

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
GRUPO ENTOMOLOGÍA CONTROL BIOLÓGICO
LINEA DE INVESTIGACIÓN EN NEMATODOS ENTOMOPARÁSITOS**

**PRUEBAS DE LABORATORIO Y CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE LA
CAPACIDAD PATOGENICA Y DE ESTABLECIMIENTO DEL NEMATODO
ENTOMOPARÁSITO *Steinernema feltiae* (RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE)
CEPA COLOMBIA, PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *TECIA SOLANIVORA*
(LEPIDOPTERA: Gelechiidae)**

INFORME FINAL Proyecto Cevipapa IV

<i>Jesús Emilio Luque Z.</i>	<i>Julio César Parada S.</i>
Biólogo M. Sc. Entomología	Biólogo M. Sc. Entomología
Asesor	Coinvestigador

Bogotá D. C., Marzo de 2001

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
1 OBJETIVOS	5
1.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2. ANTECEDENTES Y JUTIFICACIÓN	5
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1 BIONOMIA DE NEMATODOS ENTOMOPARÁSITOS STEINERNEMATIDOS	7
3.1.1 POSICIÓN TAXONÓMICA	9
3.1.2 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT	9
3.1.3 HOSPEDANTES	10
3.1.4 BIOLOGÍA	10
3.1.5 PATOGENICIDAD	10
3.1.6 ECOLOGÍA Y ETOLOGÍA	11
3.1.7 HÁBITAT Y SUELO	11
3.1.8 AGROQUÍMICOS Y TÉCNICAS DE LIBERACIÓN	12
3.1.9 ACCIÓN DE J3 EN CAMPO	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1 PRUEBAS Y ANÁLISIS PARALELOS PARA <i>S. feltiae</i>	13
4.2 PRUEBAS Y ANÁLISIS PARALELOS PARA <i>T. solanivora</i>	13
4.3 PRODUCCIÓN Y MANIPULACION DE <i>S. feltiae</i>	13
4.4 ENSAYOS EN CAMPO	14
5. RESULTADOS	16
5.1 PRUEBAS Y ANÁLISIS PARALELOS EN <i>S. feltiae</i>	16
5.2 PRUEBAS Y ANÁLISIS PARALELOS EN <i>T. solanivora</i>	16
5.3 MANIPULACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE <i>S. feltiae</i>	17
5.3.1 PRODUCCIÓN Y ALAMCENAMIENTO	17
5.3.2 LIBERACIÓN	17
5.3.3 SUPERVIVENCIA	17
5.4 DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD EN CICLO 1	18
5.4.1 CONDICIÓN SANITARIA	18
5.4.2 COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE <i>T. solanivora</i>	18
5.4.3 RENDIMIENTO Y NIVEL DE DAÑO	18
5.5 DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD EN CICLO 2	20
5.5.1 CONDICIÓN SANITARIA	20
5.5.2 COMPORTAMIENTO POBLACIONAL DE <i>T. solanivora</i>	21
5.5.3 RENDIMIENTO Y NIVEL DE DAÑO	21
6. DISCUSIÓN	24
7. BIBLIOGRAFÍA	26

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS	TITULO	Pg
1	Jeringa dosificadora Lhaura VET®.	14
2	Mapa de campo. E= época de aplicación; 1= Aporque; 2= Precosecha; D1 a D4= nematodos J3/m ² ; B= Bloque	15
3	Producción en Kg por tratamiento en Ciclo 1., J3= juvenil infectivo; T= Testigo	29
4	Producción en Kg por tratamiento en Ciclo 2., J3= juvenil infectivo; T= Testigo	30
5	Producción de tubérculo Kg por época de aplicación en Ciclo 1: Ts= Testigo	31
6	Producción de tubérculo Kg por época de aplicación en Ciclo 2; Ts= Testigo	32
TABLAS		
1	Producción en Kilogramos por categoría y Porcentaje de daño por tratamiento para Ciclo 1 de cultivo. D= dañado; S= sano. Categorías O= cero, Pr= primera, sg= segunda y ter= tercera. E1= época 1; E2= época 2; Tab= testigo absoluto; TC= testigo comercial.	19
2	Análisis de varianza para porcentaje de daño por categoría y daño total en el Ciclo de cultivo I. C.V.= coeficiente de variación; Trat= tratamientos; test= testigos.	20
3	Producción en Kilogramos por categoría y Porcentaje de daño por tratamiento para Ciclo 2 de cultivo. D= dañado; S= sano. Categorías O= cero, Pr= primera, sg= segunda y ter= tercera. E1= época 1; E2= época 2; Tab= testigo absoluto; TC= testigo comercial.	22
4	Análisis de varianza para porcentaje de daño por categoría y daño total en el Ciclo de cultivo II. C.V.= coeficiente de variación; Trat= tratamientos; test= testigos.	23

RESUMEN

Durante dos ciclos de cultivo de *Solanum tuberosum* variedad Parda Pastusa, se evaluaron cuatro concentraciones de juveniles infectivos de *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) cepa Colombia, en aplicaciones al inicio de tuberización y pos floración. Para los dos periodos de cultivo, el porcentaje de daño a tubérculos por polilla guatemalteca y gusano blanco, no superó el 25%. No se evidenciaron diferencias significativas entre las épocas de liberación ni entre las dosis de juveniles infectivos aplicados. La supervivencia en suelo no superó los 30 días, lo cual no garantiza su establecimiento, debido posiblemente a las condiciones de alta salinidad, variaciones en el potencial de hidrógeno y alta compactación, por problemas de drenaje que se presentan en los suelos del área de estudio. Aún bajo estas condiciones, los resultados obtenidos confirman la capacidad patogénica de *Steinernema feltiae* bajo condiciones de cultivo y su potencial uso en programas de manejo de los lepidópteros Gelechiidae *Tecia solanivora* y *Pthorimaea operculella*, además del coleóptero Curculionidae *Premnotrypes vorax*, ya sea como estrategia preventiva para manejo de focos de infección o como alternativa de control de poblaciones durante periodos de cultivo.

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de hábitat críptico de los insectos dañinos a tubérculos en el cultivo de Papa, tal vez ha sido uno de los principales obstáculos para que el uso de controladores biológicos como bacterias y hongos entomopatógenos, sean alternativas viables de control. La permanencia en más de un 70% del ciclo de vida en suelo y dentro del tubérculo, junto a factores físicos, biológicos y químicos del ambiente suelo, con causas de detrimento del controlador y obstáculo para la efectiva localización del insecto blanco. Por ello depredadores y parásitos de buena movilidad y adaptabilidad a condiciones de suelos agrícolas, como ácaros, insectos inmaduros y nematodos entomoparásitos (NE), son las alternativas a tener en cuenta para el control de este tipo de insectos, principalmente en condiciones de campo.

Cerca de un 70% de productos comerciales de NE son esteinernematidos, de los cuales un 5% corresponde a cepas de *S. feltiae*, que vienen siendo usados en el control de insectos dañinos como dípteros, coleópteros y barrenadores en cultivos de pastos, ornamentales y hortalizas (Grewal 1999) *S. feltiae* se considera de distribución cosmopolita, reportándose poblaciones en Argentina, Australia, Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hawaii, Holanda, Hungría, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Rusia, Checoslovaquia, Suecia, Suiza, Turquía, Inglaterra, Estados Unidos. (Hominick, et. al 1996) Para Colombia se presentan registros en Cundinamarca en los municipios de Carmen de Carupa, Cogua, Chipaque, Choachi, Guasca, Guatavita, Soacha (Centro de investigaciones San Jorge ICA) Sesquile, Subachoque, Tausa Ubate, Une, Usme, Villapinzón, Zipaquirá y en Boyacá en los municipios de Ventaquemada, Motavita y Chiquinquirá, en alturas entre 2430 y 3610 metros, tanto en hábitat natural como cultivado, en suelo de texturas con tendencia Franco arenosa y Franco arcillosa (Parada, 2000).

En Colombia se ha evaluado una cepa introducida de *S. feltiae* contra el cogollero del maíz *Agrotis ipsilon* (Landazabal et. al., 1973), mostrando capacidad de control no superiores al 15%, en condiciones de laboratorio. Con poblaciones nativas, se ha reportado resultados promisorios de patogenicidad en condiciones de laboratorio y casa de malla contra plagas

de *Solanum* spp., como *P. vorax* (Garzón y Aza, 1994), *T. solanivora* (Parada, Sáenz y Luque, 1998; Corredor, Palacios y Parada, 1999) y *P. operculella* (Parada, 2000).

Este informe presenta los resultados obtenidos de la primera experiencia de uso de *S. feltiae* en condiciones de cultivo comercial, mostrando su capacidad de búsqueda, ataque y control de poblaciones de *T. solanivora*, *P. vorax* y *P. operculella*. Además de verificar su potencialidad como agente de control de plagas de suelo en cultivo de Papa, los resultados incentivan y promueven la necesidad de continuar y apoyar las fases de investigación sobre producción masiva y ajuste de formulaciones, en miras de aportar una herramienta práctica para el productor de Papa en el área andina, evitando además el ingreso y uso de cepas foráneas.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar a *S. feltiae* (Filipjev 1934) (Rhabditida: Steinernematidae) cepa Colombia, como estrategia para control de *T. solanivora* en condiciones de campo.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Evaluar variables de parasitismo de *S. feltiae*, en condiciones de laboratorio y campo, sobre larvas de *T. solanivora*.

Determinar la capacidad de control de *S. feltiae* sobre *T. solanivora* en condiciones campo.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

De los productos comerciales existentes a base de N.E. cerca de un 70% son Steinernematidos, correspondiendo un 5% a *S. feltiae*, dirigidos al control de plagas como dípteros, coleópteros y barrenadores, en cultivos de pastos, ornamentales y hortalizas, mostrando alto potencial controlador en suelo (Grewal 1999). En el ámbito nacional, el estudio y uso NE se ha centrado principalmente en pruebas de campo con *Steinernema carpocapsae* (cepa DD-136) en cultivo de palma (Mora, 1999) para control de *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphiterigidae) y en cultivos de zanahoria en el oriente antioqueño para el control de chiza *Phyllophaga obsoleta* (Londoño, 1999). A partir del registro de especies nativas de NE, como *Heterorhabditis sp*, *Steinernema sp* (Molina, 2001) y *S. feltiae* (Sáenz, 1998; Parada, 2001), ha incrementado el interés e investigación sobre estos organismos como controladores de plagas en diferentes cultivos.

En cultivo de papa uno de los primeros intentos para el control de plagas en campo, fue el realizado por Garzón y Aza (1994) quienes dirigieron esfuerzos para el control de gusano blanco, logrando resultado promisorios, pero al intentar reproducir esta experiencia se presentó el inconveniente de no tener una especie de *Steinernema* plenamente identificada

además del desconocimiento de variables biológicas, ecológicas, de comportamiento y adaptabilidad del nematodo a las condiciones del cultivo.

Son los trabajos de Alvarado et al, (1998), Parada y Sáenz (1998) y demás en la línea de investigación en nematodos entomoparásitos de la Fac. de Agro. , en la U. N., Bogotá, los que principalmente han registrado información biológica, ecológica y etológica sobre el nematodo *S. feltiae*. El conocimiento aportado sobre esta especie, ha permitido categorizarlo como potencial agente de control de plagas de papa en suelo, principalmente *T. solanivora*, restando entonces establecer y verificar condiciones de uso dentro de prácticas de manejo en condiciones de cultivo.

En ensayos de patogenicidad de J3 de *S. feltiae* sobre diferentes hospedantes se encontró acción sobre larvas de último instar de *Clavipalpus ursinus*, (Sáenz y Luque, 2000), *T. solanivora* (Alvarado et al 1998, Corredor et al 1999), y *Achroia gisella*, (Sáenz y Luque, 2000) registrándose un 88% de mortalidad para la primera y un 100 % para las dos últimas.

Larvas infectadas por *S. feltiae*, presentan coloración marrón variando a ocre en *A. gisella*, castaño en *T. solanivora* y marrón oscuro en *C. ursinus* (Sáenz y Luque, 2000). Estas variaciones en color se deben a pigmentos originales del insecto, cantidad de luz que refleja la cutícula y grado de infestación (Woodring y Kaya, 1988). Larvas infectadas son flácidas e inoloras.

3. MARCO TEORICO

3.1. BIONOMIA DE NEMATODOS ENTOMOPARÁSITOS STEINERNEMATIDOS

Los nematodos de la familia Steinernematidae, son parásitos obligados de insectos y están asociados mutualísticamente con bacterias del género *Xenorhabdus*. En laboratorio se posee patogenicidad sobre un amplio rango de insectos por parte de este complejo bacto-helmíntico, que se ve reducido en condiciones de campo.

Los steinernematidos tienen como estrategias de búsqueda de hospedante, la de tipo cazador, cuando parasitan insectos poco móviles, poseyendo un gran desplazamiento vertical y horizontal en el suelo; los de tipo emboscador esperan a que accidentalmente converja un insecto muy móvil para atacarlo. Además algunas especies presentan un comportamiento de nictación y de salto cuando las condiciones de humedad del suelo son bajas (Grewal et al, 1999).

La atracción del infectivo juvenil hacia el hospedante, es debida a un estímulo químico (Kairomonas) o también a una orientación klinotáxica positiva al CO₂, que estaría relacionada con la penetración por los espiráculos (Woodring y Kaya 1988). Entre los componentes fecales de atracción se encuentran el ácido úrico, xantinas, alantonina, amoniaco y ácido argínico, que han sido reportados para *S. carpocapsae* como atrayentes, aunque no es funcional con todos los insectos. Los microorganismos asociados a la materia fecal también funcionan como orientación para localizar el insecto, así como sus exudados líquidos (Woodring y Kaya 1988).

Localizado el insecto, el nematodo se enfrenta a las defensas naturales del insecto como barreras morfológicas en el caso de pupas de *Spodoptera* que poseen una malla de seda que impide la entrada de organismos extraños; en larvas de escarabajos las patas anteriores y las mandíbulas retiran y rompen los nematodos, sus tráqueas poseen mallas a manera de tamiz y un mecanismo de constricción, el pH del intestino y el aumento de la defecación impiden

la sobrevivencia del nematodo y su penetración. Respecto al sistema de defensa humoral, que no es muy efectivo cuando el ataque de j3 es masivo, se destaca la encapsulación y melanización de nemátodos, y la fagocitosis de células de *Xenorhabdus* (Woodring y Kaya 1988).

El j3 cuando logra penetrar al insecto por boca, ano y/o espiráculos alcanza la hemolinfa a través de la pared del intestino medio y la tráquea, generalmente más de un nematodo penetra por el mismo sitio. A medida que el j3 se alimenta inocula la bacteria reactivada en el hemocele, iniciando la multiplicación de *Xenorhabdus* que causa una septicemia letal al insecto, matándolo entre 24 y 48 horas. En nemátodo axénico puede matar un insecto por si solo, con excepción de algunas especies de steinernema donde el complejo simbiote-nematodo es sinérgico, en ausencia del simbiote el j3 muere después de 4 días (Woodring y Kaya 1988).

Al iniciarse la alimentación, el j3 aumenta de tamaño entre 20 y 100 micras, muda a j4 (Pre-adulto) donde se pueden apreciar primordios de los órganos sexuales que maduran en adultos anfimicticos, con hembras más grandes que los machos, copulan y las hembras grávidas ovipositan o evierten sus ovarios. Los j1 aún dentro del huevo eclosionan, cambiando rápidamente en j2, el j1 es axénico hasta que inicia su alimentación. El j2 pasa a j3, donde si hay suficiente alimento se inicia una segunda generación más rápida y con adultos más pequeños, de lo contrario los j3 inician la migración fuera del cadáver. Las hembras de segunda generación al agotarse el sustrato retienen los huevos en su útero hasta que eclosionan los juveniles y se alimentan de ella (ovoviviparidad matricida, los j3 retienen la cutícula del j2 como protección contra agentes del ambiente y retienen la bacteria simbiote en su intestino medio, y salen del cadáver en búsqueda de un nuevo hospedante (Woodring y Kaya 1988).

Ya en el exterior, los j3 adoptan estrategias de sobrevivencia en el suelo, tales como la agregación para protegerse de la desecación y la luz solar, sacrificándose los nematodos de la capa exterior, los II no resisten una desecación rápida no siendo así con un proceso gradual; la inactividad reduce su metabolismo regulando el gasto de energía para elongar su

supervivencia; algunas especies de nemátodos permanecen enrollados hasta que parasitan algún insecto (Ishibashi y Kondo 1990).

Los nematodos entomopatógenos de la familia steinernematidae pueden ser criados in vitro para su uso comercial en fermentadores en medios líquidos con formulaciones comerciales para las especies *S. carpocapsae*, *S. riobravis*, *S. feltiae* y *S. scapterisci*, en Europa y Norteamérica .

3.1.1. Posición Taxonómica

Phylum:	Nematoda
Clase:	Secernentea
Orden:	Rhabditida
Suborden:	Rhabditina
Superfamilia:	Alloionematoidea
Familia:	Steinernematidae
Género:	<i>Steinernema</i>
Especie:	<i>Steinernema feltiae</i> (Filipjev 1934), Wouts, Mracek, Gerdin & Bedding, 1982

Sinonimias: *Neoapectana feltiae* Filipjev, 1934; *N. Bibionis* Bovien, 1937; *N. leucaniae* Hoy, 1954; *S. leucaniae*, Wouts, Mracek, Gerdin & Bedding, 1982; *S. bibionis* Wouts, Mracek, Gerdin & Bedding, 1982.

3.1.2. Distribución y Hábitat: De reconocida distribución cosmopolita. Se ha reportado en Argentina, Australia, Bélgica, Dinamarca, Irlanda, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hawái, Holanda, Hungría, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Rusia, Checoslovaquia, Suecia, Suiza, Turquía, Inglaterra, Estados Unidos. (Hominick, et al 1996). Para Cundinamarca se registra en los Municipios de Carmen de Carupa, Cogua, Chipaque, Guasca, Guatavita, Soacha (Centro de investigaciones San Jorge ICA), Sesquile,

Subachoque, Tausa, Ubate, Une. Usme, VillaPinzón, Zipaquirá, Choachí. En Boyacá en Municipios de Ventaquemada, Motavita y Chiquinquirá. En alturas entre los 2430 y 3610 (Parada 2001).

3.1.3. Hospedantes: se reporta infecciones naturales sobre estados inmaduros de *Tecia solanivora*, *Pthorimaea operculella*, *Premnonyves vorax* y *Liriomyza brasiliensis* en alturas entre los 2580 y 3 140 metros, en áreas de producción de Papa en Cundinamarca y Sur de Boyacá. (Sáenz 1998, Parada 2001).

3.1.4. Biología: Se reconocen los estados de desarrollo huevo, cuatro estadios juveniles J1, J2, J3, J4 y adultos anfimícticos. El estado de vida libre Dauer larva, J3 o juvenil infectivo (JI) es el encargado de localizar al hospedante, ingresa a través de la boca, ano y espiráculos, penetra la pared del sistema digestivo y entra a la cavidad corporal. Entre las 12 y 24 horas después de haber ingresado al hospedante, el estoma del JI se abre gradualmente liberando células bacterianas de *Xenorhabdus bovienii*, esta asociación bacteria-nematodo permite la muerte del hospedante y desarrollo morfológico y reproducción de *S. feltiae*. Las bacterias en la hemolinfa se propagan, causando la muerte del hospedante por septicemia en un lapso de 24 - 48 horas. La posible segunda generación, se distingue por presentar adultos muy pequeños, no más del 50% de la primera generación, con hembras matricidas. En esta segunda generación, el cambio de J2 a J3 muestra deposición de nueva cutícula sin mudar la anterior. La duración total del ciclo de vida, para dos generaciones es de 11 días. (Sáenz 1998, Parada 2001).

3.1.5. Patogenicidad: Las larvas infectadas por *S. feltiae* presentan coloración marrón variando a ocre, castaño o marrón oscuro. Estas variaciones en color se deben a pigmentos originales del insecto, cantidad de luz que refleja la cutícula, colonización de la bacteria simbiote y grado de infestación. Larvas infectadas son de consistencia flácidas e inodoras. En disecciones los tejidos son gomosos y se observan totalmente desintegrados.

Ensayos en suelo y arena, han mostrado acción sobre larvas de ultimo instar de *Galleria melonella*, *Achroia grisella*, *Tecia solanivora*, *Premnotrypes vorax*, *Clavipalpus ursinus* y

Ancognatha .scarabeoides, registrando un 88 % de mortalidad para coleópteros y un 100 % para lepidópteros (Sáenz 1998, Parada 2001).

Ensayos en campo bajo condiciones de cultivo comercial durante períodos secos y húmedos, dirigidos al control de *T. solanivora*, han mostrado hasta un 65% de eficiencia, y daños no superiores al 5% por *T. solanivora*, 15% por chizas y hasta un 20% por gusano blanco *P. Vorax* (Parada 2001).

3.1.6. Ecología Y Etología: Durante el proceso de búsqueda y ataque, de acuerdo a la variabilidad de factores bióticos y abióticos presentes en el ambiente suelo, como textura, temperatura, pH y organismos antagonistas, hacen que los JI combinen estrategias principalmente de tipo buscador o emboscador (Gaugler, 1993).

3.1.7. Hábitat y suelo: Registros han mostrado que se presentan tanto en habita naturales como cultivados, en suelos de texturas Franco Arenosas 46.15%, Franco Arcillosos 28.8%, Franco Limoso 17%, Franco arcilloso Limoso 5.7% y en Francos 1.5%. Se denota preferencias mas a texturas Franco Arenosa y Franco Arcillosa. La movilidad de los JI en estos suelos varia de acuerdo a la disminución del tamaño de partícula de suelo, siendo más veloz y ampliamente móvil en suelos de tendencias arenosas y franco arcillosas, siempre y cuando este presente un posible hospedante, de lo contrario los JI asumen comportamiento de nictación o reducción de acción física y metabólica (Parada 2001).

Pruebas de almacenamiento en suelo Franco Arenosos y Arena de río, muestran variación en supervivencia y capacidad de búsqueda sobre larvas cebo como *A. grisella*, *G. mellonella* y *T. solanivora* en cuanto el suelo o arena varia su humedad. Muestras frescas con humedades a capacidad de campo y almacenadas a temperatura ambiente $\pm 19 - 20$ °C, permiten 85% de supervivencia hasta hacia los 12 meses y capacidad patogénica del 100%, en cuanto el suelo es llevado de nuevo a capacidad de campo. Suelo bajo estas mismas condiciones almacenados entre $6 - 10$ °C, incrementan supervivencia en un 30% y patogenicidad en un 40%. Suelos con humedades menores al 20% y más del 50% de capacidad de campo, presentan supervivencia no mayor al 30% y patogenicidad máximo

del 15%, tanto a temperatura ambiente como bajo refrigeración. La condición de temperatura de almacenamiento en suelo o arena, permite establecer un rango termal y de humedad óptima para supervivencia y patogenicidad, de 8-9 °C y suelo o arena a capacidad de campo, mejorando en más de un 90% la efectividad respecto a almacenamiento en agua con dispersantes como lo proponen algunos autores (Parada 2001).

3.1.8. Agroquímicos y Técnicas de Liberación: Aunque hay evidencia que los nematodos son tolerantes a muchos herbicidas y fungicidas. Los JI en suelo han mostrado disminución en patogenicidad al presentarse sobre-fertilización por 10-30-10. Ingredientes activos Carbofuran, Profenofos, Clorpirifos, Metomilo, Endosulfan, Etoprofos, Aldicarb afectan la patogenicidad hasta en un 85%. Permetrina, Paraquat y Metribuzin hasta en un 25% (Parada y Palacios 2001).

El uso de equipo de aplicación para liberación en campo JI, muestran acciones deletéreas al usar bomba de espalda con presiones superiores a 50 psi., y boquillas tipo conos, siendo favorables boquillas de chorro tipo TX4 (Corredor 2001 datos sin publicar).

3.1.9 Acción de JI en Campo: Pruebas en casa de malla sobre cultivos de *Solanum phureja* y *Solanum tuberosum*, muestran hasta el momento eficiencia de hasta un 75%, en el control de *Tecia solanivora* y de 50% para *Premnotrypes vorax*. (Parada 2001, Corredor, datos sin publicar).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación desarrolló las siguientes fases:

4.1 Pruebas y Análisis Paralelos Para *S. feltiae*: De acuerdo a las condiciones físicas, químicas y biológicas presentes en suelo y agua del canal de riego, se procedió a realizar pruebas en laboratorio para identificar el comportamiento de los juveniles infectivos (J3) de *S. feltiae*, respecto a niveles de pH e interacción con *Pseudomonas fluorescens*, hongos de suelo y ácaros de la familia Tetranychidae y Phytoseiidae. Todos los montajes se realizaron en cajas de Petri de 100x15, bajo completa oscuridad, temperatura de ± 20 °C y humedad relativa de 65%.

4.2. Pruebas y Análisis Paralelos Para *T. solanivora*: Con el fin de garantizar la presencia del insecto dentro del área de cultivo, con poblaciones de cría y naturales, se realizaron ensayos en laboratorio e invernadero, para identificar capacidad de carga de hembras, porcentaje de eclosión de huevos y movilidad de larvas en suelo. De acuerdo a los objetivos propuestos en el proyecto, durante el ciclo 2 de siembra no se realizaron liberaciones de *T. solanivora* y la presencia de poblaciones de este insecto se detectó con 2 trampas de feromona y principalmente a través de muestreos destructivos semanales, a partir de la primera hasta la sexta semana después de la primera aplicación, para lo cual se procedió a inspeccionar tubérculos y suelo de una planta por parcela tratada

4.3. Producción y Manipulación de *S. feltiae*: Para la consecución del número de J3 requeridos en la investigación, se desarrolló una cría in vivo de acuerdo a las recomendaciones de Stock (1998). Para este fin, en cajas de Petri 100x15, conteniendo 150 gramos de arena de río con 5000 juveniles infectivos, se adelantaron continuas re-inoculaciones sobre larvas de último instar de los lepidópteros Pyralidae *Galleria mellonella* y *Achroia grisella* y también sobre *T. solanivora*. Pasadas 72 horas, larvas muertas se depositaron sobre papel filtro en cajas de Petri tipo cuadrante de 100x15, adicionando 1 ml, de agua destilada estéril (ADE) La cosecha de los J3 se realizó diariamente, lavando y desinfectando con ADE y estreptomycin, almacenándolos en arena de río estéril a 12 °C.

Para la aplicación de los J3 durante el primer ciclo de cultivo se usó jeringa dosificador LHAURAVET® (figura 1) con capacidad de 20 ml, y para el ciclo dos, bomba de espalda Pulverizadora LHAURAVET® de 20 litros, dirigiendo la aplicación directamente hacia la base de la planta. Antes y después de cada aplicación se realizó riego por aspersión.

Para el análisis de daño se evaluaron principalmente los 5 surcos centrales a fin de evitar efectos de borde, registrando peso de tubérculos afectados y sanos por categoría por parcela. De igual manera, semanalmente se analizó 100 g de suelo, para verificar permanencia, supervivencia y patogenicidad de los J3.



Figura 1. Jeringa dosificadora Lhaura VET®.

4.4. Ensayos En Campo: Las pruebas se localizaron en los lotes 7 y 8 del Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional de Colombia en Mosquera Cundinamarca, área de altos índices de infestación por *T. solanivora*, *P. vorax* y *P. operculella*. A fin de lograr coincidencia con periodos de alta infestación, se realizaron dos ciclos de siembra; el primero entre el último trimestre del 2000 y primero del 2001, y el ciclo dos durante el segundo semestre del 2001. Para cada ciclo se sembraron 5 cargas de semilla de *Solanum tuberosum* var. Parda Pastusa, proveniente del Centro de Investigaciones San Jorge del ICA, de aproximadamente tres meses de tallado para el primer ciclo y de menos de un mes para el segundo.

Dentro del área sembrada se distribuyeron tres bloques con 10 parcelas de nueve surcos de diez metros de largo y plantas a 0.40 mts. El ensayo se ajustó a un diseño de Bloques completos al azar con arreglo 2x4x3, correspondientes a dos épocas de aplicación (E1 y E2), cuatro dosis de J3 (D1= 15000 J3/m² ; D2= 30000 J3/m², D3= 60000 J3/m², D4= 120000 J3/m²) con tres repeticiones (bloques), además de contar con un testigo de manejo netamente comercial (TC) y un testigo absoluto (TAB). El mapa de campo (figura 2) muestra 24 parcelas tratadas solo con dosis de J3 sin ingredientes activos de síntesis química recomendados para el control de *T. solanivora*. Tres parcelas de manejo comercial TC con aplicaciones de ingredientes activos comercialmente recomendados para *T. solanivora*, una vez se presentó en la trampa de feromona 50 adultos/ trampa/ semana. En las tres parcelas TAB no se realizaran liberaciones de J3 ni aplicación de ningún tipo de insecticida de síntesis química. Durante todo el ciclo se realizaron las labores agrícolas propias de un cultivo comercial.

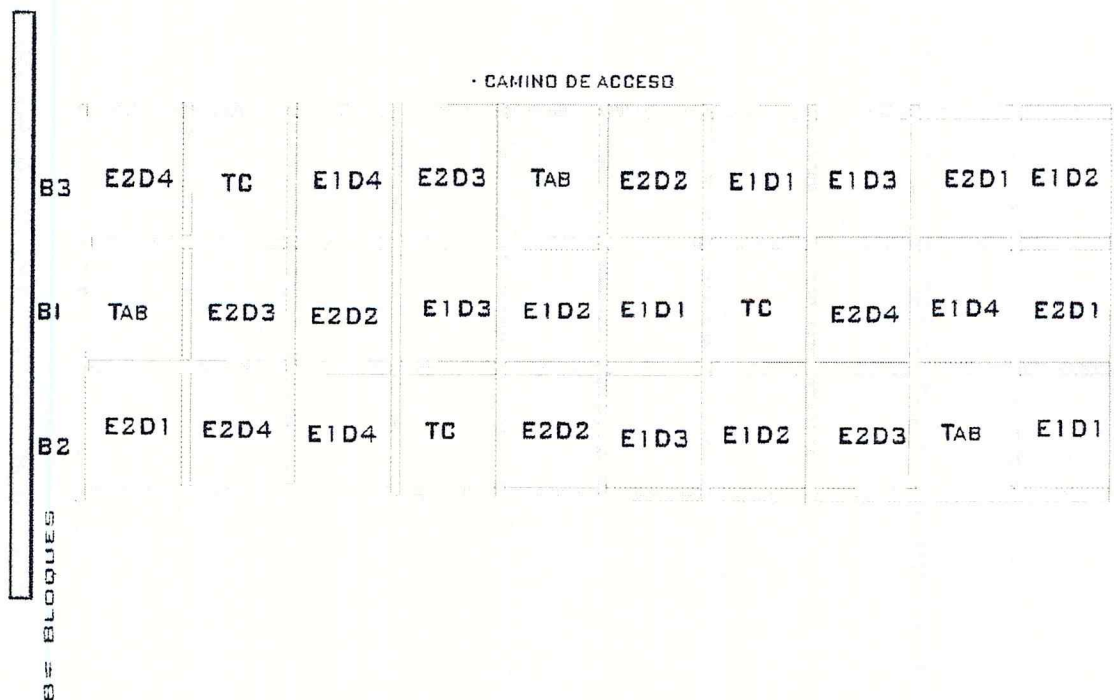


Figura 2: Mapa de campo. E= época de aplicación; 1= Aporque; 2= Precosecha; D1 a D4= nematodos J3/ m2; B= Bloque

5. RESULTADOS

5.1. Pruebas y Análisis Paralelos en *S. feltiae*: análisis de muestras de suelo y agua mostraron niveles de pH con tendencia ácida, 4.5 y conductividad promedio de 140 Mv. Se detectó la presencia de *Pseudomonas fluorescens*, copepodos y algunos flagelados en muestras de agua, al igual que ácaros detritívoros, colémbolos y miriápodos en suelo. De acuerdo a montajes de laboratorio, artrópodos ni la bacteria ejercen efectos deletéreos directos sobre el nematodos, tan solo niveles muy altos de población, competirían por espacio con los J3. Niveles de pH menores a 4.5 y mayores a 7.2, causan muerte a J3, al igual que conductividad mayor a 160 Mv, desorientan y limitan su capacidad de búsqueda. Estos ensayos ayudan a inferir el comportamiento biológico de los juveniles infectivos de los nematodos, una vez realizada su liberación en campo.

5.2. Pruebas y Análisis Paralelos en *T. solanivora*: Al analizar la eclosión y movilidad de larvas en suelo, se estableció que de 100 huevos dispuestos en suelo FAL, a condiciones de capacidad de campo el porcentaje de eclosión no sobrepasa el 75% y, de estas larvas, sólo el 55% llegan a tubérculo sembrado a 20 cm. de profundidad. Por otra parte, hembras de cría respecto a las de campo, son en términos generales de menor tamaño, espermateca reducida y un 35% menor capacidad de producción de ovariolos. De igual manera, machos de cría son un 30% más pequeños y de comportamiento errático en la localización de hembras para copula. Las desventajas vistas entre poblaciones de cría frente a poblaciones de campo, descartaron la obtención de poblaciones de larvas en el cultivo, a partir de la liberación de pupas o adultos de *T. solanivora*. De acuerdo a estos resultados se optó por liberar aproximadamente 280.000 huevos de *T. solanivora*, 10 días antes del aporque, que al cabo de los 25 días de desarrollo no representaron más del 20% de adultos en campo, los que por sus desventajas morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, frente a las poblaciones dominantes en campo, no representan riesgo de aumentos significantes como poblaciones futuras.

5.3. Manipulación y Comportamiento de *S. feltiae*

5.3.1 Producción y Almacenamiento: Se lograron promedios de 30'000.000 J3/ mes, y el almacenamiento de 100.000 J3/g de arena pasteurizada no sobrepasó el 10% de mortalidad aún a los 90 días.

5.3.2. Liberación: El uso de jeringa mejora la dosificación de J3 por planta, pero operativamente muestra deficiencias para aplicaciones en campo, pues aumenta el esfuerzo y tiempo de aplicación, mientras que la bomba de espalda, aunque varía levemente la dosificación de J3 por planta, ofrece igual operatividad que la aplicación para demás productos agrícolas. Es necesario tener en cuenta, que la aplicación puede efectuarse entre 15 y 35 psi y preferiblemente usar boquilla para chorro, evitando boquillas de formación de conos de aspersión, ya que esta condición afecta la integridad física de los J3. Teniendo en cuenta que para el Ciclo 1 se liberaron huevos de *T. solanivora*, además de lo heterogéneo del cultivo, se decidió realizar la primera aplicación (E1) hasta completar un 85% de área aporcada, aproximadamente hacia la 9 semana de siembra y la segunda aplicación (E2) se realizó en época de tuberización, aproximadamente 45 días antes de la cosecha. Las liberaciones para el Ciclo 2 se cumplieron una semana después del aporque para E1 y 35 días antes de la cosecha para E2.

5.3.3. Supervivencia: Tras analizar muestras de suelo pos aplicación, se evidenció disminución en el número de J3 a través de la columna de suelo en el tiempo. En muestras inmediatas a la liberación se encuentran J3 entre los 10 y 15 cm., en suelo húmedo, mientras que en las últimas muestras se encontraron J3 entre los 30 y 40 cm., en suelos mas compactados y secos hacia la superficie. Este comportamiento del J3 confirma su movilidad en la columna de suelo, pero disminuyó su capacidad supervivencia, dadas las bajas concentraciones de oxígeno a mayores profundidades. Pruebas de patogenicidad de J3 aislados de suelo, resultaron positivas sobre larvas de *Achroia grisella*, hasta los 30 días de muestreo, pasado este tiempo la población de J3 viva se reduce hasta en un 95%.

5.4. Desarrollo y Productividad en Ciclo 1.

5.4.1. Condición Sanitaria: La semilla usada mostró un 55% de emergencia a los 35 días de siembra, llegando hasta un 88% hacia los 55 días, lo que ocasiono heterogeneidad de emergencia y discontinuidad e incremento en las labores de desyerbe y aporque especialmente. Este comportamiento de cultivo permitió la alternancia generacional de insectos defoliadores, que fueron debidamente controlados en los TC con productos convencionales. Hacia cuarto mes de cultivo se presentaron ataques de babosa que fueron controlados con manejo químico. Las condiciones ambientales de época seca para fin de año, e inconvenientes técnicos para disponibilidad de riego, posibilitaron el efecto de las heladas, afectando hasta un 55% de follaje en más del 75% del cultivo. Para atenuar tales efectos, se realizaron dos veces por semana riegos y aplicaciones de fertilizantes foliares a todo el cultivo, además de combinaciones urea-melaza, logrando de este modo recuperar follaje en un 18%, condición que permitió engrosamiento de tubérculos.

5.4.2. Comportamiento Poblacional de *T. solanivora*: Desde el aporque hasta la cosecha se realizaron 18 muestreos, que mostraron promedios de 50 adultos/ trampa, con picos máximos de 85 y 70 adultos/ trampa, hacia la semana 13-14, presentando un fuerte declive de población hacia la semana 16, presentando en promedio 23 adultos/ trampa. Muestreos hacia las tres últimas semanas antes de la cosecha muestran en promedio 45 machos/ trampa. Antes de la cosecha, se evidenció ataques de *T. solanivora* y *P. vorax*, principalmente en los testigos absolutos, de manera aislada en los comerciales y menor condición en parcelas tratadas con *S. feltiae*.

5.4.3. Rendimiento y Nivel de Daño: En total se obtiene una producción de 978.4 kilogramos, correspondiendo 223.5 kilogramos a tubérculos afectados por *T. solanivora* y 754.9 kilogramos en tubérculos sanos, presentando el máximo rendimiento en tubérculos de segunda 336 k y tercera 291 k (tabla 1)

Tabla 1. Producción en Kilogramos por categoría y Porcentaje de daño por tratamiento para Ciclo 1 de cultivo. D= dañado; S= sano. Categorías O= cero, Pr= primera, sg= segunda y ter= tercera. E1= época 1; E2= época 2; Tab= testigo absoluto; TC= testigo comercial.

Tratamiento	DPr	Dsg	Dter	Picada	SPr	Ssg	Ster	Sana	% de Daño	
E1D1	0,2	1,2	11,1	12,5	3,1	11,2	11,8	26,1	32	
E1D2	0,2	1,8	2,9	4,9	4,8	6,9	11,2	22,9	17	
E1D3	0,2	1,5	1,2	2,9	2,3	12,3	9,8	24,4	10	
E1D4	0,5	0,9	1,2	2,6	2,1	10,5	10,2	22,8	10	
E2D1	0	0,2	0,5	0,7	3	5,7	8,3	17	3	
E2D2	1,5	1,2	1,3	4	2,2	10,1	11,9	24,2	14	
E2D3	0	1,9	2,3	4,2	11,2	18,2	11,7	41,1	9	
E2D4	0,65	2,3	0,2	3,15	3,5	12,4	9,8	25,7	10	
TAB	9,7	1,7	9,8	21,2	4,7	1,1	11,7	17,5	54	
TC	8,9	10,3	10,5	29,7	4,2	10,7	5,7	20,6	59	
E1D1	0,5	2,9	10,8	14,2	9,5	17,2	12,7	39,4	26	
E1D2	0,75	1,9	1,7	4,35	4,1	18,3	10,2	32,6	12	
E1D3	0	0,5	1,3	1,8	9,7	9,9	7,9	27,5	6	
E1D4	1,2	1,5	1,7	4,4	2,6	18,1	10,5	31,2	12	
E2D1	1,1	0,5	1,5	3,1	3,6	7,5	9,2	20,3	13	
E2D2	0,5	1,8	2,1	4,4	11,5	14,7	16,2	42,4	9	
E2D3	0	2,3	1,6	3,9	2,9	10,1	6,8	19,8	16	
E2D4	0,7	0	2,4	3,1	12,7	16,2	7,1	36	7	
TAB	6,9	6,7	5,8	19,4	0,6	2,3	6,2	9,1	68	
TC	3,9	0,9	11,2	16	0,7	2,5	7,7	10,9	59	
E1D1	0	0	9,7	9,7	2,1	12,3	9,8	24,2	28	
E1D2	0	0	0,3	0,3	2,1	9,6	11,2	22,9	1	
E1D3	1,8	2,7	1,1	5,6	5,3	12,8	9,6	27,7	16	
E1D4	1,3	0,6	3,7	5,6	2,7	16,1	16,4	35,2	13	
E2D1	0	0,2	2,1	2,3	1,4	9,4	9,5	20,3	10	
E2D2	0	0	0,9	0,9	2,2	10,8	9,7	22,7	3	
E2D3	0,8	0,3	0,1	1,2	2,7	12,3	6,7	21,7	5	
E2D4	2,3	0,3	2,1	4,7	7,1	27,3	13,8	48,2	8	
TAB	2,9	5,1	12,8	20,8	1,5	6,5	3,1	11,1	65	
TC	2,1	2,1	7,7	11,9	0,8	3,1	5,5	9,4	55	
TOTALES	Tubérculo Dañado 223,5			Tubérculo Sano 754.9					Daño Total 22%	
Producción: 978.4 Kilogramos										

De acuerdo al análisis de varianza (tabla 2), se muestran altas diferencias significativas en el porcentaje de daño total, vista en la incidencia de los tratamientos sobre los testigos, sus dosis y épocas de aplicación. El mayor rendimiento en tubérculos de segunda se evidencia en el menor porcentaje de daño y la diferencia significativa encontrada entre bloques, tratamientos vs., testigos y entre testigos.

Tabla 2. Análisis de varianza para porcentaje de daño por categoría y daño total en el Ciclo de cultivo I. C.V.= coeficiente de variación; Trat= tratamientos; test= testigos.

	% Primera	% Segunda	% Tercera	%Daño Total
Modelo	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
C.V.	54	48	35	23
Bloque	0.79	0.06	0.71	0.62
Trat. Vs Test.	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Testigos	0.99	0.0041	0.72	0.29
Dosis	0.28	0.69	0.0051	0.01
Época	0.92	0.50	0.018	0.008
Dosis*Epoca	0.53	0.97	0.007	0.012
Media	24	16	25	22

5.5. Desarrollo y Productividad en Ciclo 2.

5.5.1. Condición Sanitaria: La semilla usada mostró un 98% de emergencia a los 35 días de siembra y en términos generales el cultivo no presentó condiciones patológicas ni de insectos que incidieran sobre su fenología y productividad. Ataques aislados de defoliadores se trataron con productos comerciales de síntesis química, dirigidos principalmente a los TC, tan solo se realizó una aplicación generalizada de control químico para *P. vorax*, hacia la siembra.

5.5.2. Comportamiento Poblacional de *T. solanivora*: La colecta en trampas de feromona entre la semana 7 y 21 semana después de la siembra, mostró en promedio 26 adultos/trampa semana, manteniéndose aún hasta la época de cosecha. Al inspeccionar porcentaje de tubérculos afectados por planta en campo, la incidencia de daño por larvas de *T. solanivora* no sobrepasó el 10%, mientras que *P. vorax*, incidió hasta en un 20% del daño total en las muestras. Hacia la quinta semana de muestreo, el daño por larvas de *T. solanivora* no sobrepasó el 1%, siendo superada por *P. operculella*, que presentó incidencia de hasta un 25% en los tubérculos muestreados.

5.5.3. Rendimiento y Nivel de Daño: Se obtiene una producción de 3390.9 kilogramos, correspondiendo 314 kilogramos a tubérculos afectados por *P. operculella*, *P. vorax* y *T. solanivora* y 3076.9 kilogramos en tubérculos sanos, presentando el máximo rendimiento en tubérculos de primera 1478.4 k y segunda 910 k (tabla 3)

Tabla 3. Producción en Kilogramos por categoría y Porcentaje de daño por tratamiento para Ciclo 2 de cultivo. D= dañado; S= sano. Categorías O= cero, Pr= primera, sg= segunda y ter= tercera. E1= época 1; E2= época 2; Tab= testigo absoluto; TC= testigo comercial.

Tratamiento	DPr	Dsg	Dter	Picada	SPr	Ssg	Ster	Sana	% de Daño
E1D1	1,5	4	1,5	7	51	24	18,5	93,5	6
E1D2	3,5	5	1,5	10	35	21	18,5	74,5	11
E1D3	3,5	4	0,5	8	49	25	26,5	100,5	7
E1D4	10	4,5	1,5	16	59	24	15	98	14
E2D1	3,5	5	1,5	10	33	25	29	87	10
E2D2	2	5,5	1	8,5	55,5	21	18	94,5	8
E2D3	6,5	3,5	0,5	10,5	66	23,5	28	117,5	8
E2D4	14	9	1	24	73,4	44,5	13	130,9	15
TAB	3,5	6,5	1,5	11,5	69	30	25	124	8
TC	12	4	1,5	17,5	86	29	18	133	11
E1D1	4,5	3,5	0,5	8,5	53,5	25	23	101,5	7
E1D2	4,5	4	0,5	9	59,5	50	25	134,5	6
E1D3	1,5	5	0,5	7	59,5	31,5	27	118	5
E1D4	4,5	6	0,5	11	60	25,5	27,5	113	8
E2D1	2,5	4	0,5	7	37,5	48,5	33,5	119,5	5
E2D2	1,5	4,5	0,5	6,5	59	24,5	18	101,5	6
E2D3	4	3,5	0,5	8	56	30	22,5	108,5	6
E2D4	4,5	6,5	1,5	12,5	64	26	28	118	9
TAB	7,5	3	2,5	13	49,5	34	21,5	105	11
TC	3	5,5	0,5	9	68	31,5	24	123,5	6
E1D1	3,5	5	2	10,5	23	41,5	18,5	83	11
E1D2	3,5	4	0,5	8	32	30,5	23	85,5	8
E1D3	2,5	6	0,5	9	26	25	21,5	72,5	11
E1D4	5,5	3,5	1,5	10,5	42	29,5	18,5	90	8
E2D1	5,5	4,5	1,5	11,5	44,5	40,5	34,5	119,5	8
E2D2	3,5	4	1,5	9	30	30	16	76	10
E2D3	3,5	5,5	1,5	10,5	19	23	18,5	60,5	14
E2D4	5	6	1,5	12,5	55,5	33,5	29	118	9
TAB	2	4	0,5	6,5	30	32	32	94	6
TC	6,5	3	2	11,5	33	31	17,5	81,5	12
TOTALES	Tubérculo Dañado 314				Tubérculo Sano 3076.9				Daño Total 9%
Producción : Kilogramos 3390.9									

El análisis de varianza (tabla 4), no muestra diferencias significativas en porcentajes de daño entre tratamientos, testigos, dosis y épocas de aplicación, tan solo se evidencia diferencias entre bloques para categorías de primera y tercera, reflejando la variación en rendimiento entre bloques. Los bajos promedios en porcentaje de daño por categoría y total 9%, muestran el alto rendimiento aportado por este ciclo de cultivo.

Tabla 4. Análisis de varianza para porcentaje de daño por categoría y daño total en el Ciclo de cultivo II. C.V.= coeficiente de variación; Trat= tratamientos; test= testigos.

	% Primera	% Segunda	% Tercera	%Daño Total
Modelo	0.40	0.44	0.35	0.32
C.V.	45	28	59	27
Bloque	0.06	0.14	0.08	0.03
Trat. Vs Test.	0.54	0.22	0.23	0.86
Testigos	0.37	0.90	0.74	0.45
Dosis	0.63	0.31	0.36	0.29
Época	0.66	0.63	0.97	0.64
Dosis*Epoca	0.43	0.67	0.47	0.79
Media	8	13	4	9

6. DISCUSIÓN

La alta variación en rendimiento entre los ciclos, se asume en primera instancia a la diferencia en calidad de semilla usada para cada uno, lo cual no incidió directamente sobre la disponibilidad de tubérculos como fuente alimenticia de *T. solanivora* y otros insectos dañinos. La relativa igualdad en el porcentaje de daño entre los tratamientos para el Ciclo 2 respecto al ciclo 1, responde a las diferencias en disponibilidad poblacional con la que contó el ciclo 1, por la liberación de huevos de *T. solanivora* al cual fue sometido el cultivo, permitiendo acción continua y directa de una cohorte poblacional sobre los tubérculos por parte de los estados responsables del daño. En cuanto al ciclo 2, la disponibilidad de poblaciones naturales, que aparentemente se mostraron altas en trampas de adultos, no coincidió con el número de estados larvales disponibles en suelo, principalmente en lo que se refiere a *T. solanivora*, permitiendo a su vez el ingreso de poblaciones de otros insectos dañinos. Entonces, puede asumirse que el ciclo 1 contó con mayor presión poblacional por parte de un número de larvas más constante, y que en el segundo ciclo, dado el traslape poblacional por alternancia generacional, no se contó con un número constante de larvas que ejercieran presión constante sobre los tubérculos, y aunque las poblaciones de adultos se presenten numerosas, no siempre definen la disponibilidad de estados inmaduros en suelo, posiblemente por variación en el comportamiento de copula y oviposición por efectos climáticos y ambientales (Duncan, 1999), a los cuales los heteroceros son sensibles.

Ajustar dosis y sincronizar épocas de liberación de nematodos entomoparásitos depende del cultivo y comportamiento biológico y poblacional del insecto blanco, condición acorde a los resultados obtenidos para las dosis usadas, ya que estadísticamente para este estudio no se muestran evidencias que permitan definir una dosis probablemente óptima de recomendar (figura 3 y 4) Entonces la patogenicidad de los J3 dependió más de su capacidad de desplazamiento y búsqueda que del número de J3 liberados, ya que los muestreos de suelo permitieron registros de J3 en suelo con baja a humedad de profundidad media de 10 cm y más húmedos hacia los 40 cm. El encuentro de J3 en áreas de suelo de muy baja humedad, fue posible solo cuando estos infectaron larvas de primero a cuarto instar de *T. solanivora* o *P. vorax* localizadas dentro de galerías en los tubérculos. La

variación en profundidad de desplazamiento de J3 se relaciona con los diferentes porcentajes de daño presentados en las categorías de tubérculos, pues categorías como de primera y segunda que son algo más profundas, son las que menos daño presentan mientras que la categoría más superficial o tercera, fue la más afectada. Es claro que a medida que la humedad de suelo disminuye en la superficie, la tendencia a profundizar del J3 es mayor (Gaugler, 1998), para el modelo en discusión ocasiona desprotección de los tubérculos más superficiales. Aunque en condiciones de laboratorio se detectan diferencias de movilidad según el tipo de suelo, temperatura y humedad, es necesario en posteriores estudios, conocer la capacidad de movilidad y desplazamiento de los J3 en suelo y dentro de tubérculos en condiciones de campo.

En cuanto a épocas de aplicación (figura 5 y 6) se considera que las épocas usadas, logran cierto nivel de protección y sincronización con el ingreso de poblaciones de *T. solanivora*, y *P. vorax*, pues es entre él aporque y la cosecha, en que se hace más evidente la disponibilidad de insectos dañinos, coincidiendo con la tuberización y maduración de los tubérculos. Por tal se requerirá trabajos mas detallados sobre distribución espacial y temporal de adultos y larvas, de modo que se logre sincronizar épocas en las que las poblaciones en suelo puedan ser controladas. Los resultados permiten recomendar dos aplicaciones seguidas, una pasado él aporque y un refuerzo hacia la cosecha, a fin de garantizar presencia de J3, ya que la supervivencia del nematodo en suelo no sobrepasa los 30 días, además que son tiempos en los cuales las poblaciones de larvas de *T. solanivora*, *P. operculella* y *P. vorax* se incrementan en suelo, dada la oferta de fuente alimenticia.

Teniendo en cuenta los recurrentes ataques y perdidas ocasionadas por *T. solanivora*, *P. vorax* y *P. operculella*, en cultivos de Papa localizados en áreas circundantes al área de estudio, porcentajes de daño del 22% para el ciclo 1 y del 9% para el ciclo 2, resultan bastante alentadores, pues cultivos vecinos tratados con más de una aplicación de productos comerciales con ingredientes activos de síntesis química presentaron hasta un 50% de daño (Caro, A., com. pers.), permitiendo asegurar entonces que el uso de nematodos parásitos de insectos en Papa es técnicamente viable.

S. feltiae cepa Colombia, presenta acción patogénica sobre *T. solanivora*, *P. operculella* y *P. vorax*, en condiciones de cultivo comercial, condición que permite la continuidad en investigación de las fases para escalamiento y formulación.

La posibilidad de desplazamiento de J3 en suelo y hacia las galerías en los tubérculos, permite su uso preventivo para el manejo de focos de infección y de control en cultivos expuestos a ataques. Será necesario ajustar dosis diferenciales de J3 para acciones preventivas y de control.

Es necesario ajustar dos aplicaciones entre aporque y cosecha. Teniendo en cuenta la disponibilidad espacial y temporal de adultos y larvas del insecto blanco.

Aunque *S. feltiae* muestra actividad sobre *P. vorax*, será importante conocer la actividad de *Heterorhabditis bacteriophora* cepa Colombia, sobre este insecto, pues es hospedante natural en suelos cultivados con Papa, en Cundinamarca y Boyacá.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO B., ENRIQUEZ S., BECERRA O. 1998. Patogenicidad de *Steinernema feltiae* cepa Villapinzón sobre *Tecia solanivora* atacando tubérculos de *Solanum tuberosum* variedad sabanera En: Seminario perspectivas sobre nematodos Fitopatogenos y entomopatógenos en Colombia U.N. Bogotá.

CORREDOR, T; PALACIOS, L; PARADA, J. 1999 Capacidad de búsqueda de *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) sobre *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae) afectando *Solanum phureja* en laboratorio. En: Resúmenes XXVI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Santafé de Bogotá. 28-30 Julio. pp 1.

DUNCAN L. W., SHAPIRO D. I., MCCOY C. W. AND GRAHAM J. H. 1999 Entomopathogenic Nematodes as a Component of Citrus Root Weevil IPM. En: Optimal use as insecticidal nematodes in pest management, ed. S. Polavarapu, pp91-94, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey

GARZÓN, M. Y AZA, B. 1994. Potencial del nematodo (*Steinernema* sp) para el control biológico del gusano blanco de la Papa *Premnotrypes vorax* (Hust. Facultad de

Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá D.C. (Tesis Ingeniero Agrónomo).

GAUGLER R. 1988 Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting insect pests with entomopathogenic nematodes. *Agriculture Ecosystems & Environment* 24: 351-360

GREWAL P. S. 1999 Production, Formulation and Quality. En: *Optimal use as insecticidal nematodes in pest management*, ed. S. Polavarapu, pp 15-24. Rutgers University, New Brunswick, New Jersey

HOMINICK W. M., REID A. P., BOHAN D. A. AND BRISCOE B. R. 1996. Entomopathogenic nematodes: biodiversity, geographical distribution and the convention on biological diversity. *Biocontrol Science and Technology* 6: 317-331

LONDOÑO, M. E. 1999. Efecto de *Steinernema carpocapsae* sobre especies de chisa en Colombia. En: *Seminario Nematodos entomopatogenos*. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá Septiembre 25.

MOLINA, J. P. 2001. Desplazamiento y parasitismo de los Entomonematodos *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae) y *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: heterorhabditidae) Hacia frutos infestados con la broca del café *Hypotenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá D.C. Tesis Ingeniero Agrónomo.

MORA, S. 1999. Uso de nematodos entomopatogenos en control de plagas de la palma de aceite. En: *Seminario Nematodos entomopatogenos*. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá Septiembre 25.

PARADA J.C. 2000 Distribución de *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) (Rhabditida: Steinernematidae) en Cundinamarca – Colombia En: *Resúmenes XXVII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología*. Medellín - Antioquia. 26-28 Julio.

PARADA S. JULIO. 2001. Steinernematidae and heterorhabditidae en areas de produccion papera en Cundinamarca. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. Bogotá.

PARADA, J. C.; SAENZ, A.; LUQUE, E. 1998. Uso de Steinernematidae sobre *Tecia solanivora* (Povolny). En *Conclusiones y memorial del talleres "Planeación estratégica para el manejo de Tecia solanivora en Colombia"* U.N. Santafé de Bogotá.

SAENZ A. 1998. Biología y patogenidad de *Steinernema feltiae* cepa Villapinzón (Rhabditida Steinernematidae) EN: seminario perspectivas sobre nematodos fitopatógenos entomopatógenos en Colombia Universidad Nacional de Colombia. Bogota

STOCK S., P., 1998, Sistemática y Biología de Nematodos Parásitos y Asociados a insectos de importancia económica, Universidad Nacional de Litoral, Esperanza, Santafé, Argentina, Octubre 1998, pp 99.

WOODRING J. L., Y KAYA H.K.,1988. Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes: A handbook of techniques. Suthem Cooperative Series Bulletin 331. Arkansas, Agricultural. P. 30.

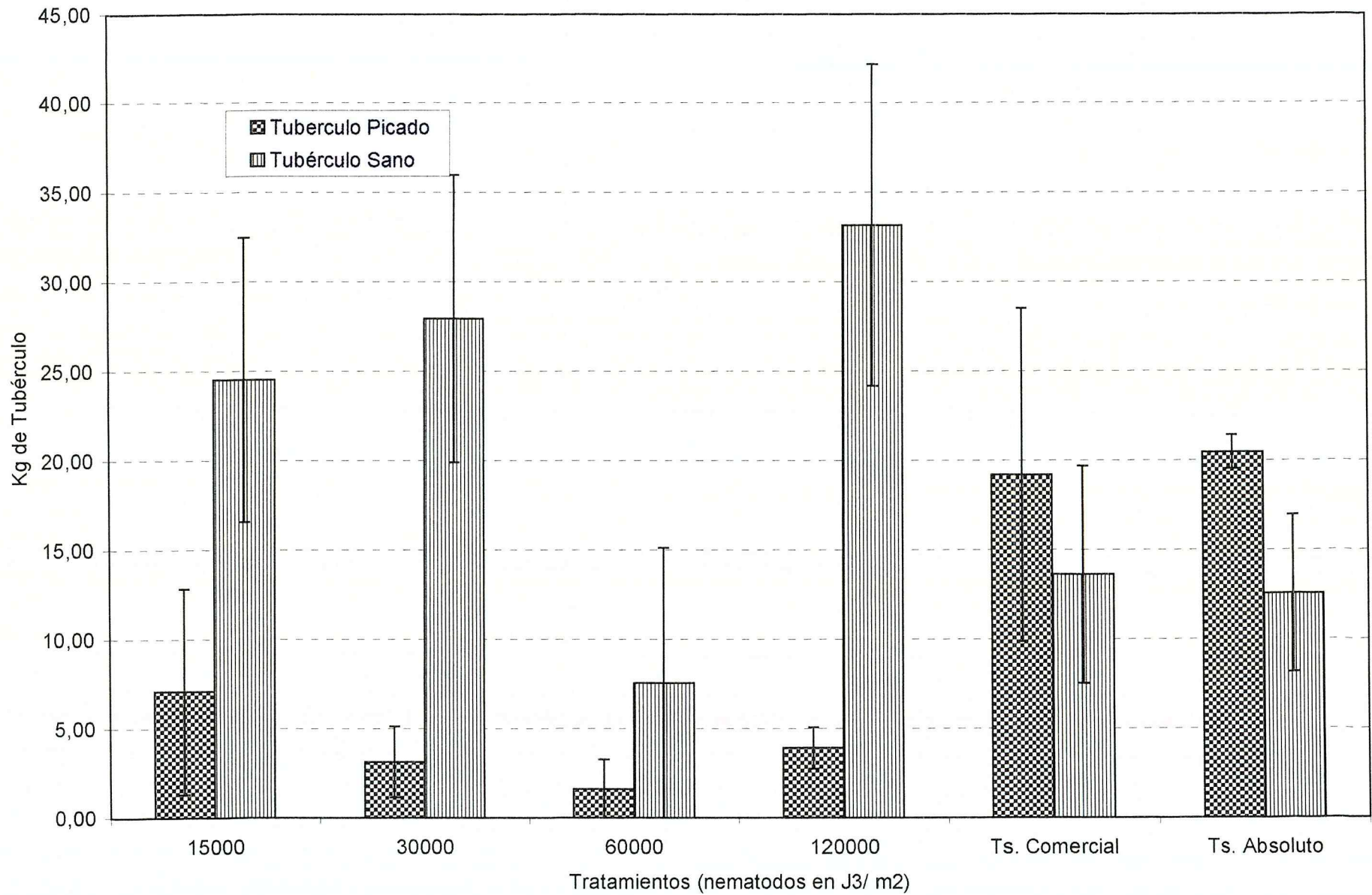


Figura 3: Producción en Kg por tratamiento en Ciclo 1. J3= Juvenil Infeccionado; T= Testigo

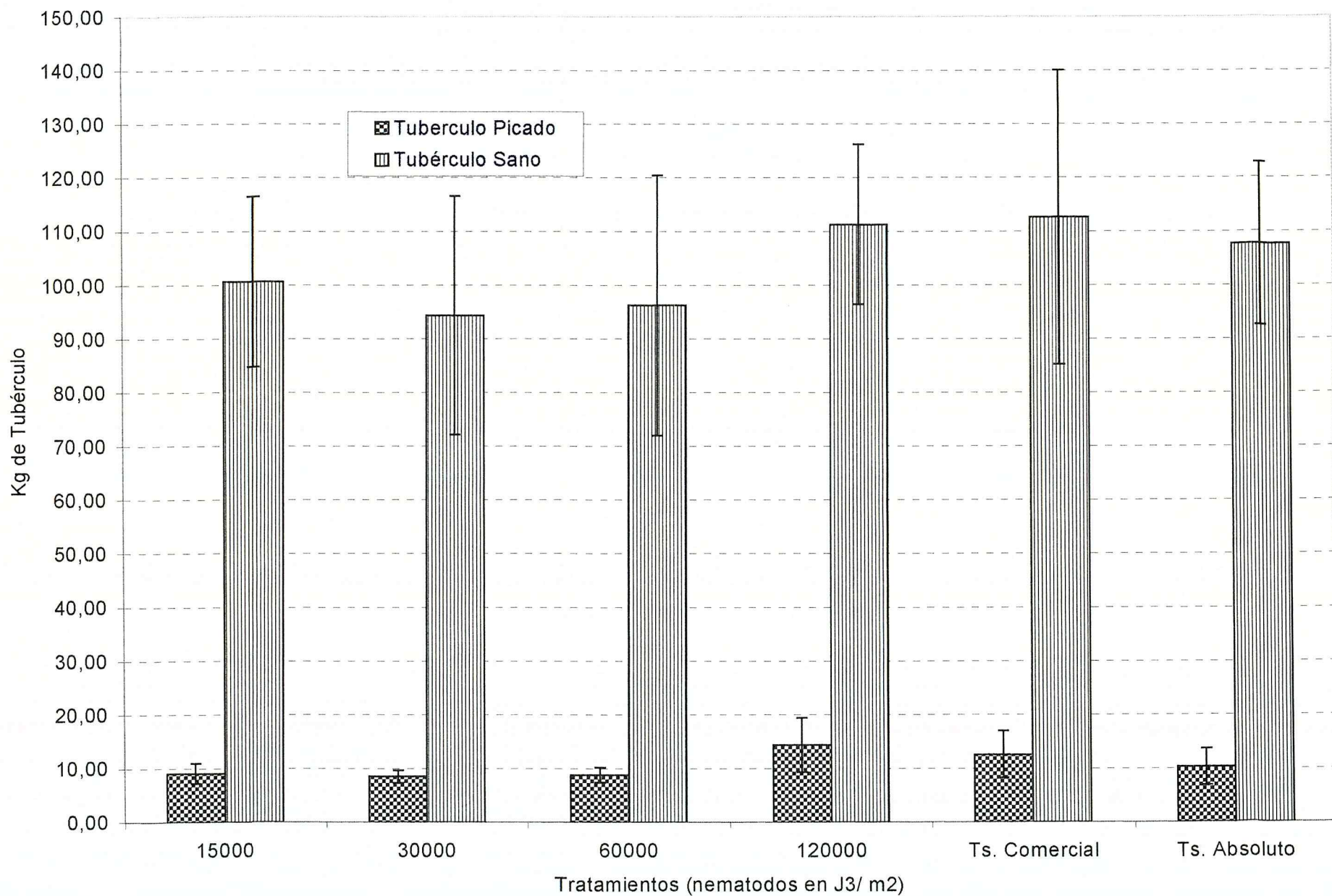


Figura 4: Producción en Kg por tratamiento en Ciclo 2. J3= Juvenil Infeccioso; T= Testigo

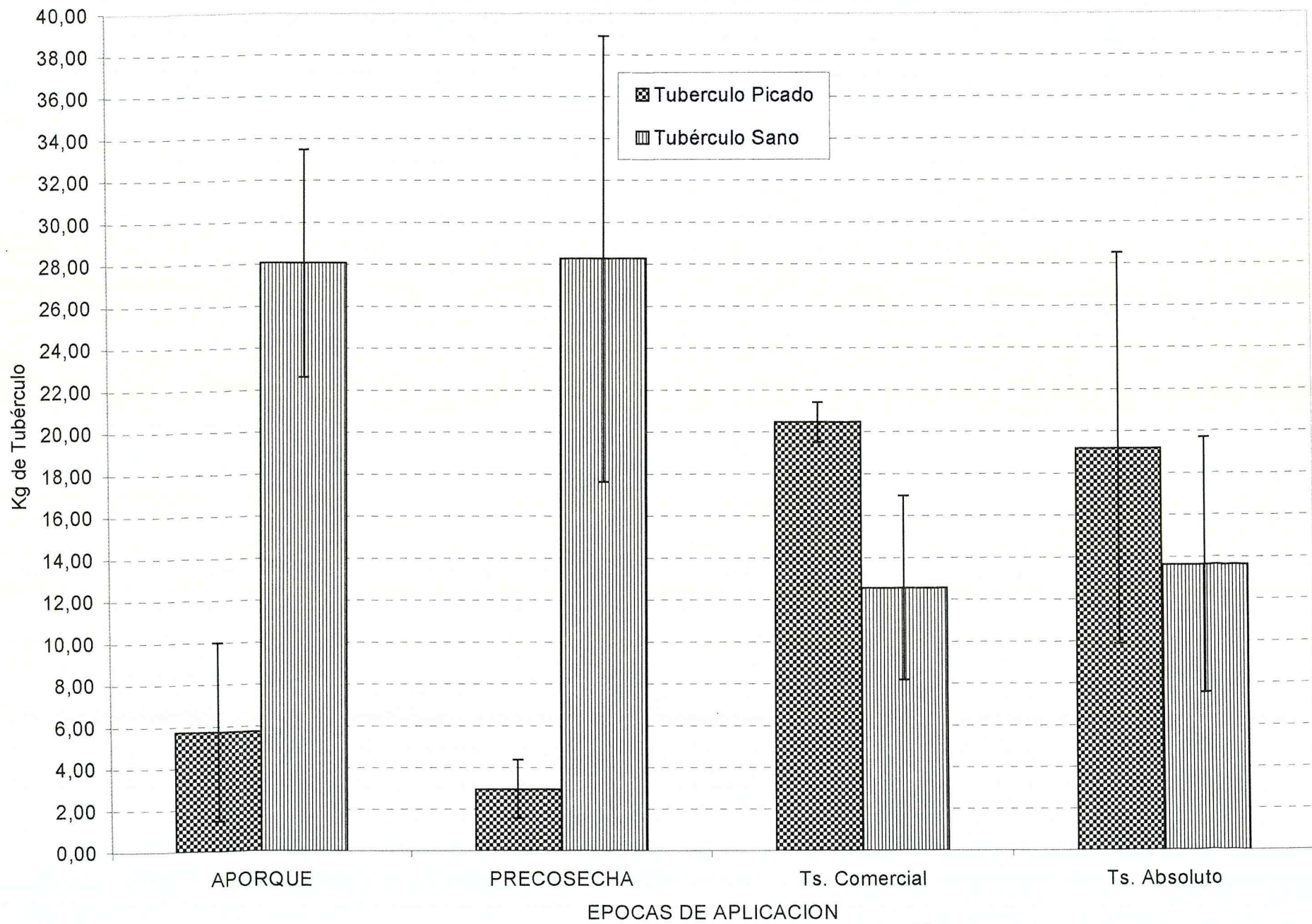


Figura 5. Producción de tubérculos en Kg, por época de aplicación en Ciclo 1. Ts= testigo

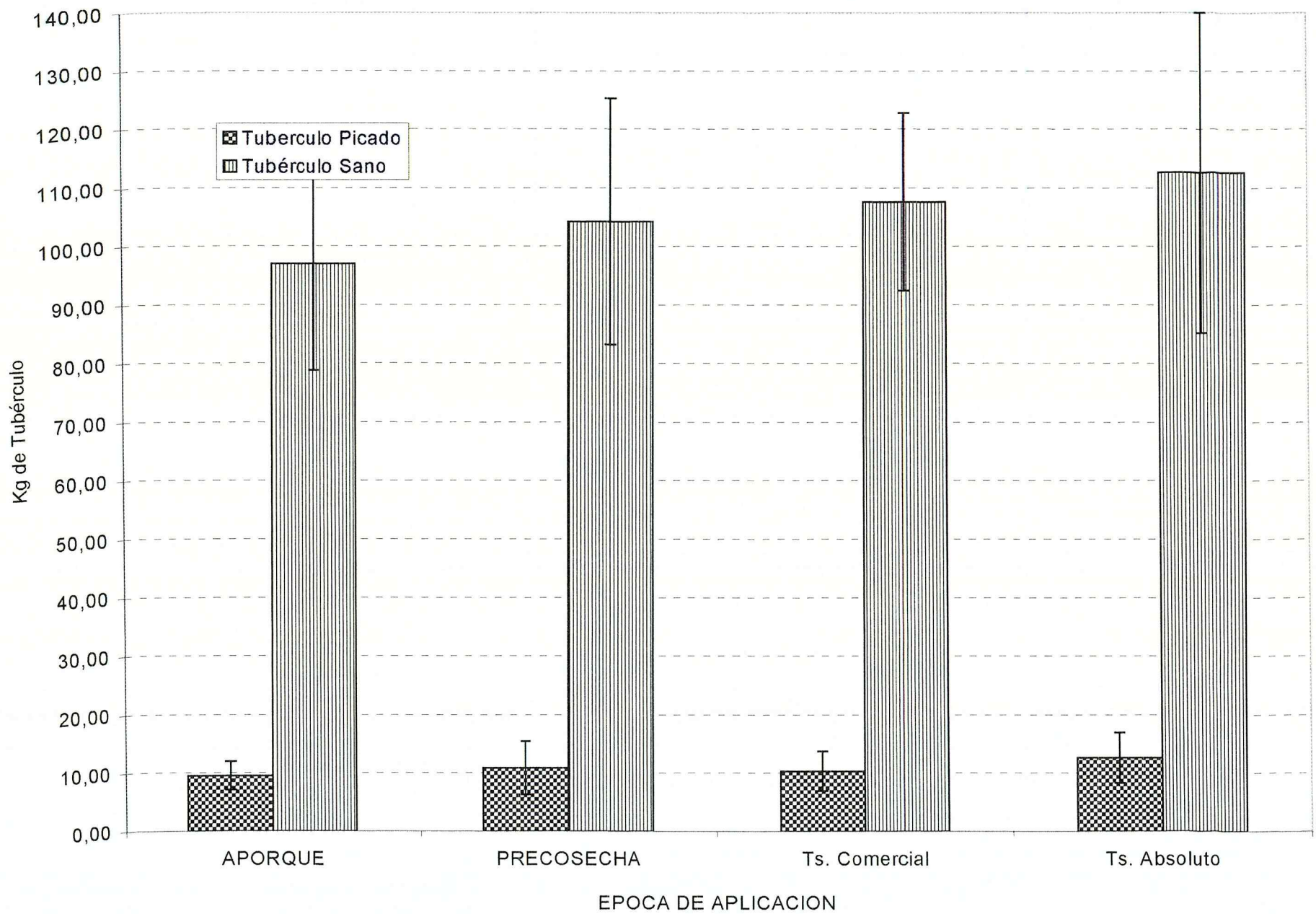


Figura 6. Producción de tubérculos en Kg, por época de aplicación en Ciclo 2. Ts= testigo