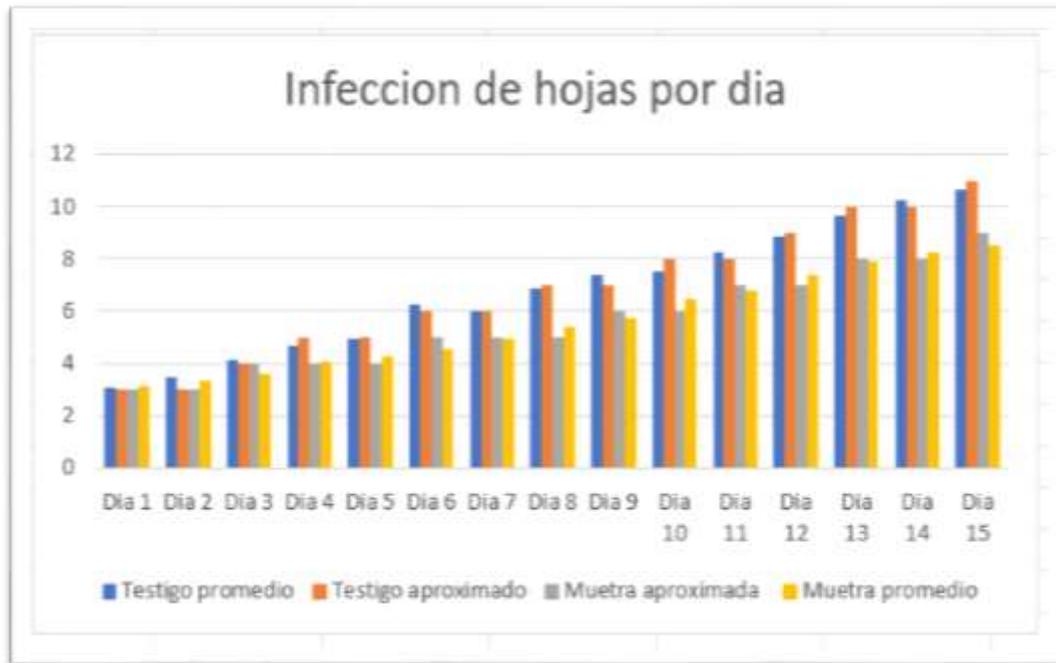
*Resultados de Hojas Infectadas a 9.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día*



**Nota:** Se compara el número de hojas infectadas durante 15 días tanto en la muestra testigo como en la muestra de prueba sometidas a 9.5 GHz y por el lapso de 1 hora diaria: **Fuente** elaborado por el autor.

**Figura 15.**

*Resultados de Hojas Infectadas a 9.5 GHz en 1 Hora de Tratamiento por día*



**Nota:** Comparación en barras del número de hojas infectadas por día a 9.5 GHz con tratamiento de 1 hora por día por 15 días: **Fuente** elaborado por el autor.

Al igual que en el caso anterior se observa que las muestras sometidas a la radiación poseen menor grado de infección en sus hojas que las muestras testigo, con respecto a la muestra testigo se tiene que se controla alrededor de un 20% la infección por el hongo, lo que nos da un resultado favorable.

### **Caso 3 a 10.5 GHz**

Para el caso número 3. Se somete 96 muestras de plantas de geranio infectadas con el hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) tratando de que todas las muestras sean uniformes a 10.5GHz por un tiempo de una hora, donde se observa en la muestra testigo en un entorno natural y la muestra sometida a la radiación durante los 15 días, se compara el número de hojas infectadas, en las 96 muestras testigo y las 96 muestras de prueba se verifica el número de hojas infectadas por día se anota en la tabla 4 del anexo 2 y se saca un promedio para estandarizar la muestra y se obtiene el siguiente resultado.

Figura 16.

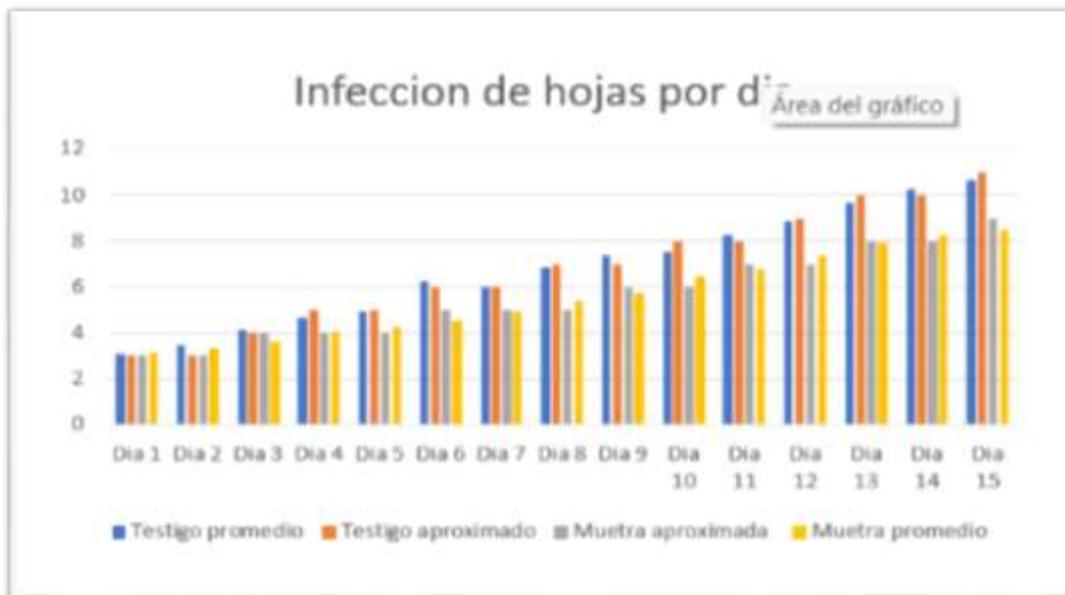
Resultados de Hojas infectadas a 10.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día



**Nota:** Se compara el nuero de hojas infectadas durante 15 días tanto en la muestra testigo como en la muestra de prueba sometidas a 9.5 GHz y por el lapso de 1 hora diaria: **Fuente** elaborado por el autor.

Figura 17.

Resultados de Hojas Infectadas a 10.5 GHZ en 1 Hora de Tratamiento por día



**Nota:** Comparación en barras del número de hojas infectadas por día a 10.5 GHz con tratamiento de 1 hora por día por 15 días: **Fuente** elaborado por el autor.

### 1.2.3. 2 Experimento por 15 días a 2 hora

En el lapso de 15 se somete la muestra a una radiación de 8.5, 9.5 y 10 GHz a 2 horas de explosión a la radiación, manteniendo la distancia constante de 15cm, al igual que en el experimento 1 se verifica el número de hojas infectadas en todos los casos y se compara con la muestra testigo para observar las diferencias.

#### Caso 1 a 8.5 GHz

Se somete 96 muestras de plantas de geranio infectadas con el hongo Roya (Puccinia Pelargonii-zonalis) tratando de que todas las muestras sean uniformes a 8.5GHz por un tiempo de dos horas, donde se observa en la muestra testigo en un entorno natural y la muestra sometida a la radiación durante los 15 días, se compara el nuro de hojas infectadas, en las 96 muestras testigo y las 96 muestras de prueba se verifica el nuro de hojas infectadas por día se saca un promedio para estandarizar la muestra cómo se observa en la tabla 5 del anexo 2 y se obtiene el siguiente resultado.

Figura 18.

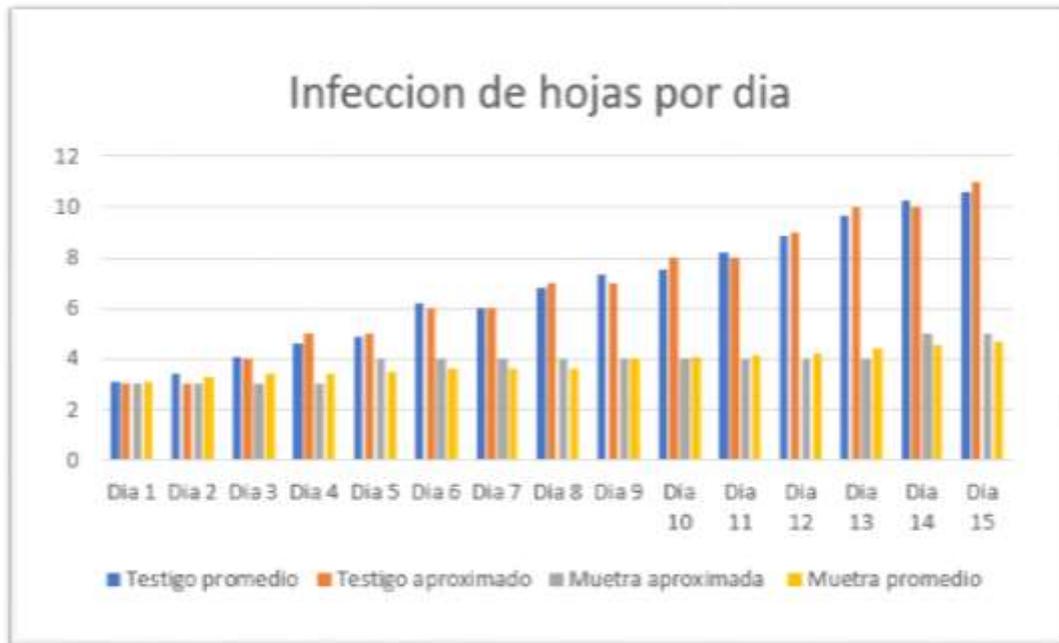
*Resultados de Hojas Infectadas a 8.5 GHz en 2 Horas de Tratamiento por día*



**Nota:** Se compara el nuro de hojas infectadas durante 15 días tanto en la muestra testigo como en la muestra de prueba sometidas a 8.5 GHz y por el lapso de 2 horas diaria: Fuente elaborado por el autor

**Figura 19.**

*Resultados de Hojas Infectadas a 8.5 GHz en 2 Horas de Tratamiento por día*



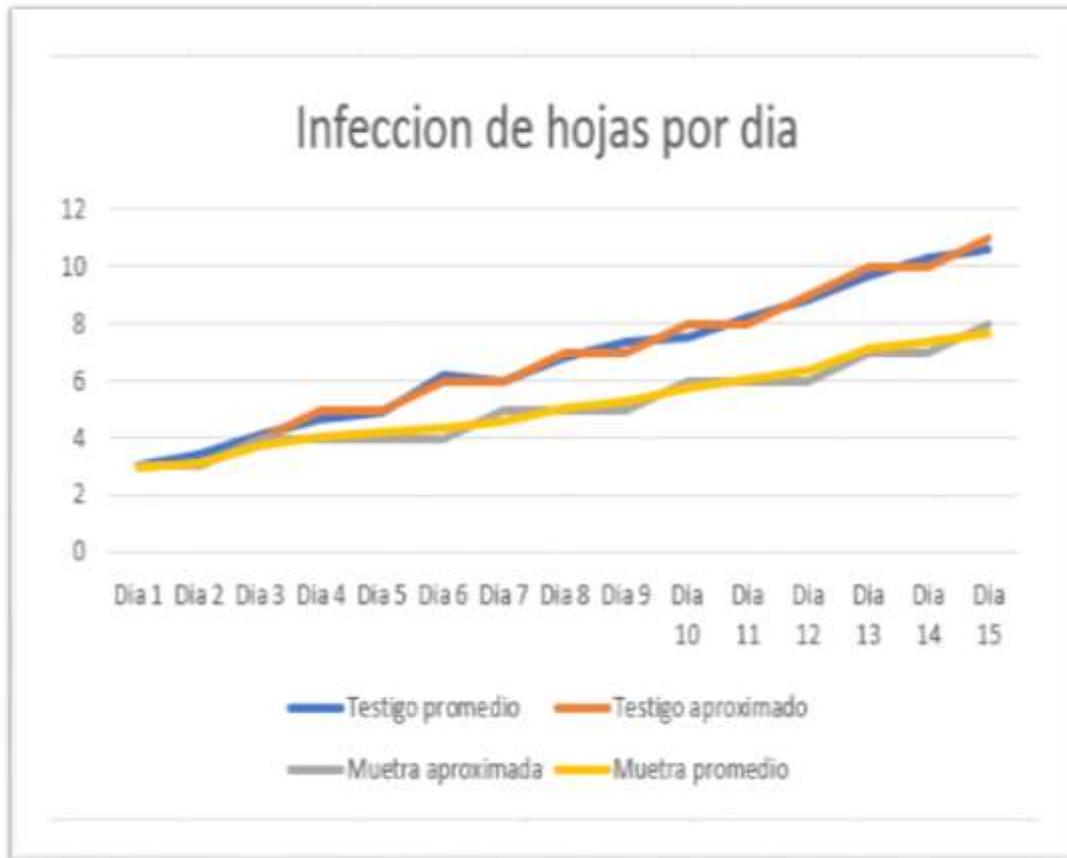
**Nota:** Comparación en barras del número de hojas infectadas por día a 8.5 GHz con tratamiento de 2 horas por día por 15 días. **Fuente** elaborado por el autor.

### **Caso 2 a 9.5 GHz**

Se somete 96 muestras de plantas de geranio infectadas con el hongo Roya (Puccinia Pelargonii-zonalis) tratando de que todas las muestras sean uniformes a 9.5GHz por un tiempo de dos horas, donde se observa en la muestra testigo en un entorno natural y la muestra sometida a la radiación durante los 15 días, se compara el número de hojas infectadas, en las 96 muestras testigo y las 96 muestras de prueba se verifica el número de hojas infectadas por día se registran los resultados y se saca un promedio para estandarizar la muestra cómo se observa en la tabla 6 del anexo 2 y se obtiene el siguiente resultado.

Figura 20.

Resultados de Hojas Infectadas a 9.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día

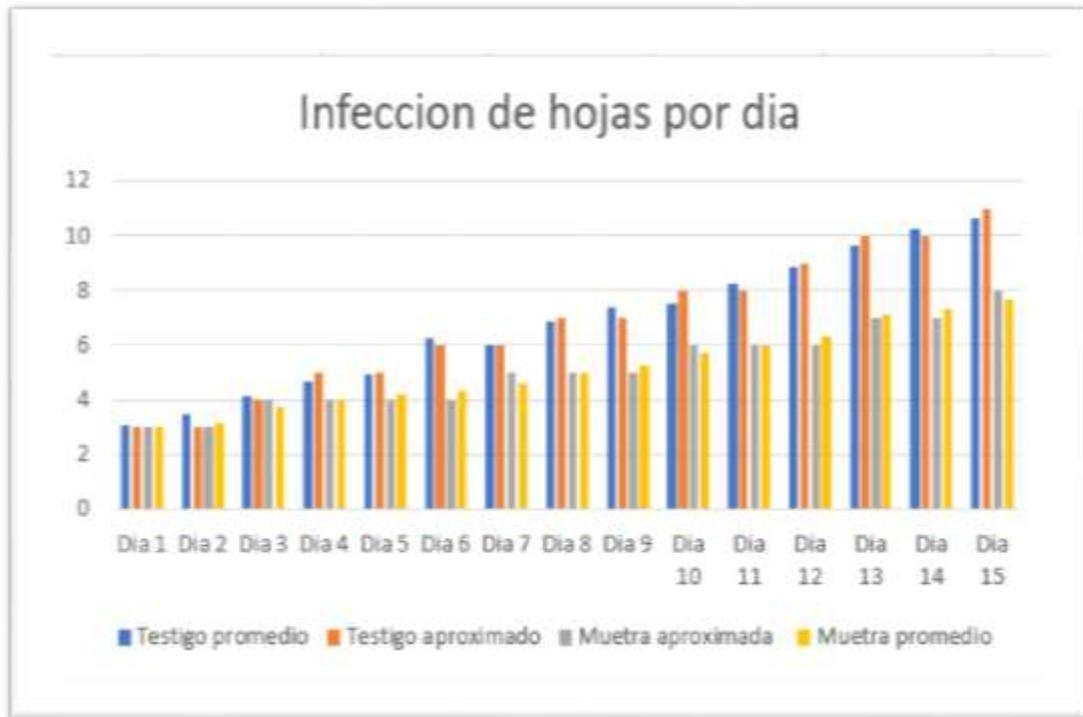


**Nota:** Se compara el nuero de hojas infectadas durante 15 días tanto en la muestra testigo como en la muestra de prueba sometidas a 9.5 GHz y por el lapso de 2 horas diaria. **Fuente** elaborado por el autor.

Con respecto a las muestras sometidas a 1 hora y a frecuencia de 9.5 GHz en un tiempo de dos horas se observa un leve cambio en el control del hongo, se aprecia que el hongo reduce su propagación en un 5 % aproximadamente con respecto a la muestra sometida a 9.5 GHz, pero a un laso de 1 hora diaria.

**Figura 21.**

*Resultados de Hojas Infectadas a 9.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día*



**Nota:** Comparación en barras del número de hojas infectadas por día a 9.5 GHz con tratamiento de 2 horas por día por 15 días: **Fuente** elaborado por el autor.

En la figura 21 se aprecia con más claridad en la barra de color amarillo como se reduce la propagación del hongo en los 15 días de prueba con relación a la figura 15,

### **Caso 3 a 10.5 GHz**

Se somete 96 muestras de plantas de geranio infectadas con el hongo Roya (Puccinia Pelargonii-zonalis) tratando de que todas las muestras sean uniformes a 10.5GHz por un tiempo de dos horas, donde se observa en la muestra testigo en un entorno natural y la muestra sometida a la radiación durante los 15 días, se compara el número de hojas infectadas, en las 96 muestras testigo y las 96 muestras de prueba se verifica el número de hojas infectadas por día se saca un promedio para estandarizar la muestra cómo se observa en la tabla 7 del anexo 2 y se obtiene el siguiente resultado.

—

**Figura 22.**

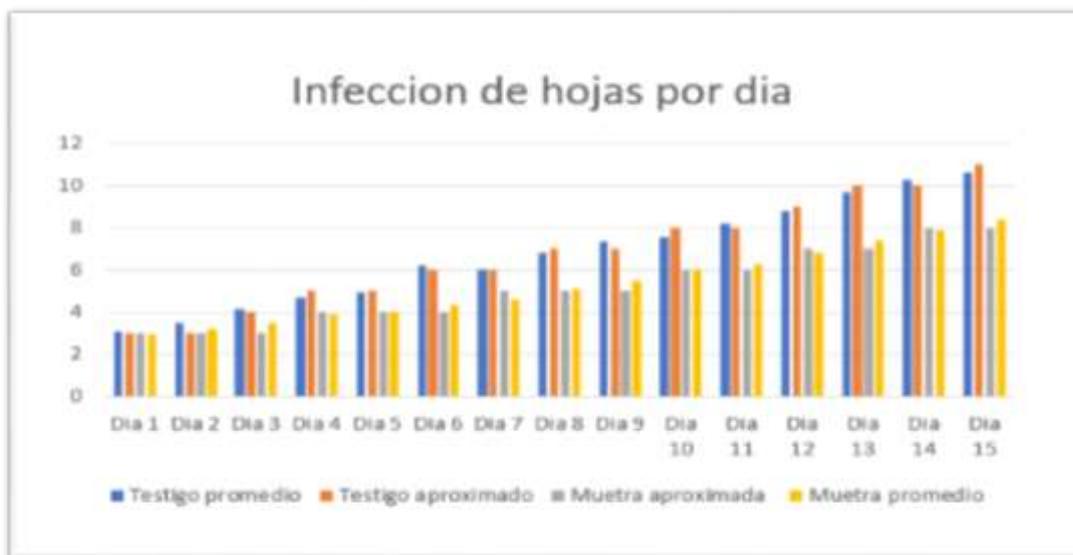
*Resultados de Hojas Infectadas a 10.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día*



**Nota:** Se compara el nuero de hojas infectadas durante 15 días tanto en la muestra testigo como en la muestra de prueba sometidas a 10.5 GHz y por el lapso de 2 horas diarias: **Fuente** elaborado por el autor.

**Figura 23.**

*Resultados de Hojas Infectadas a 10.5 GHZ en 2 Horas de Tratamiento por día*



**Nota:** Comparación en barras del número de hojas infectadas por día a 10.5 GHz con tratamiento de 2 horas por día por 15 días: **Fuente** elaborado por el autor.

En la figura 23 se puede apreciar un cambio leve en el comportamiento del hongo en comparación con la figura 17, su propagación hacia nuevas hojas vecinas disminuye en un 2% según resultados visibles.

#### **1.2.4 Fase IV Comparar los resultados obtenidos**

En este apartado se analiza los resultados obtenidos en base a las gráficas de los diferentes experimentos, se verifica cuál es el rango de frecuencia óptimo, en qué frecuencia y tiempo se obtuvo el resultado más favorable y se realiza un diagrama del modelo a seguir para obtener estos resultados.

##### **1.2.4.1 Modelado de actividades realizadas**

Mediante un diagrama de Gantt se modela las actividades realizadas y los tiempos empleados en cada experimento, este diagrama nos indica el tiempo diario empleado en cada actividad. En el anexo 3 se observa el diagrama de Gantt en el cual se aprecia el modelo a seguir para este experimento, en donde se señala las actividades realizadas y sus tiempos de ejecución por día.

La onda electromagnética influye en la propagación del hongo según el tiempo de exposición, frecuencia, distancia.

Según la frecuencia, a 8.5 GHz a una distancia de 15 cm se aprecia que tiene mayor influencia según los resultados visibles y por conteo de hojas, en promedio se tiene 5 hojas infectadas en un lapso de 15 días, a diferencia de la muestra testigo que tiene un promedio de 11 hojas infectadas. Para obtener estos resultados se sigue el siguiente proceso:

- Selección de muestras: debe ser lo más uniforme posible
- Poner en un ambiente controlado: no debe tener influencia de ninguna onda proveniente de máquinas y electrodomésticos ya que dañarían el proceso.
- Aplicar la radiación con los parámetros deseados: Tiempo, Frecuencia, Distancia
- Realizar el conteo de hojas infectadas: se debe realizar este proceso a diario durante todo el experimento.
- Registro de datos: Se registra los datos en tablas de todas las muestras y se calcula un promedio.
- Análisis de resultados: se analiza los resultados mediante gráficas para observar la variación de la propagación del hongo.

### 1.2.4.2 Análisis de resultados

Para el experimento 1 donde se empleó una frecuencia de 8.5, 9.5, 10.5 GHz durante 15 días con exposición diaria de 1 hora se observa un notorio comportamiento en la proliferación del hongo por las hijas de la planta, adicional se experimenta durante 15 días ya que este es el tiempo que el hongo propaga las esporas para infectar a nuevos huéspedes en este caso a nuevas hojas.

Figura 24.

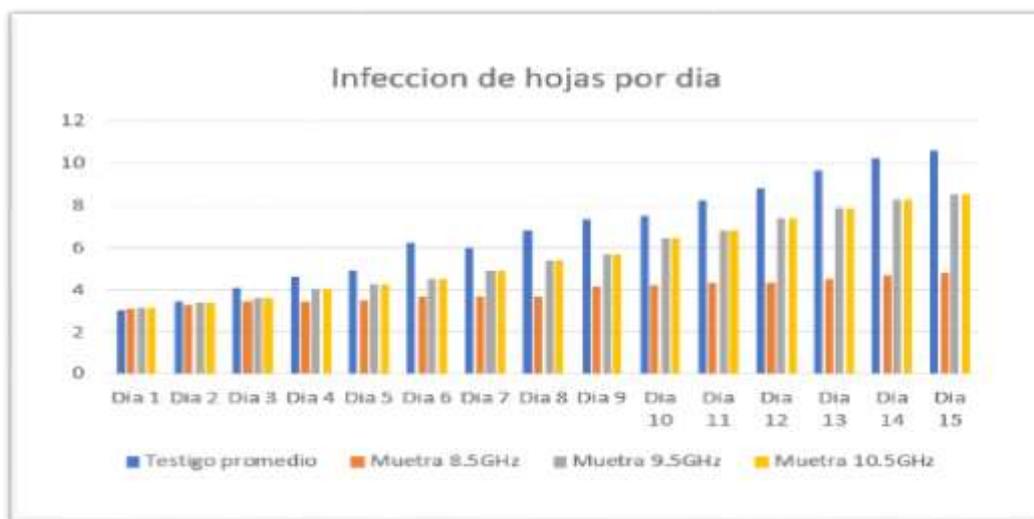
Tabla de Datos Muestras Sometidas a 1 Hora de Exposición

Muestras a 1 hora de exposición															
8,5GHZ	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Testigo prom	3.0625	3.447916667	4.114583333	4.645833333	4.916666667	6.229166667	5.979166667	6.833333333	7.364583333	7.552083333	8.21875	8.84375	9.66625	10.26041667	10.61458333
Muestra 8.5G	3.125	3.302083333	3.479166667	3.479166667	3.53125	3.697916667	3.697916667	3.697916667	4.135416667	4.197916667	4.3125	4.364583333	4.489583333	4.666666667	4.791666667
Muestra 9.5G	3.166666667	3.364583333	3.604166667	4.041666667	4.291666667	4.53125	4.947916667	5.416666667	5.708333333	6.458333333	6.791666667	7.385416667	7.90625	8.28125	8.510416667
Muestra 10.5G	3.166666667	3.364583333	3.604166667	4.041666667	4.291666667	4.53125	4.947916667	5.416666667	5.708333333	6.458333333	6.791666667	7.385416667	7.90625	8.28125	8.510416667

**Nota:** en la figura 24 se aprecia la tabla de datos obtenida del experimento de las muestras expuestas a 1 hora a la radiación electromagnética, esta tabla se puede observar en el anexo 2 tabla 4. **Fuente** elaborado por el autor.

Figura 25.

Comparación Hojas Infectadas por Frecuencia a Tiempos de 1 Hora



**Nota:** Muestras sometidas a frecuencias de 8.5, 9.5, 10.5 GHz por 15 días en intervalos de 1 hora diaria. **Fuente** elaborado por el autor.

En la figura 25 se observa que la muestra sometida a 8.5 GHz tiene el porcentaje de contagio más bajo que las muestras sometidas a las otras dos frecuencias, además se aprecia que la muestra testigo acorde va avanzando los días el porcentaje de contagio es más elevado que el de las muestras sometidas a la radiación.

Adicional se observa que las muestras sometidas a radiaciones de 9.5 y 10.5 GHz alcanzaron el mismo resultado a una hora de exposición, lo que da como resultado que la frecuencia con más influencia para controlar el hongo es de 8.5GHz, en el cual la curva de contagio se va estabilizando con el transcurso de los días.

Adicional la muestra se somete a 15 días de prueba ya que es el tiempo suficiente para que el hongo infecte la mayoría de las de la planta así como se evidencia en las muestras testigo, al inicio del experimento se tiene una infección de 3 a 4 hojas por muestra, al concluir el experimento se tiene una infección en 11 hojas aproximadamente, un numero promedio elevado en comparación a las muestras sometidas a la radiación electromagnética a las diferentes frecuencias, en el resultado más favorable se tiene un promedio de 5 hojas infectadas.

**Tabla 3.**

*Resultados de Hojas Infectadas*

Resultados finales a 1 hora por 15 días			
Frecuencia	Hojas infectadas	Porcentaje de infección %	Porcentaje de control %
8.5 GHz	4.79166667	45.1422964	54.8577036
9.5 GHz	8.51041667	80.1766438	19.8233562
10.5 GHz	8.51041667	80.1766438	19.8233562
0 Hz	10.6145833	100	0

**Nota:** En esta tabla se detalla la cantidad promedio de hoja infectadas por día de todas las muestras expuestas a una hora diaria: **Fuente** elaborado por el autor.

Se observa que se puede controlar el nivel de infección y propagación del hongo roya en los resultados más favorables de hasta un 54,85 % sometiendo a una hora diaria por 15 días a una

frecuencia de 8.5GHz, para los demás experimentos se tiene un control del infecciones del hongo en un 19.82 %, para todas las muestras sometidas se tiene resultados favorable con respecto a la muestra testigo que en promedio tiene 11 hojas infectadas en 15 días a diferencia para el resultado más favorable que se tiene un promedio de 5 hojas infectadas por 15 días.

Para el experimento 1 donde se empleó una frecuencia de 8.5, 9.5, 10.5 GHz durante 15 días con exposición diaria de 1 hora se observa un notorio comportamiento en la proliferación del hongo por las hojas de la planta, adicional se experimenta durante 15 días ya que este es el tiempo que el hongo propaga las esporas para infectar a nuevos huéspedes en este caso a nuevas hojas.

**Figura 26.**

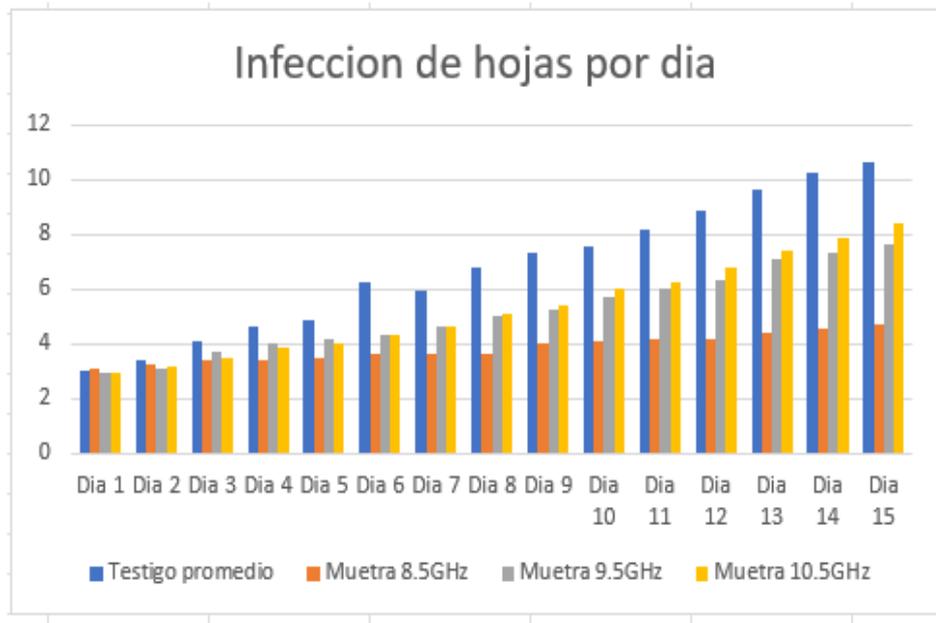
*Tabla de Datos Muestras Sometidas a 2 Hora de Exposición*

Muestras a 1 hora de exposición															
8,5GHz	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
Testigo prom	3.0625	3.447916667	4.114583333	4.645833333	4.916666667	6.229166667	5.979166667	6.833333333	7.364583333	7.552083333	8.21875	8.84375	9.66625	10.26041667	10.61458333
Muestra 8.5G	3.125	3.302083333	3.479166667	3.479166667	3.53125	3.697916667	3.697916667	3.697916667	4.135416667	4.197916667	4.3125	4.364583333	4.489583333	4.666666667	4.791666667
Muestra 9.5G	3.166666667	3.364583333	3.604166667	4.041666667	4.291666667	4.53125	4.947916667	5.416666667	5.708333333	6.458333333	6.791666667	7.385416667	7.90625	8.28125	8.510416667
Muestra 10.5G	3.166666667	3.364583333	3.604166667	4.041666667	4.291666667	4.53125	4.947916667	5.416666667	5.708333333	6.458333333	6.791666667	7.385416667	7.90625	8.28125	8.510416667

**Nota:** en la figura 23 se aprecia la tabla de datos obtenida del experimento de las muestras expuestas a 2 horas a la radiación electromagnética, esta tabla se puede observar en el anexo 4 tabla 2, **Fuente:** Elaborado por el autor.

**Figura 27.**

*Comparación Hojas Infectadas por Frecuencia a Tiempos de 2 Horas*



**Nota:** muestras sometidas a frecuencias de 8.5, 9.5, 10.5 GHz por 15 días en intervalos de 2 horas diarias. **Fuente:** Elaborado por el autor.

En la figura 27 se observa que la muestra sometida a 8.5 GHz tiene el porcentaje de contagio más bajo que las muestras sometidas a las otras dos frecuencias, pero adicional se observa que no existe variación en el número promedio de hojas infectadas, al observar el promedio de hojas infectadas se observa que con la frecuencia de 9.5 GHz se tiene una leve mejora en El control del hongo hacia hojas vecinas, tal cual se aprecia en la barra de color gris en la figura 27, en donde se observa que en relación a la muestra sometida a 10.5 GHz en donde en el experimento anterior se observó que las dos curvas se mantenían iguales en el día 15 figura 25 barra gris y amarilla.

**Tabla 4.**

*Resultados de Hojas Infectadas.*

Resultados finales a 2 horas por 15 días			
Frecuencia	Hojas infectadas	Porcentaje de infección %	Porcentaje de control %
8.5 GHz	4.70833333	44.357213	55.642787
9.5 GHz	7.67708333	72.3258096	27.6741904
10.5 GHz	8.38541667	78.9990186	21.0009814
0 Hz	10.6145833	100	0

**Nota:** En esta tabla se detalla la cantidad promedio de hoja infectadas por día de todas las muestras expuestas a una hora diaria. **Fuente:** Elaborado por el autor.

Se observa que se puede controlar el nivel de infección y propagación del hongo roya en los resultados más favorables de hasta un 55,64 % sometiendo a dos horas diarias por 15 días a una frecuencia de 8.5GHz, para los demás experimentos se tiene un control del infecciones del hongo en un 27.67 % y 21.0008%, para todas las muestras sometidas se tiene resultados favorable con respecto a la muestra testigo que en promedio tiene 11 hojas infectadas en 15 días a diferencia para el resultado más favorable que se tiene un promedio de 5 hojas infectadas por 15 días.

Con la tabla 4 se verifica que a mayor tiempo de exposición también aumenta la influencia en la propagación del hongo, provocando que no se propague las esporas del hongo en un 100% hacia nuevas hojas vecinas, la variación que se dio a las muestras sometidas a la frecuencia de 8.5 GHz fue mínima del 1% aproximadamente, al igual que con una frecuencia de 10.5 GHz, en donde se observó un cambio notable fue en las muestras sometidas a una frecuencia del 9.5 GHz en donde se observa que el porcentaje de control es en un 8 % más que al ser sometidas las mueras a 1 hora, el tiempo de exposición y frecuencia empleada en los experimentos botan resultados diferentes.

### 1.3. Validación de la propuesta

Para validar la propuesta se elige a los profesionales y especialistas con el perfil de acuerdo a la línea de investigación a la que se enfoca el proyecto de investigación, los profesionales poseen el perfil, el conocimiento y la experiencia suficiente para dar sus observaciones, criterios y validar los resultados obtenidos en el proyecto de investigación.

**Tabla 5.**

*Descripción del Perfil del Validadores*

Nombres y apellidos	Experiencia	Título Profesional	Cargo
Lenin Wladimir Aucatoma Guaman	5	Mg. Servicios tecnológicos y Telecomunicaciones	Docente
Andres Fernando Morocho Caiza	5	Mg. En matemática	Docente
Diego alexander Pilco Peñaherrera	10	Mg. Administración de empresas	Jefe técnico de sucursal.

**Nota.** En la presente tabla se describe de forma rápida a los especialistas que validaron el trabajo de investigación: **Fuente:** Elaborado por el autor.

Los objetivos perseguidos mediante la validación son los siguientes:

- Validar la metodología de trabajo aplicada en el desarrollo de la investigación.
  - Aprobar los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas.
  - Redefinir (si es necesario) el enfoque de los elementos desarrollados en la propuesta, considerando la experiencia de los especialistas.
  - Constatar las posibilidades potenciales de aplicación del modelo de gestión propuesto.
- Instrumento para validar

Luego de seleccionar a los profesionales que conformaron el panel para la validación, se procedió a desarrollar los criterios de evaluación; facilitando un link de acceso que detalla los parámetros considerados a cada validador. A continuación, se especifican los criterios en mención:

**Tabla 6.**

*Criterios de Evaluación*

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

**Fuente:** elaborado por el autor.

Una vez puntualizados los criterios utilizados en la validación, se determinó la escala de criterios cualitativos para su evaluación, según el nivel de importancia y representatividad.

**Tabla 7.**

*Escala de Evaluación de Criterios*

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad				X	

**Fuente:** elaborado por el autor.

**Tabla 8.**

*Preguntas Instrumento de Validación*

<b>Criterios</b>	<b>Preguntas</b>
<b>Impacto</b>	¿Considera que el modelo de gestión propuesto representará un impacto significativo en la generación de valor público?
<b>Aplicabilidad</b>	¿Los contenidos de la propuesta son aplicables?
<b>Conceptualización</b>	¿Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías de la gestión por resultados?
<b>Actualidad</b>	¿Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y nuevos cambios que puedan producirse?
<b>Calidad Técnica</b>	¿El modelo propicia el cumplimiento de los protocolos de atención analizados desde la óptica técnico-científica?
<b>Factibilidad</b>	¿Es factible incorporar un modelo de gestión por resultados en el sector?
<b>Pertinencia</b>	¿Los contenidos de la propuesta pueden dar solución al problema planteado?

**Fuente:** elaborado por el autor.

Se han establecido los niveles de importancia y representatividad y un valor máximo de cinco puntos, el cual, será otorgado según el desempeño adecuado del criterio; y un mínimo de un punto en el caso de observarse un cumplimiento insuficiente.

#### 1.4. Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

**Tabla 9.**

Matriz de articulación

<b>EJES O PARTES PRINCIPALES</b>	<b>SUSTENTO TEÓRICO</b>	<b>SUSTENTO METODOLÓGICO</b>	<b>ESTRATEGIAS / TÉCNICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>INSTRUMENTOS APLICADOS</b>
Estudio de la influencia de las ondas electromagnéticas sobre las plantas y microorganismos	Las ondas electromagnéticas influyen en el crecimiento y la germinación de semillas así como en el control de microorganismos patógenos	Revisión de estudios ya existentes para obtener parámetros de frecuencia con los cuales experimentar para la obtención de resultados.	Investigación en fuentes bibliográficas, revistas científicas, tesis de posgrados	Describir los parámetros de las ondas electromagnéticas con los cuales se puede experimentar con muestras y obtener resultados.	Documentación de la información encontrada en medios digitales y físicos.
Experimentar con muestras de geranio infectadas con el Hongo (Puccinia Pelargonii-zonalis) diferentes frecuencias	La exposición de los microorganismos patógenos a diferentes frecuencias se puede controlar su propagación y debilitar su estructura molecular para su fácil eliminación	Verificar la influencia de las ondas electromagnéticas sobre el hongo (Puccinia Pelargonii-zonalis)	Experimentar con radiofrecuencia aplicada directamente en la muestras	Reducción de la propagación del hongo en muestras de geranio	Prototipo generador de frecuencia, muestras de geranio infectados con el hongo (Puccinia Pelargonii-zonalis)

Comparar los resultados obtenidos sobre las muestras para observar el control del hongo (Puccinia Pelargonii-zonalis) a diferentes frecuencias	A frecuencias de 8.5 GHz se tiene un control de un 50% del hongo Roya	Se expone las muestras a diferentes frecuencias y tiempos para realizar el análisis comparativo	Se observa cada una de las muestras y se realiza el conteo de hojas infectadas y se registra en las tablas correspondientes	Se saca promedios de los resultados obtenidos con el cual se generan graficas en donde se puede apreciar que se controla la propagación del hongo	Conteo de y registro de datos, Lapto, software Exel
--	---	---	---	---	---

**Fuente:** Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- En la investigación se pudo analizar y observar que las ondas electromagnéticas influyen de forma beneficiosa para ciertos organismos y plantas, como se verifica en la bibliografía citada, las ondas en el rango de radiación no ionizante y recomendada por la OMS causan un gran efecto en microorganismos y hongos dañinos presentes en el ambiente, logrando controlar su propagación y sus efectos sobre los organismos en cual causan afecciones.
- En la investigación se observó que la radiofrecuencia en la escala 8 GHz a 10.5 GHz causan grandes efectos en las plantas ornamentales y los microorganismos atacantes, en este caso se puso a prueba el hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) en plantas de geranio donde se varía la frecuencia de exposición y el tiempo de radiación diaria, donde se observa que el hongo varía su comportamiento y su capacidad de propagación de acuerdo a la frecuencia y al tiempo de exposición que es sometida la muestra.
- Se observa que el hongo Roya (*Puccinia Pelargonii-zonalis*) a la frecuencia de 8.5 GHz en ambos casos sometido a 1 y 2 horas de exposición diaria por 15 días, pierde su capacidad de propagación en un 50% esto se evidencia mediante una muestra testigo en la cual se tiene una infección promedio de 11 hojas en un periodo de 15 días, mientras que en la muestra sometida a la radiación se tiene una infección promedio de 5 hojas acorde a los resultados obtenidos en la figura 25 y 27 llevando a la conclusión que la frecuencia de 8.5 GHz es la ideal para controlar la propagación del hongo en plantas de geranio.
- En el experimento se observa que las curvas de infección se estabilizan a un valor promedio de hojas infectadas en 15 días, en el caso de las muestras a 8.5 GHz se estabiliza en 5 hojas de infección promedio en 8 días del experimento mientras que a frecuencias de 9.5 GHz y 10.5 GHz se estabiliza en 8 hojas de infección promedio a 12 días del experimento, a diferencia de la muestra testigo en donde se observa que el número de hojas infectadas va en ascenso hasta el final del experimento como se aprecia en las figuras 25 y 27, con lo que se concluye que se puede controlar la propagación del hongo con radiación electromagnética, mas no se pudo eliminar el hongo de la planta hospedadora.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el experimento en un ambiente controlado en donde no se tenga influencia de ningún tipo de ondas electromagnéticas adicionales a las que se están empleando en el experimento ya que una onda electromagnética adicional podría causar que el experimento tome otros resultados diferentes a los deseados.
- Para seguir con la línea de investigación se recomienda volver a realizar el experimento, pero analizar en un laboratorio el efecto molecular que la onda electromagnética causan en las muestras del hongo Roya y en las plantas hospedadoras del mismo para así llegar a conclusiones más exactas de la influencia de las ondas electromagnéticas en los microorganismos.
- Para realizar el experimento las muestras seleccionadas deben cumplir parámetros similares como número de hojas infectadas, que todas las plantas estén dentro de un mismo ambiente, la salud inicial de la planta debe ser lo más similar en todas las muestras, caso contrario se obtendrán resultados erróneos en las muestras.
- Acorde al estudio realizado se recomienda a la persona que realiza el experimento no exponerse por un tiempo prolongado a la radiación que recibe las plantas durante el experimento ya que podría experimentar mareo, sueño y dolor de cabeza leve, adicional usar un tapón auditivo ya que el prototipo al estar en funcionamiento emite un sonido leve pero muy agudo acorde a la frecuencia en la que se está trabajando.

## BIBLIOGRAFÍA

### Bibliografía

- Arcotel. (03 de Marzo de 2017). *arcotel.gob.ec*. Obtenido de *arcotel.gob.ec*: <https://www.arcotel.gob.ec/espectro-radioelectrico-2/>
- Arias, E. (10 de Diciembre de 2020). *Economipedia.com* . Obtenido de *Economipedia.com* : <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-experimental.html>
- Arnesto Arenas, W. A. (2015). Efectos de la radiación electromagnética sobre la germinación del maíz. *Tecnura*, 15.
- Arturo B. Rodriguez, A. G. (2018). Non-Ionizing Electromagnetic Fields for Food Safety. *Información tecnológica*, 6.
- ATSDR. (2016). ToxFAQs™ - Radiación ionizante . *ATSDR*, 6.
- Colmer, S. (2015). Pelargonium rust on pelargonium leaves, caused by the fungus Puccinia pelargonii-zonalis. *Gap Garden*, 3.
- Cruz, V. (04 de Septiembre de 2014). *slideplayer.es*. Obtenido de *slideplayer.es*: <https://slideplayer.es/slide/4354959/>
- ENACOM. (05 de Enero de 2018). *enacom.gob.ar*. Obtenido de *enacom.gob.ar*: [https://www.enacom.gob.ar/-que-es-el-espectro-radioelectrico-\\_p117#:~:text=El%20Espectro%20Radioel%C3%A9ctrico%20es%20un,el%20Estado%20ejerce%20su%20soberan%C3%ADa](https://www.enacom.gob.ar/-que-es-el-espectro-radioelectrico-_p117#:~:text=El%20Espectro%20Radioel%C3%A9ctrico%20es%20un,el%20Estado%20ejerce%20su%20soberan%C3%ADa).
- Fernández, L. (Martes de Agosto de 2018). <http://cs-fs-primero.blogspot.com>. Obtenido de <http://cs-fs-primero.blogspot.com>: <http://cs-fs-primero.blogspot.com/2015/06/introduccion-refraccion-de-la-luz.html>
- Huidobro, M. (2013). Antenas de telecomunicaciones . *Revista Digital de ACTA*, 18.
- Knave, B. (2015). RADIACIONES NO IONIZANTES. *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*, 36.
- Llanos, A. (2013). Gestión del espectro radioeléctrico en Ecuador. *Serie Magister* , 95.
- Maigua, G. (2015). *Análisis del uso de ondas electromagnéticas para simulación de la detección y eliminación del hongo (Botrytis cinerea)*. Quito: Repositorio UPS.
- Quillupangui, J. A. (2019). *DESARROLLO DE UN PROTOTIPO ELECTRÓNICO PARA REDUCCIÓN DE HONGOS NOCIVOS EN CULTIVOS ORNAMENTALES MEDIANTE EL USO DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- quironprevencion. (19 de Junio de 2018). *quironprevencion.com*. Obtenido de *quironprevencion.com*: <https://www.quironprevencion.com/blogs/es/prevenidos/radiaciones-ionizantes-riesgos-medidas-prevencion>
- Ramos, B. y. (26 de Junio de 2002). *www.nasa.gov*. Obtenido de NASA Ames Research Center: [https://www.nasa.gov/centers/ames/spanish/news/releases/2002/02\\_55AR-span.html](https://www.nasa.gov/centers/ames/spanish/news/releases/2002/02_55AR-span.html)

Romero, C. (12 de Diciembre de 2014). <http://notodoeselfisico.blogspot.com/>. Obtenido de <http://notodoeselfisico.blogspot.com/2014/12/el-espectro-radioelectrico-el-enemigo.html>

Salamanca, F. (2018). *Roya de la soya. CropLife* , 5.

Silvester, S. (2015). *ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS y ÓPTICA FÍSICA. Universidad Tecnológica Nacional*, 28.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**

**VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL / ESCUELA DE POSGRADOS**

**FORMATO PARA DESCRIBIR LOS APORTES A LA INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD EN EL TRABAJO DE TITULACIÓN – (RESUMEN INV+VCS)**

*(según el Instructivo de Estructura y Normas de Trabajos de Titulación para Grado y Posgrado UISRAEL 2021)*

<b>Estudiante(s):</b>	<b>Andrango Chisaguano Edwin Xavier</b>
<b>Programa de maestría:</b>	<b>Semipresencial</b>
<b>Proyecto desarrollado:</b>	<b>Influencia de las Ondas Electromagnéticas Para El Control Del Hongo Roya En Plantas Ornamentales</b>
<b>Fecha de entrega final del TT:</b>	<b>19 de marzo del 2022</b>
<b>Línea de investigación institucional a la cual tributa el proyecto:</b>	<b>Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable</b>
<b>Beneficiarios directos e indirectos del proyecto:</b>	
<p>El beneficio en sí de un método alternativo para el control del hongo Roya es para la población de agricultores y jardineros aficionados de productos orgánicos ya que este hongo puede causar que todo su cultivo se eche a perder llevando a grandes pérdidas económicas, ya que el hongo se combate solo con fungicidas y en esta clase de cultivos el uso de los mismo es nulo.</p> <p>Además, esta investigación beneficia al campo de la ciencia y tecnología vinculado con la agricultura para encontrar métodos alternativos de control y prevención plagas, virus, bacterias para aprovechar la tecnología en beneficio de la agricultura, abriendo nuevos campos de investigación para estudiantes y profesionales que deseen investigar sobre el uso de las ondas electromagnéticas en beneficio de la sociedad.</p>	
<b>Resumen de los aportes de la investigación para el área del conocimiento</b>	
<p>Es necesario realizar estudios sobre la influencia de las ondas electromagnéticas sobre los microorganismos patógenos que afectan a grandes cultivos de plantas de consumo humano como a plantas ornamentales, mediante esta investigación se verifica que las ondas electromagnéticas se pueden emplear también para el tratamiento de plagas.</p>	
<b>Resumen de los aportes de vinculación con la sociedad: empresas, organizaciones y comunidades</b>	
<p>Esta investigación es de gran utilidad para estudiantes, agricultores e investigadores que deseen inculcar en el uso de las ondas electromagnéticas como opción alternativa para el control de plagas a nivel general, ya se encontró que las ondas electromagnéticas si producen efecto en los microorganismos patógenos a los cuales se encuentran expuestas las plantas.</p>	
<b>Nota: se adjunta al proyecto</b>	

Anexo 2

Tabla 1. Resultados obtenidos en las muestras diarias en hojas infectadas

<b>Caso 1 (96 muestras a 8.5GHZ por 1hora pen un periode de 15 dias)</b>															
Muestra	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
1	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6
3	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	7	7	7	7
7	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
9	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
10	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
13	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
14	4	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
17	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
19	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6
20	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
21	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
22	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	7	7	7	7
24	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5

25	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	
27	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	
28	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
29	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
30	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
31	4	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
32	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
33	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
34	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
35	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	
36	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6	
37	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	
38	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
39	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
40	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	7	7	7	7	
41	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	
42	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
43	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	
44	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	
45	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
46	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	
47	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
48	4	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
49	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
50	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	

51	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
52	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
53	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6
54	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
55	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
56	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
57	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	7	7	7	7
58	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
59	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
60	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
61	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
62	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
63	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
64	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
65	4	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
66	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
67	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
68	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
69	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
70	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6
71	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
72	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
73	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
74	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	7	7	7	7
75	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
76	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

77	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
78	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
79	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
80	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6
81	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
82	4	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
83	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
84	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
85	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
86	3	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6
87	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	6
88	2	2	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5
89	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
90	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
91	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	6	7	7	7	7
92	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
93	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
94	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5
95	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6
96	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Promedic	3,125	3,302	3,48	3,48	3,53	3,7	3,698	3,7	4,135	4,198	4,313	4,365	4,49	4,667	4,792
	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5

Tabla2. Hojas infectadas a 8.5 GHz en una hora por 15 días

Hojas infectadas por día a 8.5 GHz en 1 hora a 15 días															
Días	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Testigo promedio	3,063	3,45	4,11	4,65	4,92	6,229	5,98	6,833	7,365	7,552	8,219	8,844	9,656	10,26	10,6145833
Testigo aproximado	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11
Muestra aproximada	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
Muestra promedio	3,125	3,3	3,48	3,48	3,53	3,698	3,7	3,698	4,135	4,198	4,313	4,365	4,49	4,667	4,79166667

Figura 1. Graficas de los resultados tabla 2

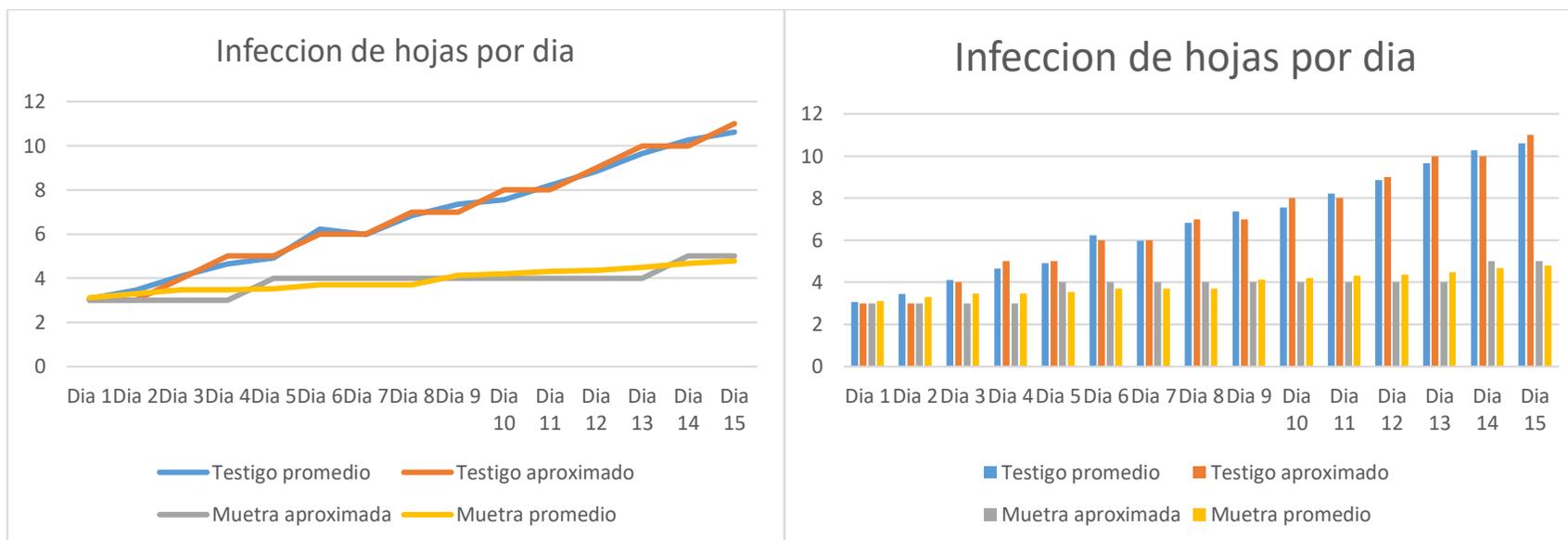


Tabla3. Hojas infectadas promedio a 9.5 GHz en una hora por 15 días

Hojas infectadas por día															
Días	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Testigo pron	3,0625	3,44791667	4,11458333	4,64583333	4,91666667	6,22916667	5,97916667	6,83333333	7,36458333	7,55208333	8,21875	8,84375	9,65625	10,2604167	10,6145833
Testigo apro	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11
Muestra apro	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9
Muestra pron	3,16666667	3,36458333	3,60416667	4,04166667	4,29166667	4,53125	4,94791667	5,41666667	5,70833333	6,45833333	6,79166667	7,38541667	7,90625	8,28125	8,51041667

Figura 2. Graficas de los resultados tabla 3

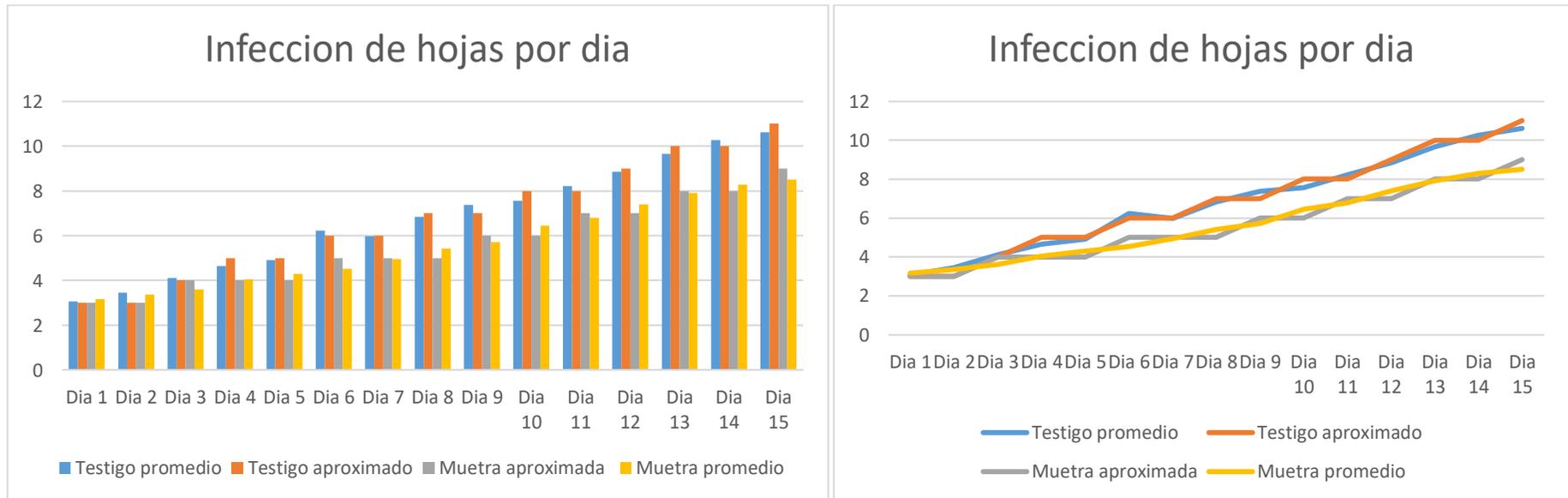


Tabla4. Hojas infectadas promedio a 10.5 GHz en una hora por 15 días

Hojas infectadas por día															
Dias	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Testigo prom	3,0625	3,44791667	4,11458333	4,64583333	4,91666667	6,22916667	5,97916667	6,83333333	7,36458333	7,55208333	8,21875	8,84375	9,65625	10,2604167	10,6145833
Testigo apro	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11
Muestra apro	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8	9
Muestra prom	3,16666667	3,36458333	3,60416667	4,04166667	4,29166667	4,53125	4,94791667	5,41666667	5,70833333	6,45833333	6,79166667	7,38541667	7,90625	8,28125	8,51041667

Figura 3. Graficas de los resultados tabla 4

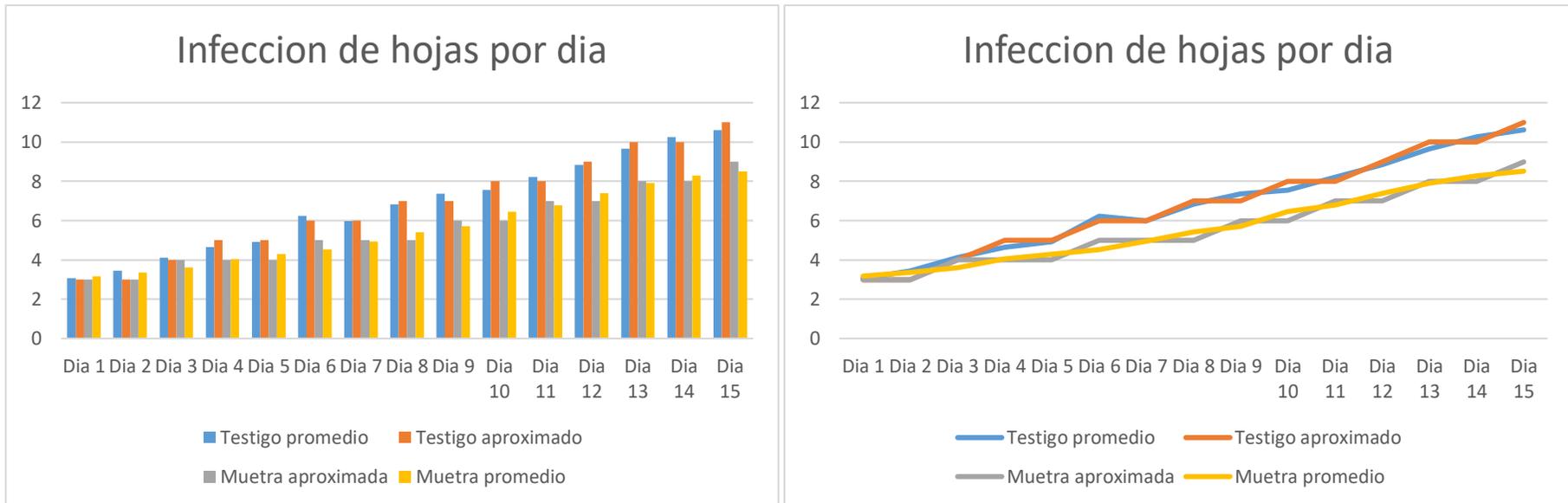


Tabla5. Hojas infectadas promedio a 8.5 GHz en dos horas por 15 días

Dias	Hojas infectadas por día															
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	
Testigo prom	3,0625	3,44791667	4,11458333	4,64583333	4,91666667	6,22916667	5,97916667	6,83333333	7,36458333	7,55208333	8,21875	8,84375	9,65625	10,2604167	10,61458333	
Testigo apro	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11	
Muestra apro	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5
Muestra prom	3,10416667	3,28125	3,44791667	3,44791667	3,5	3,65625	3,65625	3,65625	4,01041667	4,09375	4,1875	4,19791667	4,40625	4,57291667	4,70833333	

Figura 4. Graficas de los resultados tabla 5

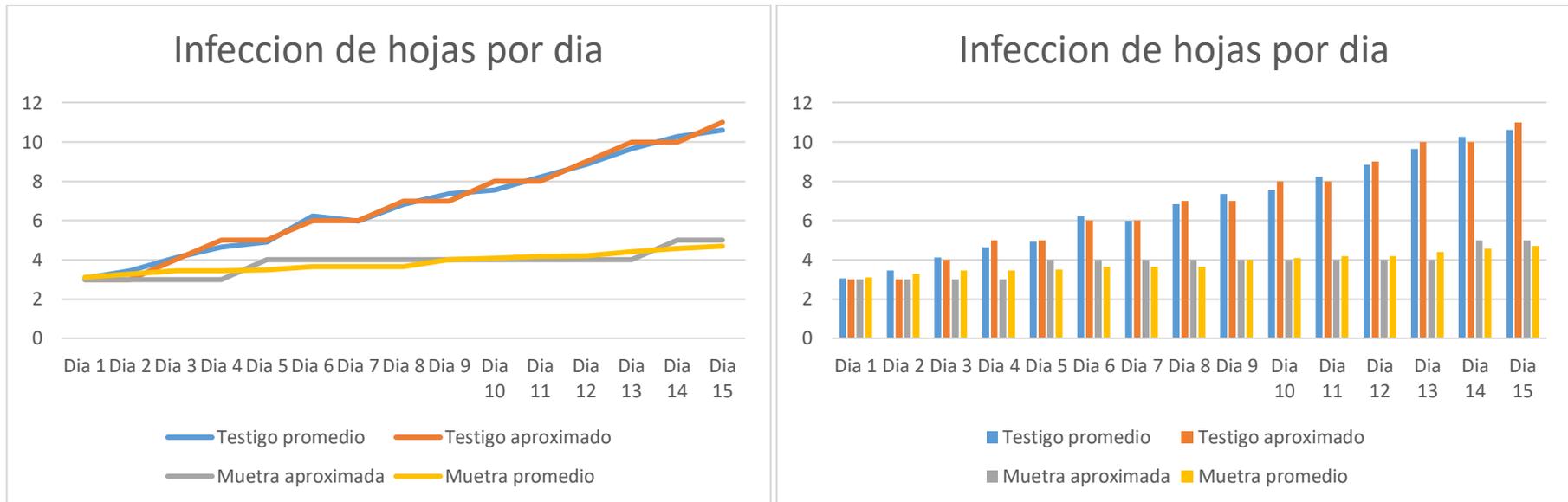


Tabla6. Hojas infectadas promedio a 9.5 GHz en dos horas por 15 días

	Hojas infectadas por día														
Dias	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Testigo prom	3,0625	3,447916667	4,114583333	4,645833333	4,916666667	6,229166667	5,979166667	6,833333333	7,364583333	7,552083333	8,21875	8,84375	9,65625	10,2604167	10,61458333
Testigo apro	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11
Muestra apro	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	8
Muestra prom	2,979166667	3,135416667	3,729166667	4,020833333	4,177083333	4,333333333	4,614583333	5,03125	5,28125	5,760416667	6,010416667	6,322916667	7,09375	7,354166667	7,677083333

Figura 5. Graficas de los resultados tabla 6

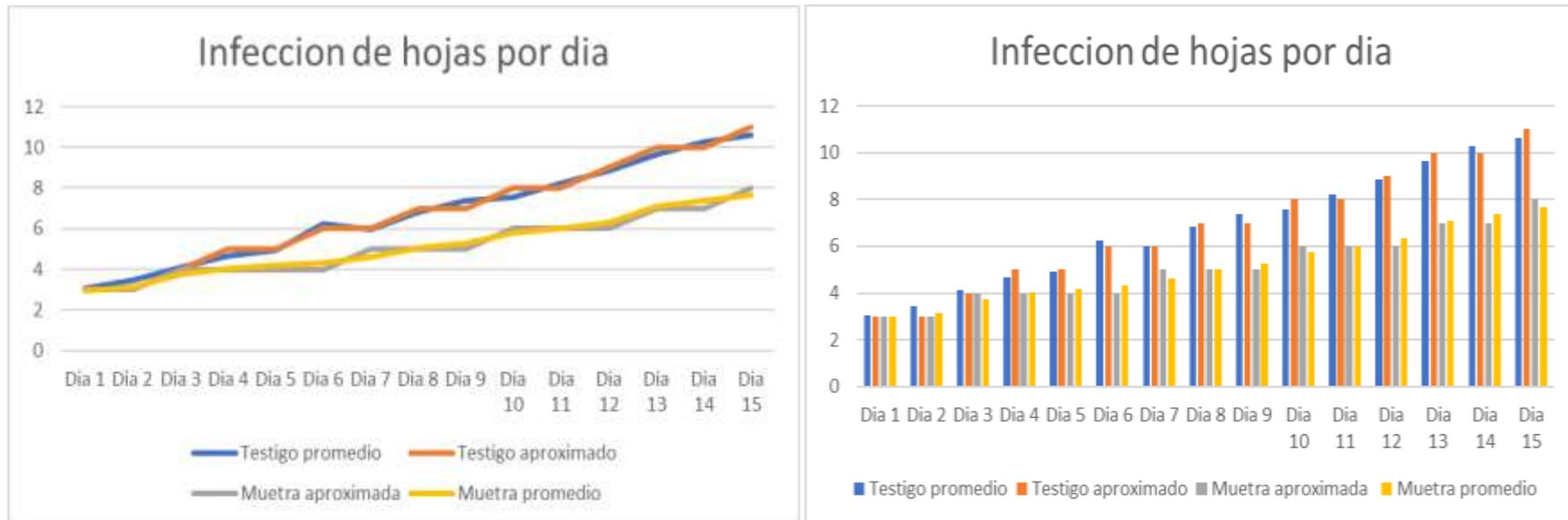
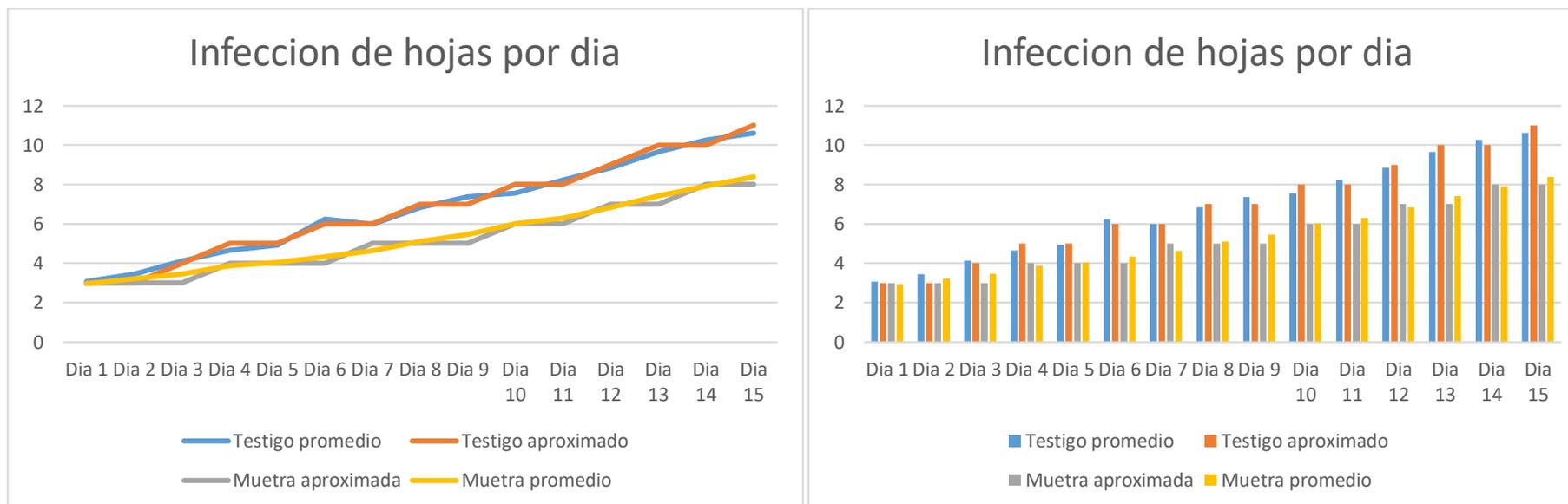


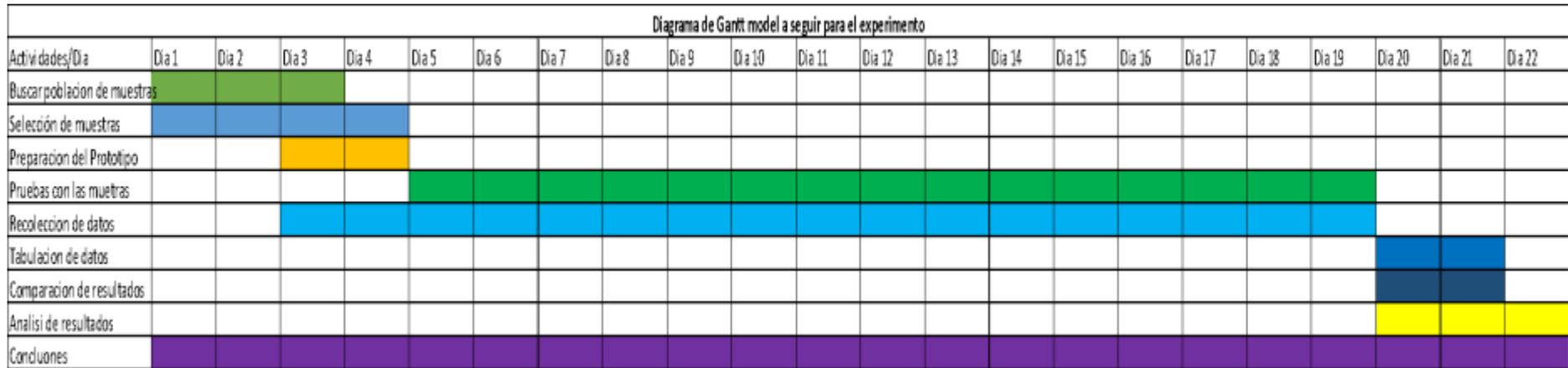
Tabla7. Hojas infectadas promedio a 10.5 GHz en dos horas por 15 días

	Hojas infectadas por día														
Dias	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15
Testigo prom	3,0625	3,44791667	4,11458333	4,64583333	4,91666667	6,22916667	5,97916667	6,83333333	7,36458333	7,55208333	8,21875	8,84375	9,65625	10,2604167	10,6145833
Testigo apro	3	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	11
Muestra apro	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8
Muestra prom	2,94791667	3,21875	3,45833333	3,875	4,03125	4,33333333	4,625	5,10416667	5,44791667	6,01041667	6,29166667	6,83333333	7,41666667	7,90625	8,38541667

Figura 6. Graficas de los resultados tabla 7



Anexo 3 Diagrama de Gantt del proceso realizado para el experimento.



Anexo 5.

Certificados de validación por expertos



Yo, **Lenin Wladimir Aucatoma Guamán**, con C.I **1717985830**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Influencia de las Ondas Electromagnéticas Para El Control Del Hongo Roya En Plantas Ornamentales.**

Elaborado por el Ing. **Andrango Chisaguano Edwin Xavier**, con C.I **0502882319**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., # de marzo de 2022

**Lenin W. Aucatoma Guamán**

**C.I 1717985830**

**Registro SENESCYT 032178765**



Yo, **Diego Alexander Pilco Peñaherrera**, con C.I **1104090277**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Influencia de las Ondas Electromagnéticas Para El Control Del Hongo Roya En Plantas Ornamentales.**

Elaborado por el Ing. **Andrango chisaguano Edwin Xavier**, con C.I **0502882319**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., # de marzo de 2022

**Diego Alexander Pilco Peñaherrera**

**C.I 1104090277**

**Registro SENESCYT 1031-2021-2387846**



Yo, **Andrés Fernando Morocho Caiza**, con C.I **0604201467**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Influencia de las Ondas Electromagnéticas Para El Control Del Hongo Roya En Plantas Ornamentales.**

Elaborado por el Ing. **Andrango chisaguano Edwin Xavier**, con C.I **0502882319**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., # de marzo de 2022

**Andrés Fernando Morocho Caiza**

**C.I 0604201467**

**Registro SENESCYT 1002-2018-1935917**

Anexo 6

Muestra testigo planta Geranio infectada con el hongo Roya

**Figura 1.**

*Muestra testigo al inicio del experimento*



**Figura 2.**

*Muestra testigo a mitad del experimento.*



**Figura 3.**

*Muestra testigo al final del experimento.*



**Figura 4.**

*Muestra sometida a una radiación de 8.5 GHz a 1 hora inicio del experimento*



**Figura 5.**

*Muestra sometida a una radiación de 8.5 GHz a 1 hora a mitad del experimento*



**Figura 6.**

*Muestra sometida a una radiación de 8.5 GHz a 1 hora a final del experimento*



**Figura 7.**

*Muestra sometida a una radiación de 8.5 GHz a 2 horas inicio del experimento*



**Figura 8.**

*Muestra sometida a una radiación de 8.5 GHz a 2 horas mitad del experimento*



**Figura 9.**

*Muestra sometida a una radiación de 8.5 GHz a 2 horas final del experimento*



**Figura 9.**

*Muestra sometida a una radiación de 9.5 GHz a 1 hora inicio del experimento*



**Figura 10.**

*Muestra sometida a una radiación de 9.5 GHz a 1 hora mitad del experimento*



**Figura 11.**

*Muestra sometida a una radiación de 9.5 GHz a 1 hora final del experimento*



**Figura 12.**

*Muestra sometida a una radiación de 9.5 GHz a 2 horas inicio del experimento*



**Figura 13.**

*Muestra sometida a una radiación de 9.5 GHz a 2 horas mitad del experimento*



**Figura 14.**

*Muestra sometida a una radiación de 9.5 GHz a 2 horas final del experimento*

