



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
MAESTRÍA EN AGRONOMÍA MENCIÓN PROTECCIÓN EN
VEGETAL

*Tesis de grado previo a la obtención del título de Magister en Agronomía Mención
Protección Vegetal*

TEMA DE TESIS

Efecto del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina)
sobre la biota bacteriana y fúngica del suelo en el cultivo de tabaco
(*Nicotiana tabacum* L).

MAESTRANTE:

Ing. Agr. Braulio Rolando Zumba Vera

TUTOR:

Ing. Agr. Edwin Stalin Hasang Moran, M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

- 2022 -

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de superación.

A mi esposa Martha González, por su amor y apoyo incondicional en todos estos años de estudio.

A mis hijas Binyelli, Melanie y Maythe, por ser el motor de mi vida y darme las energías para seguir adelante.

Con cariño

Braulio Zumba vera

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis Docentes de la Maestría en Agronomía con Mención en Protección Vegetal de la Universidad Técnica de Babahoyo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de este posgrado, de manera especial al Ing. M. Sc. Edwin Hasang, tutor de mi tesis, quien me ha guiado con paciencia y rectitud.

Agradezco a la empresa AGROCELHONE del Ecuador, en especial al Ing. Manuel Vega, presidente de dicha empresa, por facilitarme el producto en estudio y las herramientas necesarias para realizar mi investigación.

También agradezco a la empresa tabacalera Tabacos Ecuatorianos del Centro S.A. Tabecsa S.A., en especial al Ing. Gilbert Hernández, Gerente Técnico, por facilitarme el terreno y sus conocimientos técnicos durante todo el proceso fenológico del cultivo en estudio.

INDICE DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Formulación del problema	4
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos.....	5
1.1.1. Objetivo general	5
1.1.2. Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis	5
II. REVISION DE LITERARURA	6
2.1. Generalidades del cultivo de tabaco	6
2.2. Origen.....	6
2.3. Clasificación Taxonómica	7
2.4. Características botánicas	8
2.5. Requerimientos edafoclimáticos.....	8
2.5.1. Clima.....	8
2.5.2. Temperatura.....	8
2.5.3. Humedad.....	9
2.5.4. Suelo.....	9
2.6. Principales enfermedades en el cultivo de tabaco	9
2.7. Microbiota del suelo.....	11
2.8. Desinfección de suelos	13
2.9. Método de la inyección mecanizada	15
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental	16
3.2. Material genético y preparación de vivero para N. tabacum	16
3.3. Preparación del terreno y trasplante al sitio del experimento.....	16
3.4. Tratamientos y Diseño Experimental	17
3.5. Esquema del Análisis de varianza	18
3.6. Aplicación del Agrocelhone (1,3-dicloropropeno + cloropicrina) en el suelo.....	19
3.7. Cálculo de las dosis de aplicación.....	20
3.8. Actividades culturales	20
3.9. Variables a Evaluar	20
3.9.1. Cuantificación de poblaciones bacterianas y fúngicas del suelo	20

3.9.2.	Determinación de dosis efectiva	21
3.9.3.	Estimación de los costos de producción generados por los tratamientos	21
3.10.	Análisis estadístico	21
IV.	RESULTADOS	22
4.1.	Cuantificación del microbiota (bacterias y hongos y nematodos) edáfica.	22
4.2.	Población bacteriana posterior a la aplicación del biocida AGROCELHONE.	22
4.3.	Población fúngica posterior a la aplicación del biocida AGROCELHONE.	26
4.4.	Población de nematodos posterior a la aplicación del biocida AGROCELHONE.	30
4.4.1.	Nematodos fitoparásitos.....	30
4.4.2.	Nematodos de vida libre (NVL).....	33
4.5.	Eficiencia de las dosis de AGROCELHONE aplicadas al suelo.....	36
4.5.1.	Control de poblaciones bacterianas.....	36
4.5.2.	Control de poblaciones fúngicas.....	37
4.5.3.	Control de poblaciones de nematodos.	37
4.6.	Análisis económico y rentabilidad	38
V.	DISCUSIÓN	50
VI.	CONCLUSIONES.....	54
VII.	RECOMENDACIONES.....	55
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	56
IX.	ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.	CONTENIDOS	Pág.
Tabla 1.	Esquema de los factores considerados en el estudio.....	17
Tabla 2.	Tratamientos a aplicarse en el estudio a nivel de campo.....	17
Tabla 3.	Análisis de varianza empleado en la investigación.....	18
Tabla 4.	Población de la microbiota bacteriana, fúngica (UFC g ⁻¹ de suelo), y nematodos (individuos en 100 g ⁻¹ de suelo) detectada en un suelo antes de la aplicación del biocida AGROCELHONE a tres profundidades en un cultivo de tabaco.....	22
Tabla 5.	Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones bacterianas (UFC g ⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.....	23
Tabla 6.	Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones fúngicas (UFC g ⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.....	27
Tabla 7.	Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos (100 g ⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.....	30
Tabla 8.	Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones de nematodos de vida libre (100 g ⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.....	34
Tabla 9.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 20 g del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (Tratamiento 1).....	44
Tabla 10.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 20 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad (Tratamiento 2).....	44

Tabla 11.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 20 g del biocida AGROCELHONE a 40 cm de profundidad (Tratamiento 3).....	45
Tabla 12.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 30 g del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (Tratamiento 4)	45
Tabla 13.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 30 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad (Tratamiento 5).....	46
Tabla 14.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 30 g del biocida AGROCELHONE a 40 cm de profundidad (Tratamiento 6).....	46
Tabla 15.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 40 g del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (Tratamiento 7).....	47
Tabla 16.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 40 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad (Tratamiento 8).....	47
Tabla 17.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 40 g del biocida AGROCELHONE a 40 cm de profundidad (Tratamiento 9).....	48
Tabla 18.	Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha ⁻¹ , generadas al final del cultivo de tabaco, sin la aplicación (dosis 0 g) del biocida AGROCELHONE (Tratamiento control).....	48
Tabla 19.	Resumen de costos de producción, ganancias por materia prima (capa y tripa) y ganancias y/o pérdidas netas (USD ha ⁻¹) generados por la aplicación de tratamientos en el cultivo de tabaco.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.	CONTENIDOS	Pág.
Figura 1.	Esquema de la distribución de tratamientos a nivel de campo.....	18
Figura 2.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones bacterianas del suelo, ocho días posteriores a la aplicación del biocida (24 de septiembre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	24
Figura 3.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones bacterianas del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	24
Figura 4.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones bacterianas del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	25
Figura 5.	Población bacteriana (UFC g ⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.....	26
Figura 6.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones fúngicas del suelo, ocho días posteriores a la aplicación del biocida (24 de septiembre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	27
Figura 7.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones fúngicas del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	28
Figura 8.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones fúngicas del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	29
Figura 9.	Población fúngica (UFC g ⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.....	30

Figura 10.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos fitoparásitos del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	31
Figura 11.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos fitoparásitos del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	32
Figura 12.	Población de nematodos fitoparásitos (individuos en 100 g ⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.....	33
Figura 13.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos de vida libre (NVL) del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	34
Figura 14.	Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos de vida libre (NVL) del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.....	35
Figura 15.	Población de nematodos de vida libre (individuos en 100 g ⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.....	36

INDICE DE ANEXOS

No.	CONTENIDOS	Pág.
Anexo 1	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC bacterianas g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 24 de septiembre de 2020.....	64
Anexo 2	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC bacterianas g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.....	64
Anexo 3	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC bacterianas g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.....	64
Anexo 4	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC fúngicas g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 24 de septiembre de 2020.....	65
Anexo 5	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC fúngicas g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.....	65
Anexo 6	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC fúngicas g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.....	65
Anexo 7	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos fitoparásitos por 100 g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.....	66
Anexo 8	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos fitoparásitos por 100 g^{-1} de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.....	66

Anexo 9	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos de vida libre (NVL) por 100 g ⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.....	66
Anexo 10	Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos de vida libre (NVL) por 100 g ⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.....	67
Anexo 11	Correlación entre las poblaciones bacterianas (UFC g-1 suelo) detectadas en el suelo bajo tratamientos y el rendimiento del tabaco en libras.....	67
Anexo 12	Correlación entre las poblaciones fúngicas (UFC g-1 suelo) detectadas en el suelo bajo tratamientos y el rendimiento del tabaco en libras.....	68
Anexo 13	Correlación entre las poblaciones de nematodos (individuos en 100 g suelo) detectadas en el suelo bajo tratamientos y el rendimiento del tabaco en libras.....	68

RESUMEN

El cultivo de *Nicotiana tabacum* (tabaco) es considerado uno de los cultivos no tradicionales del Ecuador, sin embargo, es un rubro importante para la economía del país debido al ingreso de divisas a través de sus exportaciones, generando fuentes de empleo directas e indirectas a la población económicamente activa. No obstante, es blanco de problemas fitosanitarios que ponen en riesgo las inversiones realizadas por los agricultores. Varios fitopatógenos del suelo, como hongos, bacterias, y nematodos generan enfermedades complejas en las plantas de tabaco. Los hongos como *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani*, *Phytium* sp. y *Fusarium* spp. ocasionan pérdidas económicas importantes en cada ciclo de producción cuando no se toman las medidas de prevención necesarias. En este sentido, la presente investigación buscó reducir el impacto generado por las poblaciones microbianas en el cultivo de tabaco mediante la aplicación del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina). Para el efecto se estableció un experimento basado en la aplicación de tres dosis (factor A) del biocida (20 g, 30 g, y 40 g) a tres profundidades (Factor b) del suelo (20 cm, 30 cm, y 40 cm), distribuido en un diseño de parcelas divididas con 10 tratamientos y tres repeticiones, nueve de los tratamientos correspondieron a la combinación de los factores en estudio, mientras que el décimo fue el control (0 g del biocida). A los ocho, 22, y 55 días se evaluó las poblaciones de bacterias y hongos (UFC g⁻¹ suelo), el número de nematodos fitopatógenos y de vida libre (NVL) (individuos en 100 g⁻¹ suelo) presentes en el suelo de los tratamientos analizados. Finalmente, luego de culminar con la cosecha de las hojas, se realizó un análisis económico para determinar el tratamiento más rentable (USD). Se determinó que AGROCELHONE en las tres dosis aplicadas, no afectó las poblaciones de bacterias y NVL, detectándose un efecto estimulador del crecimiento generado por el biocida hacia estos grupos microbianos. Por otra parte, ejerció un efecto antifúngico y nematicida, sobre las poblaciones de hongos y fitonematodos, reflejado en la reducción significativa del número de UFC g⁻¹ de suelo, e individuos en 100 g⁻¹ suelo. Las dosis altas (30 g y 40 g) del biocida provocaron disminución de las poblaciones de hongos y nematodos fitopatógenos en los perfiles más profundos del suelo (30 cm y 40 cm) hasta los 55 días después de aplicar AGROCELHONE, y además generaron mayores ganancias netas positivas por ha⁻¹ (3350 USD a 8600 USD). La falta de productos biocidas eficientes para el control de fitopatógenos del suelo, siempre ha sido una limitante para la producción hortícola, sin embargo, en este trabajo de investigación se demostró que AGROCELHONE es un producto que bien puede ser empleado eficientemente para reducir microorganismos patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de tabaco.

Palabras clave: Fitopatógenos, hongos del suelo, nematodos fitoparásitos, nematodos de vida libre, poblaciones microbianas del suelo.

ABSTRACT

The crop of *Nicotiana tabacum* (tobacco) is considered one of the non-traditional crops of Ecuador, however, it is an important item for the country's economy due to the income of foreign exchange through its exports, generating direct and indirect sources of employment to the economically active population. However, it is the target of phytosanitary problems that put the investments made by farmers at risk. Various soil pathogens, such as fungi, bacteria, and nematodes generate complex diseases in tobacco plants. Fungi such as *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani*, *Phytium* sp. and *Fusarium* spp. cause significant economic losses in each production cycle when the necessary preventive measures are not taken. In this sense, the present investigation sought to reduce the impact generated by microbial populations in tobacco cultivation by applying the biocide AGROCELHONE (1,3 Dichloropropene and Chloropicrin). For this purpose, an experiment was established based on the application of three doses (factor A) of the biocide (20 g, 30 g, and 40 g) at three depths (Factor b) of the soil (20 cm, 30 cm, and 40 cm), distributed in a design of divided plots with 10 treatments and three repetitions, nine of the treatments corresponded to the combination of the factors under study, while the tenth was the control (0 g of the biocide). At eight, 22, and 55 days, the populations of bacteria and fungi (CFU g⁻¹ soil), the number of phytopathogenic and free-living nematodes (NVL) (individuals in 100 g⁻¹ soil) present in the soil of the treatments analyzed. Finally, after culminating with the harvest of the leaves, an economic analysis was carried out to determine the most profitable treatment (USD). It was determined that AGROCELHONE in the three doses applied, did not affect the populations of bacteria and NVL, detecting a growth stimulating effect generated by the biocide towards these microbial groups. On the other hand, it exerted an antifungal and nematicidal effect on the populations of fungi and phytonematodes, reflected in the significant reduction of the number of CFU g⁻¹ of soil, and individuals in 100 g⁻¹ soil. The high doses (30 g and 40 g) of the biocide caused a decrease in the populations of phytopathogenic fungi and nematodes in the deepest profiles of the soil (30 cm and 40 cm) up to 55 days after applying AGROCELHONE, and also generated greater net gains positive per ha⁻¹ (3350 USD to 8600 USD). The lack of efficient biocidal products for the control of soil phytopathogens has always been a limitation for horticultural production, however, in this research work it was shown that AGROCELHONE is a product that can be used efficiently to reduce pathogenic microorganisms that cause diseases in tobacco crops.

Keywords: Free-living nematodes, phytopathogens, plant parasitic nematodes, soil fungi, soil microbial populations.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la FAO (2003), el cultivo de *Nicotiana tabacum* L. (tabaco) se planta en aproximadamente 3.8 millones de hectáreas alrededor del mundo. Esta especie vegetal de importancia agrícola es fácil de cultivar porque tiene gran adaptabilidad a diferentes temperaturas, permitiendo que esté presente en al menos 124 países (EOI, 2004), donde el promedio mundial ponderado por cantidad de tabaco es 0.81%. No obstante, Malawi es el país con mayor extensión cultivada de tabaco en el mundo, con el 4.31% de su superficie dedicada al cultivo de esta especie vegetal. Para Latinoamérica el promedio es 0.58%, que, si bien está por debajo del promedio mundial en cuanto a área cultivada, no se aleja significativamente de la media mundial (Tovar, 2017).

En Latinoamérica y el Caribe, se destaca República Dominicana con el 0.78% del área cultivada dedicada al tabaco, mientras que en México apenas el 0.03% de su área cultivada se dedica al tabaco. En Ecuador se cultivan aproximadamente 4052 hectáreas, que representan un no despreciable 0.16% del área total cultivada en el país (Lopetegui *et al.*, 2015; Tovar, 2017), de las cuales alrededor de 800 hectáreas se siembran en la provincia de Los Ríos (Ramírez & Shkiliova, 2019).

La cadena productiva del tabaco es un conjunto de eslabones que conforma la cadena de producción que abarca desde la producción de la materia prima a nivel de campo, hasta la distribución de los productos terminados. Esta cadena de producción se caracteriza por estar generalmente conformada de cuatro etapas o fases. Inicia con el establecimiento del cultivo (fase primaria), pasando por la recolección y procesamiento de las hojas de tabaco (fase de industrialización), finalizando con la distribución y comercialización de sus derivados (productos finales y distribución), (Tovar, 2017). En este sentido, desde el punto de vista laboral, el cultivo de tabaco es un rubro que demanda mucho trabajo, ya que requiere un intensivo uso de mano de obra, y en Ecuador no es la excepción, ya que en promedio se necesita unas 2200 horas de trabajo por hectárea durante todo el desarrollo del mismo (Ramírez & Shkiliova, 2019).

Paralelamente, el cultivo de tabaco necesita condiciones adecuadas para crecer y desarrollarse, por lo que cualquier modificación severa se traduce en una influencia negativa, que puede verse

reflejada en problemas fitosanitarios (Lopetegui *et al.*, 2015), ya que esta Solanácea está expuesta a diversos factores que influyen negativamente sobre el rendimiento y la calidad de la hoja, entre ellos se encuentra la incidencia de insectos plagas y enfermedades, tipos de suelos, clima y a su vez, las malas prácticas agrícolas como la nutrición vegetal, cualquier alteración puede afectar la sanidad, formación de las hojas y su calidad para la industria tabaquera (Martín & Verdejo, 2015).

De acuerdo a la literatura científica plantaciones de *N. tabacum* en monocultivo son atacadas frecuentemente por hongos fitopatógenos del suelo, que afectan el sistema radicular, cuello y base del tallo. Entre los principales patógenos que integran un complejo grupo están *Phytophthora nicotianae* var. parasítica. Breda de Haan, *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Phytium debarianum* Hesse, y *Fusarium* spp. y que en algunas oportunidades pueden ocasionar patogenias en otros órganos de las plantas, como peciolo, tallos, hojas, etc., (Castellá *et al.*, 2004; Martín & Verdejo, 2015). Estos problemas fitosanitarios aparecen principalmente cuando se realizan cultivos continuados en una misma área, sin practicar rotaciones con otras especies vegetales, lo cual conlleva al aumento constante del potencial de inóculo en el suelo, hasta niveles donde solo pueden prosperar variedades muy resistentes (Espino & Puccinelli, 2010; Martín & Verdejo, 2015).

Bajo las condiciones de Ecuador, la intensificación del cultivo, y la complejidad para adoptar la rotación de cultivos en una misma área, es necesario e importante proponer y estudiar alternativas económicamente viables que permitan reducir la presión de inóculo de hongos fitopatógenos acumulados en los suelos usados intensivamente en el cultivo de tabaco. Considerando los antecedentes antes expuestos, se plantea el presente trabajo de investigación que propone emplear un pesticida de amplio espectro para regular poblaciones microbianas (bacterianas y fúngicas) en suelos tradicionalmente empleados con plantaciones de tabaco.

1.1. Formulación del problema

Es conocido en la literatura científica que cambios en el uso de los suelos con fines agrícolas intensivos, conllevan una inestabilidad del sistema, principalmente cuando se establecen plantaciones en monocultivos, donde el equilibrio dinámico del ecosistema y particularmente de la biomasa microbiana del suelo, se rompe (Ananyeva *et al.*, 2006; Jangid *et al.*, 2011), aumentando poblaciones microbiana patógenas adaptadas al monocultivo, que al pasar del tiempo acumulan cantidades significativas de inóculo ocasionado problemas fitosanitarios serios (Agrios, 2005). En este sentido, *N. tabacum* no es la excepción, ya que tradicionalmente y por varios años se han establecido repetidamente plantaciones en una misma área de terreno, actividad que ha incrementado significativamente las poblacionales microbianas fitopatógenas del suelo, principalmente fúngicas. La acumulación de inóculo (propágulos) principalmente de *P. nicotianae*, *R. solani*, *P. debarianum* y *Fusarium* spp. ocasionan altos niveles de mortalidad de plantas en viveros, y en campo definitivo, reduciendo significativamente la densidad poblacional del cultivo por hectárea. Esta problemática fitosanitaria ocasiona grandes pérdidas a los productores tabacaleros en cada ciclo de producción.

1.2. Justificación

El tabaco posee mucha importancia para los países donde se lo cultiva, a tal punto que la producción en América Latina representa aproximadamente el 97%, y a nivel mundial el 16%. En Ecuador se cultivan aproximadamente 4052 hectáreas, que representan un significativo 0.16% del área total cultivada en el país (Lopetegui *et al.*, 2015; Tovar, 2017), de las cuales alrededor de 800 hectáreas se siembran en la provincia de Los Ríos (Ramírez & Shkiliova, 2019). Desde el punto de vista laboral, el cultivo de tabaco es un rubro que demanda mucho trabajo, ya que requiere un intensivo uso de mano de obra. Bajo las condiciones de Ecuador en promedio se necesitan unas 2200 horas de trabajo por hectárea, durante todo el desarrollo del cultivo (Ramírez & Shkiliova, 2019). Por tal motivo se lo considera un rubro muy importante para la economía del país.

No obstante, la problemática fitosanitaria asociada a la nula rotación de cultivos en los suelos donde se cultiva tabaco, provoca la acumulación de inóculo de microorganismos fitopatógenos que generan enfermedades en las plantas de tabaco, y cada vez son más recurrentes. Considerando la importancia socio-económica del cultivo de tabaco y el problema fitosanitario por fitopatógenos que habitan en el suelo, en este trabajo de investigación se plantea evaluar el

efecto biocida del pesticida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) sobre poblaciones de hongos y bacterias del suelo en el cultivo de *N. tabacum*, en diferentes dosis y profundidades de desinfección del suelo.

En base a los antecedentes antes expuestos se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis que a continuación se detallan:

1.3. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del pesticida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) sobre la biota bacteriana y fúngica del suelo en el cultivo de *N. tabacum* L. (tabaco).

1.1.2. Objetivos específicos

- Cuantificar las poblaciones bacterianas y fúngicas presentes en el suelo de un cultivo de *N. tabacum* en el cantón Ventanas, provincia de Los Ríos.
- Determinar la dosis más efectiva del pesticida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) y la profundidad de desinfección del suelo para el control de patógenos edáficos en el cultivo de tabaco.
- Estimar los costos de producción (análisis económico) generados por la aplicación de los tratamientos para el control de patógenos del suelo en el cultivo de tabaco.

1.4. Hipótesis

H₀. La aplicación del pesticida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) disminuye significativamente las poblaciones de bacterias y hongos del suelo en el cultivo de tabaco.

H₁. La aplicación del pesticida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) no disminuye significativamente las poblaciones de bacterias y hongos del suelo en el cultivo de tabaco.

II. REVISION DE LITERARURA

2.1.Generalidades del cultivo de tabaco

El tabaco pertenece a la familia Solanaceae, dentro del género *Nicotiana*, existen sesenta y cinco especies, una de las cuales, es *N. tabacum*, que a su vez tiene cuatro variedades: Brasilensis, Havanensis, Virginica y Púrpurea. De cada una de estas variedades, así como del modo de cultivo, forma de curado, fermentación y proceso industrial de fabricación, dependen los diferentes tipos de tabaco que se comercializan (Moreno-Coutiño & Coutiño-Bello, 2012).

La planta es originaria de América, desde donde la introdujeron los colonizadores españoles a Europa, que hasta ese entonces era desconocida (Moreno-Coutiño & Coutiño-Bello, 2012). Es una herbácea, de una altura de 1.5-2 m, de cosecha anual, de tallo cilíndrico, con hojas alternas que disminuyen de tamaño desde la base hasta el vértice del tallo. Posee una gran capacidad de adaptación al medio ambiente, lo que hace que pueda cultivarse en casi todos los países del mundo (De Jeréz, 2006).

Es cultivado en un amplio rango de climas: Tropical, subtropical y templado, sin embargo, es sensible a las bajas temperaturas, requiriendo de 90 a 120 días libres de heladas para su óptimo desarrollo. En la etapa de plántula requiere temperaturas desde los 16°C, mientras que en el desarrollo del cultivo en campo lo ideal está en el rango entre los 19 y 28°C. Hay diferentes tipos de tabaco, cada uno caracterizado por su propia morfología, composición química y propiedades organolépticas, estos tipos de tabaco son: Virginia (cubre más del 60% de la superficie a nivel mundial), Burley (13% de la superficie), curados al fuego (12%), Oriental (12%), Negro (6%) y otros, con un 9% de la superficie total (Tovar, 2017).

2.2.Origen

De acuerdo a Tena-Nuñez (1961) menciona que la cuna de evolución del género *Nicotiana* es América. Su origen se debe a una antiploidia con presencia de progenitores de un miembro de la sección Tomentosae y de *N. sylvestris*, además indica que su área original de distribución natural fue el noroeste de Argentina y su vecindad Boliviana, lugar en el cual esas especies tuvieron contacto. Dicho de otra manera, el cultivo de tabaco proviene de un cruzamiento

natural de dos especies silvestres *N. sylvestris* y *N. tomentosiformis*, o bien de especies muy cercanas a ellas. El tabaco está compuesto por 12 cromosomas de cada una de estas especies, este probable origen del tabaco está también confirmado por el hecho de encontrarse las áreas geográficas de propagación de los progenitores del género, muy cercanas unas de otras, que coinciden en Argentina y Bolivia.

Las especies existentes hoy día representan la última etapa de evolución del género. En la etapa actual, son las especies más jóvenes (24 pares de cromosomas), las que ocupan la más alta posición filogenética, a las que pertenece *Nicotiana tabacum* (De Micheli, 2015).

2.3. Clasificación Taxonómica

Según Pérez (2012) indica que el tabaco está clasificado taxonómicamente de la siguiente:

Tronco	:	Cormophyta
División	:	Spermatophyta
Subdivisión	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotiledonea
Orden	:	Scrophulariales
Familia	:	Solanácea
Género	:	<i>Nicotiana</i>
Especie	:	<i>Nicotiana tabacum</i> Lin

A más de la especie *N. tabacum*, la familia Solanácea comprende 85 géneros y más de 7 000 especies, difundidas por América, África, Australia y con cantidades menores en Europa y Asia. El género *Nicotiana* comprende tres subgéneros, 14 secciones y más de 60 especies, entre las que se destacan por su importancia comercial la *N. rustica* y *N. tabacum*, siendo esta última a las que pertenecen todas las variedades cultivadas en la mayor parte del mundo (Pérez, 2012).

La producción, comercialización y consumo del tabaco se sustentan fundamentalmente, en el cultivo de la especie *N. tabacum*, y en una proporción e importancia mucho menor en la especie *N. rustica*, la cual solo se cultiva localmente en Rusia y algunos países de Asia. Las demás

especies del género *Nicotiana*, solo presentan interés como materiales para el trabajo científico y como ornamentales (Lewis & Nicholson, 2007).

2.4. Características botánicas

El tabaco es una planta dicotiledónea y vivaz, que rebrota al cortarse. Suele cultivarse como planta anual, aunque en los climas de origen puede durar varios años, pudiendo alcanzar el tallo hasta dos metros de altura. Sus hojas son lanceoladas, alternas, sentadas o pecioladas. Posee flores hermafroditas, frecuentemente regulares, cuya corola tiene forma de tubo más o menos hinchado, terminado por un limbo con 5 lóbulos. El sistema radicular es penetrante, aunque la mayoría de las raíces finas se encuentran en el horizonte más fértil. Los frutos consisten en una cápsula recubierta por un cáliz persistente, que se abre en su vértice por dos valvas bífidas, en cuyo interior alberga numerosas semillas pequeñas y con tegumentos de relieves sinuosos más o menos acentuados (Pérez, 2012).

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1. Clima.

Debido a que el tabaco es originario de regiones tropicales, la planta vegeta mejor y la cosecha es más temprana. Pero la principal área geográfica del cultivo se extiende desde los 45° de latitud Norte hasta los 30° de latitud Sur. Es notorio que el clima influye en la duración del ciclo vegetativo de las plantas, en la calidad del producto y en el rendimiento de la cosecha (Tena-Nuñez, 1961; Tovar 2017).

2.5.2. Temperatura.

La temperatura óptima del cultivo varía entre 18-28°C. Durante su fase de crecimiento en semillero, requieren temperaturas superiores a los 16°C, y desde el trasplante hasta la recolección se precisa un periodo libre de heladas de 90-100 días. El periodo libre de heladas en combinación con las temperaturas medias, máximas y mínimas son los principales datos a tener en cuenta (Tena-Nuñez, 1961; Tovar 2017).

2.5.3. Humedad.

El tabaco es muy sensible a la falta o exceso de humedad. Humedad elevada en el terreno produce un desarrollo pobre y, en general, es preferible un déficit a un exceso de agua. En regiones secas la planta produce hojas poco elásticas y más ricas en nicotina que en las regiones húmedas. La humedad ambiental tiene una influencia importante sobre la finura de la hoja, aunque se facilita la propagación de enfermedades criptogámicas (Tena-Nuñez, 1961; Tovar 2017).

2.5.4. Suelo.

El cultivo de tabaco responde muy bien en suelos francos, profundos, fértiles y que no se encharquen. La textura del suelo influye sobre la calidad de la cosecha y el contenido nicotínico de las hojas. El pH más apropiado es de neutro a ligeramente ácido, para los tabacos de hoja clara, y neutro o ligeramente alcalino para tabacos de tipo oscuro (Tena-Nuñez, 1961; Tovar 2017).

2.6.Principales enfermedades en el cultivo de tabaco

Es conocido en patología vegetal que los hongos con capacidad de infectar plantas anuales, sobreviven a la época lluviosa o a la época seca, como micelio en los residuos vegetales infectados, como esporas de resistencia, como esclerocios en los residuos vegetales infectados o en el suelo. Otra estrategia utilizada es mediante el micelio, esporas o esclerocios sobre o dentro de semillas y otros órganos de propagación. Algunos hongos fitopatógenos son habitantes del suelo, lo cual les da la capacidad de sobrevivir por tiempo indefinido como organismos saprófitos, tal es el caso de especies de los géneros *Pythium*, *Fusarium*, *Phytophthora*, y *Rhizoctonia* (Agrios, 2005).

Entre los principales patógenos causantes de enfermedades en tabaco se encuentran *P. nicotianae* var. *parasítica* Breda de Haan, *R. solani* Kuhn, *P. debaryanum* Hesse y *Fusarium* spp. (Castellá *et al.*, 2004).

De todos estos fitopatógenos, sin lugar a dudas el más destructivo es *P. nicotianae* var. *parasítica* Breda de Haan, que es el agente causal de la enfermedad conocida como “pata

prieta”, muy destructiva y extendida en todas las áreas tabacaleras del mundo (Vaillant & Gómez, 2009; Pérez & Castellanos, 2014). Este patógeno afecta la raíz y la base del tallo de las plantas, generando síntomas que varían con la edad y las condiciones edafoclimáticas. En los semilleros las plantas se necrosan y mueren rápidamente, en plantas adultas *P. nicotianae* puede provocar afectaciones en la raíz y en el tallo, también pueden ocurrir simultáneamente con un marchitamiento rápido de la planta y el tizón de la hoja que es frecuente en períodos lluviosos, debido a las salpicaduras de suelo contaminado (Fernández *et al.*, 2012).

El complejo *Rhizoctonia* es un grupo heterogéneo de hongos filamentosos que no producen esporas asexuales, comparten un número de caracteres en su estado anamórfico y están asociados a raíces de plantas y al suelo. Algunos taxones son capaces de afectar a numerosos géneros de plantas superiores, entre ellas a *N. tabacum*, que en su fase de semillero es susceptible al *damping off* causado por *R. solani* Kuhn y otros patógenos (González, 2008).

El género *Pythium* posee especies que pueden causar enfermedades en vegetales, reduciendo los rendimientos y su calidad. *P. debaryanum* infectan principalmente almácigos de tabaco provocando muerte de semillas y plántulas en pre y post emergencia (*damping off*) por afectar al embrión, hipocótilo y radícula (Schroeder *et al.*, 2013). El desarrollo de *P. debaryanum*, tanto en suelos como en sustratos, es favorecido por largos períodos húmedos ocasionados por condiciones ambientales como la falta de luz, escasa ventilación, riego excesivo o una inadecuada condición del suelo o el sustrato (deficiente drenaje, mezclas arcillosas, con baja aireación), las cuales predisponen la diseminación e infección del fitopatógeno, ya que posibilitan su desplazamiento a través de las láminas de agua (Erwin & Ribeiro, 1996).

El complejo *Fusarium* spp. causa cuantiosos daños en las variedades de tabaco susceptibles, particularmente en el estadio de semillero. La sintomatología que estos hongos provocan en las plantas de tabaco, tiende a confundirse con la que produce el *Phytophthora* (pata prieta), pero se diferencia en que el *Phytophthora* causa anillamiento de la medula y *Fusarium* spp., no. Además, el ataque del *Fusarium* provoca marchitez y amarillamiento en un lateral de la planta y no en la planta entera como ocurre con *Phytophthora*. *Fusarium* spp. produce necrosis total de la parte apical de la planta, sintomatología que no es característica de pata prieta. La medida de control más efectiva actualmente contra este grupo de fitopatógeno, es el uso de variedades resistentes (Castellá *et al.*, 2004; Martín & Verdejo, 2015)

Sin embargo, se conoce que los problemas fitosanitarios arriba descritos para tabaco se agudizan debido al cultivo continuado de la Solanácea en una misma área, que por distintos motivos no se puede practicar una rotación de cultivos, conllevando al aumento constante del potencial de inóculo en el suelo, hasta niveles donde ya solo pueden sobrevivir las variedades frecuentemente plantadas en una zona específica (Espino & Puccinelli, 2010).

A más de las enfermedades ocasionadas por patógenos fúngicos del suelo, también se destacan otras que afectan el sistema foliar como la “mancha parda” ocasionada por *Alternaria alternata*, y “marchitez bacteriana” provocada por la bacteria *Ralstonia solanaceum* (Castellá *et al.*, 2004).

2.7. Microbiota del suelo

La materia orgánica, posee una fracción biótica, formada por microorganismos vivos, la misma que desempeña un papel básico en los suelos, siendo responsable del estado de la materia orgánica, de su desarrollo y funcionalidad del ecosistema (Dube *et al.*, 2009). La microbiota del suelo tiene directamente una influencia tanto en el establecimiento de los ciclos biogeoquímicos como en la formación de la estructura de los suelos, por lo que resulta importante conocer los factores que regulan su tamaño, actividad y estructura, al igual es responsable de entre el 80 y el 90% de todos los procesos que tienen lugar en el suelo (Van der Heijden *et al.*, 2008; O'Brien *et al.*, 2013).

La población microbiana del suelo resulta muy numerosa, no obstante apenas han sido cultivados aproximadamente un 10% de los organismos microscópicamente observables de la biomasa microbiana del suelo (BMS). La BMS representa entre el 1 y el 3% de la materia orgánica, y está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, nematodos, protozoarios, etc., (Carrillo, 2003). Las bacterias edáficas presentan una gran variedad fisiológica y por lo general, es el grupo más numeroso del suelo, la mayoría son heterótrofas y tienen un papel importante en la degradación de la materia orgánica, son poco eficaces en la formación del humus (Frioni, 1999; Xu *et al.*, 2013).

Los actinomicetos presentan una gran variabilidad, considerándolos como un grupo de transición entre las bacterias y los hongos, son organismos heterótrofos, aerobios, poco

tolerantes a la acidez y juegan un papel importante en la formación de sustancias húmicas (Carrillo, 2003).

Mientras que los hongos del suelo presentan una alta heterogeneidad y diversidad, siendo estudiados ampliamente por su gran importancia en la descomposición de tejidos vegetales y animales, por su papel en la rizosfera, por la formación de micorrizas y por su capacidad fitopatógena. Son organismos heterótrofos y por regla general aerobios estrictos. Poseen la capacidad de degradar un alto número de sustratos, como la lignina, celulosa, quitina, o la queratina, entre otros (Frioni, 1999). La BMS tiende a ser afectada por factores climáticos como la temperatura, humedad y factores edáficos como los contenidos de arcillas, influencia de la topografía, movimiento del agua y la consecuente redistribución de los materiales transportados por ella. En consecuencia, como respuesta la BMS participa en la redistribución de los nutrientes y la humedad interviniendo en el ciclo biogeoquímicos (Chen *et al.*, 2013).

El contenido de materia orgánica y arcilla de los agregados del suelo determinan la distribución espacial de los microorganismos que conforman la BMS, donde la mayor diversidad se encuentra en los microagregados de 2-20 μm , esto sucede debido que este tipo de agregados tienen elevados porcentajes de carbono y nitrógeno, además ofrecen nichos para que los microorganismos puedan eludir a los protozoos depredadores. Los hongos son el grupo dominante en macroagregados, mientras que en los microagregados predominan las bacterias (Corral-Fernández *et al.*, 2013).

Durante muchos años la BMS ha sido estudiada ampliamente en diferentes ambientes, como el desierto polar, la tundra, bosques boreales, costas marinas, los trópicos, desiertos de montaña o zonas contaminadas. Dentro de cada suelo existen diversos micro hábitats con una alta actividad biológica que se conocen como “puntos calientes”, uno de estos punto caliente por excelencia es la rizosfera, zona de interacción entre las raíces de las plantas y los microorganismos, donde la población microbiana que se encuentra en esta zona difiere notablemente de la microbiota característica del suelo, ya que en este lugar las plantas crean un hábitat único para el desarrollo de los microorganismos (Marschner *et al.*, 2011).

2.8.Desinfección de suelos

Los patógenos del suelo son causantes de las mayores pérdidas ocasionadas en algunos cultivos de importancia económica en el mundo, por esta razón, la desinfección de los suelos representa una práctica crucial para combatir no sólo los patógenos de plantas, sino también malezas y plagas, permitiendo mantener altos niveles de productividad (Aguilar, 2018).

Esta actividad es vital en los sistemas de cultivo intensivo, principalmente de Solanáceas, teniendo como principal objetivo la mejora de calidad en los productos obtenidos. La desinfección del suelo en sistemas altamente productivos, busca optimizar su manejo reduciendo el impacto ambiental, minimizando la contaminación y precautelando la salud de humana y animal, sin descuidar la calidad fitosanitaria y organoléptica del vegetal y su producto final, debido uso de pesticidas (Sepúlveda & Carrasco, 2014).

Las técnicas de desinfección de suelos adquieren importancia en relación a la superficie de cultivos bajo invernadero, ya que el control de patógenos edáficos en sistemas de producción intensiva, es una tarea complicada, aunque entre las distintas estrategias de control se encuentran las de rotación y empleo de variedades resistentes. Ambas son de difícil aplicación debido a la propia intensidad de los cultivos, así como la falta de cultivares resistentes a varios patógenos (Sepúlveda & Carrasco, 2014; Aguilar, 2018).

La desinfección de suelos y sustratos puede lograrse mediante la aplicación de diferentes técnicas, no obstante, se debe realizar la elección de métodos de desinfección de acuerdo con las condiciones de cada sistema de producción, en función a su actividad. Estos tratamientos desinfectantes pueden tener una acción biocida total o resultar biostáticos y tener poca actividad bactericida. Entre las estrategias de desinfección de suelos están las de naturaleza química, o no química, existiendo la posibilidad de combinarlas con la finalidad de aprovechar y maximizar los beneficios que estas ofrecen. La combinación de técnicas químicas con otros métodos de control, garantiza un buen resultado (Sepúlveda & Carrasco, 2014).

Entre las técnicas de desinfección de suelos se destacan la desinfección con fumigantes químicos y el uso de calor tanto seco y calor húmedo, incluyendo el aprovechamiento de la radiación solar o las desinfecciones con vapor de agua, que son las prácticas de control más difundidas tanto en los cultivos hortícolas como ornamentales, sin embargo, la elección del

método de desinfección adquiere importancia a la hora de catalogar la producción agrícola, como ecológica o tradicional, debido a las actuales normativas de certificación. Aunque, lo más frecuente es recurrir al uso de productos químicos, debido principalmente a la sencillez de aplicación (Vuelta-Lorenzo *et al.*, 2015).

Considerando que entre las opciones químicas eficientes para la desinfección del suelo está el biocida Bromuro de metilo, pero que actualmente se encuentra prohibido su uso en varios países, están apareciendo nuevas opciones de sustitución, entre ellos el 1,3-dicloropropeno + cloropicrina, y dazomet, con aceptables niveles de eficiencia (80% – 90%) mediante aplicaciones sincronizadas (INIA & ONUDI, 2001).

Experiencias previas se han reportado en varios países, incluido Ecuador, con resultados satisfactorios sobre el efecto antimicrobiano de 1,3-dicloropropeno + cloropicrina. En Ecuador, la combinación de estos ingredientes activos se comercializa bajo el nombre Agrocelhone, y ha sido probado para la desinfección de suelos en varios cultivos, como las flores del género *Gypsophila*, con muy buenos resultados, a tal punto de recuperar la inversión económica y obtener ganancias al culminar el ciclo del cultivo, debido al incremento en el número de tallos por planta cada mes (Endara, 2017).

Algunos cultivos agrícolas dejan de ser rentables debido a los constantes ataques de microorganismos del suelo que causan enfermedades radiculares y del cuello en las plantas, tal es el caso en ciertos lugares de Perú y Bolivia, donde al final del ciclo de producción resultan ser económicamente inviables (Vuelta-Lorenzo *et al.*, 2015). No obstante, estudios realizados en *Asparagus officinalis* (esparrago), empleando el biocida Agrocelhone para desinfectar un suelo infestado de microorganismos fitopatógenos, dan cuenta de la eficacia del pesticida, permitiendo obtener ganancias económicas al final del cultivo del esparrago (Martínez *et al.*, 2016).

En investigaciones realizadas en España empleando tres formulaciones de 1,3-dicloropropeno (55%) + cloropicrina (30%) a 50 g/m², más la adición de un herbicida (trifluralina 48% pv) al 1%, para desinfectar suelos infestados por fitopatógenos, mostraron resultados exitosos en relación a la desinfección del suelo y control de *Phytophthora* y *Verticillium* en el cultivo de pimiento (López-Marín *et al.*, 2017).

2.9.Método de la inyección mecanizada

Es un método de aplicación de pesticidas al interior del suelo, mediante el uso de equipos de inyección mecanizados que aplican el fumigante a profundidades de 15 a 30 cm en el suelo, seguido inmediatamente por el cubrimiento con láminas plásticas para sellar el fumigante. También el fumigante puede ser inyectado a aproximadamente 80 cm de profundidad, en un proceso llamado “inyección profunda”, en cuyo caso la aplicación no requiere el cubrimiento con cobertura plástica. Este método brinda un control efectivo de nematodos, insectos, algunas malezas y algunos patógenos fungosos. Antes de las aplicaciones de biocidas como 1,3-dicloropropeno + cloropicrina se recomiendan araduras profundas con arado de discos antes de la fumigación, para lograr una aplicación profunda y una difusión uniforme del fumigante a través del suelo (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2014).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1.Ubicación y descripción del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en la Región Costa, Provincia de Los Ríos, cantón Ventanas, parroquia Gramalote Grande, ubicado entre las coordenadas 1°27' de latitud Sur y 79°28' de longitud Oeste, a una altura de 25 msnm. El sector presenta clima tropical húmedo, con temperatura media de 25.7 °C, humedad relativa de 83 % de promedio anual, y 1925 mm de precipitación. El suelo es de textura franco-limosa, topografía regular y buen drenaje (INAMHI, 2018).

3.2.Material genético y preparación de vivero para N. tabacum

Se empleó la variedad de tabaco “Sumatra” la misma que comúnmente es plantada en la mayor parte de las zonas tabacaleras de Ecuador.

Para el proceso de germinación de las semillas de tabaco se empleó el sustrato Berger-BM2, constituido por musgo de turba de grano fino, combinado con vermiculita de grano grueso, que generó una capilaridad uniforme, brindando excelentes propiedades de evacuación de la humedad. Antes del proceso de germinación, las semillas se desinfectaron empleando los fungicidas Vitavax, Oxicarboxin y Captan, a razón de 10 gramos por cada 4 gramos de semilla, en combinación con 3.5 kg de tierra de arcilla diatomea.

Con el propósito de mantener el área del semillero libre de hormigas y contaminación por hongos y bacterias, se empleó insecticidas y carbonato de calcio para desinfección del área de siembra. Adicionalmente, a nivel de vivero y para precautelar que las plantas estén libres de patógenos fúngicos y bacterianos, y mantener la uniformidad de las plantas antes de pasar al sitio experimental definitivo, se realizó aplicaciones foliares de fungicidas cúpricos.

3.3.Preparación del terreno y trasplante al sitio del experimento

El suelo se removió mediante dos pases de romplow, con el propósito de mullirlo antes de realizar la desinfección y el trasplante. Esta última actividad se llevó a cabo cuando la plántula alcanzó los 5 milímetros de grosor del tallo, 4 a 5 hojas funcionales y 45 días de edad. Al

siguiente día después del trasplante se aplicó una solución nutritiva constituida por 2.0 g de fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), más 0.5 mL de metalosato multimineral (fertilizante para metales quelatados con aminoácidos) por litro de agua. Cuatro días después se aplicó 2.0 g de nitrato de potasio (KNO_3) soluble, más 0.5 mL de metalosato multimineral, más 1.0 g de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ por litro de agua. A los siete días después del trasplante se aplicó 2.0 g de nitrato de calcio soluble $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, más 0.5 ml de metalosato multimineral por litro de agua. Posterior a esta aplicación se continuó con los tratamientos de fertilización a intervalos de tres días. Durante el desarrollo de la investigación, se realizaron todas las labores y prácticas agrícolas que requiere el cultivo de tabaco para su normal desarrollo agronómico.

3.4. Tratamientos y Diseño Experimental

El experimento estuvo constituido por 10 tratamientos dispuestos en un diseño de parcelas divididas A x B +1, con tres repeticiones por tratamiento. Como factor A se consideró las dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE (1,3-dicloropropeno + cloropicrina), y como factor B las profundidades de aplicación del fungicida (Tabla 1). Cada repetición consistió en una parcela de 230 m², dentro de las cuales se delimitó un área específica de 57.5 m², donde se consideró las plantas a evaluar. En la tabla 2 y figura 1 se muestra la combinación y distribución gráfica de los tratamientos, respectivamente.

Tabla 1. Esquema de los factores considerados en el estudio.

Factores en estudio	Niveles		
	1	2	3
A) Dosis de Agrocelhone (1,3-dicloropropeno + cloropicrina) (g/m ²)	20	30	40
B) Profundidad de aplicación (cm)	20	30	40

Tabla 2. Tratamientos a aplicarse en el estudio a nivel de campo.

Tratamientos	Factor A (Dosis g m ²)	Factor B (Profundidad cm)
T1	20	20
T2	20	30
T3	20	40
T4	30	20
T5	30	30
T6	30	40
T7	40	20
T8	40	30
T9	40	40
T10 (control)	0.0	0.0

Figura 1. Esquema de la distribución de tratamientos a nivel de campo.

I	A1B1	A1B2	A1B3	A0B0	A3B1	A3B2	A3B3	A2B1	A2B2	A2B3
II	A2B1	A2B2	A2B3	A1B1	A1B2	A1B3	A0B0	A3B1	A3B2	A3B3
III	A0B0	A3B1	A3B2	A3B3	A2B1	A2B2	A2B3	A1B1	A1B2	A1B3

3.5. Esquema del Análisis de varianza

El esquema del análisis de varianza en parcelas divididas del experimento A x B + 1 con tres repeticiones, se describe en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis de varianza empleado en la investigación.

Fuente de variación	Grados de libertad	
Bloques (r)	r - 1	2
Factor A: Profundidad de aplicación	A-1	2
Error A	(r-1)(A-1)	4
Parcelas Grandes	rG-1	8
Factor B: Dosis del Haluro alquílico	B-1	2
A x B	(A-1)(B-1)	4
Error B	A(r-1)(B-1)	12
Subparcelas	r*A*(B-1)	18
Tratamientos	(A x B+1)-1	9
Testigo vs resto		1
Error experimental (Error A + Error B)	(r-1)(t-1)+1	17
Total (parcelas + subparcelas)	rt-1	29

Se utilizó el modelo lineal: $\gamma_{ijk} = \mu + \beta_i + PR_j + D_k + PR \times D_{ijk} + \epsilon_{ijk}$

Donde:

γ_{ijk} = variable observada

μ = Media general

β_j = Efecto de los bloques

PR_k = Efecto de las profundidades de aplicación

D_j = Efecto de las dosis

$PR_j D_j$ = Efecto de la interacción Profundidad x Dosis

ϵ_{ij} = error asociado a las ij - ésimas unidades experimentales.

3.6. Aplicación del Agrocelhone (1,3-dicloropropeno + cloropicrina) en el suelo.

La aplicación del biocida AGROCELHONE (1,3-dicloropropeno + cloropicrina) se realizó cuando el suelo alcanzó entre el 30% al 40% de su capacidad de campo durante 8 días, con el propósito de activar los patógenos presentes en el mismo. Antes de la aplicación del biocida, se colectaron y enviaron muestras de suelo al laboratorio microbiología para el análisis de poblaciones fúngicas y bacterianas iniciales.

Posteriormente se procedió a la calibración del equipo de inyección acoplado a un tractor de 120 caballos de fuerza (HP). Para el efecto se determinó la velocidad del tractor y calibró las diferentes dosis a aplicarse en el estudio, considerando el equipo electrónico de mando inalámbrico DAS. Del mismo modo se calibró la profundidad de penetración del cincel donde se acopló el inyector con el dispositivo hidráulico. El implemento de desinfección estuvo constituido por un chasis, al que se acopló seis cinceles con sus respectivos inyectores, dos canastas para cargar los bidones del producto, el equipo electrónico DAS, y un rodillo de 45 discos dentados que permitieron realizar el sellado del suelo e impedir la volatilización (escape) del producto aplicado.

Para determinar el efecto del biocida AGROCELHONE (1,3-dicloropropeno + cloropicrina) sobre las poblaciones microbianas del suelo (bacterias, hongos, nematodos fitopatógenos y nematodos de vida libre (NVL)), muestras de suelo se recolectaron en cada tratamiento a los 8 días, 22 días, 55 días posteriores a la aplicación del biocida, y manteniendo la cadena de frío se enviaron al laboratorio de Sanidad Vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), donde se determinó las poblaciones de bacterianas, fúngicas (UFC g^{-1} de suelo), y nematodos (número de individuos por 100 g^{-1} de suelo). El análisis de nematodos se realizó en dos ocasiones, a los 22 días y 55 días después de la aplicación del biocida.

3.7.Cálculo de las dosis de aplicación.

La cantidad de producto a aplicar se calculó mediante la ecuación [1].

$$\text{Cantidad de Agrocelhone} = \frac{\text{Ancho de implemento(m)} * \text{Longitud a desinfectar} * \text{Dosis (g}^{-1}\text{m}^2\text{)}}{1000} \quad [1]$$

3.8.Actividades culturales

Se realizó la aplicación de fertilizantes, aporque, riego, manejo de arvenses, limpieza del tallo y control de plagas insectiles de acuerdo a recomendaciones técnicas del cultivo.

3.9.Variables a Evaluar

3.9.1. Cuantificación de poblaciones bacterianas y fúngicas del suelo

Para el efecto se emplearon placas de Petri de 9 cm de diámetro con medio de cultivo PDA (papa – dextrosa – agar), más ácido láctico, mismo que inhibe el crecimiento de bacterias y estimula el crecimiento de hongos. Mientras que para el crecimiento de bacterias se utilizó agar nutriente (AN), (Irigoyen *et al.*, 1999). Sobre los medios de cultivo se aplicaron 0.2 mL de las diferentes diluciones seriadas, hasta la dilución 10^{-5} , en tres placas de Petri por dilución (repeticiones). Las placas de Petri con bacterias se ubicaron dentro de una incubadora a 27 ± 2 °C y la lectura de las unidades formadoras de colonias (UFC) se realizó a las 24 y 48 horas después del muestreo (Zuberer, 1994). Paralelamente, las placas de Petri para hongos permanecieron a temperatura de laboratorio 24 ± 2 °C durante 96 horas (Parkinson, 1994). En ambos casos, hongos y bacterias, se contabilizó el número de unidades formadoras de colonias por gramos de suelo (UFC g^{-1} suelo) de los aerobios mesófilos totales, relacionándolos con cada tratamiento estudiado (Parkinson, 1994).

Los microorganismos aislados se diferenciaron por su morfología empleando técnicas habituales de montaje y observación al microscopio (CMI 1983, UACH 2000), y la asistencia de claves taxonómicas de identificación (Von Arx, 1981; Bongers & Esquivel, 2015).

3.9.2. Determinación de dosis efectiva

Se determinó en función a las poblaciones microbianas (bacterias, hongos y nematodos) detectadas y cuantificadas mediante los análisis microbiológicos, obtenidos desde las muestras de suelo antes y después de la aplicación de cada tratamiento y comparándolas con las obtenidas en el tratamiento control (testigo).

3.9.3. Estimación de los costos de producción generados por los tratamientos

Para el efecto se consideró los costos fijos consistentes en los costos que demanda el manejo del cultivo de tabaco, en relación a una hectárea. Además, se analizaron los costos variables, mismos que estuvieron relacionados con el empleo de la maquinaria utilizada en la aplicación del fumigante a distintas profundidades, costos del desinfectante, desagregado del suelo con maquinaria, mano de obra, etc. Los ingresos estimados se calcularon relacionando la producción bruta con los precios del tabaco en el mercado. Finalmente, el beneficio neto se estimó en base a la diferencia de ingresos totales y costos totales.

3.10. Análisis estadístico

El análisis estadístico incluyó técnicas de la estadística descriptiva, interacciones, análisis de varianza y separación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$). Para el efecto se empleó la hoja de cálculo Excel creada por Microsoft, y el paquete estadístico *SAS 9.0* versión para Windows.

IV. RESULTADOS

4.1. Cuantificación del microbiota (bacterias y hongos y nematodos) edáfica.

Antes de la aplicación del biocida AGROCELHONE se realizó una prospección previa para cuantificar las poblaciones microbianas presentes en el suelo (bacterias, hongos y nematodos), como punto de referencia inicial del estudio. En la tabla 4 se muestran las poblaciones de bacterias y hongos expresadas en UFC g⁻¹ de suelo, mientras que los hongos se expresan en número de individuos por 100 g⁻¹ de suelo. La población bacteriana fue mayor en la superficie del suelo y conforme avanzó en profundidad esta disminuyó gradualmente. La población de hongos en la mayoría de los estratos de suelo analizados, fue menor a 150 UFC g⁻¹ de suelo, a excepción de la muestra a 30 cm de profundidad, donde se detectaron 5400 UFC g⁻¹ de suelo. En cuanto a poblaciones de nematodos, se detectaron fitoparásitos del género *Aphelenchus* sp. en la superficie del suelo y a 20 cm de profundidad (100 y 50 individuos por 100 g⁻¹ de suelo, respectivamente). Mientras que los nematodos de vida libre (NVL) detectados fueron 200 y 100 individuos en igual volumen y perfiles de suelo (Tabla 4).

Tabla 4. Población del microbiota bacteriano, fúngica (UFC g⁻¹ de suelo), y nematodos (individuos en 100 g⁻¹ de suelo) detectada en un suelo antes de la aplicación del biocida AGROCELHONE a tres profundidades en un cultivo de tabaco.

Tratamientos	Bacterias	Hongos	Nematodos	
			Fitoparásitos	NVL*
Superficie del suelo	133000	< 150	100	200
20 cm	113000	< 150	50	100
30 cm	10400	5400	0	0
40 cm	65000	< 150	0	0

* Nematodos de vida libre

4.2. Población bacteriana posterior a la aplicación del biocida AGROCELHONE.

Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los 9 tratamientos donde se aplicó el biocida y en las tres fechas de evaluación: 24 de septiembre ($F=330.1$, $P=0.000$), 06 de octubre ($F=1175.7$, $P=0.000$), y 09 de noviembre ($F=604.5$, $P=0.000$). Además se determinaron diferencias estadísticas para los factores: dosis del biocida AGROCELHONE, profundidad de

aplicación, e interacción dosis-profundidad para las tres fechas de evaluación (ver ADEVA en Anexos 1, 2 y 3).

Se detectó que el factor dosis del biocida AGROCELHONE influyó directamente sobre las poblaciones bacterianas. Ha mayor dosis menor población bacteriana. Mientras que el factor profundidad de aplicación no es muy claro, sin embargo, a 20 cm de profundidad, la población bacteriana fue estadísticamente mayor que a profundidades de 30 cm y 40 cm (Tabla 5).

Tabla 5. Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones bacterianas (UFC g⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.

Dosis (g)	Fechas de evaluación			Profundidad (cm)	Fechas de evaluación		
	24/09	06/10	09/11		24/09	06/10	09/11
20	118522 a	297978 c	326222 c	20	113789 a	316844 c	441633 a
30	91883 b	504667 b	465967 a	30	82522 c	564111 a	399222 b
40	90222 b	569033 a	414011 b	40	104317 b	490722 b	365344 c

* Letras distintas indican medias estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Las interacciones entre las dosis del biocida (20 g, 30 g, y 40 g) y las profundidades de aplicación (20 cm, 30 cm, y 40 cm) se muestran en la figura 1 (24 de septiembre), figura 2 (06 de octubre), y figura 3 (09 de noviembre). Hay que destacar que en todas las interacciones se detectó un patrón cruzado. Las poblaciones bacterianas (UFC g⁻¹ de suelo) muestreadas el 24 de septiembre (ocho días después de la aplicación del biocida) a 20 cm de profundidad mayormente no se vieron afectadas por las dosis del biocida AGROCELHONE, en relación al control (sin biosida). Las aplicaciones de 20 g, 30 g, y 40 g del biocida a profundidades de 30 cm y 40 cm mostraron un efecto estimulador sobre las poblaciones bacterianas del suelo, detectándose un mayor número de UFC g⁻¹ de suelo, en comparación a donde no se aplicó AGROCELHONE (control). Estos resultados muestran que aparentemente las dosis del biocida no poseen un efecto inhibitor sobre las bacterias en las profundidades estudiadas (Figura 2).

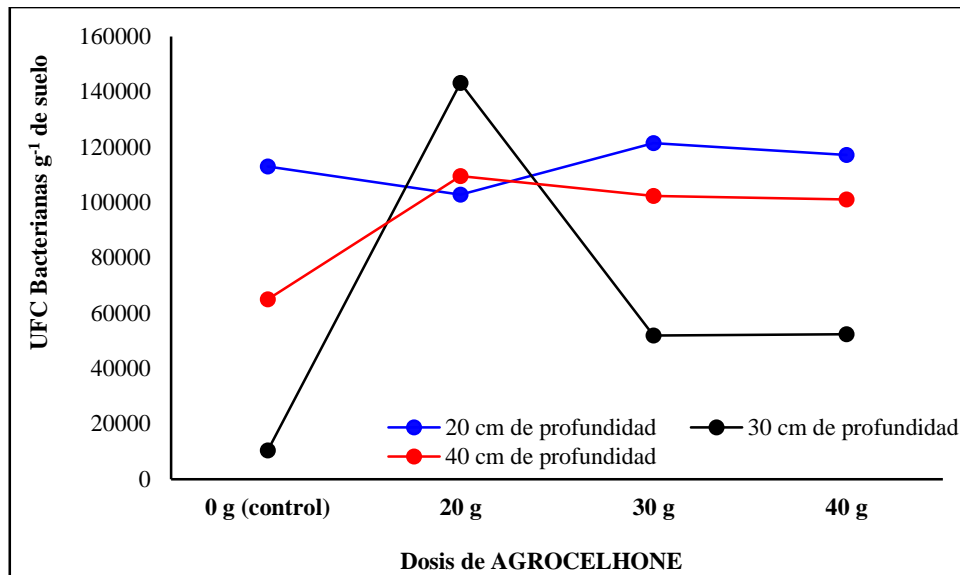


Figura 2. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones bacterianas del suelo, ocho días posteriores a la aplicación del biocida (24 de septiembre del 2020) en un cultivo de tabaco.

Para el muestreo realizado 22 días después de la aplicación del biocida, las dosis de AGROCELHONE aplicadas a 20 cm, 30 cm, y 40 cm de profundidad, aparentemente mostraron un efecto estimulador para las poblaciones bacterianas, ya que el número de UFC g⁻¹ de suelo se incrementó sustancial y progresivamente con el aumento de las dosis del biocida, en comparación con el suelo no tratado (control) con AGROCELHONE (Figura 3).

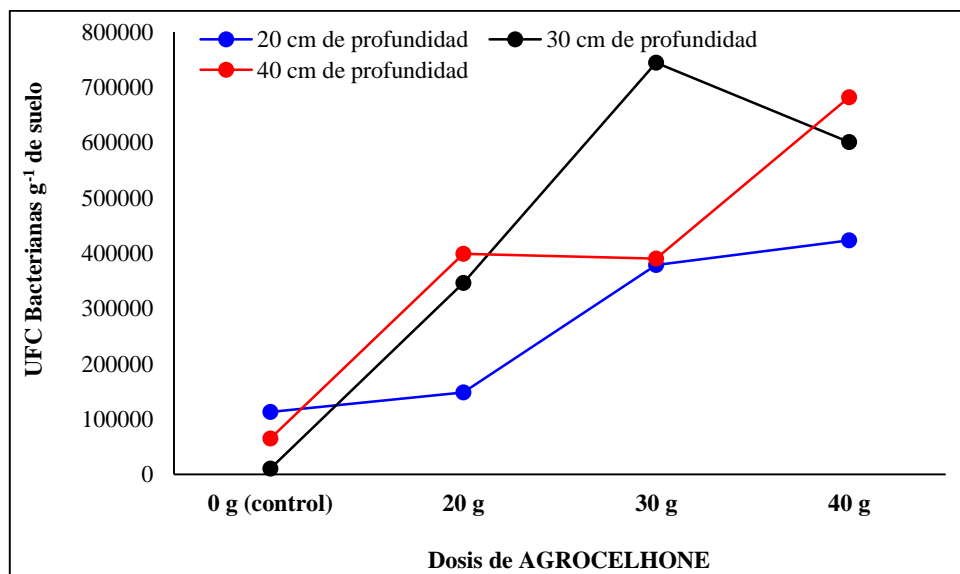


Figura 3. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones bacterianas del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.

El muestreo realizado 55 días después de la aplicación de AGROCELHONE (09 de noviembre) permitió observar un aumento representativo en el número de UFC g^{-1} de suelo tratado con 20 g, 30 g, y 40 g del biocida, en las tres profundidades estudiadas (20 cm, 30 cm, y 40 cm), en comparación al suelo donde no se aplicó el biocida (control), principalmente a 20 cm de profundidad. No obstante, las poblaciones bacterianas mostraron una tendencia a decrecer cuando se aplicó 40 g de AGROCELHONE a 30 y 40 cm de profundidad (Figura 4).

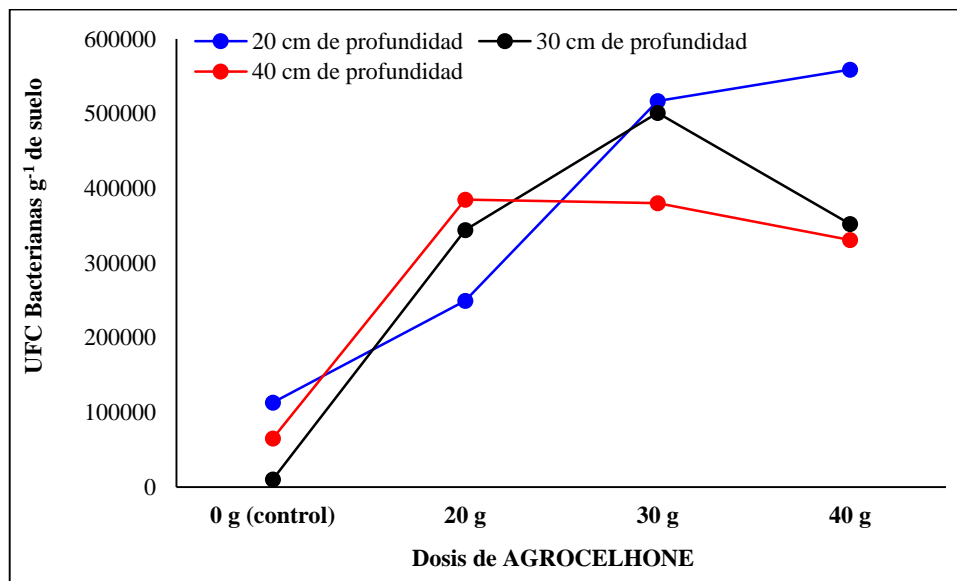


Figura 4. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones bacterianas del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.

Cuando se enfrentó el tratamiento control (sin aplicación del biocida AGROCELHONE) con los otros nueve tratamientos, se encontraron diferencias significativas entre los mismos, para los tres intervalos de tiempo de evaluación: ocho días ($F=100.4$, $P=0.000$), 22 días ($F=2231.9$, $P=0.000$), y 55 días ($F=858.2$, $P=0.000$) después de la aplicación del biocida. En la primera evaluación (24 de septiembre) a los 8 días después de la aplicación de AGROCELHONE, las poblaciones bacterianas en promedio no superaron las $1.43 \times 10^5 \text{ g}^{-1}$ de suelo, no obstante, a los 22 días (06 de octubre) y 55 días (09 de noviembre) posteriores a la aplicación del biocida, las poblaciones se incrementaron significativamente y en algunos casos se duplicaron, triplicaron, multiplicaron por 7 (40 g/40 cm de profundidad), por 11 (40 g/30 cm de profundidad), y hasta por 14 veces (30 g/30 cm de profundidad), con relación a la primera evaluación. Las poblaciones bacterianas en los tratamientos control (20, 30 y 40 cm de profundidad sin biocida) se mantuvieron relativamente constantes e inferiores a las detectadas

en los demás tratamientos que sí recibieron AGROCELHONE, con alrededor de 1.2×10^5 UFC g^{-1} de suelo (Figura 5).

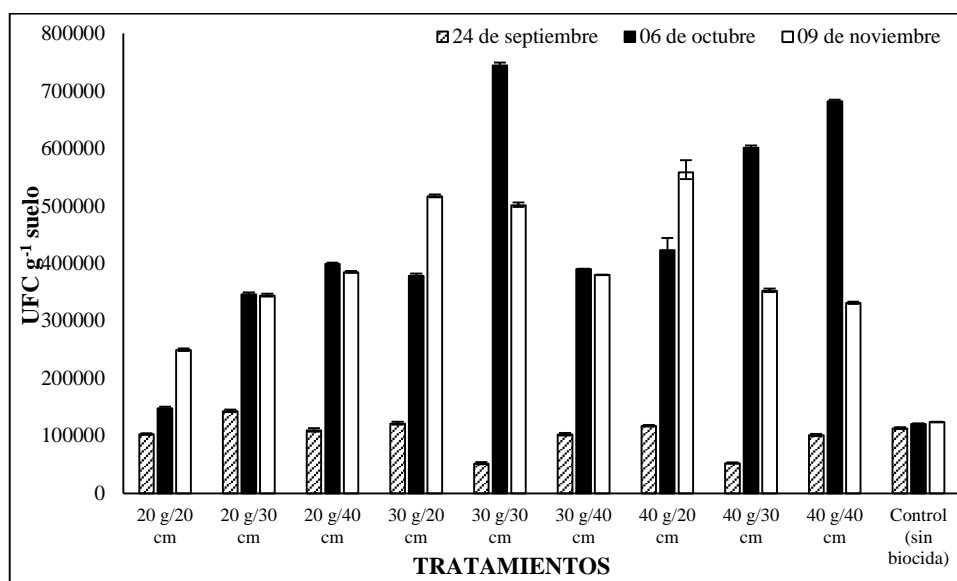


Figura 5. Población bacteriana (UFC g^{-1} de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.

4.3. Población fúngica posterior a la aplicación del biocida AGROCELHONE.

Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los 9 tratamientos donde se aplicó el biocida y en las tres fechas de evaluación: 24 de septiembre ($F=5907.9$, $P=0.000$), 06 de octubre ($F=1546.0$, $P=0.000$), y 09 de noviembre ($F=\infty$, $P=0.000$). Además se determinaron diferencias estadísticas para los factores: dosis del biocida AGROCELHONE, profundidad de aplicación, e interacción dosis-profundidad para las tres fechas de evaluación (ver ADEVA en Anexos 4, 5 y 6).

Se detectó que el factor dosis de AGROCELHONE influyó directamente sobre las poblaciones de hongos del suelo. Ha mayor dosis menor población fúngica, con excepción del tercer muestreo realizado 55 días después de las aplicaciones del biocida (09 de noviembre), donde no se encontró un efecto diferencial generado por las dosis aplicadas, siendo estadísticamente similares, con 150 UFC g^{-1} de suelo, en cada uno. Sin embargo, la respuesta al factor profundidad de aplicación, fue poco clara, ya que a los ocho días posterior a la aplicación del biocida (24 de septiembre), la densidad de hongos fue mayor en los primeros a 20 cm de profundidad, pero a los 22 días después de las aplicaciones del biocida (06 de octubre), las

mayores poblaciones se detectaron en las profundidades de 30 cm y 40 cm, disminuyendo el número de UFC g⁻¹ de suelo en el perfil de 20 cm (Tabla 6).

Tabla 6. Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones fúngicas (UFC g⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.

Dosis (g)	Fechas de evaluación			Profundidad (cm)	Fechas de evaluación		
	24/09	06/10	09/11		24/09	06/10	09/11
20	19766.7 a	3883.3 a	150 a	20	19766.7 a	1633.3 c	150 a
30	150 b	2316.7 b	150 a	30	150 b	3583.3 a	150 a
40	150 b	1483.3 c	150 a	40	150 b	2466.7 b	150 a

* Letras distintas indican medias estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Las interacciones entre las dosis del biocida y las profundidades de aplicación se muestran en la figura 5 (24 de septiembre), figura 6 (06 de octubre), y figura 7 (09 de noviembre). En las interacciones correspondientes a ocho días (24 de septiembre) y 22 días después de la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) se detectó un patrón cruzado. La densidad fúngica (UFC g⁻¹ de suelo) ocho días después de la aplicación de 30 g del biocida a 20 cm de profundidad, se incrementó sustancialmente (5.9×10^4) en comparación a las dosis 0 g (control), 20 g, y 40 g, cuya población permaneció constante con 150 UFC g⁻¹ de suelo. A los 30 cm de profundidad, las dosis 20 g, 30 g, y 40 g de AGROCELHONE redujeron la densidad fúngica a 150 UFC g⁻¹ de suelo, con relación a la dosis 0 g (control) donde se detectó 5.4×10^3 UFC g⁻¹ de suelo (Figura 6).

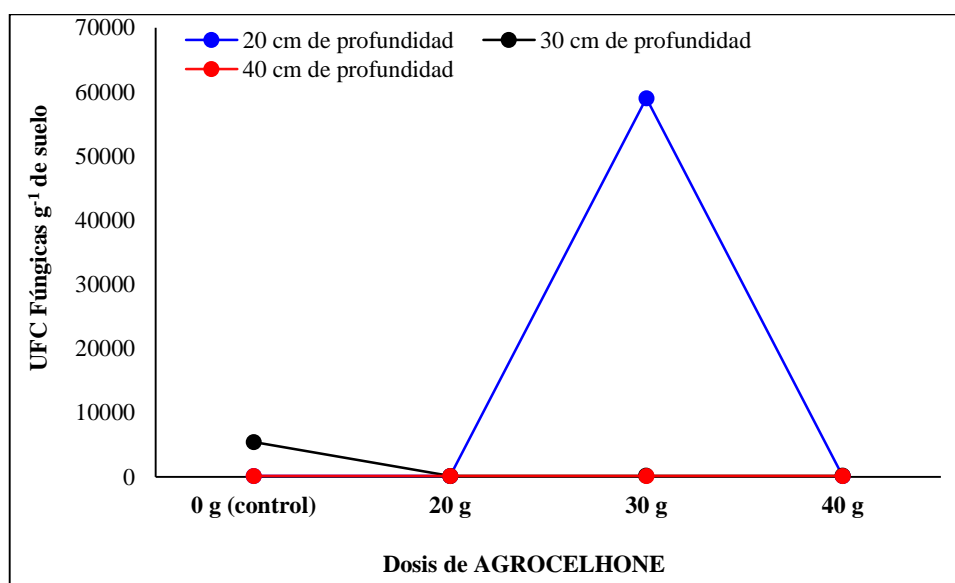


Figura 6. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones fúngicas del suelo, ocho días posteriores a la aplicación del biocida (24 de septiembre del 2020) en un cultivo de tabaco.

La densidad fúngica detectada en el muestreo del 06 de octubre (22 días después de la aplicación del biocida), indica que a 20 cm de profundidad el número de UFC g^{-1} de suelo, aumentó (4.6×10^3) con la dosis de 20 g del biocida, en comparación a la población detectada con las dosis 0 g (control), 30 g, y 40 g de AGROCELHONE que fueron de 150 UFC g^{-1} de suelo, en cada caso. A 30 cm de profundidad y 20 g del biocida, el número de UFC g^{-1} de suelo se incrementó a 6.9×10^3 , con relación a la población detectada con las dosis 0 g (control), donde se aislaron 5.4×10^3 UFC g^{-1} de suelo, no obstante, las poblaciones de hongos se redujeron cuando las dosis aumentaron a 30 g y 40 g, detectándose 3.7×10^3 y 150 UFC g^{-1} de suelo, respectivamente. Por otra parte, a 40 cm de profundidad el número de UFC g^{-1} de suelo no fue afectado por la dosis de 20 g del biocida, ya que la población fue de 150 UFC g^{-1} de suelo, similar a la detectada con la dosis 0 g (control), sin embargo al aumentar las dosis a 30 g y 40 g, también se incrementó la densidad fúngica a 3.1×10^3 y 4.1×10^3 , respectivamente, mostrando un efecto estimulador hacia las poblaciones de hongos (Figura 7).

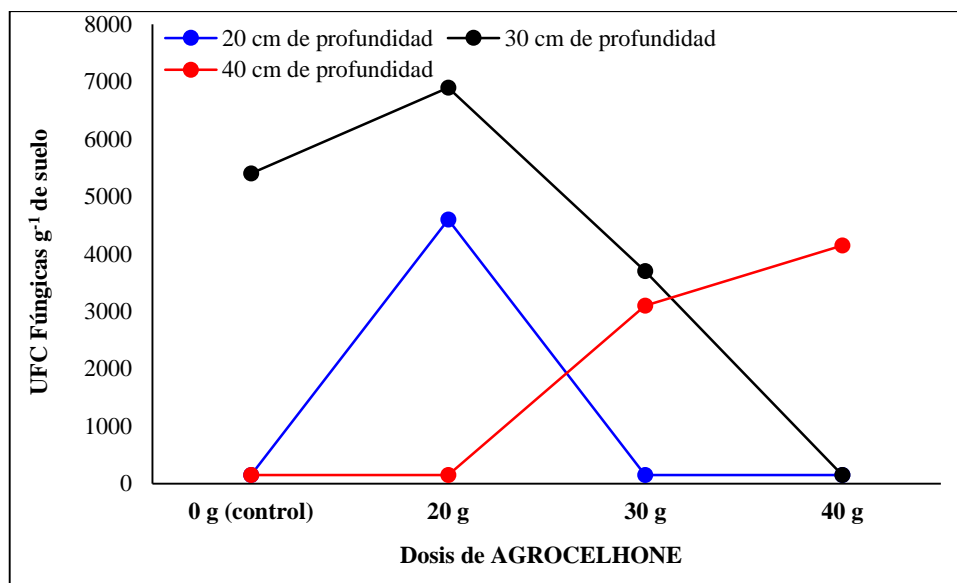


Figura 7. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones fúngicas del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.

Las poblaciones fúngicas obtenidas 55 días después de la aplicación de AGROCELHONE (09 de noviembre), fueron iguales en todas las profundidades y dosis de aplicación (150 UFC g^{-1} de suelo), a excepción de las poblaciones detectadas a 30 cm de profundidad (5.4×10^3) con la dosis 0 g (control), mismas que se redujeron a 150 UFC g^{-1} de suelo cuando se aplicó 20 g, 30 g y 40 g del biocida (Figura 8).

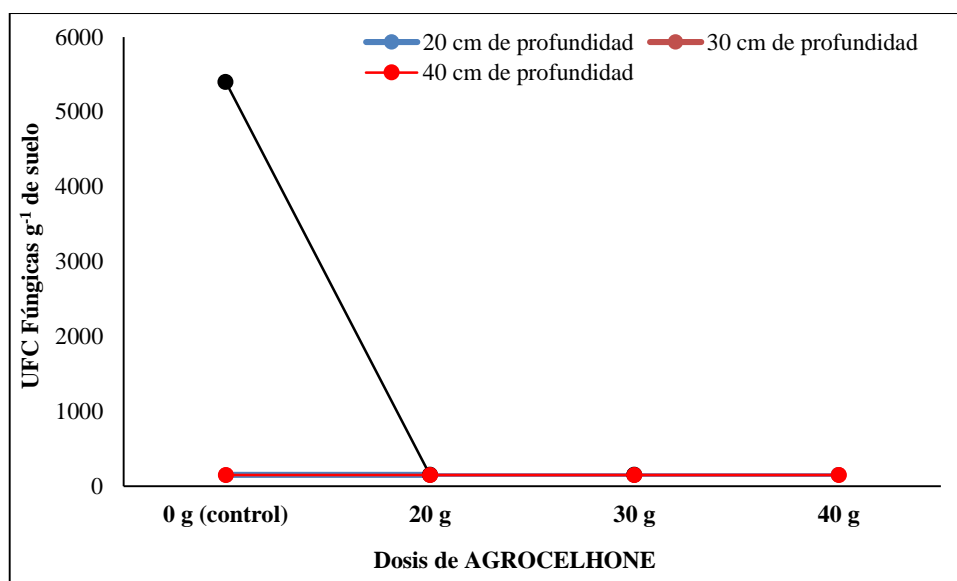


Figura 8. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones fúngicas del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.

Al comparar el tratamiento control (sin aplicación del biocida AGROCELHONE) con los otros nueve tratamientos, se encontraron diferencias significativas entre los mismos, para los tres intervalos de tiempo de evaluación: ocho días ($F=12405.6$, $P=0.000$), 22 días ($F=108.39$, $P=0.000$), y 55 días ($F=245.6$, $P=0.000$) después de la aplicación del biocida. En la primera evaluación a los 8 días después de la aplicación del biocida (24 de septiembre) las poblaciones de hongos fueron menores a 150 UFC g^{-1} de suelo, a excepción del tratamiento donde se aplicó 30 g de AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (30 g/20 cm de profundidad) detectándose $5.9 \times 10^4 \text{ UFC g}^{-1}$ de suelo. Los resultados encontrados en las evaluaciones realizadas a los 22 días (06 de octubre) y 55 días (09 de noviembre) después de la aplicación de AGROCELHONE, no son muy claros y son variables, sin embargo, en la evaluación a los 22 días, las poblaciones de hongos se incrementaron exponencialmente en la mayor parte de los tratamientos, para luego a los 55 días volver a los niveles poblacionales similares a los detectados en la primera evaluación (22 días). En los tratamientos control (20, 30 y 40 cm de profundidad, sin biocida), las poblaciones fúngicas fueron superiores a las encontradas en los demás tratamientos a los 22 y 55 días, posteriores a la aplicación del biocida AGROCELHONE, con valores poblacionales entre el rango de 4.9×10^3 y $8.6 \times 10^3 \text{ UFC g}^{-1}$ de suelo (Figura 9).

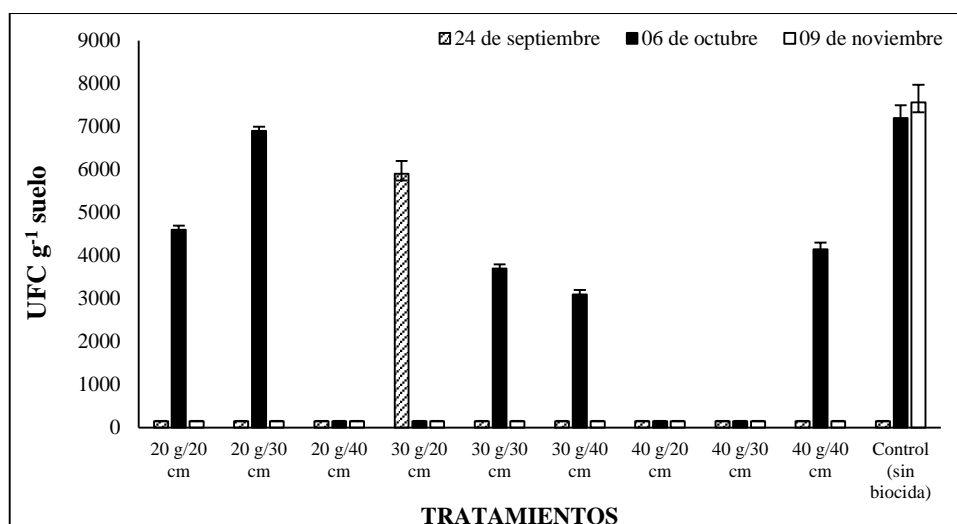


Figura 9. Población fúngica (UFC g⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.

4.4. Población de nematodos posterior a la aplicación del biocida AGROCELHONE.

4.4.1. Nematodos fitoparásitos.

Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los 9 tratamientos donde se aplicó el biocida y en las dos fechas de evaluación: 06 de septiembre ($F=256.5$, $P=0.000$), y 09 de noviembre ($F=60.4$, $P=0.000$). Además se determinaron diferencias estadísticas para los factores: dosis del biocida AGROCELHONE, profundidad de aplicación, e interacción dosis-profundidad para las dos fechas de evaluación (ver ADEVA en Anexos 7 y 8).

Las dosis de AGROCELHONE influyeron directamente sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos, detectándose una relación inversamente proporcional, donde el aumento de las dosis del biocida reduce el número de nematodos por 100 g⁻¹ suelo. Por otro lado, la respuesta al factor profundidad de aplicación, mostró una relación directamente proporcional, dada en que al aumentar la profundidad, también se incrementó la población de nematodos (Tabla 7).

Tabla 7. Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos (100 g⁻¹ de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.

Dosis (g)	Fechas de evaluación		Profundidad (cm)	Fechas de evaluación	
	06/10	09/11		06/10	09/11
20	217.8 a	16.7 a	20	17.8 c	0.0 b
30	33.3 b	16.7 a	30	66.7 b	16.7 a
40	16.7 b	0.0 b	40	183.3 a	16.7 a

* Letras distintas indican medias estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Las interacciones entre las dosis del biocida y las profundidades de aplicación se muestran en la figura 9 (06 de octubre), y figura 10 (09 de noviembre). En las interacciones correspondientes a 22 días (06 de octubre del 2020) y 55 días (09 de noviembre del 2020) después de la aplicación del biocida, se detectó un patrón cruzado. La población de nematodos (individuos en 100 g⁻¹ de suelo) encontradas a los 22 días después de la aplicación de AGROCELHONE a 20 cm de profundidad, no varió sustancialmente con el aumento de las dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida, manteniéndose en 0 individuos y 50 individuos en 100 g⁻¹ de suelo (30 g). Por otro lado, cuando se aplicó las tres dosis del biocida a 30 cm de profundidad, las poblaciones aumentaron a 100 individuos (20 g de biocida), para luego decrecer a 50 individuos (30 g de biocida) y 0 individuos (40 g de biocida). Cuando se aplicó 20 g de AGROCELHONE a 40 cm de profundidad, el número de nematodos fitoparásitos aumentó sustancialmente a 550 individuos en 100 g⁻¹, en comparación a la dosis 0 g, 30 g, y 40 g del biocida, cuya densidad fue de 0 individuos en igual volumen de suelo (Figura 10).

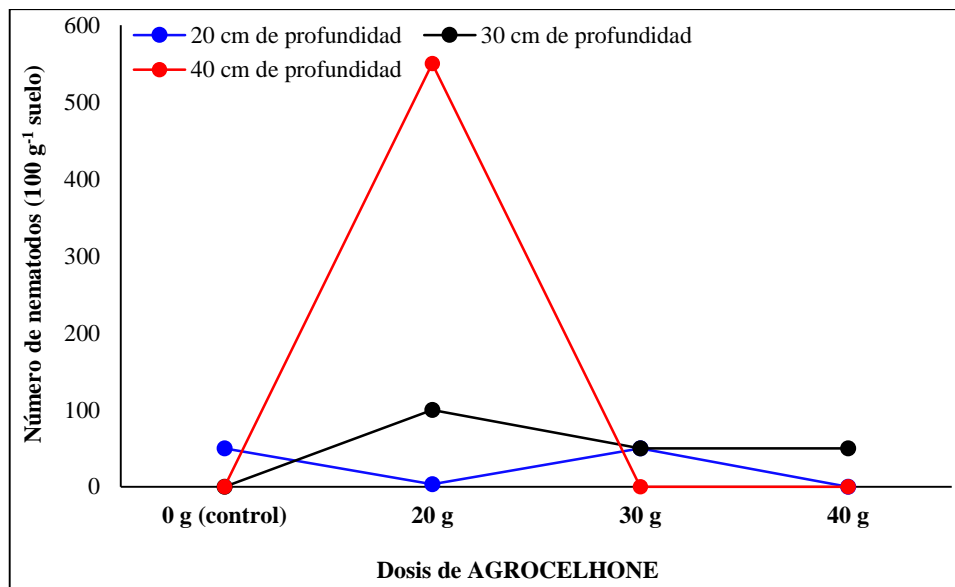


Figura 10. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos fitoparásitos del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.

A los 55 días después de la aplicación de las tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad, no se detectó ningún nematodo en los suelos estudiados, en comparación a la dosis 0 g (control) cuya población fue de 50 individuos en 100 g⁻¹ de suelo. A 30 cm de profundidad se detectó que el número de nematodos se incrementó a 50 individuos en 100 g⁻¹ de suelo, cuando se aplicó 30 g del biocida, frente a la ausencia de

individuos en las dosis 0 g, 20 g, y 40 g. Mientras que a 40 cm de profundidad este fenómeno ocurrió con la aplicación de 20 g de AGROCELHONE, en comparación a las poblaciones detectadas con las dosis 0 g, 30 g y 40 g del biocida, donde no se encontraron nematodos (Figura 11).

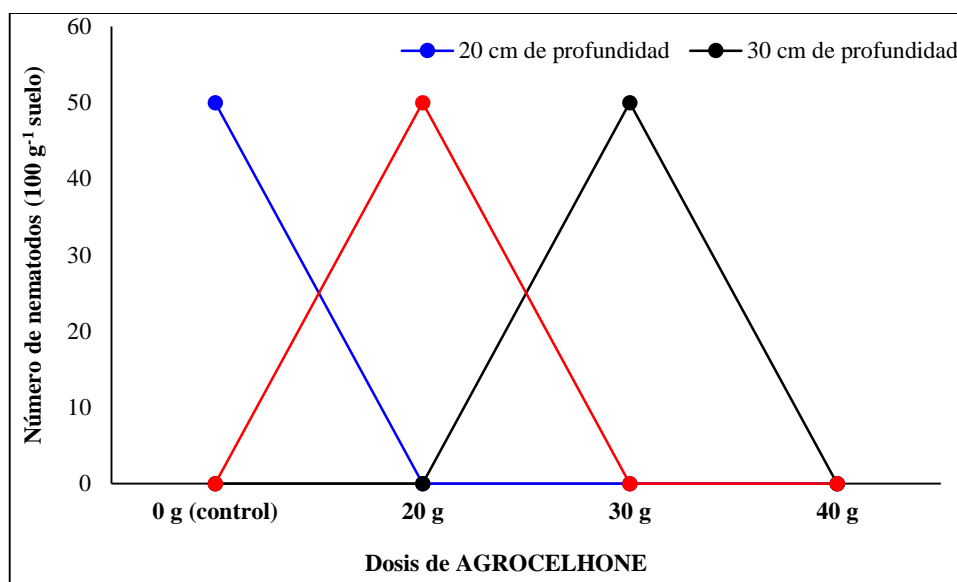


Figura 11. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos fitoparásitos del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.

Al enfrentar el tratamiento control (sin aplicación del biocida AGROCELHONE) con los otros nueve tratamientos, se encontraron diferencias significativas entre los mismos, para los dos intervalos de tiempo de evaluación: 22 días ($F=16.0$, $P=0.000$), y 55 días ($F=79.4$, $P=0.000$) después de la aplicación del biocida. Se detectó que, 22 días después de la aplicación del biocida, la dosis 20 g de AGROCELHONE fue eficiente a 20 cm de profundidad, sin embargo, su eficiencia se fue perdiendo conforme la profundidad aumento (tratamientos 20 g/20 cm, 20 g/30 cm, y 20 g/40 cm). No obstante, 55 días después de la aplicación del biocida, las poblaciones disminuyeron y en algunos tratamientos hasta desaparecieron. Las poblaciones de nematodos detectadas en los tratamientos control (20, 30 y 40 cm de profundidad sin biocida), fueron mucho mayores a las encontradas en los demás tratamientos a los 22 y 55 días, posteriores a la aplicación del biocida AGROCELHONE, con valores poblacionales entre el rango de 586 y 800 individuos por 100 g⁻¹ de suelo (Figura 12). Los fitonematodos detectados

pertenecieron a los géneros *Helicotylenchus* sp., quien mostró mayor presencia y representatividad, seguido de *Pratylenchus* sp. detectado con menor frecuencia.

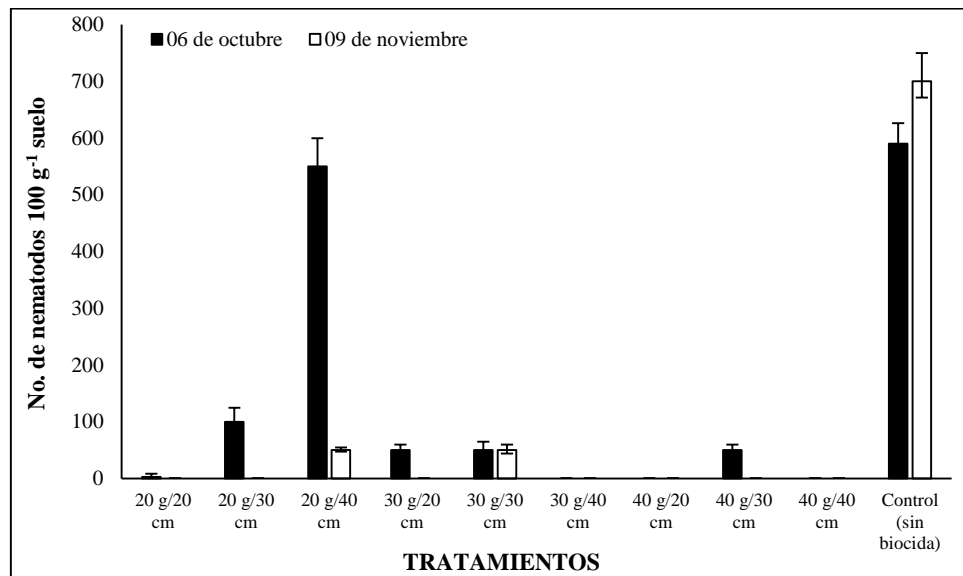


Figura 12. Población de nematodos fitoparásitos (individuos en 100 g⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.

4.4.2. Nematodos de vida libre (NVL).

Se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los 9 tratamientos donde se aplicó el biocida y en las dos fechas de evaluación: 06 de septiembre ($F=80.2$, $P=0.000$), y 09 de noviembre ($F=10.2$, $P=0.000$). Además se detectaron diferencias estadísticas para los factores: dosis del biocida AGROCELHONE, profundidad de aplicación, e interacción dosis-profundidad para las dos fechas de evaluación (ver ADEVA en Anexos 9 y 10).

Las dosis de AGROCELHONE influyeron directamente sobre las poblaciones de nematodos de vida libre, detectándose una relación directamente proporcional, donde al aumentar las dosis y las profundidades de aplicación del biocida, también se incrementó el número de nematodos por 100 g⁻¹ suelo. El número individuos aumentó de 33.3 a 216.7 al aplicar la dosis de 20 g del biocida, y de 33.3 a 150.0 cuando este se aplicó a 20 cm de profundidad, entre el primer y segundo muestreo (22 y 55 días después de la aplicación del biocida). Esto indicaría que el efecto de AGROCELHONE sobre los NVL disminuye con el transcurso del tiempo, permitiendo que sus poblaciones regresen a niveles normales (Tabla 8).

Tabla 8. Efectos de tres dosis del biocida AGROCELHONE sobre las poblaciones de nematodos de vida libre (100 g^{-1} de suelo) a tres profundidades de suelo. Valores representan el promedio de tres repeticiones.

Dosis (g)	Fechas de evaluación		Profundidad (cm)	Fechas de evaluación	
	06/10	09/11		06/10	09/11
20	33.3 c	216.7 a	20	33.3 c	150.0 b
30	150.0 b	150.0 b	30	233.3 b	216.7 a
40	416.7 a	250.0 a	40	333.3 a	250.0 a

* Letras distintas indican medias estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Las interacciones entre las dosis del biocida y las profundidades de aplicación se muestran en la figura 12 (06 de octubre), y figura 13 (09 de noviembre). En las interacciones correspondientes a 22 días (06 de octubre del 2020) y 55 días (09 de noviembre del 2020) después de la aplicación del biocida, se detectó un patrón cruzado. La población de nematodos (individuos en 100 g^{-1} de suelo) encontradas a los 22 días después de la aplicación de AGROCELHONE a 20 cm de profundidad, disminuyeron entre un 100% (20 g del biocida) y 50% (30 g y 40 g del biocida), con relación a la dosis 0 g donde se aislaron 100 individuos en 100 g^{-1} de suelo. Mientras que a 30 cm y 40 cm de profundidad, las poblaciones de NVL aumentaron en función al incremento de las dosis (20 g, 30 g, y 40 g) aplicadas del biocida (Figura 13).

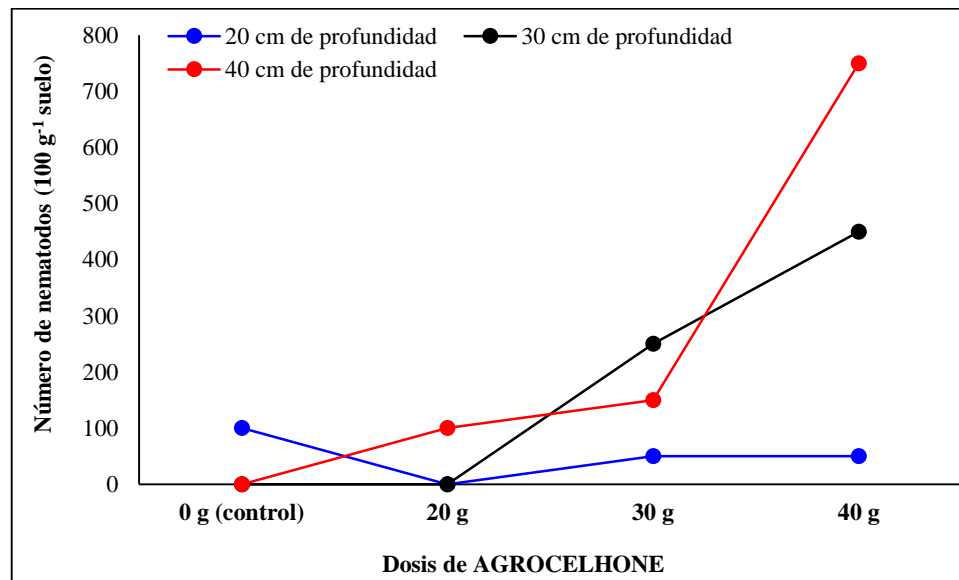


Figura 13. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos de vida libre (NVL) del suelo, 22 días posteriores a la aplicación del biocida (06 de octubre del 2020) en un cultivo de tabaco.

Posterior a los 55 días de la aplicación de AGROCELHONE, se determinó que las dosis 20 g y 40 g del biocida a 20 cm y 40 cm de profundidad incrementaron sustancialmente el número de NVL, en comparación al suelo donde no se aplicó el biocida. Las poblaciones de NVL encontradas después de la aplicación de 30 g en las profundidades antes mencionadas, fueron parecidas a las detectadas en suelos sin aplicación de AGROCELHONE. A 30 cm de profundidad el número de NVL aumentaron junto con el aumento de las dosis del biocida (20 g, 30 g, y 40 g), frente a la población obtenida en el suelo sin la aplicación del biocida, que fue de 0 individuos en 100 g⁻¹ de suelo (Figura 14).

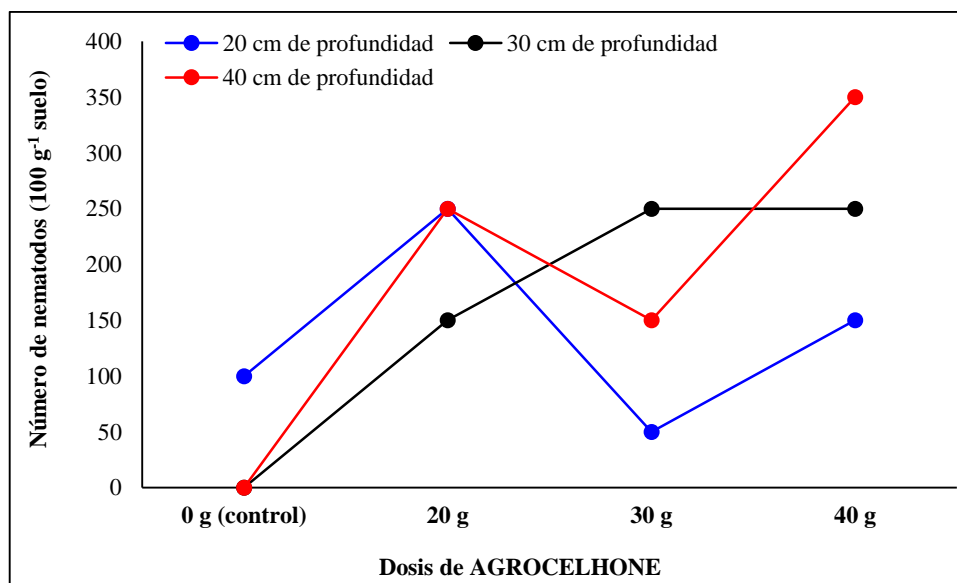


Figura 14. Interacciones detectadas entre tres dosis (20 g, 30 g, y 40 g) del biocida AGROCELHONE y tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm), con las poblaciones de nematodos de vida libre (NVL) del suelo, 55 días posteriores a la aplicación del biocida (09 de noviembre del 2020) en un cultivo de tabaco.

La confrontación del tratamiento control (sin aplicación del biocida AGROCELHONE) con los otros nueve tratamientos, permitió detectar diferencias significativas entre los mismos, para los dos intervalos de tiempo de evaluación: 22 días ($F=54.3$, $P=0.000$), y 55 días ($F=2.5$, $P=0.000$) después de la aplicación del biocida. A los 22 días después de las aplicaciones de AGROCELHONE, se notó un impacto negativo sobre las poblaciones de NVL, con reducciones significativas en comparación a los tratamientos control, llegando incluso a desaparecer en algunos tratamientos. Se pudo observar que a los 55 días posteriores a las aplicaciones, los NVL volvieron a ser detectados en aquellos suelos de tratamientos, donde desaparecieron luego de la aplicación de AGROCELHONE. Los resultados muestran que las

poblaciones de NVL presentan una tendencia a la recuperación, con poblaciones que están en el rango de 250 a 300 individuos por cada 100 g⁻¹ de suelo. En los tratamientos control (20, 30 y 40 cm de profundidad sin biocida), la población de NVL detectada a los 22 días (06 de octubre), estuvieron en el rango de 100 a 200 individuos, mientras que a los 55 días (09 de noviembre) la población se incrementó significativamente, detectándose poblaciones entre 500 y 850 individuos por cada 100 g⁻¹ de suelo (Figura 15).

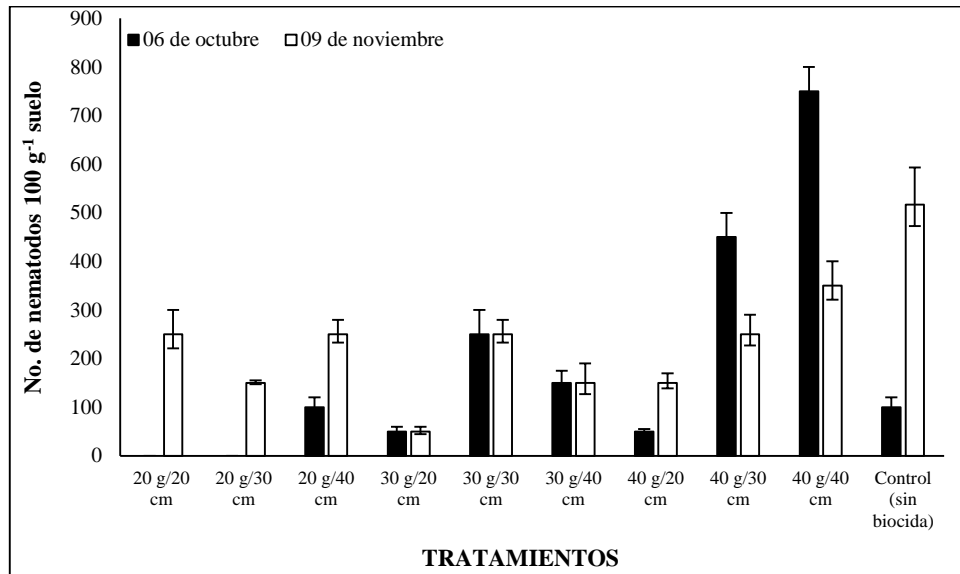


Figura 15. Población de nematodos de vida libre (individuos en 100 g⁻¹ de suelo) detectada posterior a la aplicación de tres dosis del biocida AGROCELHONE a tres profundidades del suelo en un cultivo de tabaco. Valores representan el promedio de tres repeticiones con su respectiva desviación y error estándar.

4.5. Eficiencia de las dosis de AGROCELHONE aplicadas al suelo.

4.5.1. Control de poblaciones bacterianas.

Los resultados obtenidos y reflejados en las Figuras 2, 3, y 4 demuestran que ninguna de las dosis de AGROCELHONE (20 g, 30 g, y 40 g) aplicadas al suelo en las tres profundidades (20 cm, 30 cm, y 40 cm) generaron un efecto inhibitor de las poblaciones de bacterias. Por el contrario, se observó que las poblaciones se incrementaron entre cada una de las evaluaciones (8 días, 22 días y 55 días posterior a la aplicación del biocida) en comparación a las poblaciones bacterianas detectadas en los tratamientos testigo (sin aplicación de biocida). Estos resultados podrían indicar un efecto estimulador del AGROCELHONE para las bacterias del suelo.

4.5.2. Control de poblaciones fúngicas.

En la mayoría de los casos, las dosis altas fueron más eficientes para mantener bajas las poblaciones de hongos en el suelo del cultivo de tabaco. A los ocho días posteriores a la aplicación de las tres dosis de AGROCELHONE, se detectó una reducción y control de las poblaciones fúngicas hasta niveles menores o iguales a la dosis 0 g (control), a excepción del tratamiento 20 g/30 cm de profundidad, donde las poblaciones de hongos aumentaron a 5.9×10^4 UFC g^{-1} suelo. Luego de 22 días de la aplicación del biocida, las dosis 20 g y 30 g aplicados a 30 cm y 40 cm de profundidad redujeron la población fúngica con relación a la dosis 0 g, incluso desaparecieron (0 UFC g^{-1} suelo). No obstante, a 40 cm las dosis 30 g y 40 g del biocida generaron un incremento en la biomasa de los hongos. A los 55 días después de aplicar el biocida, las tres dosis fueron eficientes para eliminar las poblaciones de hongos a 20 cm, 30 cm y 40 cm de profundidad, llevándolas a 0 UFC g^{-1} suelo (Figuras 6, 7, y 8).

4.5.3. Control de poblaciones de nematodos.

Se detectaron resultados variables, pero fue notorio que las dosis altas del biocida AGROCELHONE pueden actuar sobre las poblaciones de fitonematodos en la mayor parte de los estratos del suelo. Después de 22 días de la aplicación de las tres dosis del biocida a 20 cm y 30 cm de profundidad, no se observó un impacto negativo importante sobre las poblaciones de fitonematodos, manteniéndose en los niveles poblacionales parecidos a los detectados en suelos donde no se aplicó el biocida (0 g). La aplicación de 20 g de AGROCELHONE a 40 cm de profundidad, aparentemente incrementó el número de nematodos a 550 individuos en 100 g^{-1} de suelo, mientras que en los suelos donde se aplicó 30 g, 40 g y el control (0 g), no se encontró un solo individuo. A los 55 días posteriores a la aplicación de 20 g, 30 g y 40 g del biocida a 20 cm de profundidad, la población fue de cero individuos. Sin embargo, con la dosis de 30 g, a 30 cm de profundidad, la población aumentó a 50 individuos, pero cuando la dosis aumentó a 40 g la población de nematodos fue de cero individuos. Del mismo modo, las dosis altas (30 g y 40 g) aplicadas a 40 cm de profundidad llevaron a la población de nematodos a cero individuos (Figuras 10 y 11).

En cuanto a los nematodos de vida libre (NVL), fue notorio un efecto estimulador de las tres dosis del biocida en las tres profundidades de suelo estudiadas, sobre las poblaciones de este tipo de nematodos, tanto a los 22 días y 55 días posteriores a la aplicación del biocida, en comparación a las poblaciones detectadas en el suelo donde no se aplicó (0 g, control), (Figuras 13 y 14).

4.6. Análisis económico y rentabilidad

El número de cortes o aprovechamiento de las hojas de tabaco estuvo en el rango de 6 a 8 veces. A partir de este dato se determinó el peso seco (libras) de 100 hojas de tabaco, el número de cujes empleados, con cuya relación se calculó el peso bruto obtenido en cada corte y tratamiento por ha⁻¹. Considerando que la producción de las hojas se divide en capa (sin nervadura principal) y tripa (nervadura principal), ambos poseen precios diferentes, siendo la capa la que posee el mejor precio, no obstante, con relación a toda la hoja representa el 68%, mientras que la tripa el 32% restante. Por lo tanto los valores finales por ha⁻¹ generados en función a cada tratamiento, se muestran de forma separada por la capa y la tripa (Tablas 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18).

Adicionalmente se realizaron correlaciones entre las poblaciones bacterianas, fúngicas (UFC g⁻¹ suelo), y nematodos (individuos en 100 g de suelo) del suelo sometido a los diferentes tratamientos, con la productividad del cultivo de tabaco (libras). No obstante, se detectó un muy bajo coeficiente de correlación para cada una de las correlaciones: 0,63; 0,06 y 0,33 respectivamente, lo cual indicaría que las poblaciones microbianas del suelo no se relacionaron o influenciaron claramente con la productividad obtenida en el cultivo (Anexos 11, 12, y 13).

Tabla 9. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 20 g del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (Tratamiento 1).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (14.2%)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T1 (20 g/20 cm)	1	0.75	377.31	22000	3124	18876	283.0	192.4	8.75	5.0	1683.8	452.8
	2	0.77	377.31	22000	3124	18876	290.5	197.6	8.75	5.0	1728.7	464.9
	3	0.80	377.31	22000	3124	18876	301.8	205.3	8.75	5.0	1796.0	483.0
	4	0.85	377.31	22000	3124	18876	320.7	218.1	8.75	5.0	1908.3	513.1
	5	0.95	377.31	22000	3124	18876	358.4	243.7	8.75	5.0	2132.8	573.5
	6	1115	377.31	22000	3124	18876	433.9	295.1	8.75	5.0	2581.8	694.3
							1988.4	1352.1			11831.2	3181.5

Tabla 10. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 20 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad (Tratamiento 2).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (12.1%)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T2 (20 g/30 cm)	1	0.75	386.77	22000	2662	19338	290.1	197.3	8.75	5.00	1726.0	464.1
	2	0.87	386.77	22000	2662	19338	336.5	228.8	8.75	5.00	2002.1	538.4
	3	0.9	386.77	22000	2662	19338	348.1	236.7	8.75	5.00	2071.2	557.0
	4	1.2	386.77	22000	2662	19338	464.1	315.6	8.75	5.00	2761.6	742.6
	5	1.25	386.77	22000	2662	19338	483.5	328.8	8.75	5.00	2876.6	773.5
	6	1.28	386.77	22000	2662	19338	495.1	336.6	8.75	5.00	2945.7	792.1
	7	1.28	193.39	22000	2662	19338	247.5	168.3	8.75	5.00	1472.8	396.1
							2664.9	1812.1			15856.0	4263.8

Tabla 11. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 20 g del biocida AGROCELHONE a 40 cm de profundidad (Tratamiento 3).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (14.2%)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T3 (20 g/40 cm)	1	0.75	377.31	22000	3124	18876	283.0	192.4	8.75	5.00	1683.8	452.8
	2	0.77	377.31	22000	3124	18876	290.5	197.6	8.75	5.00	1728.7	464.8
	3	0.8	377.31	22000	3124	18876	301.8	205.3	8.75	5.00	1796.0	483.0
	4	0.85	377.31	22000	3124	18876	320.7	218.1	8.75	5.00	1908.3	513.1
	5	0.95	377.31	22000	3124	18876	358.4	243.7	8.75	5.00	2132.8	573.5
	6	1.15	377.31	22000	3124	18876	433.9	295.1	8.75	5.00	2581.8	694.3
							1988.4	1352.1			11831.2	3181.5

Tabla 12. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 30 g del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (Tratamiento 4).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (4.1%)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T4 (30 g/20 cm)	1	0.75	419.9	22000	1012	20988	314.9	214.1	8.75	5.00	1873.8	503.9
	2	0.87	419.9	22000	1012	20988	365.3	248.4	8.75	5.00	2173.6	584.5
	3	0.9	419.9	22000	1012	20988	377.9	257.0	8.75	5.00	2248.5	604.6
	4	1.2	419.9	22000	1012	20988	503.9	342.6	8.75	5.00	2998.0	806.2
	5	1.25	419.9	22000	1012	20988	524.9	356.9	8.75	5.00	3123.0	839.8
	6	1.28	419.9	22000	1012	20988	537.5	365.5	8.75	5.00	3197.9	859.9
	7	1.28	419.9	22000	1012	20988	537.5	365.5	8.75	5.00	3197.9	859.9
							3165.8	2150.0			18812.7	5058.9

Tabla 13. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 30 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad (Tratamiento 5).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (2.4 %)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T5 (30 g/30 cm)	1	0.75	429.4	22000	528	21472	322.0	219.0	8.75	5.00	1916.0	515.2
	2	0.87	429.4	22000	528	21472	373.5	254.0	8.75	5.00	2222.6	597.7
	3	0.9	429.4	22000	528	21472	386.4	262.8	8.75	5.00	2299.2	618.3
	4	1.2	429.4	22000	528	21472	515.2	350.4	8.75	5.00	3065.6	824.4
	5	1.25	429.4	22000	528	21472	536.7	365.0	8.75	5.00	3193.3	858.7
	6	1.28	429.4	22000	528	21472	549.6	373.7	8.75	5.00	3270.0	879.3
	7	1.28	429.4	22000	528	21472	549.6	373.7	8.75	5.00	3270.0	879.3
	8	1.28	214.7	22000	528	21472	274.8	186.9	8.75	5.00	1635.0	439.7
							3507.8	2385.3			20871.6	5612.5

Tabla 14. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 30 g del biocida AGROCELHONE a 40 cm de profundidad (Tratamiento 6).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (9.1 %)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T6 (30 g/40 cm)	1	0.75	399.8	22000	2002	19998	299.8	203.9	8.75	5.00	1784.0	479.7
	2	0.77	399.8	22000	2002	19998	307.8	209.3	8.75	5.00	1831.6	492.5
	3	0.8	399.8	22000	2002	19998	319.8	217.5	8.75	5.00	1903.0	511.7
	4	0.85	399.8	22000	2002	19998	339.8	231.1	8.75	5.00	2021.9	543.7
	5	0.95	399.8	22000	2002	19998	379.8	258.3	8.75	5.00	2259.8	607.7
	6	1.15	399.8	22000	2002	19998	459.8	312.6	8.75	5.00	2735.5	735.6
							2106.9	1432.7			12535.9	3371.0

Tabla 15. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 40 g del biocida AGROCELHONE a 20 cm de profundidad (Tratamiento 7).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (10.8 %)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T7 (40 g/20 cm)	1	0.75	392.7	22000	2376	19624	294.5	200.3	8.75	5.00	1752.4	471.2
	2	0.87	392.7	22000	2376	19624	341.6	232.3	8.75	5.00	2032.8	546.6
	3	0.9	392.7	22000	2376	19624	353.4	240.3	8.75	5.00	2102.8	565.5
	4	1.2	392.7	22000	2376	19624	471.2	320.4	8.75	5.00	2803.8	754.0
	5	1.25	392.7	22000	2376	19624	490.9	333.8	8.75	5.00	2920.6	785.4
	6	1.28	392.7	22000	2376	19624	502.6	341.8	8.75	5.00	2990.7	804.2
	7	1.28	392.7	22000	2376	19624	502.6	341.8	8.75	5.00	2990.7	804.2
							2956.9	2010.7			17593.8	4731.1

Tabla 16. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 40 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad (Tratamiento 8).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (1.6 %)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T8 (40 g/30 cm)	1	0.75	432.9	22000	352	21648	324.7	220.8	8.75	5.00	1931.8	519.5
	2	0.87	432.9	22000	352	21648	376.6	256.1	8.75	5.00	2240.9	602.6
	3	0.9	432.9	22000	352	21648	389.6	264.9	8.75	5.00	2318.2	623.4
	4	1.2	432.9	22000	352	21648	519.5	353.2	8.75	5.00	3090.9	831.2
	5	1.25	432.9	22000	352	21648	541.1	368.0	8.75	5.00	3219.7	865.8
	6	1.28	432.9	22000	352	21648	554.1	376.8	8.75	5.00	3297.0	886.6
	7	1.28	432.9	22000	352	21648	554.1	376.8	8.75	5.00	3297.0	886.6
	8	1.28	216.5	22000	352	21648	277.1	188.4	8.75	5.00	1648.5	443.3
							3536.8	2405.0			21044.1	5658.9

Tabla 17. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, luego de la aplicación de 40 g del biocida AGROCELHONE a 40 cm de profundidad (Tratamiento 9).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (7.0 %)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T9 (40 g/40 cm)	1	0.75	409.2	22000	1540	20460	306.9	208.7	8.75	5.00	1826.3	491.1
	2	0.87	409.2	22000	1540	20460	356.0	242.1	8.75	5.00	2118.5	569.7
	3	0.9	409.2	22000	1540	20460	368.3	250.5	8.75	5.00	2191.5	589.3
	4	1.2	409.2	22000	1540	20460	491.1	333.9	8.75	5.00	2922.0	785.8
	5	1.25	409.2	22000	1540	20460	511.6	347.9	8.75	5.00	3043.8	818.5
	6	1.28	409.2	22000	1540	20460	523.8	356.2	8.75	5.00	3116.8	838.1
	7	1.28	409.2	22000	1540	20460	523.8	356.2	8.75	5.00	3116.8	838.1
							3081.6	2095.5			18335.7	4930.6

Tabla 18. Desglose de la producción, mortalidad, densidad de plantas, precios y ganancias brutas calculadas por ha⁻¹, generadas al final del cultivo de tabaco, sin la aplicación (dosis 0 g) del biocida AGROCELHONE (Tratamiento control).

Tratamiento	No. corte	Peso (libras)	No. cujes (100 hojas)	No. plantas ha ⁻¹	% Mortalidad (34.1 %)	No. plantas ha ⁻¹ (densidad final)	Producción (libras)	Producción de capa (68%)	Costo libra capa (USD)	Costo libra banda (USD)	Ganancia en capa	Ganancia en banda
T10 (Control sin biocida)	1	0.75	290	22000	7502	14498	217.3	147.8	8.75	5.00	1293.2	347.7
	2	0.87	290	22000	7502	14498	252.1	171.4	8.75	5.00	1500.1	403.4
	3	0.90	290	22000	7502	14498	260.8	177.3	8.75	5.00	1551.8	417.3
	4	1.20	290	22000	7502	14498	347.7	236.5	8.75	5.00	2069.1	556.4
	5	1.25	290	22000	7502	14498	362.2	246.3	8.75	5.00	2155.3	579.6
	6	1.28	290	22000	7502	14498	370.9	252.2	8.75	5.00	2207.0	593.5
							1811.2	1231.6			9674.6	2601.6

Resumiendo los datos numéricos antes detallados, cada uno de los tratamientos generó diferentes cantidades de materia prima, costos de producción y ganancias y/o pérdidas netas, seguramente como resultado del efecto propio de los tratamientos. En la Tabla 19, se resumen los costos de producción, ganancias por cada formato de la materia prima y finalmente las ganancias y/o pérdidas netas. Es notorio que los tratamientos basados en la aplicación de 30 g y 40 g del biocida AGROCELHONE generaron ganancias netas positivas por ha⁻¹ que estuvieron entre el rango de 3355.0 USD a 8615.1 USD, a excepción del tratamiento 30 g del biocida aplicado a 40 cm de profundidad. El análisis económico mostró una particularidad en el tratamiento 20 g del biocida AGROCELHONE a 30 cm de profundidad, donde se encontró una ganancia neta positiva de 2250.8 USD. Al parecer las dosis menores 20 g y 30 g del biocida, aplicados a 40 cm de profundidad mostraron pérdidas económicas. El tratamiento control, donde no se aplicó el biocida, reflejó pérdidas económicas.

Tabla 19. Resumen de costos de producción, ganancias por materia prima (capa y banda) y ganancias y/o pérdidas netas (USD ha⁻¹) generados por la aplicación de tratamientos en el cultivo de tabaco.

Tratamientos	Costos de producción y rentabilidad (USD)						
	Costos ha ⁻¹ (A)	% Mortalidad	No. hojas cosechadas	Ganancia Capa	Ganancia Banda	Ganancia Bruta (B)	Ganancia neta (B-A)
T1 (20 g/20 cm)	16769	14.2	12	11831.2	3181.5	15012.7	-1756.3
T2 (20 g/30 cm)	16769	12.1	13	15856.0	4263.8	20119.8	3350.8
T3 (20 g/40 cm)	16769	14.2	12	11831.2	3181.5	15012.7	-1756.3
T4 (30 g/20 cm)	17869	4.6	14	18812.7	5058.9	23871.5	6002.5
T5 (30 g/30 cm)	17869	2.4	15	20871.6	5612.5	26484.1	8615.1
T6 (30 g/40 cm)	17869	9.1	12	12535.9	3371.0	15906.9	-1962.2
T7 (40 g/20 cm)	18969	10.8	14	17593.8	4731.1	22324.9	3355.9
T8 (40 g/30 cm)	18969	1.6	15	21044.1	5658.9	26703.0	7733.9
T9 (40 g/40 cm)	18969	7.0	14	18335.7	4930.6	23266.3	4297.3
T10 (0 g Control)	14569	33.9	12	9674.6	2601.6	12276.2	-2292.8

V. DISCUSIÓN

El cultivo de tabaco constituye un rubro económico natural renovable, aunque su cultivo es poco conocido y distribuido en Ecuador, aporta recursos económicos de forma directa e indirecta al país, sin embargo, enfermedades fúngicas gestadas en el suelo representan uno de los principales problemas fitosanitarios que enfrenta el cultivo. *P. nicotianae* y *F. oxisporum* son fitopatógenos muy agresivos que habitan en el suelo y ocasionan taponamientos, necrosis, y pudriciones a nivel basal y radicular en las plantas de tabaco Mercado-Cárdenas *et al.*, 2015). El primer microorganismo causa la enfermedad conocida como “pata prieta”, mientras que el segundo ocasiona la “marchitez vascular”. Ambas enfermedades pueden llegar a desbistar plantaciones enteras de tabaco, generando pérdidas económicas y endeudamientos a los inversionistas (Jayalakshmi *et al.*, 2017).

En el presente estudio se analizó el efecto de tres dosis del biocida AGROCELHONE, aplicado a tres profundidades del suelo, sobre las poblaciones microbianas (bacterias, hongos y nematodos) del suelo.

En lo referente a las poblaciones microbianas detectadas en el suelo antes de la aplicación de los tratamientos, se encontró que las poblaciones bacterianas, fúngicas y de nematodos estuvieron dentro de los valores habituales para suelos agrícolas, previamente reportados en la literatura científica por Carrillo (2003), Hernández-Flores *et al.* (2013) y Rueda-Puente *et al.* (2015), quienes señalan que las densidades poblacionales microbianas del suelo se mantiene estables antes de realizar un nuevo cultivo, pero su dinámica cambia cuando se incorpora una nueva vegetación que aporta con materiales carbonados, vía litera fina y gruesa en la superficie del suelo, así como también de exudados radiculares en la rizósfera.

Bajo condiciones naturales, la dinámica poblacional microbiana del suelo, generalmente es constante, con cambios predecibles en función a las variaciones estacionales propias de cada estación climática (Pule-Mejía *et al.*, 2017). Sin embargo, los cambios y/o desequilibrios aparecen cuando las actividades antropogénicas que demanda un determinado cultivo exigen el empleo de algún tipo de biocida, para el control de fitopatógenos (Shankar-Singh & Kumar-Gupta, 2018; Tiwari *et al.*, 2019). En este sentido el empleo del biocida AGROCELHONE en dosis de 20 g, 30 g y 40 g aplicado en el suelo a tres profundidades: 20 cm, 30 cm y 40 cm,

provocó un aumento de las poblaciones bacterianas en lugar de reducirlas, fenómeno que aparentemente indicaría que este biocida no posee actividad bactericida y por lo tanto no ejerce ninguna actividad antibiótica, y en su defecto actuaría como un inductor o estimulador del crecimiento bacteriano.

Por otra parte, considerando que AGROCELHONE actuó sobre otras poblaciones microbianas como hongos o nematodos, esto explicaría la razón del aumento de las poblaciones bacterianas, ya que muchas especies son saprófitas y dentro de su actividad metabólica y función ecológica está la biodegradación (descomposición) de materia orgánica muerta, tal como lo señala Van Der Wal & De Voer (2017) en su trabajo de investigación, donde explican los procesos de descomposición de la materia orgánica muerta bajo la oscuridad del suelo. Y considerando que el biocida actuó contra poblaciones fúngicas y de nematodos, es de esperar que los cadáveres de éstos fueran colonizados, degradados y aprovechados por las poblaciones bacterianas edáficas, tal como lo menciona Carrillo (2003).

Fue notorio el efecto de las dosis sobre las poblaciones de hongos del suelo, las dosis de 30 g y 40 g redujeron de forma significativa la densidad fúngica a los ocho y 22 días después de la aplicación de AGROCELHONE, a tal punto que a los 55 días después de la aplicación del biocida, la densidad de la biomasa fúngica fue similar en todas las dosis aplicadas (150 UFC g⁻¹ de suelo), lo cual indicaría un efecto fungistático persistente del biocida sobre los hongos del suelo. Los resultados aquí obtenidos, también han sido reportados para otro tipo de fungicidas, cuyos ingredientes activos ejercen un efecto control sobre patógenos del suelo como *Phytophthora* spp. causante de enfermedades en el sistema radicular, cuello y hojas de tabaco, durante su etapa de establecimiento, desarrollo y madurez (Qu *et al.*, 2013; Clifton *et al.*, 2015).

Considerando los efectos negativos que varios fungicidas ocasionan a los hongos fitopatógenos del suelo, y tomando como modelo a *Phytophthora* spp., es probable que el biocida AGROCELHONE actúe inhibiendo el crecimiento y desarrollo de los esporangios tanto en el suelo, como durante su alojamiento en planta. Por tanto, la aplicación de AGROCELHONE de manera preventiva, como un desinfectante del suelo tendría como resultado plantas de tabaco con bajos porcentajes de afectación por hongos patógenos, idea previamente planteada por Jayalakshmi *et al.* (2017) cuando emplearon varios fungicidas frente al hongo.

El efecto de las tres profundidades estudiadas (20 cm, 30 cm, y 40 cm) fue confuso, ya que a los ocho días después de la aplicación del biocida, su efecto fue mayormente eficiente a los 30 cm y 40 cm de profundidad (150 UFC g⁻¹ de suelo), mientras que a los 55 días las poblaciones fúngicas fueron iguales en los tres estratos (20 cm, 30 cm, y 40 cm) con solo 150 UFC g⁻¹ de suelo. La densidad fúngica detectada a los 22 días después de la aplicación de AGROCELHONE fue alrededor de 20 veces mayor a la densidad detectada en los otros dos periodos de evaluación, no obstante las aplicaciones de dosis altas a profundidades de 30 cm y 40 cm, al parecer son más eficientes para el control de hongos.

En lo referente a los nematodos fitoparásitos, fue notorio que el aumento de las dosis de AGROCELHONE tuvo un efecto negativo en las poblaciones, a mayor dosis del biocida, menor número de individuos por 100 g⁻¹ de suelo, situación que se acentuó a los 55 días después de la aplicación del biocida. En cuanto a la profundidad de aplicación, la mayor eficiencia se observó en los primeros 20 cm, luego conforme avanzó la profundidad a 30 cm y 40 cm, el número de individuos fue mayor, especialmente 22 días después de aplicar el biocida. No obstante 55 días después, la población de nematodos se redujo aún más, no detectándose ningún individuo a 20 cm y tan solo 16 individuos a 30 cm y 40 cm, respectivamente. Esto indicaría que el biocida AGROCELHONE posee un efecto de control hacia las poblaciones de fitonematodos en el cultivo de tabaco, con un periodo amplio de persistencia y protección en el suelo. Sin embargo, la disminución gradual de la efectividad del biocida a mayores profundidades, podría estar asociado a la dificultad que conlleva su aplicación dentro del suelo y la distribución heterogénea del mismo en sentido horizontal y vertical dentro del perfil del suelo.

La aplicación de AGROCELHONE sobre las poblaciones de nematodos de vida libre (NVL), aparentemente no generó impactos negativos, ya que al aumentar las dosis, el número de individuos en 100 g⁻¹ de suelo también se incrementó, manteniéndose las poblaciones en niveles similares tanto a 22 días y 55 días después de las aplicaciones del biocida. La misma tendencia y comportamiento se observó en las tres profundidades, a más profundidad mayor número de nematodos. Es probable que el aumento del número de NVL se deba a la facilidad que tuvieron para conseguir alimento a partir de bacterias o protozoarios que prosperaron durante la degradación de cadáveres de hongos y fitonematodos que murieron por acción del biocida, ya que de acuerdo a Neher (2010) en el suelo existen varios grupos de NVL como los

bacteriófagos, omnívoros, y depredadores que se alimentan y regulan poblaciones microbianas edáficas, cumpliendo una función ecosistémica imprescindible (Kanfra *et al.*, 2018).

A pesar que las dosis altas (30 g y 40 g) del biocida AGROCELHONE generaron una mayor inversión (costos de producción), también produjeron ganancias netas positivas por ha⁻¹ que estuvieron entre el rango de 3350 USD a 8600 USD. Sin embargo, la aplicación de la dosis menor (20 g) del biocida a 30 cm de profundidad produjo una ganancia positiva de 2250 USD. Mientras que las dosis menores 20 g y 30 g del biocida, aplicados a 40 cm de profundidad mostraron pérdidas económicas. La variabilidad en la respuesta económica de los tratamientos aplicados, podría estar asociada a variables no consideradas en este estudio o también llamadas variables escondidas que no permiten distinguir el verdadero efecto de uno u otro tratamiento (Rodríguez-Espinoza *et al.*, 2015).

VI. CONCLUSIONES

1. La aplicación del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina), ejerció un efecto antimicrobiano sobre las poblaciones de hongos (antifúngico) y nematodos fitoparásitos (nematicida) del suelo, reduciendo sus densidades (UFC g⁻¹ suelo, y número de individuos en 100 g⁻¹ de suelo, respectivamente).
2. Las dosis del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina), empleadas en el presente estudio (20 g, 30 g y 40 g) no afectaron las poblaciones bacterianas, ni las poblaciones de nematodos de vida libre (NVL). Los resultados mostraron un efecto estimulador del biocida sobre estos microorganismos ya que, al aumentar las dosis, también aumentaron sus poblaciones (UFC g⁻¹ de suelo, y número de individuos en 100 g⁻¹ de suelo, respectivamente).
3. El efecto de las tres profundidades de aplicación (20 cm, 30 cm, y 40 cm) del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina), no resultó muy claro, sin embargo al parecer a 30 cm y 40 cm de profundidad, se detectó una disminución de las poblaciones de hongos y nematodos fitopatógenos, con las dosis de 30 g y 40 g del biocida, generando descensos más pronunciados en las poblaciones (UFC g⁻¹ de suelo, y número de individuos en 100 g⁻¹ de suelo, respectivamente) de estos grupos microbianos a partir de los 22 días, hasta los 55 días posteriores a la aplicación del biocida AGROCELHONE.
4. Las dosis altas (30 g y 40 g) del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) generaron unas mayores ganancias netas positivas por ha⁻¹ que estuvieron entre el rango de 3350 USD a 8600 USD. Además, la aplicación de la menor dosis (20 g) del biocida a 30 cm de profundidad produjo una ganancia positiva de 2250 USD. Las dosis menores 20 g y 30 g del biocida, aplicados a 40 cm de profundidad condujeron a pérdidas económicas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Ampliar este estudio a otras regiones ecológicas del país, donde se cultive tabaco con fines de exportación.
2. Aplicar el biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) en dosis de 30 g o 40 g a 30 cm de profundidad como un agente de desinfección del suelo, para reducir las poblaciones de hongos y nematodos fitoparásitos, previo al establecimiento de un nuevo cultivo de tabaco.
3. Aplicar dosis altas (30 g y/o 40 g) del biocida AGROCELHONE (1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina) en el suelo, como mínimo quince días antes del establecimiento de un nuevo cultivo de tabaco, para asegurar ganancias positivas netas por ha⁻¹.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, E. (2018). Determinación del estado sanitario de las plantas, suelo e instalaciones y elección de los métodos de control. IC Editorial. Málaga, España. 214 p.
- Agrios, G. (2005). Plant Pathology. (5th ed.) Published Elsevier. United States of América. 948 p.
- Ananyeva, N.D., Susyan, E.A., Chernova, O.V., Chernov, I.Y. & Makarova, O.L. (2006). The ratio of fungi and bacteria in the biomass of different types of soil determined by selective inhibition. *Microbiology* 75(6): 702-707.
- Bongers, T. & Esquivel, A. (2015). Morfología de los nematodos. Curso de identificación. Universidad Nacional (UNA). San José, Costa Rica. 42 p.
- Carrillo, L. (2003). Microbiología Agrícola (en línea). Universidad Nacional de Salta, Argentina. Capítulos 1 al 7. https://drive.google.com/file/d/1-8oZEdpWQOErrvh9VP_4LjqX5aOMKNVl/view?usp=sharing
- Castellá, M., Sueiro, L., Machado, J., Pérez, J. & Tornes, C. (2004). Comportamiento de plagas y enfermedades en el cultivo de tabaco tapado (*Nicotiana tabacum* L.) en la provincia de Granma. *Fitosanidad*, 8(2): 31-34.
- Chen, F., Zheng, H., Zhang, K., Ouyang, Z., Lan, J., Li, H. & Shi, Q. (2013). Changes in soil microbial community structure and metabolic activity following conversion from native *Pinus massoniana* plantations to exotic *Eucalyptus* plantations. *Forest Ecology and Management* 291: 65-72.
- Clifton, E.H., Jaronski, S.T., Hodgson, E.W. & Gassmann, A.J. (2015). Abundance of soil-borne entomopathogenic fungi in organic and conventional fields in the Midwestern USA with an emphasis on the effect of herbicides and fungicides on fungal persistence. *PloS one* 10(7) e0133613.
- CMI Commonwealth Mycological Institute. (1983). Plant pathologist's Pocketbook. London. England. 267 p.

- Corral-Fernández, R., Parras-Alcántara, L. & Lozano-García, B. (2013). Stratification ratio of soil organic C, N and C:N in Mediterranean evergreen oak woodland with conventional and organic tillage. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 164: 252-259.
- De Jerez, R. (2006). El tabaco. Droga mágica, medicamento y veneno. *Ambito Farmaceutico. Historia de la Farmacia*, 25(9): 98-104.
- De Micheli, A. (2015). El tabaco a la luz de la historia y la medicina. *Archivos de Cardiología de México*, 85(4): 318-322.
- Dube, F., Zagal, E., Stolpe, N. & Espinosa, M. (2009). The influence of land-use change on the organic carbon distribution and microbial respiration in a volcanic soil of the Chilean Patagonia. *Forest Ecology and Management* 257: 1695-1704.
- Endara, R. (2017). Análisis del uso del desinfectante de suelo agrocelhone® y su impacto financiero en la producción de *Gypsophila* para la empresa flores de La Colina S.A. en el periodo 2015-2016. Tesis de Master Business Administration. Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador. 64 P.
- EOI (Escuela de Negocios). (2004). El sector tabacalero extremeño y las repercusiones en el empleo, tras la reforma agraria de la U.E. España. 233 p.
- Erwin, D.C. & Ribeiro, O.K.. (1996). *Phytophthora Diseases Worldwide*. APS. Press. St. Paul, Minnesota. 562 pp.
- Espino, M. & Puccinelli, C. (2010). Selección de líneas promisorias de tabaco Virginia en Cuba con resistencia a moho azul y pata prieta para las condiciones de Brasil. *Agronomía Tropical*, 60(4): 363-369.
- FAO. (2003). Cuestiones relacionadas al cultivo de con la economía mundial del tabaco: estudios de casos seleccionados. Roma, Italia. 69 p.

- Fernández, A., Martínez, M., Ariosa, M. & Toledo, V. (2012). Detección y prácticas de manejo de la enfermedad pata prieta causada por *Phytophthora nicotianae* en el cultivo del tabaco. *Agroecología*, 7(1): 73-80.
- Frioni, L. (1999). Principios Microbianos. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. 560 p.
- González, M. (2008). Caracterización de aislamientos del complejo Rhizoctonia obtenidos en semilleros de tabaco. *Fitosanidad*, 12(4): 235.
- Hernández-Flores, L., Munive-Hernández, J., Sandoval-Castro, E., Martínez-Carrera, D. & Villegas-Hernández, M.C. (2013). Efecto de las prácticas agrícolas sobre las poblaciones bacterianas del suelo en sistemas de cultivo en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3): 353-365.
- Hernández, J., León, Y. & Hernández, B. (2015). Plants spacing and number of leaves in the shade grown dark tobacco. I. effect in growth and development. *Cultivos Tropicales*, 36(1): 111-116.
- INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2018). Red de Estaciones Meteorológicas del Ecuador. Dirección de Gestión Hidrológica – Estudios e Investigaciones. Quito, Ecuador. 56 p.
- INIA & ONUDI, (2001). Taller final de evaluación de alternativas al bromuro de metilo en el sector hortícola de Uruguay. Serie actividades de difusión No. 267. MVOTMA Y MGAP. Salto, Uruguay. 101 p.
- Irigoyen, A., Vitas, A. & Gracia-Jalón, I. (1999). Cultivo de microorganismos del ambiente. In Díaz, R., Gamazo, C. & López-Goñi, I. (eds). Manual práctico de Microbiología. Ed. Masson S.A., 2^{da} Edición. Barcelona, España. 151 - 154 p.
- Jangid, K., Williams, M.A., Franzluebbbers, A.J., Schmidt, T.M., Coleman, D.C. & Whitman, W.B. (2011). Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties. *Soil Biology and Biochemistry* 43(10): 2184-2193.

- Jayalakshmi, K., Raju, J. & Ravindra, H. (2017). Evaluation fungicides against *Phytophthora nicotianae* causing black shank disease in FCV Tobacco both under In vitro and In vivo. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7): 2440-2446.
- Kanfra, X., Liu, B., Beerhues, L., Sorenzen, S. & Heuer, H. (2018). Free-living nematodes together with associated microbes play an essential role in apple replant disease. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1-13.
- Lewis, R. & Nicholson, J. (2007). Aspects of the evolution of *Nicotiana tabacum* L. and the status of United State *Nicotiana* germoplasm collection. *Genet. Resour. Crop Evol.* (54):727-740.
- Lopetegui, C., Esteves, M. & León, L. (2015). Efectos territoriales de la variabilidad natural del clima y el cambio climático asociado al régimen térmico en el cultivo del tabaco. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 2(2): 1-27.
- López-Marín, J., Angosto, J. & González, A. (2017). El cultivo de pimientos en invernadero y al aire libre. El caso del campo de Cartagena. Biblioteca Horticultura. Valencia, España. 68 p.
- Marschner, P., Crowley, D. & Rengel, Z. (2011). Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis – model and research methods. *Soil Biology and Biochemistry* 43(5): 883-894.
- Martín, A. & Verdejo, E. (2015). Guía de gestión integrada de plagas. Tabaco. Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente. Madrid, España. 85 p.
- Martínez, S., Muggeridge, J., De Souza, J., Carvajal, L., Jeréz, F. & Sánchez, F. (2016). Seguridad alimentaria y económica en el valle central de Tarija. Manual para el cultivo de Hortalizas. Parte Especial. Tarija, Bolivia. 69 p.

- Mercado-Cárdenas, G., Giménez-Monge, R. & Ortega, A.E. (2013). Manual de reconocimiento de plagas y enfermedades bióticas y abióticas en Tabaco. Primera Edición. Editorial INTA, Salta. Argentina. 188 p.
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2014). Alternativas al Bromuro de Metilo. Proyecto Terminal Eliminación Nacional del Bromuro de Metilo. Documento Preparado para el Acuerdo de Producción Limpia de Viveros Frutales. ONUDI – PNUMA. Santiago, Chile. 125 p.
- Moreno-Coutiño, A. & Coutiño-Bello, B.. (2012). *Nicotiana tabacum* L., usos y percepciones. *Etnobiología*, 10(2); 29-39.
- Neher, D.A. (2010). Ecology of plant and free-living nematodes in natural and agricultural soil. *Annual Review of Phytopathology*, 48(1): 371-394.
- O'Brien, S.L., Jastrow, J.D., McFarlane, K.J., Guilderson, T.P. & González, M.A. (2013). Decadal cycling within long-lived carbon pools revealed by dual isotopic analysis of mineral-associated soil organic matter. *Biogeochemistry* 112(1-3): 111-125.
- Parkinson, D. (1994). Filamentous fungi. In Weaver, R.; Angle, S.; Bottomley, P.; Bezdicek, D; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A. (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological and Biochemical Properties. Number 5 in Soil Science Society of America Book Series. Soil Science Society of America. Inc., Madison, Wisconsin, USA. 329 – 350 p.*
- Pérez, J.L. (2012). Diversidad, origen, clasificación taxonómica e importancia de las especies silvestres del género *Nicotiana*, *Cuba Tabaco*, 13(2): 58-67.
- Pérez, J.F. & Castellanos, L.C. (2014). Incidencia de *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan en el cultivo del tabaco, durante cinco campañas en el municipio de Cabaiguán. *Agroecosistemas*, 2(1): 265-276.

- Pule-Mejía, J.A., Mafla-Andrade, S.X. & Chávez-Guerrero, P.A. (2017). Mejoramiento de suelos afectados por incendios forestales usando microbiota de suelos nativos. *Axioma*, 17: 14-27.
- Qu, T., Shao, Y., Csinos, A.S. & Ji, P. (2016). Sensitivity of *Phytophthora nicotianae* from tobacco to fluopicolide, mandipropamid, and Oxathiapiprolin. *Plant Disease*, 100(10): 2119-2125.
- Ramírez, E. & Shkiliova, L. (2019). Evaluación tecnológica explotativa del conjunto trasplantadora Checchi Magli Unitrium - tractor Deutz Fahr Agrofarm 420-T en el cultivo de tabaco. *La Técnica*, 22: 23-34.
- Rodríguez-Espinoza, H., Ramírez-Gómez, C.J. & Restrepo-Betancur, L.F. (2015). Propuesta metodológica para la formulación participativa de programas de desarrollo agropecuario local. *Lana Azul*, 40: 224-239.
- Rueda-Puente, E.O., Holguín-Peña, R.J., Preciado-Rangel, P., Hernández, M.F., Hernández-Montiel, L.G. & Ruiz-Espinoza, F.H. (2015). Identificación y dinámica poblacional de nemátodos fitoparásitos asociados a la halófito *Salicornia bigelovii* (Torr.) en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4): 707-720.
- Schroeder, K., Martin, F., de Cock, A., Lévesque, C.A., Spies, C., Okubara, P. & Paulitz, T. (2013). Molecular detection and quantification of *Pythium* Species-evolving taxonomy, new tools and challenges. *Plant Disease*, 97: 4-20.
- Sepulveda, F. & Carrasco, J. (2014). Validacion de alternativas al bromuro de metilo como desinfectante de suelo en el Valle de Azapa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín INIA 302. Santiago, Chile. 102 p.
- Shankar-Singh, J. & Kumar-Gupta, V. (2018). Soil microbial biomass: A key soil driver in management of ecosystem functioning. *Science of the Total Environment*, 634: 497-500.
- Tena-Nuñez, G. (1961). Notas acerca de la botánica y cultivos del tabaco. *Ars Pharmaceutica*, 2(6): 341-349.

- Tiwari, S., Singh, C., Boudh, S., Kumar-Rai, P., Kumar-Gupta, V. & Shankar-Singh, J. (2019). Land use change: A key ecological disturbance declines soil microbial biomass in dry tropical uplands. *Journal of Environmental Management*, 242: 1-10.
- Tovar, J. (2017). El cultivo del tabaco en América Latina (tobacco cultivation in Latin America). Documento CEDE No. 2016-23. Universidad de los Andes. Department of Economics. Colombia. 47 p.
- Townsend, G. R. & Heuberger, J. W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicides experiments. *Plant Disease Reporter*, 27: 340-343.
- Universidad Austral de Chile (UACH). (2000). Microbiología Sistemática y Clínica. Manual de Laboratorio. Valdivia, Chile. 155 p.
- Vaillant, D. & Gómez, G. (2009). Incidencia de *Phytophthora nicotianae* y *Phytophthora infestans* en Cuba. *Agricultura Técnica en México*, 35(2): 219-223.
- Van der Heijden, M.G.; Bardgett, R.D. & Van Straalen, N.M. (2008). The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters* 11: 296-310.
- Van Der Wal, A. & De Voer, W. (2017). Dinner in the dark: Illuminating drivers of soil organic matter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 105: 45-48.
- Von Arx, J. (1981). The genera of fungi sporulating in pure culture. Ed. J. Cramer. Alemania. 424 p.
- Vuelta-Lorenzo, D., Fals-Hechavarría, E., Mustelier, M. & Molina-Lores, L. (2015). Evaluación de la solarización, la biofumigación y la biosolarización en el control de nematodos en el cultivo de la habichuela (*Vigna unguiculata*). *Ciencia en su PC*, 4: 66-67.

Xu, X., Thornton, P.E. & Post, W.M. (2013). A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems. *Global Ecology Biogeography* 22(6): 737-749.

Zuberer, D. (1994). Recovery and enumeration of viable bacteria. *In* Weaver, R.; Angle, S.; Bottomley, P.; Bezdicek, D; Smith, S.; Tabatabai, A.; Wollum, A. (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological and Biochemical Properties*. Number 5 in Soil Science Society of America Book Series. Soil Science Society of America. Inc., Madison, Wisconsin, USA. 119 – 144 p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC bacterianas g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 24 de septiembre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	21976181296	1569727235	330.19	<.0001
Error	12	57048889	4754074		
Total correcto	26	22033230185			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE UFCBac1 Media
0.997411 2.175831 2180.384 100209.3

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	989074	494537	0.10	0.9020
dosis	2	4539839074	2269919537	477.47	<.0001
rep*dosis (error a)	4	70853704	17713426	3.73	0.0340
profund	2	4626975741	2313487870	486.63	<.0001
dosis*profund	4	12737523704	3184380926	669.82	<.0001

Anexo 2. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC bacterianas g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	831155527407	59368251958	1175.76	<.0001
Error	12	605924444.45	50493703.704		
Total correcto	26	831761451852			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE UFCBac1 Media
0.999272 1.554132 7105.892 457225.9

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	211591851.85	105795925.93	2.10	0.1658
dosis	2	361003436296	180501718148	3574.74	<.0001
rep*dosis	4	223837037.04	55959259.259	1.11	0.3971
profund	2	290280645185	145140322593	2874.42	<.0001
dosis*profund	4	179436017037	44859004259	888.41	<.0001

Anexo 3. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC bacterianas g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	247770797778	17697914127	604.54	<.0001
Error	12	351302222.22	29275185.185		
Total correcto	26	248122100000			

R-cuadrado Coef Var Raiz MSE UFCBac1 Media
0.998584 1.345711 5410.655 402066.7

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	123428888.89	61714444.444	2.11	0.1642
dosis	2	89804335556	44902167778	1533.80	<.0001
rep*dosis	4	279322222.22	69830555.556	2.39	0.1093
profund	2	26299202222	13149601111	449.17	<.0001
dosis*profund	4	131264508889	32816127222	1120.95	<.0001

Anexo 4. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC fúngicas g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 24 de septiembre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	9236187033	659727645	5907.86	<.0001
Error	12	1340033	111669		
Total correcto	26	9237527067			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	UFCBac1 Media
0.999855	4.995894	334.1698	6688.889

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	213689	106844	0.96	0.4116
dosis	2	2308881667	1154440833	10338.0	<.0001
rep*dosis	4	446678	111669	1.00	0.4449
profund	2	2308881667	1154440833	10338.0	<.0001
dosis*profund	4	4617763333	1154440833	10338.0	<.0001

Anexo 5. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC fúngicas g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	151088100.0	10792007.1	1546.01	<.0001
Error	12	83766.7	6980.6		
Total correcto	26	151171866.7			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	UFCBac1 Media
0.999446	3.262245	83.54972	2561.111

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	866.7	433.3	0.06	0.9401
dosis	2	26726666.7	13363333.3	1914.37	<.0001
rep*dosis	4	40566.7	10141.7	1.45	0.2766
profund	2	17231666.7	8615833.3	1234.26	<.0001
dosis*profund	4	107088333.3	26772083.3	3835.24	<.0001

Anexo 6. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de UFC fúngicas g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	450.0000000	32.1428571	Infin	<.0001
Error	12	0.0000000	0.0000000		
Total correcto	26	450.0000000			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	UFCBac1 Media
1.000000	0	0	150.0000

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	450.0000000	225.0000000	Infin	<.0001
dosis	2	0.0000000	0.0000000	.	.
rep*dosis	4	0.0000000	0.0000000	.	.
profund	2	0.0000000	0.0000000	.	.
dosis*profund	4	0.0000000	0.0000000	.	.

Anexo 7. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos fitoparásitos por 100 g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	749674.0741	53548.1481	266.51	<.0001
Error	12	2411.1111	200.9259		
Total correcto	26	752085.1852			

R-cuadrado 0.996794 Coef Var 15.88052 Raiz MSE 14.17483 UFCBac1 Media 89.25926

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	2940.7407	1470.3704	7.32	0.0084
dosis	2	224229.6296	112114.8148	557.99	<.0001
rep*dosis	4	1814.8148	453.7037	2.26	0.1234
profund	2	130229.6296	65114.8148	324.07	<.0001
dosis*profund	4	390459.2593	97614.8148	485.82	<.0001

Anexo 8. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos fitoparásitos por 100 g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	11750.00000	839.28571	60.43	<.0001
Error	12	166.66667	13.88889		
Total correcto	26	11916.66667			

R-cuadrado 0.986014 Coef Var 33.54102 Raiz MSE 3.726780 UFCBac1 Media 11.11111

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	5.555556	2.777778	0.20	0.8214
dosis	2	1666.666667	833.333333	60.00	<.0001
rep*dosis	4	77.777778	19.444444	1.40	0.2923
profund	2	1666.666667	833.333333	60.00	<.0001
dosis*profund	4	8333.333333	2083.333333	150.00	<.0001

Anexo 9. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos de vida libre (NVL) por 100 g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 06 de octubre de 2020.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	1516100.000	108292.857	80.22	<.0001
Error	12	16200.000	1350.000		
Total correcto	26	1532300.000			

R-cuadrado 0.989428 Coef Var 18.37117 Raiz MSE 36.74235 UFCBac1 Media 200.0000

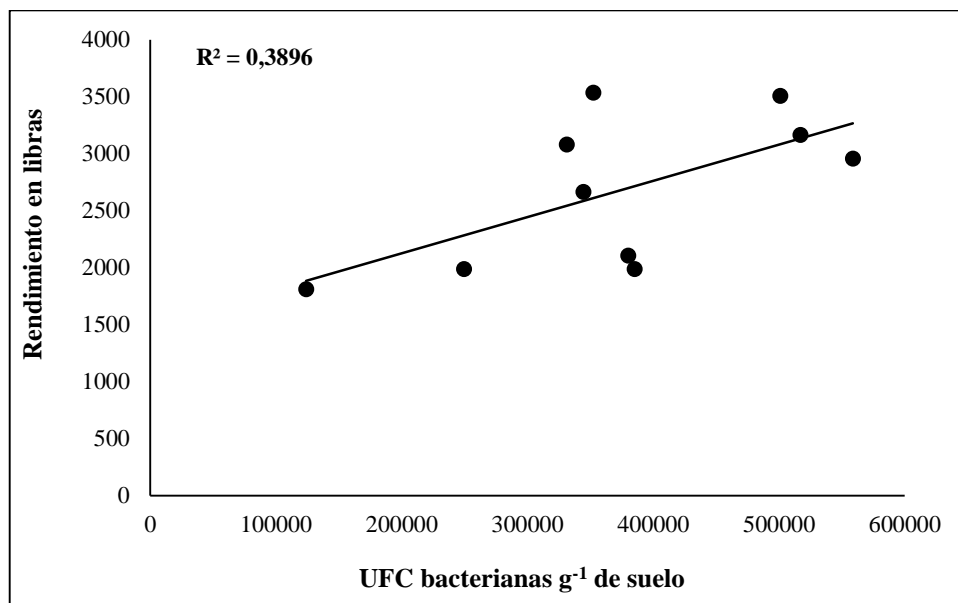
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	22.2222	11.1111	0.01	0.9918
dosis	2	695000.0000	347500.0000	257.41	<.0001
rep*dosis	4	1077.7778	269.4444	0.20	0.9338
profund	2	420000.0000	210000.0000	155.56	<.0001
dosis*profund	4	400000.0000	100000.0000	74.07	<.0001

Anexo 10. Análisis de varianza mostrando los factores: A (dosis del biosida AGROCELHONE) y B (profundidades de aplicación del biocida) sobre el número de nematodos de vida libre (NVL) por 100 g⁻¹ de suelo en un cultivo de tabaco, muestreado el 09 de noviembre de 2020.

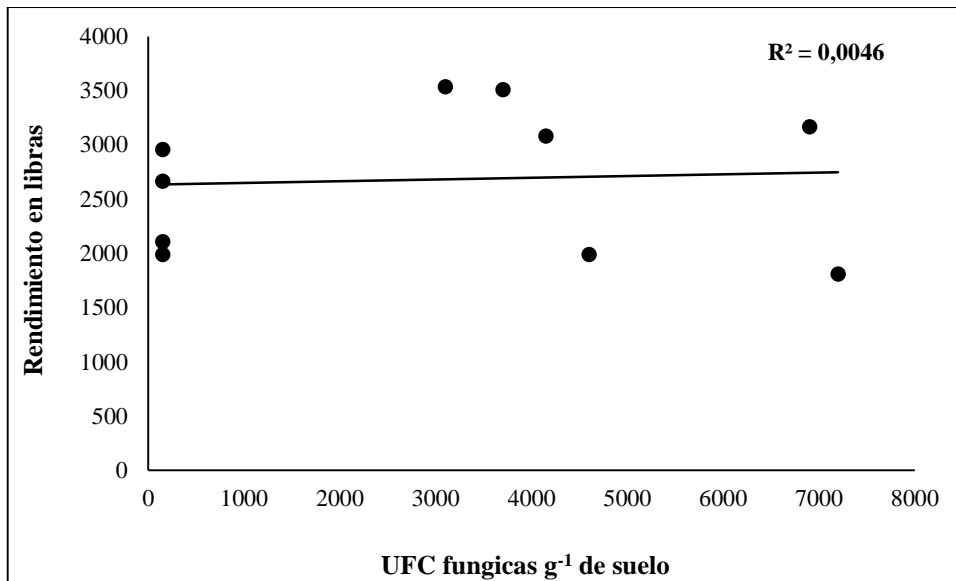
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	14	191550.0000	13682.1429	10.16	0.0001
Error	12	16166.6667	1347.2222		
Total correcto	26	207716.6667			

R-cuadrado 0.922170 Coef Var 17.85626 Raiz MSE 36.70453 UFCBac1 Media 205.5556

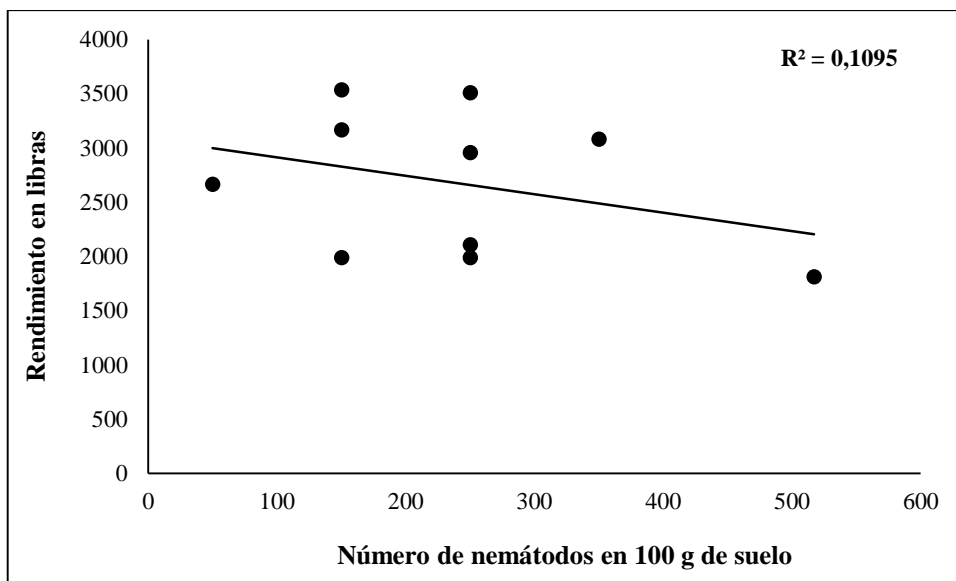
Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
rep	2	2005.55556	1002.77778	0.74	0.4958
dosis	2	46666.66667	23333.33333	17.32	0.0003
rep*dosis	4	2877.77778	719.44444	0.53	0.7135
profund	2	46666.66667	23333.33333	17.32	0.0003
dosis*profund	4	93333.33333	23333.33333	17.32	<.0001



Anexo 11. Correlación entre las poblaciones bacterianas (UFC g⁻¹ suelo) detectadas en el suelo bajo tratamientos y el rendimiento del tabaco en libras.



Anexo 12. Correlación entre las poblaciones fúngicas (UFC g-1 suelo) detectadas en el suelo bajo tratamientos y el rendimiento del tabaco en libras.



Anexo 13. Correlación entre las poblaciones de nematodos (individuos en 100 g suelo) detectadas en el suelo bajo tratamientos y el rendimiento del tabaco en libras.