

EFFECTO DE SOLARIZACIÓN BIOLÓGICA CON POLIETILENOTRICAPA SOBRE LA VIABILIDAD DE QUISTES DE *GLOBODERA* SPP.

Ricardo Piedra Naranjo¹

RESUMEN

Efecto de solarización biológica con polietilenotricapa sobre la viabilidad de quistes de *Globodera* spp. La investigación se estableció a altura de 3200 m s.n.m., en suelo de origen volcánico orden Andisol. Una temperatura promedio de 3°C a 17°C, una precipitación lluviosa de 2100 mm y 85% de humedad relativa. Su ubicación esta 9° 58.5812' latitud norte, 83° 49.7996' longitud oeste. Se evaluó el efecto de la solarización biológica con polietilenotricapa para el control de quistes de *Globodera* sp. en una parcela con plástico y otra parcela en descanso. Los resultados fueron analizados con la prueba t-Student al 0.05%. En laboratorio se identificaron diferencias significativas entre las variables larvas y huevos por quiste y larvas y huevos/g de suelo seco. Los meses que presentaron mayor temperatura fueron febrero, marzo, abril y mayo, comprendiendo las horas entre las 10:30 a.m. y las 3:30 p.m. para un promedio de 39,20 °C. Los meses con menores temperaturas fueron: junio, julio, agosto y octubre para un promedio de 19,20°C. En la parcela con polietilenotricapa, se observó la eliminación en la población de arvenses y parcialmente el aporco o remanente del cultivo de papa. El muestreo inicial en esta parcela en la variable de larvas y huevos/g de suelo seco, fue de 93,00 y finalizó con 12,49. Para el caso del tratamiento sin plástico, las poblaciones de larvas y huevos/g de suelo seco iniciaron con un 94,00 y finalizaron con 130,25. El análisis microbiológico demostró que la parcela solarizada eliminó el patógeno *Pythium* sp, en parcela sin plástico finalizó con la presencia de los microorganismos fitopatógenos: *Phytophthora* sp., *Pythium* sp., *Ralstonia solanacearum* y *Pseudomonas* sp. En general la parcela tratada con solarización demostró un efecto de eficacia de 87% en la viabilidad de larvas y huevos por quiste.

Palabras claves: Polietilenotricapa, solarización, viabilidad, eficacia, larvas, huevos.

Key words: Polyethylenetricapa, solarization, viability, efficacy, larvae, eggs.

INTRODUCCIÓN

En el año 2016 el cultivo de papa en Costa Rica alcanzó 97.979 toneladas y un área sembrada de más de 3.600 hectáreas. Por otro lado, y según, Avilés y Piedra (2016), los costos totales para el establecimiento de papa mediante el manejo convencional en Costa Rica rondan los ₡4.916.694,94 por hectárea. Las importaciones

para ese mismo año no superaron el 3.12%. Este cultivo es un alimento muy nutritivo; desempeña funciones energéticas, debido a su alto contenido de almidón, y funciones reguladoras del organismo, por su elevado contenido de vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Se consideraba que era un alimento nutritivamente pobre, pero en

1. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. rpiedra@inta.go.cr. ORCID: 0000-0002-1433-1834. Sede del Laboratorio de Fitoprotección del INTA. Sabana Sur, San José.

realidad aporta más nutrientes que energía al organismo. En Costa Rica la mayoría de la población tiene acceso a este alimento, ya que se produce durante todo el año. Una hectárea de papa puede rendir la misma cantidad de alimento que dos a cuatro hectáreas de granos básicos; además, produce el doble de proteínas por hectárea que el trigo (Espinoza 2014).

La papa al igual que otros cultivos no escapa al ataque de plagas y enfermedades. Una de las plagas más importantes ha sido *Globodera* spp, por ser una plaga cuarentenaria. En Costa Rica, el primer registro de *Globodera* spp. fue en 1973, cuando Ramírez y Bianchini, indicaron la presencia de *G. rostochiensis* en 18 fincas ubicadas en Cartago entre los años 1972 y 1974. Sin embargo, en los siguientes años no se logró determinar su presencia y las pruebas de patogenicidad en dos variedades de papa fueron negativas (Humphrey, 2006). La plaga fue confirmada hasta enero del año 2005, en una investigación realizada por el Laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica, en una finca cultivada con la variedad Floresta, ubicada en las cercanías del volcán Irazú (Coto, 2005). Entre otras consideraciones de esta plaga, en la actualidad existe una nueva especie, *G. ellingtonae*, un estudio de sus características fue identificada y publicada en Oregón en 2014, *G. ellingtonae* fue identificado en raíces de papas del norte de Argentina (Skantar *et al.*, 2011).

Según Franco (1986) la presencia del nematodo en cualquier región o país conlleva a varias consecuencias tales como: reducción de rendimiento productivo en función de la población del nematodo, problemas comerciales entre países, tanto de papa comercial como de semilla certificada y registrada, diseminación a otras localidades de producción por falta de controles fitosanitarios debido al comercio de semilla entre fincas, lo cual favorece que la plaga se propague. Por otra parte, los productores compran las semillas con una calidad desconocida y en algunos casos, la semilla ha sido sembrada sucesivamente, provocando la degradación de su calidad y haciéndola más susceptible al nematodo y degeneración por virus. Los nematodos de mayor importancia en el cultivo de papa han sido *Meloidogyne* sp, *Globodera* sp, y *Pratylenchus* sp (Palomares *et al.* 2014; Luc *et al.* 2005). De acuerdo con Crozzoli (1994) las plagas agrícolas como *Globodera* spp.

han tratado de ser controladas durante años mediante el uso de plaguicidas químicos provocando un fuerte impacto sobre los organismos benéficos presentes en el suelo y el ambiente.

En la actualidad el uso de la solarización por parte de los agricultores es sumamente bajo, la mayoría de los técnicos y agricultores solo tienen conocimiento parcial o no conocen la técnica de solarización. Aquellos que han usado la solarización manifiestan que es una alternativa importante y que da buenos resultados, pero señalan algunas limitaciones tales como: el alto costo del plástico, tiempo de espera y en algunos casos efectividad errática en el control de malezas como *C. rotundus* y los nematodos (FAO 1995). Existe un sistema de solarización con cobertura hermética del suelo, humedeciendo el suelo y posteriormente se pone el plástico transparente UV, durante un tiempo definido (Katan y DeVay, 1991).

La solarización se ha definido como el calentamiento del suelo cubriéndolo con plástico transparente durante un tiempo definido donde exista una mayor radiación solar, logrando así, un incremento en la temperatura que destruya microorganismos patógenos que afectan cultivos agrícolas, las temperaturas pueden alcanzar de 45 a 55 °C en capas superficiales y de 40 a 45 °C a 25 cm de profundidad, tiene otra característica que elimina arvenses como efecto herbicida (Hernández 2013). Otros estudios demuestran que algunos organismos de suelo soportan temperaturas con un umbral térmico cercano a los 37 °C, de tal manera que usando solarización puede cubrir varias explotaciones agropecuarias en programas de control de plagas y enfermedades (Stapleton *et al.*, 2000). Por otro lado, usando protección vegetal o residuos vegetales, se puede obtener un control biológico y cultural, de manera que es aplicable de forma manejo integrado y orgánica con la solarización (Arboleya *et al.* 2006).

Según Davis (1991), la solarización puede controlar una gama de organismos patógenos de suelo como: *Pythium ultimum*, *Pythium* spp., *Verticillium albo-atrum*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotium cepivorum*; entre los nematodos *Ditylenchus dipsacii*, *Meloidogyne javanica* y, entre las malezas, *Poa annua*, *Echinochloa crusgalli*, *Malva parviflora*, *Stellaria media*, *Portulaca oleracea*, *Lamium amplexicaule*,

Chenopodium album, *Digitaria sanguinalis*, *Ipomoea* spp., *Amaranthus retroflexus*, *Anoda cristata* y *Senecio vulgaris*. Existen algunas experiencias del control de nematodos fitoparásitos, solarizando por 50 días con temperaturas promedio de 60 °C se obtuvo un excelente control (Bernal, 2005).

La biofumigación con enmiendas orgánicas junto con la solarización transforma gases y otros productos de biodegradación que pueden ser utilizados como fumigantes para el control de los organismos patógenos de vegetales, además del poco impacto ambiental, contribuye que su eficacia se incrementa cuando se incorpora dentro de un sistema de manejo integrado de cultivos (Bello 1998). En Costa Rica, como en muchas otras partes del mundo, la solarización o calentamiento del suelo por irradiación solar mediante el empleo de coberturas plásticas, se ha considerado una alternativa no química importante en el control de malezas y patógenos, especialmente en almácigos. Esporádicamente la solarización se ha utilizado también en cultivos de alta rentabilidad, en los que por alguna razón no se desea

aplicar plaguicidas. El método es poco utilizado, ya que es desconocido por los agricultores. Las investigaciones con esta técnica han sido dirigidas principalmente al control de algunos patógenos y malezas en varios cultivos en almácigos (FAO 1995).

La solarización debe tener algunas características y se menciona dos principales: Una: la temperatura del aire es mucho mejor en la época seca o del año más alta; otra característica es la humedad del suelo, necesaria para incrementar la sensibilidad y conductividad térmica para el control de los objetivos que queremos controlar facilitando la actividad biológica. En el caso de suelos de textura pesada (del tipo arcilloso, limoarcillosos) es suficiente con un riego antes de colocar el plástico. En otro contexto suelos de textura liviana es importante hacer algún tipo de riego antes de solarizar (Horiuchi, 1991). Por tanto; se definió el objetivo de evaluar el efecto de la solarización con polietileno tricapa contra poblaciones de *Globodera* spp, en área infestada y con historial de siembra consecutiva de papa.

METODOLOGÍA

El estudio se ubicó en la pastora provincia de Cartago, una altura de 3200 m s.n.m. predomina el Bosque muy húmedo montano, el suelo es de origen volcánico del orden Andisol. La temperatura, precipitación y humedad relativa promedio anual es de 3°C a 17°C, 2 100 mm y 85%, respectivamente. Su ubicación es 9° 58.5812' latitud norte 83° 49.7996' longitud oeste.

Área de estudio

Las parcelas evaluadas tenían un historial de la plaga y siembras sucesivas del cultivo de papa. El tamaño de cada parcela fue de 100 m² (figura 1 y 2). En cada parcela, los muestreos se realizaron en forma de zigzag, con 10 submuestras para una

muestra compuesta, de la cual se analizaron 250 g para la extracción de quistes. En la parcela con polietileno tricapa para la toma de temperatura del suelo, se utilizó una estación portátil semi-automatizada que registró datos diarios por debajo del plástico a una profundidad de 15 cm (figura 1 y 2)

En cada parcela se utilizaron 10 submuestras por cada muestra, para su respectivo análisis. Los resultados de la viabilidad de los quistes con sus variables fueron analizados con la prueba estadística de t- Student. Los datos del software fueron tomados durante los nueve meses, en un rango entre las 10:30 a.m. y 3:30 p.m. Se tomaron datos de la temperatura sobre el plástico y a 15 cm de profundidad. Los muestreos se realizaron de febrero a octubre del 2018.



Figura 1. Montaje de plástico en área solarizada. San Juan de Chicué, Cartago, 2018.



Figura 2. (A) Instalación de Data-logger, toma de datos de temperatura a 15 cm del suelo. (B). San Juan de Chicué, Cartago, 2018.

Extracción de quistes

Para la extracción de quistes de suelo se utilizó el sistema de Fenwick modificado, Fenwick (1940), Ostenbrink (1950). Este método consiste en un embudo colocado sobre un recipiente el cual en su parte ensanchada tiene un tamiz con poros de 1 mm de diámetro en la cual se deposita la muestra de suelo. El instrumento es de forma trapezoidal en su parte inferior. Presenta los soportes del embudo y una aleta inclinada que bordea el recipiente como collar, pero termina en su solo conducto (figura 3A). La muestra al caer

al depósito inferior del instrumento hace que los residuos orgánicos precipiten al fondo y la materia más liviana flote, la cual es recogida por un tamiz de 100 mesh, el cual tiene una abertura de 0,038 mm y un diámetro de 0,035 mm.

Los residuos de suelo y quistes recogidos en el tamiz de 100 mesh fueron transferidos a un balón aforado de 250 ml y llenado hasta la mitad con agua. Se agitó y se mezcló la muestra, después se llenó el balón por completo con agua. Se dejó

en reposo durante un minuto para que los quistes flotaran y el resto de materia orgánica precipitara. Posteriormente, se vaciaron los quistes sobre un papel filtro colocado previamente en el embudo de manera que mientras se rotó el balón, el material orgánico no pasara al filtro. La muestra se secó a temperatura ambiente entre los 24 y 25 °C. Posteriormente, se extrajeron los quistes para su conteo y análisis.

Prueba de viabilidad

Con los quistes extraídos, se les realizó la prueba de viabilidad, que consistió en obtener el promedio de huevos y larvas por quiste. Este se efectuó tomando 25 quistes, triturándolos con un homogenizador. Luego se disolvió en un volumen de agua de 50 cc, posteriormente, con una pipeta se tomaron 3 cc para obtener el promedio de huevos y larvas por quiste mediante cálculo matemático, como se indica en la siguiente fórmula para viabilidad de quistes:

$$VT = \frac{\text{Pro. } 3\text{cc} \times \text{Vol. H}_2\text{O}}{Q}$$

Dónde:

VT= Viabilidad Total

Pro= Promedio de 3 alícuotas

Q= Número de quistes

La identificación de hongos y bacterias de suelo, se utilizó los medios de PDA, AN, TZC, BDK, CPG y AA.

VARIABLES A EVALUAR

- Población inicial y final de quistes en 250 g de suelo seco.
- Viabilidad de larvas y huevos/g/quiste y larvas y huevos/g/suelo seco.
- Temperatura sobre plástico y a 15 cm de profundidad del suelo.
- Poblaciones de microorganismos de suelo (microbiología), inicial y final.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 y la Figura 3, presentan las temperaturas promedio de cada mes. Sobre el plástico a 15 cm de profundidad, destacó, que los meses de mayor temperatura fueron febrero, marzo, abril y mayo, para un promedio de 39,20 y de menor número fueron: junio, julio, agosto, setiembre y octubre, con promedio de 19.09 °C.

Cuadro 1. Datos de temperatura (°C) sobre polietileno tricapa y a 15 cm de profundidad de suelo. San Juan de Chicué. Cartago. 2018.

	Temperatura promedio mensual sobre plástico	Temperatura promedio a 15 cm profundidad de suelo
Febrero	37,76	18,53
Marzo	41,64	23,01
Abril	41,97	23,92
Mayo	35,45	19,38
Junio	30,19	18,82
Julio	25,61	17,61
Agosto	24,27	17,38
Setiembre	28,77	20,32
Octubre	31,88	21,32
Promedio	39,205	19,09

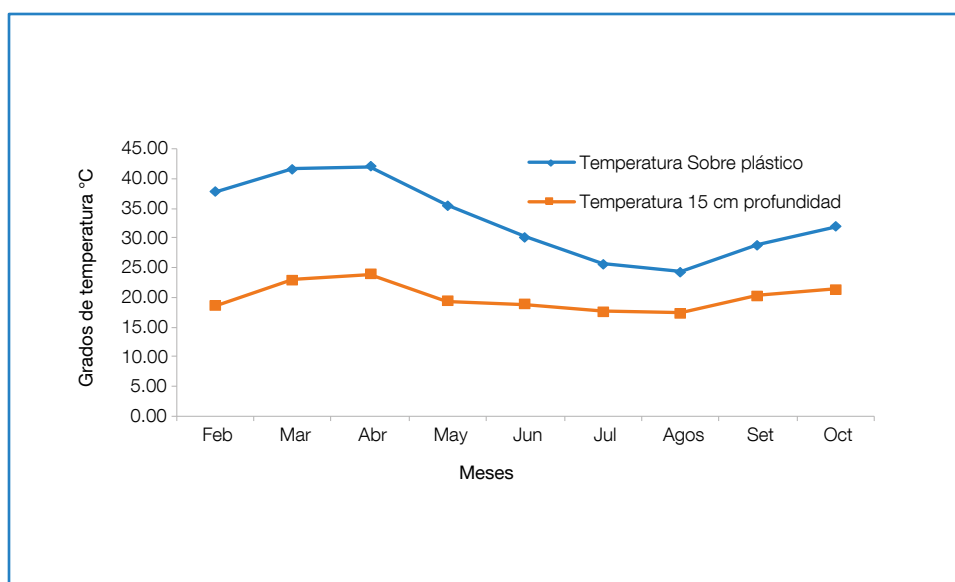


Figura 3. Promedio mensual de temperatura sobre el plástico y 15 cm de profundidad el suelo solarizado. Datos tomados en durante horas de 10:30 a.m. a 3:30 p.m. durante nueve meses. San Juan de Chicué. Cartago, 2018.

Los Cuadros 2, 3 y la Figura 6 presentan durante los muestreos ejecutados en ambas parcelas con y sin plástico, durante el período comprendido entre febrero y octubre 2018. Los resultados de las medias de los tratamientos en la variable larvas y huevos/g de suelo seco indicaron que el muestreo inicial en la parcela con polietileno-tricapa presentó una población de larvas y huevos/g de suelo seco de 93,00, el muestreo final concluyó con 12,49. Lo anterior muestra que el efecto de la solarización disminuyó la plaga por debajo del umbral de daño establecido (13 larvas y huevos/g de suelo) con un porcentaje de 87% menos en las poblaciones. Por el contrario, la parcela sin plástico inició con 94.00 y finalizó con 130,25.

Cuadro 2. Poblaciones de quistes y viabilidad durante los muestreos ejecutados en ambas parcelas con y sin plástico. San Juan de Chicué. Cartago. 2018

Meses de muestreo	Parcelas	Total Quistes	Larvas y huevos/quiste	Total larvas y huevos	L/h/g suelo seco
Febrero	1-Con plástico	186	125	23,250	93,00
	2-Sin Plástico	188	125	23,500	94,00
Abril	1-Con plástico	288	50	14,400	53,33
	2-Sin Plástico	260	162,5	68,250	252,78
Julio	1-Con plástico	110	35,42	3.896	16,79
	2-Sin Plástico	220	114,58	25.207	109,59
Octubre	1-Con plástico	187	17,5	3,272	12,49
	2-Sin Plástico	350	97,5	34,125	130,25

En el Cuadro 3, La prueba de t-Student presentó diferencias estadísticas entre las variables larvas y huevos/quiste y larvas y huevos/g de suelo seco, estas son quizá las variables más importantes de la investigación y en general para esta plaga.

Cuadro 3. Medias en la prueba de t-Student en parcelas con plástico y sin plástico.. Cartago, San Juan de Chicuá. Costa Rica. 2018.

Variables	Con plástico	Sin plástico	Probabilidad P=valor	Prueba
Total de quistes	192,75	254,50	0,2684	bilateral
Larvas y huevos/quiste	56,98	124,90	0,0475*	bilateral
Total Larvas y huevos	11,20	37,77	0,0596	bilateral
Larvas y huevos/g de suelo seco	43,90	146,66	0,0451*	bilateral

*Valores menores (<) al 0.05% tienen significancia según prueba T de student.

En la Figura 4, se observan las dos parcelas con polietileno y sin plástico. En la parcela solarizada hubo una eliminación de plantas arvenses, una reducción muy importante del aporco o remanentes del cultivo de papa.

Entre los aspectos relevantes, la parcela con polietileno obtuvo una disminución de poblaciones considerable en todas las variables en los diferentes muestreos. En la parcela sin plástico, en algunos meses disminuyeron las poblaciones; lo anterior debido que, los nematodos como *Globodera* sp. (aunque no tengan hospedero), siempre eclosionan respondiendo a los cambios de temperatura y humedad. Sumado a esto, los exudados radicales de las arvenses (aunque estas no son hospederos como la papa), pueden disminuir sus poblaciones. Sin embargo, las poblaciones se incrementan cuando brotan los remanentes de los tubérculos y reinician su ciclo de vida. Lo anterior ocurrió en el tratamiento sin plástico, aun así, sus poblaciones fueron siempre altas (figura 4 B).



Figura 4. (A) Parcelas con polietileno. (B) Parcelas sin plástico al final del último muestreo. San Juan de Chicuá, Cartago, Costa Rica, 2018.

El Cuadro 4, presenta los resultados del análisis microbiológico de suelo, con respecto al muestreo inicial. Se observó la presencia en ambas parcelas de los hongos fitopatógenos *Pythium* sp. y *Fusarium* sp. No se observaron bacterias fitopatógenas. Los demás hongos identificados se consideran saprófitos y no afectan a los cultivos agrícolas.

Cuadro 4. Muestreo inicial de microbiología de suelos en parcelas con polietileno-tricapa y sin plástico. San Juan de Chicué Cartago, Costa Rica. 2018.

Descripción de la muestra	Hongos positivos en el medio de cultivo	Bacterias
Suelo con plástico	<i>Pythium</i> , <i>Fusarium</i> sp. <i>Mucor</i> sp., <i>Syncephalastrum</i> sp.	Crecimiento negativo de bacterias fitopatógenas.
Suelo sin plástico	<i>Pythium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp. <i>Mucor</i> sp., <i>Syncephalastrum</i> sp.	Crecimiento negativo de bacterias fitopatógenas.

El Cuadro 5, presenta el análisis microbiológico de suelo finalizada la investigación. Indica que, en el suelo con polietileno-tricapa prevalece del hongo patógeno *Fusarium* sp. Es posible que la temperatura máxima que alcanzó este tratamiento no afectara este microorganismo. Resaltó que no hubo un crecimiento de bacterias fitopatógenas en la muestra del suelo.

Para el caso del tratamiento sin plástico, los hongos fitopatógenos encontrados fueron: *Phytophthora* sp., y *Pythium* sp., además, del crecimiento de bacterias *Ralstonia solanacearum* y *Pseudomonas* sp., estos últimos microorganismos afectan al cultivo de papa y son de importancia por el daño que produce en la reducción de los tubérculos y pudriciones de los mismos, lo cual incide en su rendimiento.

Cuadro 5. Muestreo final de microbiología de suelos en parcelas con y sin plástico. San Juan de Chicué Cartago, Costa Rica. 2018.

Descripción de la muestra	Hongos positivos en el medio de cultivo	Bacterias
Suelo con plástico	<i>Geotrichum</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. <i>Mucor</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp.	Crecimiento negativo de bacterias fitopatógenas
Suelo sin plástico	<i>Phytophthora</i> sp., <i>Pythium</i> sp. <i>Mucor</i> sp., <i>Syncephalastrum</i> sp.	Crecimiento positivo de Bacterias patógenas: <i>Ralstonia solanacearum</i> y <i>Pseudomonas</i> sp.

Durante esta investigación, las temperaturas máximas promedio por mes, entre las 10:30 a.m. y 3:30 p.m., alcanzaron rangos mayores a los 35°C. Hubo una reducción de la plaga en la parcela solarizada con polietileno-tricapa. El muestreo inicial en esta parcela con plástico evidenció una población de 93 larvas y huevos/g de suelo seco y finalizó con 12,49. El efecto de la solarización disminuyó la plaga por debajo del umbral de daño establecido (13 larvas y huevos/g de suelo) con un 87% de reducción de las poblaciones. En el caso del tratamiento sin plástico, inició con 94 larvas y huevos/g de suelo seco y terminó con 130,25. También la parcela solarizada con polietileno-tricapa eliminó

los hongos patógenos *Pythium* sp. y *Erwinia* sp., los cuales afectan el rendimiento del cultivo de papa, por otro lado, hubo un efecto total sobre las arvenses y eliminación parcial sobre el aporco como remanente de siembras anteriores de papa.

Según FAO (1995), el uso de la solarización por parte de los agricultores es sumamente bajo, la mayoría de los técnicos y agricultores solo tienen conocimiento parcial o no de la técnica. Aquellos que han usado la solarización manifiestan que es una alternativa importante y que da buenos resultados, pero señalan algunas limitaciones, como el alto costo del plástico, el tiempo de espera y en

algunos casos la efectividad errática en el control de malezas como *C. rotundus* y los nematodos. Por otra parte, en Costa Rica, como en muchas otras partes del mundo, la solarización o calentamiento del suelo por irradiación solar mediante el empleo de coberturas plásticas, se ha considerado una alternativa no química importante en el control de malezas y patógenos, especialmente en almácigos. Esporádicamente la solarización se ha utilizado también en cultivos de alta rentabilidad, en los que por alguna razón no se desea aplicar plaguicidas.

En esta investigación, los meses de mayor temperatura, sobre el plástico, fueron febrero, marzo, abril y mayo, con un promedio de 39,20 °C y los de menor temperatura fueron junio, julio, agosto y octubre para un promedio de 19,09°C. En la prueba estadística hubo diferencias significativas al 0.05% entre las variables: total de larvas y huevos/quiste y la cantidad de larvas y huevos/g de suelo seco. Lo anterior fue menor a la parcela con plástico. Con la parcela solarizada se determinó la eliminación de plantas arvenses y parcialmente de residuos del cultivo de papa. También y de acuerdo con FAO (1995), el sistema de solarización con cobertura húmeda ayuda tener un mejor efecto sobre la plaga y las malezas del suelo; por tanto, en esta localidad donde se ejecutó la investigación los suelos son muy húmedos y esto ayudó a subir temperatura en la época seca para un mejor control de la plaga en estudio.

El análisis microbiológico de la parcela solarizada con polietileno-tricapa mostró un efecto de eliminación del microorganismo patógeno *Pythium* sp., que puede afectar el rendimiento del cultivo de papa. Para el caso del tratamiento sin plástico, los hongos fitopatógenos encontrados, al inicio y al final, fueron: *Phytophthora* sp., y *Pythium* sp. y las bacterias fitopatógenas *Ralstonia solanacearum* y *Pseudomonas* sp. Estos microorganismos, en algunos casos, influyen en el rendimiento y

podrición de tubérculos. Según Arboleya *et al.*, 2006, algunos organismos de suelo soportan temperaturas muy cercanas a los 37 °C. Lo anterior, refuerza el efecto que tuvo el plástico polietileno-tricapa sobre *Globodera* si, porque, la máxima temperatura llegó cerca a los 40°C. De igual manera Stapleton *et al.*, 2000, manifiestan que esta técnica se puede utilizar en varios cultivos o explotaciones agropecuarias y como ejemplo esta técnica se puede utilizar en almácigos de cebolla para el control de patógenos de suelo. De acuerdo con Katan y DeVay (1991) la solarización es una buena alternativa que da buenos resultados, pero hay algunas limitaciones: el alto costo del plástico, tiempo de espera y en particular este caso la topografía de los terrenos para poder tener cobertura del suelo es muy difícil. Las investigaciones con esta técnica han sido dirigidas principalmente al control de algunos patógenos y arvenses en varios cultivos en almácigos. En Costa Rica y en especial la zona norte de la provincia de Cartago la mayoría de los productores dejan residuos de papa y esto hace que se sigan reproduciendo plagas con el nematodo *Globodera* spp.

En general, la variable viabilidad de larvas y huevos/g de suelo seco presentó una eficacia de un 87% en la parcela polietileno-tricapa al obtener una población inicial de 93,00 larvas y huevos/g de suelo seco y la finalizar con 12,49. De acuerdo con Davis (1991), la solarización puede controlar gran variedad de microorganismos como: *Pythium ultimum*, *Pythium* spp., *Verticillium albo-atrum*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotium cepivorum*; entre los nematodos *Ditylenchus dipsacii*, *Meloidogyne javanica* y otras malezas o arvenses. Lo anterior, le da validez a los resultados, al demostrarse un control de *Pythium* sp y un efecto sobre la viabilidad de quistes de *Globodera* spp. Esta técnica es una opción o alternativa en áreas pequeñas y planas para obtener semilla básica de papa y también servir, en solarizar áreas para semillero como la cebolla.

LITERATURA CITADA

- Avilés, J; Piedra, R. 2016. Manual del cultivo de papa en Costa Rica. p.98.
- Bernal, R; Mendo, Y; Orihuela, C. 2005. Alternativas al Bromuro de Metilo en Zonas de Salto y Bella Unión - Informe Final 2004. INIA Salto Grande. Ad 399.
- Bello, A. 1998. Biofumigation and integrated pest management. In: A. Bello; J. A. González; M. Arias; R. Rodríguez-Kábana (Eds). Alternatives to Methyl Bromide for the Southern European Countries. Phytoma España, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 99-126.
- Crozzoli, PR. 1994. Temas de nematología Agrícola I. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Comisión de información. p. 8-9.
- Hernández, J.C. 2013. Edafología y Fertilidad. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Valencia, España. 205 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/desinfeccion-del-suelo-por-solarizacion> - Esta información es propiedad intelectual de INTAGRI S.C.
- Davis, J. R. 1991. Soil solarization pathogen and disease control and increases in crop yield and quality: short- and long-term effects and integrated control. In: Katan, J. De Vay J. E. (Eds). Soil Solarization. CRC Press, Boca Raton, FL pp 39-50.
- Espinoza, LD. 2014. La papa en la seguridad alimentaria (I) (en línea). El Economista, Ciudad de México, México. 15 dic. Disponible en <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2014/12/15/papa-seguridad-alimentaria-i>.
- Fenwick, DW. 1940. Methods for recovery and counting of cyst *Heterodera* Sachtii from soil. Journal of Helminthology 18:155-172.
- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Departamento Agricultura y Protección al consumidor. Enfoques Pp. 1-2, 21.
- Franco, J. 1986. Nematodo del quiste de la papa. Boletín de Información Técnica 9. CIP (Centro Internacional de la Papa). Lima, Perú. p. 5- 15.
- Horiuchi, S. 1991. Soil solarization in Japan. En: Soil Solarization. Eds. Katan J. and DeVay J.E. pag.215-225.
- Luc, M; R; Bridge, J. 2005 Plan Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2 ed. Wallingford, UK. CAB international. P 877.
- Katan, J. and DeVay, J. E. 1991. Soil Solarization: historical perspectives, principles and uses. In: Soil Solarization. CRC press. Pp. 23-37.
- Oostenbrink, M. 1950. Het aardappelaaltje (*Heterodera rostochiensis* Wollenweber) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige sardappelcultuur. Versl. Meded. plziektenk. Dienst. Wageningen Pp 115: 230.
- Stapleton, J. J; Elmore, C. L and DeVay, J. E. 2000. Solarization and biofumigation help disinfect soil. CALIFORNIA AGRICULTURE, Volume 54, N° 6 pag. 42-45
- Arboleya, J; Campelo, E. y Rodríguez, J. 2006. Solarización de canteros para almacigos de cebolla. Revista INIA N°8 pp. 21- 24.
- Skantar, AM; Handoo, ZA; Zasada, IA; Ingham, RE; Carta, LK; Chitwood, DJ. 2011. Morphological and molecular characterization of *Globodera* populations from Oregon and Idaho. Phytopathology: 101:480-491.