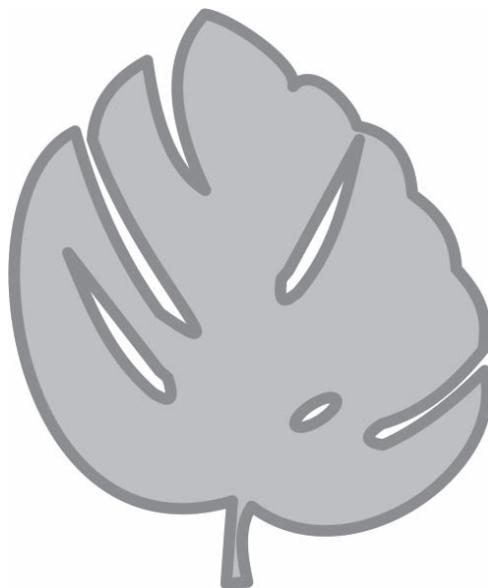


AGRONOMIA



REVISTA

AGRONOMIA

ISSN 0568-3076

Fundada en 1986

Periodicidad Semestral

Tiraje 300 ejemplares

Vol. 19, No. 2, 106 p.

julio - diciembre, 2011

Manizales - Colombia

Rector

Universidad de Caldas

Ricardo Gómez Giraldo

Vicerrectora Académica

Luz Amalia Ríos Vásquez

Vicerrector de Investigaciones y Postgrados

Carlos Emilio García Duque

Vicerrector Administrativo

Fabio Hernando Arias Orozco

Vicerrectora de Proyección

Fanny Osorio Giraldo

REVISTA AGRONOMÍA

La Revista Agronomía es una publicación del Programa de Agronomía de la Universidad de Caldas, que tiene como propósito la divulgación de artículos científicos originales y de notas técnicas que con un enfoque sistémico den respuesta a los interrogantes generados en el sector agropecuario. La revista constituye una estrategia de comunicación de los docentes de la Facultad con el entorno productivo regional y con la comunidad técnico-científica de la región, del país y del mundo.

Indexado en Índice Bibliográfico Periódica
Índice de Revistas Latinoamericanas
en Ciencias, Universidad Autónoma de México

Acceso en línea

<http://agronomia.ucaldas.edu.co>

EDITADO POR:

Universidad de Caldas

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados

VENTAS, SUSCRIPCIONES Y CANJES

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados

Universidad de Caldas - Sede Central

Calle 65 No 26 - 10

Apartado Aéreo: 275

Teléfonos: (+6) 8781500 ext. 11222 - 11442

E-mail: vinves@ucaldas.edu.co

revistascientificas@ucaldas.edu.co

revistagronomia@ucaldas.edu.co

Manizales - Colombia



DIRECTOR

Carlos Alberto Parra Salinas

Ingeniero Agrónomo, Msc. Sistemas de Producción,

Universidad de Caldas.

COMITÉ CIENTÍFICO

Jaime Arcila Pulgarín. Ph.D. Fisiología.

Centro Nacional de Investigaciones del Café-CENICAFE

Juan Carlos Pérez Naranjo, Ph.D. Ciencias de la Salud

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

COMITÉ EDITORIAL

Jairo Castaño Zapata, Ph.D. Fitopatología.

Universidad de Caldas.

Óscar Adrián Guzmán Piedrahita, M.Sc. Fitopatología

Universidad de Caldas.

Bernardo Villegas Estrada, M.Sc. Fitopatología

Universidad de Caldas.

Liliana María Hoyos Carvajal, Ph.D. Fitopatología

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Mauricio Alejandro Marín Montoya, Ph.D. Fitopatología

Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Jairo Eduardo Leguizamón Caicedo, Ph.D. Fitopatología

Consultor Externo

COMITÉ TÉCNICO DE APOYO A LA EDICIÓN

Juan David Giraldo Márquez - Coordinador

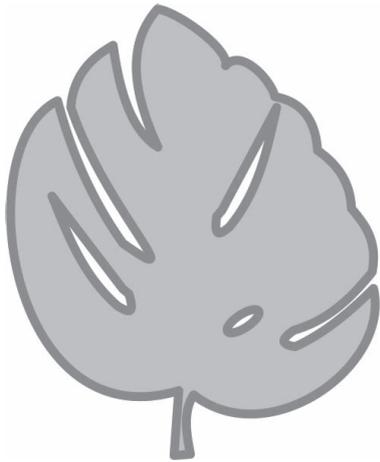
Yesid Henao Pérez - Corrector de estilo

Silvia L. Spaggiari - Traducción de los resúmenes al inglés

Carlos Eduardo Tavera Pinzón - Soporte Tecnológico

La responsabilidad de lo expresado en cada artículo es exclusiva
del autor y no compromete la posición de la revista.

El contenido de esta publicación puede reproducirse citando la
fuente.



CONTENIDO

EDITORIAL	5
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN DOS ECOSISTEMAS NATURALES METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF BIODIVERSITY IN TWO NATURAL ECOSYSTEMS NEMATODES <i>Pablo Andrés Chica Martínez, Gabriel Cruz Cerón, Óscar Adrián Guzmán Piedrahita</i>	7
IMPORTANCIA DE LOS NEMATODOS ESPIRAL, <i>Helicotylenchus multicinctus</i> (COBB) GOLDEN, Y <i>H. dihystrera</i> (COBB) SHER, EN BANANO Y PLÁTANO IMPORTANCE OF SPIRAL NEMATODES, <i>Helicotylenchus multicinctus</i> (COBB) GOLDEN AND <i>H. dihystrera</i> (COBB) SHER, ON BANANA AND PLANTAIN <i>Óscar Adrián Guzmán-Piedrahita</i>	19
CARACTERIZACIÓN DEL AGENTE CAUSANTE DE LA PUDRICIÓN DE RAÍCES DE LA ARVEJA (<i>Pisum sativum</i> LINNEO), ENFERMEDAD ENDÉMICA EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES-CALDAS (COLOMBIA) CHARACTERIZATION OF THE AGENT CAUSING PEA (<i>Pisum sativum</i> L) ROOTS ROT IN THE MUNICIPALITY OF MANIZALES - CALDAS (COLOMBIA) <i>Luz Adriana Osorio-Gutiérrez, Jairo Castaño-Zapata</i>	33
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE TIPO CEREZA (<i>Solanum lycopersicum</i> LINNAEUS) MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CHERRY TOMATO (<i>Solanum lycopersicum</i> LINNAEUS) <i>Alexis Giomara Agudelo Agudelo, Nelson Ceballos Aguirre, Francisco Javier Orozco</i>	44

EVALUACIÓN DEL HÍBRIDO DE SANDÍA SANTA AMELIA (<i>Citrullus lanatus</i> THUNB) EN TRES TIPOS DE COBERTURA	54
EVALUATION OF THE SANTA AMELIA HYBRID WATERMELON (<i>Citrullus lanatus</i> THUNB) UNDER THREE COVER TYPES	
<i>Freddy Eliseo Hernández Jorge, Camilo Medina Ramirez, Yeni Katerine Hernández Ossa</i>	
MANEJO GÉNÉTICO DE LA MARCHITEZ MANCHADA DEL TOMATE OCASIONADA POR <i>Tomato spotted wilt tospovirus</i>, TSWV: UNA REVISIÓN	67
GENETIC MANAGEMENT OF TOMATO SPOTTED WILT CAUSED BY <i>Tomato spotted wilt tospovirus</i> , TSWV: A REVIEW	
<i>Nathali López-Cardona, Jairo Castaño-Zapata, Bernardo Villegas-Estrada</i>	
MANEJO INTEGRADO DEL AÑUBLO BACTERIAL DE LA PANÍCULA DEL ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.) CAUSADO POR <i>Burkholderia glumae</i> KURITA & Tabei: UNA REVISIÓN	79
INTEGRATED MANAGEMENT OF RICE BACTERIAL PANICLE BLIGHT (<i>Oryza sativa</i> L.) CAUSED BY <i>Burkholderia glumae</i> KURITA & Tabei: A REVIEW	
<i>Lederson Gañán Betancur</i>	
NORMAS EDITORIALES	91
AUTHOR GUIDELINES	96

EDITORIAL



El nuevo número de nuestra revista indexada por Colciencias en la categoría C, contiene siete artículos que comprenden diversos temas. Se inicia con una evaluación de la estabilidad de los ecosistemas naturales de bosque secundario y guadua presentes en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas, con relación a la biodiversidad de nematodos en dicho suelo. Los resultados permitieron comprobar diferencias altamente significativas del Índice de Estructura a favor del ecosistema bosque en comparación con el guadual.

El segundo artículo, trata de una revisión del nematodo Espiral *Helicotylenchus* spp., el cual comprende más de 160 especies; biológicamente y dependiendo del hospedante, *Helicotylenchus* spp., posee un hábito alimenticio ectoparásito y semi-endoparásito de raíces, reduciendo la producción de musáceas entre 19 y 34%. Se concluye que es necesario detallar aspectos como: distribución, biología, ciclo biológico como patológico, síntomas primarios y secundarios, pérdidas, hospedantes, supervivencia, medios de diseminación y manejo, entre otros.

En cultivos comerciales de arveja es endémica la pudrición de raíces y como consecuencia, la muerte de las plantas; tema del tercer artículo, el cual trata de la identificación del patógeno causante de la enfermedad, hallándose a *Fusarium* sp. como agente causante, encontrándose mayores similitudes con la especie *F. oxysporum*.

La mayor diversidad del tomate se encuentra en especies silvestres. Veintisiete introducciones de tomate cereza (*Solanum lycopersicum* Linnaeus) del banco de germoplasma, UNAPAL, se caracterizaron en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas; siendo el contenido del cuarto artículo, cuyos resultados mostraron una gran diversidad fenotípica en las introducciones caracterizadas, diversidad que puede servir para el mejoramiento genético de la especie cultivada.

El uso de coberturas sobre el suelo representa un factor importante en la producción hortofrutícola actual, tema del quinto artículo. Se evaluó el efecto del empleo de tres tipos de cobertura en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), híbrido Santa Amelia, en la granja Montelindo, de la Universidad de Caldas. La cobertura con plástico negro/negro fue la que ofreció las mejores condiciones para el cultivo, aumentando los rendimientos hasta en un 106 %, permitiendo una precocidad del material hasta en 30 días; estadísticamente diferente de los demás tratamientos.

La Marchitez moteada del tomate (TSW) es una de las enfermedades más destructivas de éste en el mundo. Esta revisión, contenida en el sexto artículo, pretende esclarecer el estado actual del manejo genético del TSWV, con énfasis en las fuentes de resistencia natural. Igual que el artículo anterior, el séptimo es una revisión sobre el Añublo bacteriano de la panícula del arroz causado por la bacteria *Burkholderia glumae*. Se detallan las tácticas de manejo de dicha enfermedad desde el punto de vista epidemiológico.

JAIRO CASTAÑO ZAPATA. Ph.D.
Profesor Titular
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad de Caldas

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DE BIODIVERSIDAD DE NEMATODOS EN DOS ECOSISTEMAS NATURALES.

*Pablo Andrés Chica Martínez**, *Gabriel Cruz Cerón***, *Óscar Adrián Guzmán Piedrahita****

* Ing.Agr. Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Correo electrónico: pabloandreselbe@hotmail.com

** Ph.D. Profesor Titular. Departamento de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas.
Correo electrónico: gabocruz@ucaldas.edu.co

*** M.Sc. Profesor Auxiliar. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Agropecuaria.
Correo electrónico: oscar.guzman@ucaldas.edu.co

Recibido: 15 de mayo; aprobado: 30 de junio de 2011

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la estabilidad de los ecosistemas naturales de bosque secundario y guadua, presentes en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas, mediante el análisis de biodiversidad de nematodos en el suelo, se hizo una propuesta metodológica sustentada en criterios técnicos nematológicos, estadísticos y geoestadísticos que ayudan a la creación de estándares de investigación innovadores para realizar un análisis preciso y objetivo de los resultados del comportamiento de una variable en función del espacio. En los ecosistemas evaluados se recolectaron muestras de raíces y suelo usando un esquema de muestreo anidado con ayuda de un equipo de recepción GPS, mediante el cual se determinó el uso posterior de una grilla de muestreo geo-referenciada tomando muestras cada 15 m con el fin de captar la dependencia espacial del Índice de Estructura (IE) de los sistemas. Posteriormente, en el laboratorio de Fitopatología de la misma universidad se realizó la extracción de nematodos por el método de centrifugación y flotación en azúcar, así como su identificación; también se calculó el IE. Los resultados de los análisis estadísticos descriptivo e inferencial, y de geoestadística, permitieron comprobar diferencias altamente significativas del IE a favor del ecosistema bosque en comparación con el guadua; al igual que los parámetros de variabilidad espacial de tal índice y la caracterización ecológica de la abundancia (riqueza) y estabilidad de los ecosistemas evaluados.

Palabras clave: guadua, bosque, índice de estructura

ABSTRACT

METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF BIODIVERSITY IN TWO NATURAL ECOSYSTEMS NEMATODES

With the purpose of evaluating the stability of lower woodland and guadua natural ecosystems present in the Universidad de Caldas Montelindo farm and by means of the nematodes biodiversity analysis of the soil, a methodological proposal supported by the statistical and geostatistical technical nematological criteria was submitted, which helps to the creation of innovative research standards in order to carry out a precise and objective analysis of the behavior of a variable in function of the space. Samples of roots and soil from the studied ecosystems were taken using an embedded sampling system with the help of GPS reception equipment through which the subsequent use of a geo-referenced sampling grid was determined taking samples every 15 m in order to pick up the systems Structure Index (SI) spatial dependence. Later, in the Phytopathology Lab in the same University, the nematodes extraction was performed using the centrifugation and flotation in sugar methods as well as their identification. Also the SI was calculated. The results of the descriptive, inferential and geostatistical statistical analysis allowed the verification of the highly significant SI differences in favor of the woodland ecosystem in comparison with the guadua ecosystem, as well as the spatial variability parameters of such index and the ecological characterization of abundance (wealth) and stability of the evaluated ecosystems.

Key words: guadua, woodland, structure index

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad o diversidad biológica se define como:

“la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes en los ecosistemas, incluyendo entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” (UNEP, 1992), Así como también los procesos ecológicos que surgen de las interacciones entre organismos y factores abióticos que reflejan la complejidad de la naturaleza (Ocampo-Raeder, 2002).

En el suelo la biodiversidad es una propiedad que condiciona la capacidad de recuperación del sistema edáfico ante una alteración y que le asegura su estabilidad funcional (Griffiths *et al.*, 2001). Además, brinda la posibilidad de tener microorganismos con capacidad de promover el crecimiento de los cultivos de tal manera que la sustentabilidad de los agro-ecosistemas se vea favorecida por diversos mecanismos (García, 2011).

Debido a la velocidad con que las actividades humanas están produciendo cambios en los agro-ecosistemas y los sistemas naturales, es necesario hacer un esfuerzo adicional en el diseño de estudios útiles y pertinentes que permitan generar información necesaria para plantear soluciones sostenibles en el corto plazo (Carignan & Villard, 2002); en este sentido la aplicación de índices de biodiversidad de la nematofauna ha sido un paso importante en el desarrollo de herramientas de diagnóstico de biodiversidad, así como del estado de las redes alimentarias del suelo (Ferris *et al.*, 2001). Uno de éstos es el Índice de Estructura (IE), el cual es una medida de la estabilidad de un ecosistema, es decir, la capacidad de resistencia y recuperación del mismo frente a la perturbación, ello se basa en la importancia de los gremios funcionales de nematodos (bacteriófagos, micófagos, depredadores

y omnívoros) como indicadores de la calidad de la red trófica del suelo (Ferris *et al.*, 2001).

Tal diagnóstico puede efectuarse a mayor profundidad mediante aplicaciones de la geoestadística, la cual comprende un conjunto de herramientas (semivariogramas, distancias de muestreo, mapas de distribución, etc.) además de técnicas que sirven para analizar y predecir los valores de una variable que se muestra distribuida en el espacio o en el tiempo de una forma continua (Moral-García, 2004), permitiendo así generar mapas de distribución que relacionen la biodiversidad de uno o varios ecosistemas con las condiciones geográficas intrínsecas de cada uno, como por ejemplo la pendiente, el uso o cobertura del suelo, etc.

Se considera que las aplicaciones convencionales de la estadística no manejan el mismo enfoque que la geoestadística mediante la cual los valores de una variable no se consideran independientes, sino que, se supone de manera implícita que están correlacionados unos con otros, es decir, que existe una dependencia espacial (Díaz-Viera, 2002); lo anterior no excluye aplicaciones que permiten hacer comparaciones con rigor técnico entre varios ecosistemas mediante aplicaciones de estadística inferencial, como lo es el análisis de varianza (ANAVA), necesario para emitir un juzgamiento técnico sobre la calidad de biodiversidad en los ecosistemas evaluados.

Debido a la necesidad de crear estándares de investigación innovadores, con criterio técnico, que permitan un análisis preciso y objetivo de resultados del comportamiento de una variable en función del espacio, el objetivo de la presente investigación fue desarrollar y validar una metodología funcional basada en técnicas geoestadísticas para la evaluación de biodiversidad de nematodos en ecosistemas de bosque y guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), ubicados en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas, la cual es asimismo de potencial extensión a otras evaluaciones o estudios similares de carácter biológico y agronómico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. La investigación se realizó entre Julio y Diciembre de 2011, seleccionando dos ecosistemas colindantes de guadua y bosque secundario situados en la granja Montelindo, vereda Santágueda, municipio de Palestina-Caldas, ubicada en las coordenadas 5° 05' N y 75° 40' W, altitud de 1.050 msnm., temperatura media de 22,5°C, humedad relativa del 76%, precipitación anual de 2.100 mm y brillo solar anual de 2.010 h.

Características generales de los ecosistemas. Los ecosistemas evaluados se encuentran en zona de bosque húmedo tropical con las siguientes características:

- **Guadual:** Tal ecosistema es considerado como un bosque de sucesión secundaria que tenía la especie guadua en 80% del terreno de 0,95 ha, haciendo que su dosel proporcionara sombrío constante. Del área considerada, el 75% del terreno estaba en ladera y 25% en terreno plano, siendo este último, caracterizado por tener suelo “plástico” debido a la abundante presencia de humedales.
- **Bosque:** Dicho ecosistema es considerado como un bosque de sucesión secundaria, el cual estuvo sembrado en cacao (*Theobroma cacao* L.) 15 años atrás, siendo los remanentes de este cultivo la especie vegetal predominante; tal ecosistema se halla en zona de ladera en una extensión de 0,43 ha, acompañado de higuierón (*Ficus gigantosyce* Dugand), Yarumo (*Cecropia peltata* L.), heliconias (*Heliconia* spp.), helechos (*Pteridium* spp. Linneo), anicillo (*Piper anisatum* Kunth), pringamoso (*Urera baccifera* L.), platanillas (*Musa* spp.) y rascaderas (*Xanthomas* spp.), especies que generan una condición de sombrío permanente; el suelo está cubierto en su totalidad por una capa de material vegetal en descomposición.

Procedimiento en condiciones de campo.

En cada ecosistema se realizó el levantamiento perimétrico y topográfico mediante el uso de un equipo de geo-referenciación GPS Garmin MAP76S, recorriendo los linderos de cada lote, ecosistema, tomando un punto (registro de dato) cada 5 m con el fin de establecer el área de muestreo; los datos fueron digitalizados en el software ARCGIS 8,2 (ESRI, 2001®), y posteriormente con la ayuda de la herramienta “ArcToolbox> Data Management Tools >FeatureClass> Create Random Point” de dicho software, se generó en cada lote un esquema de muestreo basado en un modelo anidado de cuatro niveles, es decir, ubicando muestras aleatorizadas que correspondieran a distancias de 40, 20, 10 y 5 m entre sí, dentro del área del perímetro en cada lote a manera de análisis exploratorio de datos (Figura 1). Con el fin de determinar la dependencia espacial del índice de estructura en los dos ecosistemas se construyeron los respectivos semivariogramas, lo que facilitó el registro de la distancia óptima representativa para la recolección de las muestras y la determinación de una grilla de muestreo para cada ecosistema.

Recolección de muestras en condiciones de campo.

En cada uno de los puntos geo-referenciados del esquema de muestreo se delimitó un área de 1x1 m, considerado como punto de muestreo, y se despejó de arvenses u otras plantas con un palín de hoja rectangular; en tal área se hicieron 3 hoyos de 15 x 15 x 25 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente; en cada uno de ellos se recolectaron 700 g de raíces y suelo, los cuales fueron debidamente homogenizados y depositados en una bolsa plástica para conformar una muestra compuesta de 2 Kg. Las muestras fueron rotuladas y transportadas al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas para su correspondiente análisis.

Procedimiento en condiciones de laboratorio.

En el laboratorio arriba mencionado, se realizó la extracción de nematodos con base en el principio de flotación de éstos en azúcar (Jenkins, 1964 & Meredith, 1973) de la siguiente manera:

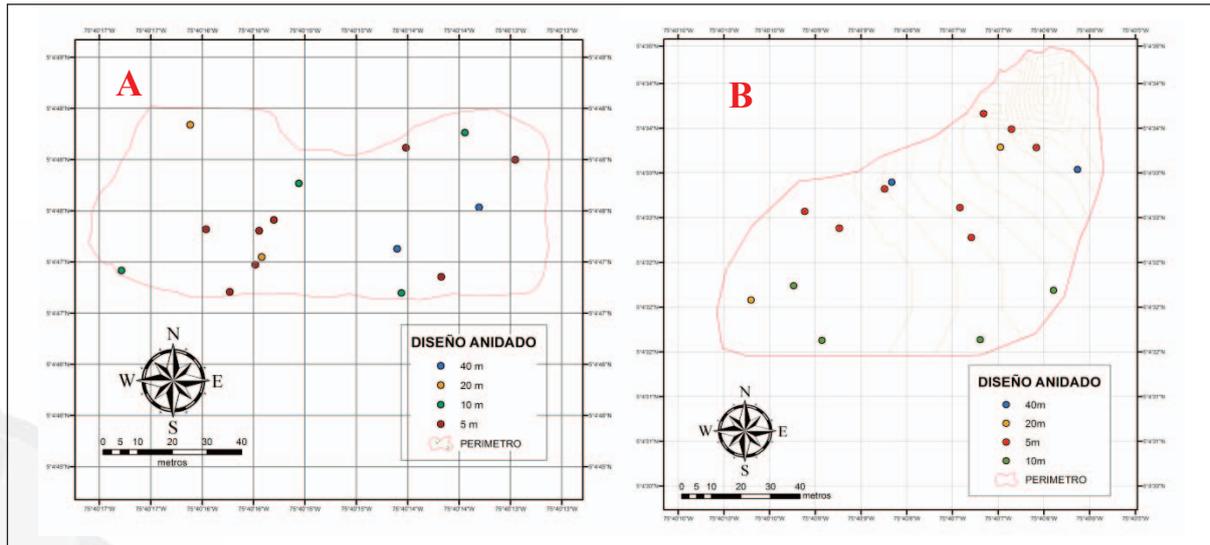


Figura 1. Esquema de muestreo anidado utilizado para determinar la dependencia espacial del Índice de Estructura en los ecosistemas de bosque (A) y guadua (B).

Las raíces se lavaron con agua de la llave, después de dejarlas secar a temperatura ambiente se pesaron 30 g de ellas en una balanza Analytical Plus, marca Ohaus; con la ayuda de tijeras se cortaron transversalmente trozos de raíces de 1 cm., que posteriormente fueron homogenizados por tamaño. Tales trozos se licuaron a alta velocidad por 30 seg, en el vaso de una licuadora Osterizer, modelo 565-15, con 500 mL de agua. La solución del licuado se depositó en un tamiz de 710 μm , el cual estaba colocado a su vez, sobre un tamiz de 38 μm . Posteriormente la muestra se lavó con agua a presión para que se diera el desprendimiento de los nematodos, y el material residual del tamiz de 38 μm se depositó en tubos de centrifugación de 30 mL de capacidad; luego el material se centrifugó a 3.800 rpm durante 5 min; como consecuencia de la centrifugación hubo sedimentación de las partículas pesadas en el fondo del tubo, procediendo a eliminar el sobrenadante.

Seguidamente, los tubos fueron llenados nuevamente con solución de sacarosa al 50% y colocados a centrifugar a 3.800 rpm durante 5 min, con el propósito de que los nematodos quedaran flotando en la solución de sacarosa por densidad diferencial

y fueran separados de las partículas más pesadas. Posteriormente el sobrenadante se depositó en un tamiz de 38 μm para lavar la sacarosa con agua de la llave a presión baja y evitar que los nematodos fueran afectados por ésta. Finalmente se recogieron 20 mL de agua con nematodos en una caja Petri, realizando el conteo de nematodos (número de nematodos en 100 g de raíces). La extracción de nematodos de suelo se realizó de similar manera, omitiendo el procedimiento de licuado.

La identificación de nematodos se realizó con las claves taxonómicas de Thorne (1961), Maggenti *et al.* (1987), Tarjan & Keppner (1989), Luc *et al.* (1990), Hunt (1993); Mai *et al.* (1996), Siddiqi (2000), Panesar & Marshall (2001), Nguyen (2003), Eyualem-Abebe *et al.* (2006), Perry & Moens (2006) y Perry *et al.* (2009).

Cálculo del Índice de Estructura (IE). Una vez identificados taxonómicamente los nematodos en cada uno de los puntos de muestreo, éstos se clasificaron biológicamente de dos formas: la primera, según su hábito alimentario o el gremio funcional al que pertenecen, es decir, bacteriófagos (Ba), micófagos (Fu), depredadores (Ca),

fitoparásitos (Fp) y omnívoros (Om); la segunda, mediante la escala *colonizador-persistente* (c-p) en series de uno a cinco (de cp-1 a cp-5), que abarcan desde los estrategias de extrema “r” (oportunistas de riqueza) hasta los estrategias de extrema “k” (indicadores de estabilidad del ecosistema) (Bongers & Ferris, 2009).

Los nematodos colonizadores en el extremo inferior de la escala (cp-1), como individuos de las familias Rhabditidae o Diplogasteridae, son considerados oportunistas de enriquecimiento, por lo tanto, indican disponibilidad de recursos; los nematodos persistentes en el extremo superior de la escala (cp-5), como individuos de las familias Actinolaimidae y Dorylaimidae indican estabilidad del sistema y complejidad de la red alimentaria. En general, cada taxón de nematodos se clasificó por ámbito familiar en una de las cinco clases c-p (Bongers & Ferris, 2009).

Una vez realizada la clasificación de los nematodos a nivel biológico se calcularon los componentes del Índice de Estructura, componente estructural (S) y componente basal (B), mediante la siguiente fórmula:

$$S = (Ba_n \times W_n + Ca_n \times W_n + Fu_n \times W_n + Om_n \times W_n).$$

Donde:

$$n = \text{series cp-3 a cp-5, } W_3=1,8, W_4=3,2, W_5=5,0$$

$$B = (Ba_2 + Fu_2) \times W_2$$

Donde:

$$W_2=0,8$$

Para las fórmulas anteriores: **Ba**, **Fu**, **Ca**, **Om** son los gremios funcionales de nematodos bacteriófagos, micófagos, carnívoros o depredadores y omnívoros, respectivamente, donde el carácter **n** es el valor entre 1 y 5 indicado por la escala **c-p** (Ferris *et al.*, 2001).

Después de calcular los anteriores componentes, el **IE** se calculó mediante la ponderación de los mismos, aplicando la siguiente fórmula:

$$IE = 100 * S / (S + B)$$

Donde:

IE: índice de estructura

B: componente basal

S: componente estructural

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico integral se basó en el manejo de técnicas descriptivas, análisis de varianza (ANAVA) y geoestadística.

- **Estadística descriptiva.** Mediante esta técnica se representaron y compararon los valores del índice IE en cada uno de los ecosistemas evaluados calculando valores máximos, mínimos, promedios y varianzas, para observar en qué medida los datos se agrupan o se dispersan en torno a un valor central.
- **Estadística inferencial.** Con el fin de generar una comparación estadística confiable entre los ecosistemas evaluados, se describió la distribución de los valores del Índice de Estructura, y así determinar el método estadístico adecuado para realizar la comparación entre sistemas; para comprobar la distribución se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk con el fin de determinar si los valores del índice se ajustaban a una distribución normal; de comprobarse la normalidad se procedía a utilizar métodos paramétricos como pruebas “T” (“Student”) para comparar ambos ecosistemas; de lo contrario se hacía necesario el uso de métodos no paramétricos para tal comparación como la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

- **Análisis geoestadístico.** Con la base de datos del IE resultante del esquema de muestreo anidado, se generaron bases de datos georeferenciadas para cada ecosistema, en las cuales se especificaba la ubicación de los puntos de muestreo usando coordenadas geográficas X, Y y Z, que corresponden respectivamente en nomenclatura decimal, a la longitud, la latitud y la altura, integrando el valor de cada uno de los índices de estructura como atributo de cada punto georeferenciado.
- **Meseta (Co+C):** Es la cota superior del semivariograma; tal meseta puede ser o no finita. La “pepita” o nugget o “efecto pepita”, no debe representar más del 50% de la meseta, si se considera que el modelo explica bien la “realidad espacial”.
- **Rango (Ao):** En términos prácticos corresponde a la distancia a partir de la cual dos observaciones son independientes. El rango se interpreta como la zona de influencia y corresponde a la distancia óptima de muestreo; se llama rango efectivo a la distancia para la cual el semivariograma alcanza el 95% de la meseta. Entre más pequeño sea el rango, más cerca se está de obtener un modelo de independencia espacial representativo.

A partir de las bases de datos se obtuvieron los respectivos semivariogramas por medio del software GS+ versión 5.1 (Gamma Desing, 2001®) para cada uno de los índices de biodiversidad con el fin de calcular modelos teóricos estructurales (isotrópicos) que permitieron determinar el tipo de dependencia espacial del IE y la distancia óptima de muestreo para generar mapas de distribución espacial del índice en cada uno de los ecosistemas. El índice aplicado más representativo en geoestadística es la semivarianza, que relaciona la variabilidad de la variable de estudio con la distancia de muestreo; sus resultados se enseñan mediante gráfico conocido como semivariograma. La interpretación del semivariograma experimental parte del criterio de que a menor distancia entre los sitios muestreados, mayor similitud o correlación espacial entre las observaciones.

Para efectos explicativos del semivariograma se hace referencia a los siguientes parámetros descritos por Giraldo (2002):

- **Efecto “Pepita” (Co):** Se denota por **Co** y representa una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen, ya que su valor esperado es cero. Tal discontinuidad puede ser debida a errores de medición en la variable o a la escala de la misma. En algunas ocasiones puede ser indicativo de que parte de la estructura espacial se concentra a distancias inferiores a las observadas.

Con el registro de los parámetros de los modelos (efecto pepita, meseta y rango) se definió una grilla de muestreo georeferenciada para cada lote, usando una distancia de separación entre muestras, según lo indique el parámetro “Rango”, es decir, la distancia óptima de muestreo para captar la dependencia espacial del Índice de estructura en cada ecosistema; se siguieron los procesos indicados en la toma de muestras, trabajo de laboratorio y respectivo cálculo del índice de estructura.

Con el cálculo del índice de estructura en cada uno de los puntos de la grilla de muestreo, se procedió a desarrollar una interpolación de los datos mediante la técnica *Krigging* usando el módulo ‘*Geostatistical Analyst*’ del software ARCGIS 8,2 (ESRI, 2003 ®) debidamente licenciado, con el fin de generar mapas de distribución del índice de estructura en cada uno de los ecosistemas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del muestreo anidado. En los ecosistemas de bosque y guadua, la dependencia espacial del índice de estructura fue explicada mediante modelos esféricos de los semivariogramas (Figura 2). En esta figura se observa que la

dependencia espacial varía según el ecosistema evaluado. Se destaca que el “efecto pepita” (nugett) es cercano a cero en los modelos calculados, lo que implica prácticamente la inexistencia de errores de medición en los modelos. A su vez, los rangos o distancias de muestreo a recomendar para la variable “Índice de Estructura”, extraídos de los modelos geo-espaciales, son bastante similares entre los ecosistemas evaluados; de 15,92 m (Figura 2A) para el ecosistema bosque y de 15 m (Figura 2B) para el ecosistema guadua; tales valores son comparables con los de Ettema *et al.* (1998), quienes encontraron que la captación de la variabilidad espacial de las

poblaciones de nematodos oscilan entre 15 y 66,5 m; también coinciden con los resultados de investigación de Robertson & Freckman (1995), donde se muestra que la dependencia espacial de las poblaciones de nematodos bacteriófagos y micófagos puede ser captada a distancias de muestreo menores de 80 m. Con los resultados anteriores se generaron grillas de muestreo para los dos ecosistemas con el criterio de dependencia espacial de la variable; así, en el bosque usando una distancia de 15,9 m entre puntos de muestreo, se tomaron 17 muestras en 0,437 ha; mientras que en guadua usando una distancia de 15 m entre puntos se tomaron 43 muestras en

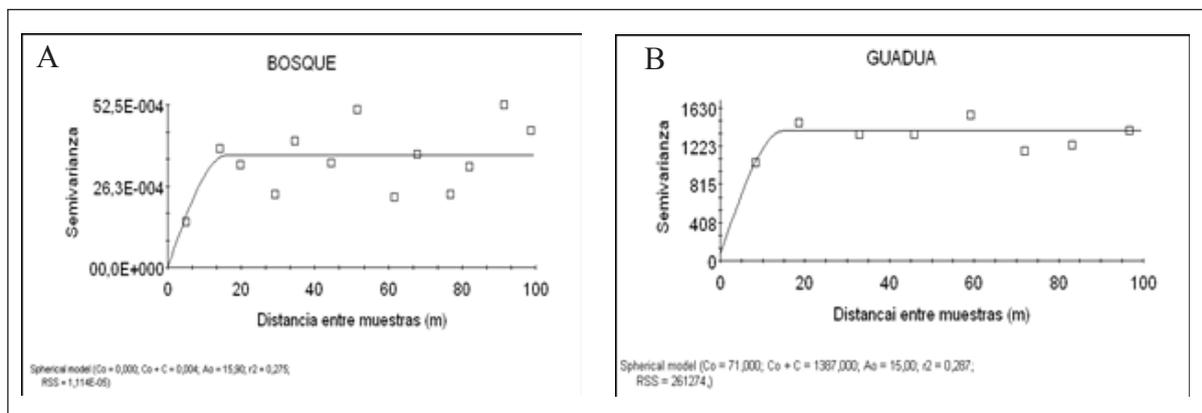


Figura 2. Modelo estructural (isotrópico) del Índice de Estructura para los ecosistemas de bosque (A) y guadua (B). Los rangos estimados por los modelos se señalan con respectivas fechas.

0,954 ha; se logra así que, tanto el tamaño muestral como el número de muestras en cada ecosistema, se fundamenten en parámetros técnicos espaciales.

Resultados de estadística descriptiva. Los promedios generales y las dispersiones del IE para los ecosistemas de bosque y guadua fueron de 37,491 y 35,804, respectivamente (Figura 3). Al tener en cuenta que el IE es un indicador de la estabilidad de la microbiota, o sea, de la capacidad de resistir las perturbaciones en el suelo (resistencia) así como también de la capacidad de recuperarse de las mismas (resiliencia) (Ferris *et al.*, 2001); tal índice varía entre 0 y 100, siendo valores por debajo de 50

correspondientes a condiciones inestables, cuyos recursos no están disponibles en un relativo largo plazo; para la demostración de los resultados del análisis geoestadístico se generó una escala de 10 categorías, con el fin de reconocer la variabilidad del índice en los distintos ecosistemas.

Resultados del análisis geoestadístico. En el ecosistema guadua se registró un comportamiento del índice de estructura menos homogéneo, existiendo zonas más estables en la parte superior del lote anteriores a la cota 1.030, que corresponde a una zona plana, valores muy bajos del IE; es de notar que en gran proporción del lote el IE no toma valores

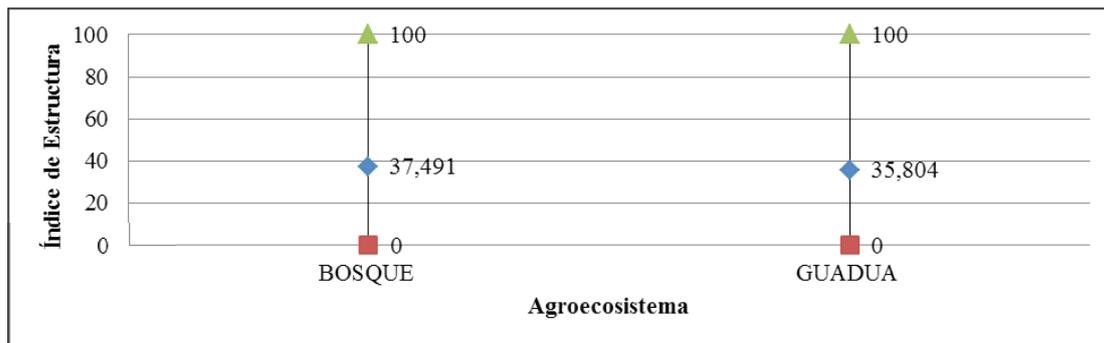


Figura 3. Relación de valores máximos, mínimos y promedios del Índice de Estructura.

inferiores a 50, catalogándolo como un sistema medianamente estructurado (Figura 4A), lo que indica cierta capacidad de recuperación natural de la red trófica del suelo ante cualquier disturbio, tal como se explicó en el párrafo anterior.

En el ecosistema bosque (Figura 4B), se observan áreas tanto con valores del índice muy bajos (zona norte del lote), como también zonas con valores altos del mismo en los linderos, lo que denota estabilidad

en dichas zonas, explicada por el propio desarrollo del sistema bosque.

Resultados de estadística inferencial

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. Como se anotó, la prueba de Shapiro-Wilk, se ejecutó con el fin de registrar si los valores del IE en los ecosistemas guadua y bosque, siguen o no, una distribución normal y así determinar un método

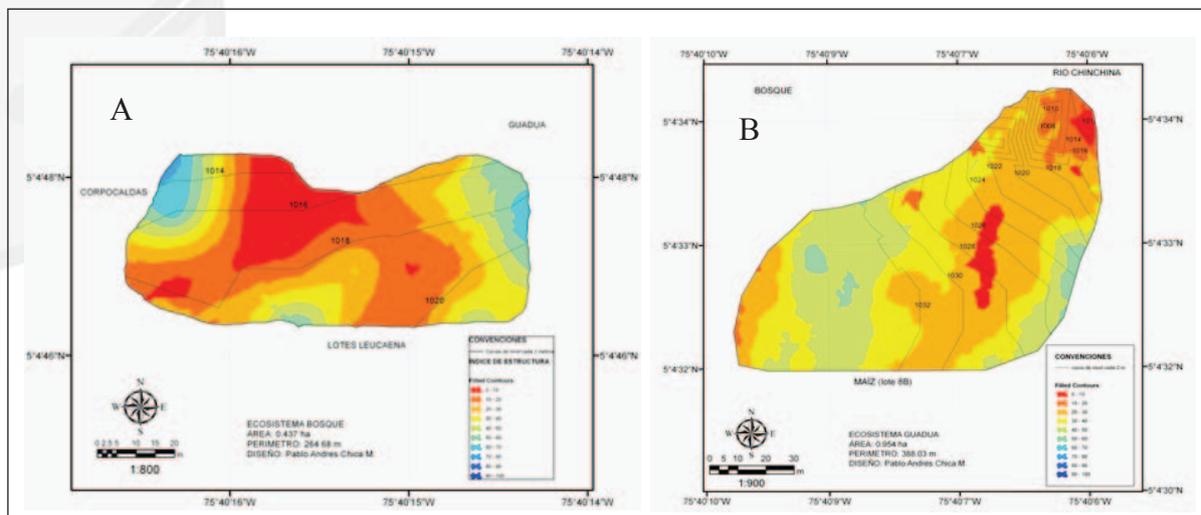


Figura 4. Mapa de la distribución espacial del índice de Estructura en los ecosistemas de guadua (A) y bosque (B).

representativo para la comparación estadística entre ecosistemas. Debido a que el valor de probabilidad (“p-value”) más pequeño de las pruebas realizadas en ambos ecosistemas es menor a 0,05, se rechaza la hipótesis de que el IE en los ecosistemas guadua y bosque proviene de una distribución normal (Tabla 1). El resultado anterior determina la aplicación del método inferencial más idóneo en la comparación de los dos sistemas.

Los resultados de dichas pruebas se pueden constatar gráficamente con la ayuda de los histogramas del IE en los ecosistemas de bosque (Figura 5A) y guadua (Figura 5B), en los cuales se observó que la frecuencia de los valores que toma el índice en ambos ecosistemas representados en barras grises, no siguen

una distribución normal, representada en las gráficas como una línea azul.

Tabla 1. Pruebas de Normalidad con base al estadístico W de Shapiro-Wilk para el IE en los ecosistemas bosque y guadua.

Ecosistema	Estadístico	Valor-P
Bosque	0,717093	0,000161865
Guadua	0,784694	4,03 x 10 ⁻⁷

Con base en lo anterior se determinó utilizar métodos no paramétricos para la comparación entre ecosistemas, por lo cual para dicho propósito se desarrolló la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

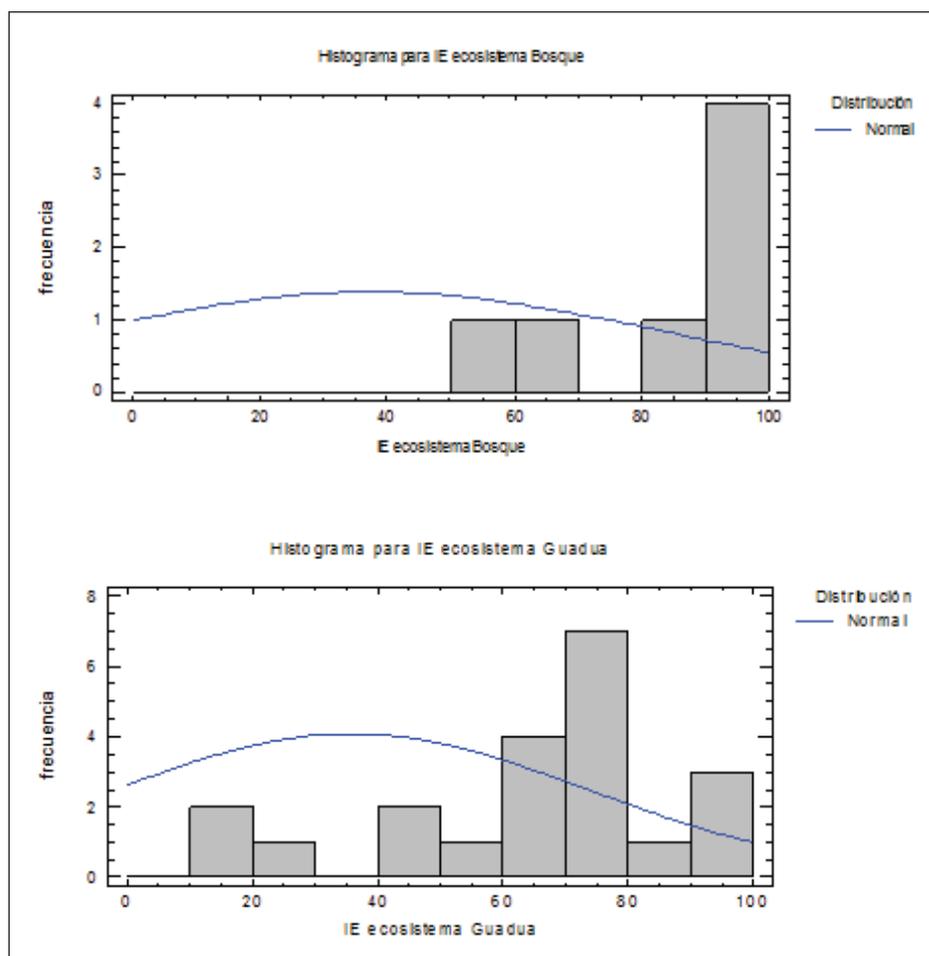


Figura 5. Histograma para el Índice de Estructura (IE) en los ecosistemas de bosque (A) y guadua (B)

Prueba de Kolmogorov-Smirnov. Tal prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos muestras. En este caso, el estadístico DN estimado o la distancia máxima fue 0,5625.

De particular observación es el valor de probabilidad (p-value) resultante de la prueba, que es igual a 0,00152403 (Tabla 2); debido a que dicho valor es

menor que 0,05, se comprueba estadísticamente que existe diferencia altamente significativa entre los dos promedios, correspondientes a los valores del Índice de Estructura bajo comparación.

Comprobada estadísticamente la diferencia entre los ecosistemas bajo comparación, se deduce que el ecosistema de bosque, presenta una respuesta promedio mayor (promedio de 37,4919) que el ecosistema guadua (promedio de 35,8043) (Tabla 3).

Tabla 2. Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para la comparación del índice de estructura (IE) entre los ecosistemas bosque y guadua.

Estadístico DN estimado	0,5625
Estadístico K-S bilateral para muestras grandes	1,89467
Valor P aproximado	0,00152403

Tabla 3. Resumen estadístico de la comparación entre los valores del Índice de Estructura (IE) en los ecosistemas de bosque y guadua.

	<i>IE ecosistema Bosque</i>	<i>IE ecosistema Guadua</i>
Recuento	16	39
Promedio	37,4919	35,8043
Desviación Estándar	45,7368	38,0786
Coefficiente de Variación	121,991%	106,352%
Mínimo	0,0	0,0
Máximo	100,0	100,0
Rango	100,0	100,0
Sesgo Estandarizado	0,817802	0,905437
Curtosis Estandarizada	-1,45882	-2,04451

CONCLUSIONES

- Los resultados de la investigación permitieron comprobar la validez, y por ende, la efectividad del manejo de técnicas estadísticas integradas, refiriéndose a las aplicaciones convencionales

de la estadística descriptiva y la estadística inferencial (paramétrica y no-paramétrica), vinculando como novedad en investigaciones sobre indicadores de biodiversidad, las aplicaciones de la geoestadística, como técnica que incorpora la distribución y la variabilidad

- espacial en los nuevos enfoques y abordajes de la investigación agronómica.
- En las aplicaciones de la inferencia estadística es destacable el cálculo de componentes del análisis de varianza (ANAVA) que permite la comprobación de la significancia de los promedios de los “tratamientos” bajo comparación, referidos a los promedios del índice de biodiversidad que se trate.
- Del componente geoestadístico se resaltan los aportes vinculados con la estimación de distancias representativas de muestreo para indicadores de biodiversidad, con los mapas de distribución del indicador de biodiversidad evaluado, a nivel del área o zona de estudio, y la variabilidad de los mismos, reseñando los resultados de abundancia, riqueza, estabilidad, etc., de los sistemas bajo comparación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bongers, T. & Ferris, H. 2009. Indices developed specifically for analysis of nematode assemblages En: CAB International. Nematodes as Environmental Indicators. Wilson M.J. & Kakouli-Duarte. T. (Eds.)
- Carignan, V. & Villard, M. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Env. Monit. Assess.* 78:45-61.
- Díaz-Viera, M. A. 2002. Geoestadística aplicada. Instituto de Geofísica, UNAM, Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA, Cuba.
- Ettema C.H., Coleman D.C., Vellidis, G., Lowrance R. & Rathbun S. L. 1998. Spatiotemporal Distributions of Bacterivorous Nematodes and Soil Resources in a Restored Riparian Wetland. *Source: Ecology*. Vol. 79(8): pp. 2721-2734. www.jstor.org/stable/176512
- Eyualem-Abebe, A. I. & Traunspurger, W. 2006. Freshwater nematodes: Ecology and taxonomy. CAB International.
- Ferris, H., Bongers, T. & de Goede, G. M. 2001. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology* 18:13-29
- García, I.E. 2011. Microorganismos del suelo y sustentabilidad de los agro-ecosistemas. *Revista Argentina de Microbiología* 43:1-3.
- Giraldo, R. 2002. Introducción a la geoestadística, Teoría y aplicación. En: Colombia. *Evento: Simposio Nacional de Estadística*.
- Griffiths, B.S., Bonkowski, M., Roy, J. & Ritz, K. 2001. Functional stability substrate, utilisation and biological indicators of soil following environmental impacts. *Appl. Soil Ecol.* 16: 49-61.
- Hunt, D.J. 1993. Aphelenchida, longidoridae and trichodoridae: Their systematics and bionomics. Wallingford, UK, CAB International. p. 352
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*. 48(9):692.
- Luc, M. 1990. Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes – a synopsis. En: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. Luc, M. & Sikora (Eds.). CAB International. Londres. pp.1-44.
- Maggenti, A.R., Luc, M., Raski, D.J., Fortuner, R., & Geraert, E. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). *Revue Nematol.*
- Mai, W., Mullin & Lyon., H. 1996. Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera. Fifth edition. Comstock Publishing Associates. A division of Cornell University Press. p. 277

- Meredith, J. 1973. Algunos métodos de campo y laboratorio para trabajar con nematodos. Maracaibo (Venezuela). pp. 44.
- Moral-García, F.J. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas* 13(1):78-86.
- Nguyen, K.B. 2011. Clave Rhabditida: Rhabditina. Consulta: Julio de 2011. En: www.kbnguyen.ifas.edu.
- Ocampo-Raeder, C. 2002. Biodiversidad: Definición y estrategias para su conservación. *Pro-Quest Agriculture journals*. Debate agrario. 34:171
- Panesar, T. S. & Marshall, V. G. 2001. Monograph of soil nematodes from coastal Douglas-fir forests in British Columbia. Part of the final report submitted to FRBC/ SCBC (Forest renewal British Columbia/ Science Council of British Columbia) p. 110
- Perry, R. & Moens, M. 2006. Plant nematology. CAB International. London. p. 447
- Perry, R., Moens, M. & Starr, J. 2009. Root knot nematodes. CAB International. London. p. 480
- Robertson, G.P. & Freckman, D.W. 1995. The spatial distribution of nematode trophic groups across a cultivated ecosystem. *Ecology*. 76(5):1425-1432.
- Siddiqi, M.R. 2000. Tylenchida: parasites of plant and insects. CABI Publishing (Eds.), London. p. 800
- Tarjan, A. C. & Keppner, E. J. 1989. Ploughing of a perennial grass lay-effect on the nematode fauna. *Pedobiologia* 33:199-210.
- Thorne, G. 1961. Principles of nematology. USA. McGraw-Hill – Book Company. p. 547
- UNEP, 1992. Convention on biological diversity. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya. p. 30

IMPORTANCIA DE LOS NEMATODOS ESPIRAL, *Helicotylenchus multincinctus* (COBB) GOLDEN Y *H. dihystera* (COBB) SHER, EN BANANO Y PLÁTANO

Óscar Adrián Guzmán-Piedrahita. M. Sc.*

*Profesor Nematodos Fitoparásitos. Programa de Maestría en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas.
Correo electrónico: oscar.guzman@ucaldas.edu.co

Recibido: 15 de junio; aprobado: 30 de junio de 2010

RESUMEN

Después del nematodo barrenador, *R. similis*, los nematodos espiral, *H. multincinctus* y *H. dihystera*, son los fitone-matodos más diseminados y abundantes en los cultivos de banano y plátano en las áreas tropicales, donde las condiciones agro-ecológicas son menos óptimas para *R. similis* y el cultivo de musáceas. El género *Helicotylenchus* contiene más de 160 especies, siendo uno de los más abundantes del orden Tylenchida, al cual pertenece la mayoría de nematodos fitoparásitos. Biológicamente y dependiendo del hospedante, *Helicotylenchus* spp., posee un hábito alimenticio ectoparásito y semi-endoparásito de raíces, reduciendo la producción de musáceas entre 19 y 34%. Debido a la importancia del nematodo Espiral en las musáceas, es necesario detallar aspectos como, distribución, biología: ciclo biológico y patológico, síntomas primarios y secundarios, pérdidas, hospedantes, supervivencia, medios de diseminación y manejo, entre otros.

Palabras clave: fitone-matodos, musáceas, pérdidas, ectoparásito, manejo.

ABSTRACT

IMPORTANCE OF SPIRAL NEMATODES, *Helicotylenchus multincinctus* (COBB) GOLDEN AND *H. dihystera* (COBB) SHER, ON BANANA AND PLANTAIN

After the borer nematode *R. similis*, the *H. multincinctus* and *H. dihystera* spiral nematodes are the most disseminated and abundant phytonematodes in the banana and plantain crops in the tropical areas where agro-ecological conditions are least optimum for *R. similis* and musaceae crops. The *Helicotylenchus* genus contains more than 160 species being Tylenchida one of the most abundant in the order to which most phytoparasite nematodes belong. Biologically speaking and depending on the host, *Helicotylenchus* spp., possess a roots ectoparasite and semi-endoparasite eating habit, reducing musaceae production between 19 and 34%. Because of the importance of the spiral nematode in musaceae it is necessary to detail aspects such as distribution, biology including biological and pathological cycle, primary and secondary symptoms, losses, hosts, survival, means of dissemination and management among others.

Key words: phytonematodes, musaceae, losses, ectoparasite, management.

INTRODUCCIÓN

En los cultivos de banano y plátano alrededor del mundo, después de las lesiones foliares ocasionadas por las Sigatokas negra y amarilla (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet y *M. musicola* Leach, respectivamente), los nematodos fitoparásitos son los principales patógenos que afectan su crecimiento y desarrollo debido al daño que ocasionan en raíces y cormos (Robinson *et al.*, 1998; Araya, 2004). En estos cultivos, las tres especies más importantes son *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, *Pratylenchus coffeae* Sher & Allen y *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb) Golden, los cuales pueden ocasionar infección simultánea en los mismos (Moens *et al.*, 2004; Gowen *et al.*, 2005; Guzmán, 2011).

R. similis y *H. multicinctus* usualmente afectan simultáneamente el sistema radical de las musáceas en condiciones de campo (Gowen *et al.*, 2005). De acuerdo con las frecuencias y densidades poblacionales, durante el año y en las zonas productoras de musáceas en cada país, *R. similis* es la especie fitoparásita más abundante, constituyendo entre el 82 y 97% de la población de nematodos en raíces y cormos; sin embargo, ésta puede cambiar según la culti-variedad y las condiciones agroecológicas (Araya & Moens, 2003). Por ejemplo, Castillo *et al.* (2010), en tres fincas del área bananera de la zona de Urabá, Colombia: Estadero (zona sur, Chigorodó a 34 msnm), Toscana (zona centro, Carepa a 28 msnm) y La Llave (zona norte, Apartadó a 25 msnm), encontraron que los nematodos predominantes fueron: *R. similis* con 67-74% y *H. multicinctus* con 22-28%.

Después de *R. similis*, los nematodos espiral, *H. multicinctus* y *H. dibytera*, son los fitonematodos más diseminados y abundantes en los cultivos de banano y plátano en el trópico, donde las condiciones agroecológicas son óptimas para el cultivo de musáceas. No obstante, *Helicotylenchus* spp., es a menudo considerado como el principal nematodo parásito de estos cultivos donde la temperatura es inferior

a 15.6°C y precipitación de al menos 127 cm, los cuales no son óptimos para musáceas ni para *R. similis* (Simmonds, 1966; McSorley & Parrado, 1986; Gowen *et al.*, 2005).

La palabra *Helicotylenchus*, proviene de los vocablos griegos *helic* (=espiral, enrollar), *tyl* (= perilla, nudo), *ench* (= lanza, arpón), indicando que es un microorganismo con forma de espiral y con un estomatoestilete en la región anterior (cabeza) (Borror, 1960), que es usado para perforar los tejidos de la planta hospedante y extraer los nutrientes, causando enfermedades que se manifiestan con un crecimiento deficiente y un rendimiento menor (Mai *et al.*, 1996; Siddiqi, 2000; Agrios, 2005; Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006).

Distribución

H. multicinctus es un parásito de musáceas en todas las zonas del mundo donde se cultivan (Siddiqi, 1973; Baujard & Martiny, 1995; Luc *et al.*, 2005). McSorley & Parrado (1986), mencionan la presencia de *H. multicinctus* en África (Angola, Camerún, Islas Canarias, Etiopía, Costa de marfil, Madagascar, Nigeria, Sur África, Túnez, Uganda, Zimbabwe), Asia (Bangladesh, India, Israel, Líbano, Malasia, Pakistán, Filipinas), Australia e islas del océano pacífico (Fiji, Hawai, Nueva Gales del Sur, Queensland, Samoa), Sur América (Argentina, Brazil, Colombia, Perú, Surinam, Venezuela), América Central (Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Cuba, República Dominicana, Martinica, Jamaica, Trinidad) y Norte América (Estados Unidos: California y Florida). Gómez (1980), reportó a *H. multicinctus* en plantaciones bananeras de Urabá, Colombia. Siddiqi (1972) y Fortuner *et al.* (1981), reportan a *H. dibytera* como un nematodo cosmopolita y polífago en todo el mundo.

Ubicación taxonómica.

El género *Helicotylenchus* es uno de los más abundantes del orden Tylenchida, probablemente contiene más

de 160 especies (Fortuner, 1991; Siddiqi, 2000). *H. multincinctus* fue originalmente descrito en 1892 como *Tylenchus multincinctus* (Cobb, 1893) y en 1956 fue renombrado con el género *Helicotylenchus* (Golden, 1956), paralelamente *H. dihystera* también fue descrito inicialmente por Cobb (1893) como *Tylenchus dihystera* y en 1961 fue renombrado por Sher con el género *Helicotylenchus*. Su nombre de nematodo espiral se originó de la forma como el cuerpo de este fitonematodo se enrolla cuando esta relajado o muerto (Siddiqi, 2000).

Según Fortuner *et al.* (1987) y Siddiqi (2000) el género *Helicotylenchus* pertenece al phylum Nematoda Rudolphi, 1808; clase Secernentea (von Linstow, 1905) Dougherty, 1958; orden Tylenchida Thorne 1949; superfamilia Tylenchoidea Oerley, 1880; familia Hoplolaimidae Filip'ev, 1934; y subfamilia Hoplolaiminae Filip'ev, 1934.

Biología

Biológicamente y dependiendo del hospedante, el hábito alimenticio de *Helicotylenchus* spp., se caracteriza generalmente como ectoparásito, del griego *ecto* (=exterior), *para* (=con, en), *síteo* (=alimentación), lo que implica, que el nematodo es un parásito que vive en la superficie externa de su hospedante, aunque algunas especies pueden comportarse como semi-endoparásitos (semi=mitad y endo=interior), es decir, que la parte del cuerpo se encuentra en el interior del tejido cortical de la raíz (Figura 1). En algunos casos, se alimentan por períodos prolongados en sitios específicos, extrayendo alimentos de los tejidos más internos de las raíces sin provocar daños aparentes o notorios (Hunt *et al.*, 2005; Decraemer & Geraert, 2006), pero la migración de *H. multincinctus* a través del tejido no ha sido registrada (Siddiqi, 1973). La mayoría de especies como *H. dihystera* y otras se reproducen por partenogénesis mitótica, es decir, reproducción asexual (Hirschmann & Triantaphyllou, 1968), mientras *H. multincinctus*, se reproduce por anfimixis, o sea por unión de gametos masculino y femenino (Siddiqi, 1973; Luc *et al.*, 2005).

H. multincinctus, a diferencia de otras especies de *Helicotylenchus*, es considerada una especie semi-endoparásita, ya que dentro del tejido cortical de la raíz se pueden encontrar todos los estados de desarrollo (Zuckerman & Strich-Harari, 1963). Blake (1966) inoculó *H. multincinctus* en raíces de banano en condiciones de asepsia, y encontró que la epidermis de las raíces fue penetrada por éste fitonematodo después de 36 horas. Después de 4 días, los nematodos ingresaron completamente en las células parenquimatosas del córtex de la raíz hasta 4 a 6 células de profundidad, alimentándose directamente sobre ellas y causando daños como citoplasma contraído, ruptura de paredes celulares e incremento en el tamaño del núcleo; tornándose decoloradas y algunas veces necróticas (Figura 1). Todos los cambios histológicos estaban confinados a la sub-epidermis del tejido parenquimatoso en el córtex, con poca evidencia de migración en éste (Blake, 1966; Siddiqi, 1972; Orion *et al.*, 1999).

En la India, el ciclo de vida de *Helicotylenchus* spp., tiene una duración de 26 a 34 días a 25°C. Una reducción relativa en la duración del desarrollo fue observada en todos los estados larvales a ésta temperatura: 9 a 12 días para incubación del huevo y del primer estado juvenil dentro de éste, 8 a 10 días para el segundo estado juvenil (j2), 6 a 7 para el tercer estado juvenil (j3), y solamente 3 a 5 días para el estado juvenil cuatro (j4) (Krall, 1985). La primera muda dentro del huevo, y los 3 estados juveniles pueden ser distinguidos por el sistema reproductivo (Siddiqi, 1972). Durante la cuarta muda, las gónadas masculinas y femeninas completan su desarrollo, y la vulva como la vagina en las hembras se distinguen en la cutícula del cuarto estado juvenil (Zuckerman & Strich-Harari, 1963).

H. multincinctus coloca los huevos en grupos de 8 a 26 en las células del tejido cortical decolorado. Entre 48-51 horas a 30°C fueron requeridos para que los huevos recién puestos incubaran en agua corriente (Siddiqi, 1973). Los huevos son colocados en forma longitudinal en el eje de la raíz y usualmente ocupan dos a tres filas de células. Es posible que más de 3

huevos sean colocados en el mismo nido dentro de la raíz (Zuckerman & Strich-Harari, 1963). El tejido cortical que rodea el nido es siempre de color castaño

al igual que las lesiones sobre la superficie de la raíz (Krall, 1985).

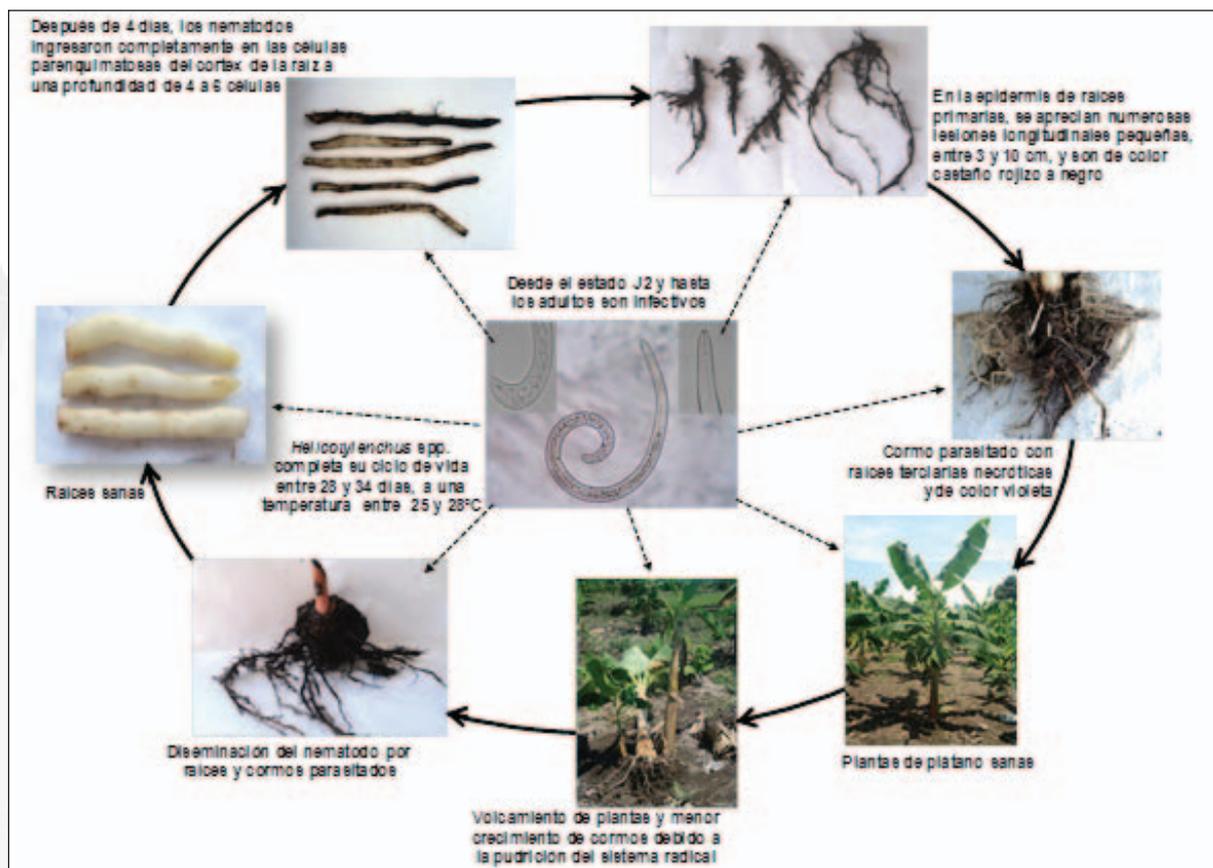


Figura 1. Ciclo patológico en plátano del nematodo Espiral *Helicotylenchus* spp.

Características de las hembras de *H. multicinctus* (Siddiqi, 1973).

- Longitud de 0,47-0,53mm (promedio de 0,50 mm).
- Cuerpo arqueado con forma de C cuando está relajado; anulaciones distintivas, cerca de 1,5µm de ancho en la mitad del cuerpo.
- Campos laterales no areolados, con 4 incisuras, aproximadamente una cuarta parte del ancho del cuerpo.
- Región labial hemisférica, ligeramente compensada, con 3-5 (usualmente 4) anulaciones y una depresión oral prominente terminal,

marco cefálico fuertemente esclerotizado, con conspicuas márgenes exteriores extendiéndose posteriormente a través de 3 a 4 anulaciones del cuerpo, las cuales son mucho más estrechas en esa región que en las otras.

- Cefálicas anterior y posterior generalmente indistintos (borroso), de 0 a 1 y de 4 a 6 anulaciones posteriores al marco cefálico, respectivamente.
- Tubo guía del estilete prominente, bulboso. Estilete bien desarrollado, 21-24 µm de longitud, con perillas basales prominentes con un diámetro de 5-6 µm, tienen un margen externo dirigido

hacia adelante, resultando en que la superficie anterior aparece aplanada o cóncava.

- Pre-corpus usualmente expandido anteriormente.
- Bulbo medio del esófago redondeado a ovalado con una válvula pequeña en el centro, cerca de 6 anulaciones de largo.
- Glándulas de esófago compactas, todas envueltas frente al final del intestino; la glándula dorsal anterior a las sub-ventrales.
- Nivel del poro excretor con o cerca a la unión del esófago con el intestino.
- Hemizonido usualmente distintivo, 2-3 anulaciones de largo, 0-3 anulaciones anterior al poro excretor.
- Hemizonido pequeño, 6-8 anulaciones detrás del poro excretor.
- Dos ovarios, simétricos, pero algunas veces el posterior es reducido.
- Espermateca levemente compensada, redondeada, usualmente llena con espermatozoides.
- Vulva prominente, una hendidura transversal deprimida.
- El intestino no traslapa con el recto.
- Cola ligeramente disminuyendo, con una terminación anulada hemi-esférica, usualmente con curvatura más grande dorsalmente que ventralmente, desprovista de cualquier proyección ventral o mucrón, con 6-13 anulaciones.
- Las incisuras interiores de los campos laterales usualmente no se fusionan a una cierta distancia de la cola.
- Fasmidios como un poro, 1-6 anulaciones anteriores al nivel del ano.

Características de los machos de *H. multincinctus*

- Longitud de 0,43-0,55mm
- Similar a la hembra, excepto el dimorfismo sexual, son abundantes.
- Un solo testículo, extendido anteriormente, espermatozoides pequeños y redondeados, espermateca pequeña redondeada.
- Bursa corta, sin proyección visible más allá del contorno del cuerpo en el campo lateral, crenados y adjuntando la cola.

- Espícula ligeramente cefalizada con la mitad distal estrechada usando flanges ventrales pequeñas.
- Gubernáculo individual.

Características de las hembras de *H. dihystra* (Sher, 1966; Siddiqi, 1972; Mai *et al.*, 1996).

- Longitud de 0,61-0,86 mm (promedio de 0,67 mm).
- Cuerpo en forma de espiral, más posteriormente; estrías visibles.
- Región labial hemi-esférica, con 4 ó 5 anulaciones; margen externa de marco labial sobresaliente, extendiéndose 2-3 anulaciones dentro del cuerpo.
- Cefálicas anteriores 3-4 anulaciones detrás de la región labial; cefálicos posteriores indistinto, 5-7 anulaciones detrás de los anteriores.
- Campo lateral de un cuarto a un tercio el ancho del cuerpo, con 4 incisuras, no areoladas, usualmente aerolado sólo anteriormente.
- Estilete bien desarrollado de 24,5-27,5 (promedio de 26µm), disminuyendo hacia la parte anterior 11,0-15,5 µm de largo; perillas basales con un diámetro de 4,5 µm de ancho por 2.5 µm de alto, con superficie cóncava o sangrado (mellado) hacia la parte anterior.
- Anillo guía prominente, aparentemente provee una superficie de unión para los músculos protractor del estilete.
- El orificio de la glándula dorso esofágica se encuentra a menos que de la mitad de la longitud del estilete detrás de las perillas basales.
- Bulbo medio del esófago oval, 6-8 anulaciones de la longitud del cuerpo.
- Poro excretor usualmente cerca de la unión del esófago con el intestino, 0-2 anulaciones detrás de las 2-3 anulaciones de longitud del hemizonido.
- Hemizonido indistinto.
- Glándulas del esófago parcialmente bordean la parte anterior del intestino, traslapándolo dorsal-latero-ventralmente, el traslape más largo es usualmente ventral; las glándulas sub-ventrales ligeramente más largas que la dorsal.

- Dos ovarios, extendidos, anfidélficos, con oocitos principalmente en una sola fila.
- No presenta epiptigma.
- Tricolumela distintiva con 12 células en una fila. Espermateca compensada sin espermatozoides.
- Cola curvada dorsalmente, convexa-conoide, con terminación hemi-esférica a elongada ventralmente, la cual puede formar una proyección leve, con 8-12 anulaciones ventralmente
- Fasmidios ubicado 6-12 anulaciones, en frente del ano, usualmente colocado en el centro de los campos laterales; incisuras interiores sobre la cola usualmente no se fusionan distalmente para alguna distancia.
- Fasmidios pequeños cerca al ano.

Características de machos de *H. dihystra*

- Similar a la hembra, excepto que el cuerpo no posee forma de espiral y dimorfismo sexual. Es extremadamente raro encontrarlos, y no son esenciales para la reproducción.
- Estilete, espícula y gubernáculo de 22-27., 20-23. y 7-8 μm , respectivamente.

Síntomas primarios

Como consecuencia de la alimentación de *Helicotylenchus* spp., en las células parenquimatosas del córtex de la raíz de banano, el nematodo produce lesiones pequeñas longitudinales, entre 3 y 10 cm, que generalmente no profundizan al parénquima cortical; son de color castaño rojizo a negro (Figura 2A) (Araya, 2004). Sin embargo, en altas infestaciones, estas lesiones pueden coalescer, causando necrosis extensiva de la raíz en la capa más externa del córtex, y muerte descendente de ésta (Figura 2B); las lesiones también pueden ser encontradas en cormos de banano (Quénéhervé & Cadet, 1985). Según McSorley (1986) y Gowen (2000) en musáceas infectadas por dicho nematodo, las raíces terciarias aparecen necróticas y se desprenden fácilmente al tratar de manipularlas (Figura 2C). Asimismo, el autor de éste artículo ha encontrado que raíces terciarias

tanto de plántulas en vivero como de plantas adultas de plátano cv. Dominico-Hartón parasitadas por *Helicotylenchus* spp., presentan coloración violeta como síntoma característico (Figura 2D).

Síntomas secundarios

El efecto del ataque de *H. multincinctus* en banano y plátano ocasiona reducción en tamaño de la planta, enanismo (Figura 3A), alargando el ciclo vegetativo y reduciendo la vida productiva de la plantación después de 3 años. Los componentes de las pérdidas incluyen menor peso del racimo, reflejado en reducido tamaño de los frutos, madurez retardada y pérdidas en el mercadeo (Quénéhervé *et al.*, 1995). El volcamiento (Figura 3B) de las plantas puede también ocurrir con altas infestaciones del nematodo (Gowen *et al.*, 2005).

Pérdidas

Evaluaciones precisas de los efectos de los fitonematodos en la producción de banano y plátano son escasas. Dependiendo del cultivar y del tipo de suelo, las pérdidas pueden alcanzar hasta el 100%. El efecto es gradual y acumulativo, debilitando la unidad de producción, la cual pierde vigor, longevidad y dependiendo de las condiciones de la plantación en 3 ó 4 generaciones los racimos que se producen difícilmente llegan a satisfacer los requerimientos de exportación (Araya, 2004).

Helicotylenchus multincinctus y *H. dihystra* dañan el sistema radical del banano y reducen la producción entre 19 (Speijer & Fogain, 1999) y 34% (Reddy, 1994). En Uganda, en plantas de *Musa* AAA-EA cultivar Kisansa, inoculadas con 1.000 *H. multincinctus* se reporta una reducción no significativa en el peso de raíces (Barekye *et al.*, 2000). Moens *et al.* (2006), en un experimento realizado en recipientes de 200 L conteniendo suelo esterilizado y plantas de *Musa* AAB cv. Grande Naine inoculadas con 1.000 ± 50 *H. multincinctus*, encontraron que el sistema radical disminuyó en 0,40 kg (7,6%) y el peso del racimo en 0,42kg (7,6%) en relación con las plantas sin inocular.

Hospedantes

La mayoría de cultivares de banano y plátano comestibles de diferente ploidia son atacados por *H. multicinctus* (Gowen, 1976; Zem *et al.*, 1981). Las variedades de *Musa* AAA como Grande Naine, Valery y Williams del Subgrupo Cavendish son los que se cultivan para exportación y son susceptibles a *H. multicinctus* y *H. dybistera*, también a *R. similis*, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* y *P. coffeae* (Barekye *et al.*, 2000; Moens *et al.*, 2006). Así mismo, las

especies de *Helicotylenchus* poseen un amplio rango de hospedantes como arroz, sorgo, cacao, papa, caña de azúcar, café, piña, maíz, té, maní, olivo, forestales y algunas arvenses asociadas a dichos cultivos (Goodey *et al.*, 1965; Stoyanov, 1967; Siddiqi, 1972).

Adicionalmente, el autor encontró plantas de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) parasitadas severamente por *H. dibytera* en los municipios de Roldanillo, La Unión y Bolívar en el departamento del Valle del Cauca, Colombia (Figura 4 A y B).

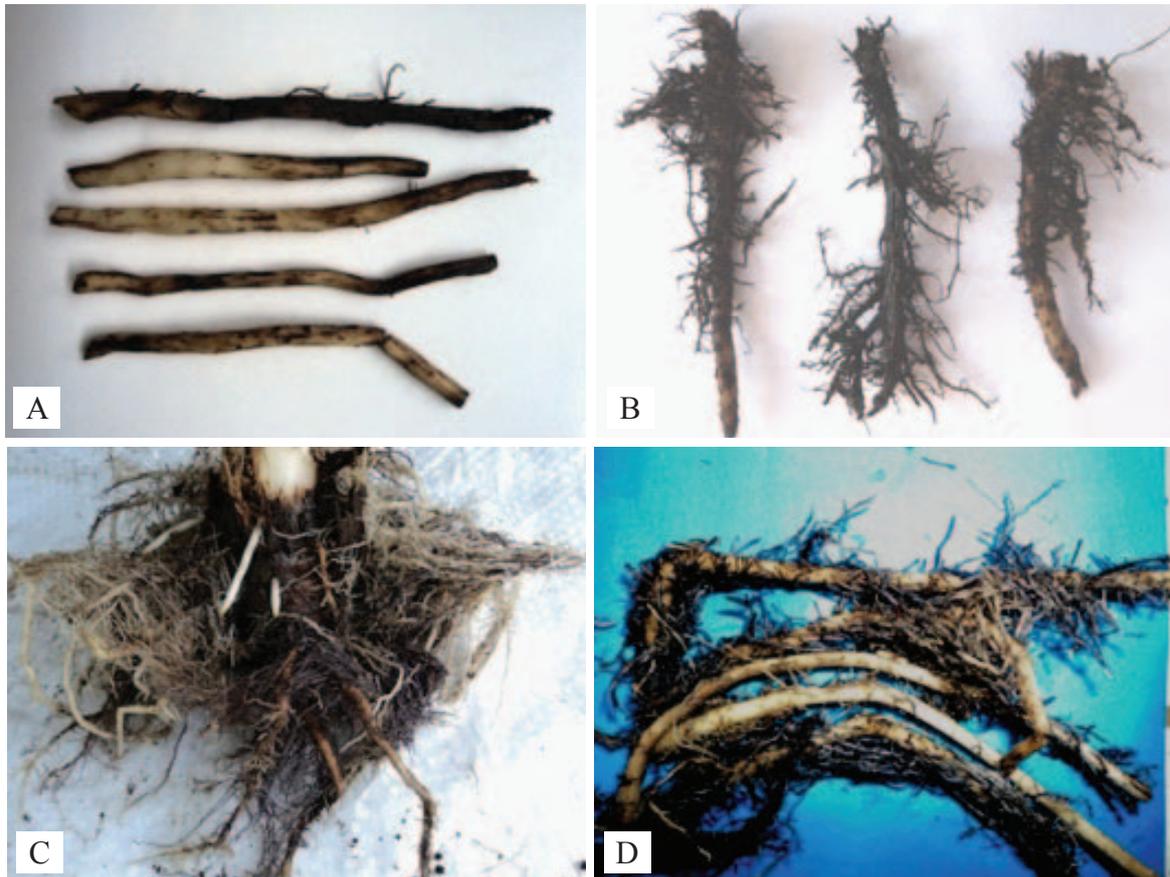


Figura 2. A. Lesiones de color café oscuro que se tornan negras en la epidermis de la raíz inducidas por el ataque de *Helicotylenchus multicinctus*. B. Coalescencia de lesiones, causando necrosis extensiva de las raíces en la capa más externa del cortex. C y D. Cormo y raíces parasitados por *Helicotylenchus* spp., con lesiones necróticas y de color violeta.



Figura 3. A. Planta de plátano Dominico Hartón infectada por *Helicotylenchus* sp., y *R. similis*, con menor crecimiento. B. Planta joven y adulta volcadas debido a la destrucción de raíces por *Helicotylenchus* sp. y *R. similis*.



Figura 4. A. Planta de pitahaya parasitada por *Helicotylenchus dihystra*. Tallos de pitahaya con extremos de raíces encrespadas e hinchadas, en hojarasca o aguzadas, aglomeradas, con extremos dañados, y disminución del sistema radical debido a la alimentación de *H. dihystra*. B. Ramificaciones anormales con raíces primarias y secundarias hinchadas.

Quénéhervé *et al.* (2006) encontraron en cultivos de banano de Martinica, 23 especies de arvenses hospedantes de *Helicotylenchus* sp., de las cuales se destacan *Amaranthus dubius* y *A. spinosus* (Amaranthaceae), *Xanthosoma nigrum* (Araceae), *Commelina diffusa* (Commelinaceae), *Euphorbia heterophylla* y *Phyllanthus amarus* (Euphorbiaceae), *Echinochloa colona*, *Eleusine indica* y *Setaria barbarata* (Poaceae), *Physalis angulata* y *Solanum americanum* (Solanaceae) y *Phenax sonneratii* (Urticaceae). De estas especies, *A. dubius* y *A. spinosus* con 888 ± 1.968 y 2.354 ± 2.415 nematodos por gramo de suelo, respectivamente, tuvieron una cantidad similar a la encontrada en *Musa* AAA Cavendish con 2.700 ± 4.575 .

En un lote de barbecho después de finalizado un cultivo de plátano Dominico-Hartón en la Granja Montelindo de la Universidad de Caldas, departamento de Caldas (Colombia), se encontraron 22 especies de arvenses hospedantes de *Helicotylenchus* spp., principalmente *Paspalum paniculatum* (Poaceae) (Figura 5A), *Panicum laxum* (Poaceae) (Figura 5B), *Solanum mammosum* (Solanaceae) (Figura 5C), *Cassia tora* (Fabaceae) y *Emilia sonchifolia* (Asteraceae) (Figura 5D), con 6.307, 2.501, 2.172, 1.409 y 1.087 nematodos/100 g de raíces, respectivamente; mientras que en el lote comercial de plátano, sólo *Eleusine indica* (Poaceae) (Figura 5E) se consideró como hospedante de *Helicotylenchus* spp., con 1.421 nematodos/100 g de raíces debido a que las demás arvenses tuvieron valores inferiores a 1.000 nematodos/100 g de raíces (Rivera *et al.*, 2011).

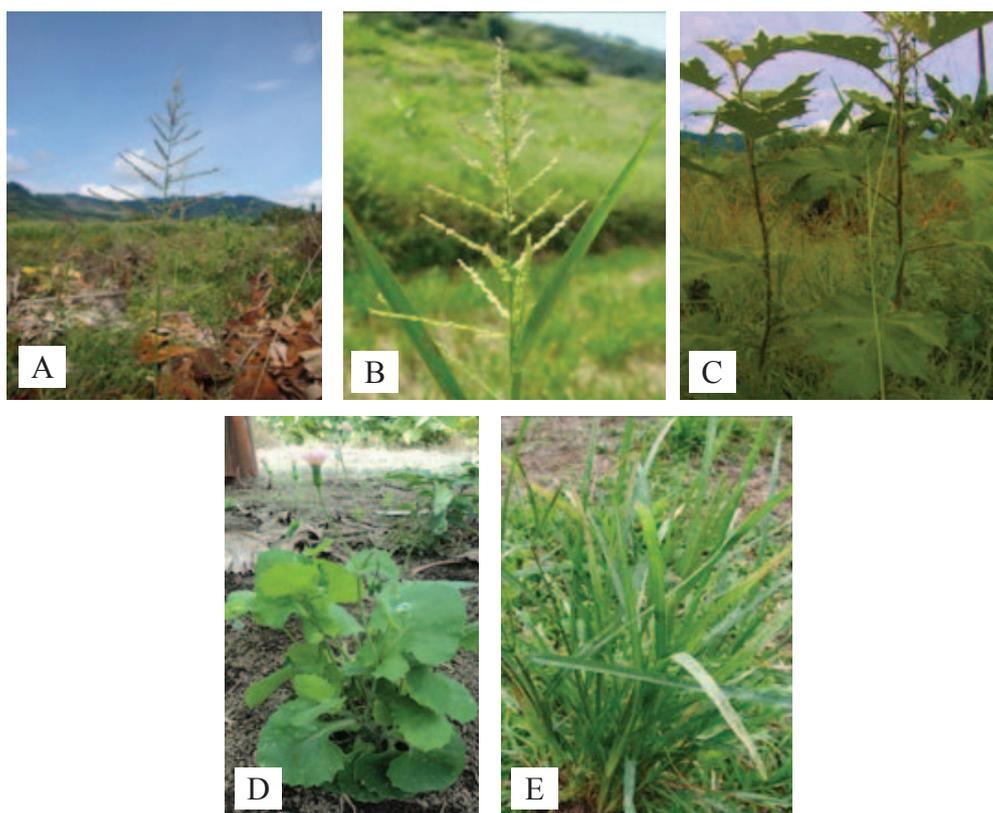


Figura 5. Principales arvenses hospedantes de *Helicotylenchus* spp., en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas, Colombia. **A.** *Paspalum paniculatum*. **B.** *Panicum laxum*. **C.** *Solanum mammosum*. **D.** *Emilia sonchifolia*. **E.** *Eleusine indica*.

Supervivencia

Según Ferris (1960) y Willmontt *et al.* (1975), *H. dihystra* puede sobrevivir 6 meses en suelo almacenado en sacos de plástico a temperaturas tan altas como 18-24°C en bodegas y tan bajas como 1.1-1.4°C en refrigeradores, pero a una temperatura del suelo de 24 a 35°C no sobrevive 80 días.

H. multicinctus puede sobrevivir en suelo sin plantas hospedantes por 4 meses en ambiente de laboratorio. Ésta capacidad le permiten al nematodo parasitar e incrementar sus poblaciones en las raíces secundarias ramificadas y superficiales de diferentes especies de plantas (Siddiqi, 1972).

Medios de diseminación

Los nematodos fácilmente son introducidos en lotes vírgenes por medio de suelo y rizomas, usualmente en plantaciones viejas infestadas. En los sistemas de producción de agricultores con áreas pequeñas de cultivos, la venta y el intercambio del material de siembra es común, y esto contribuye a que la persistencia de los fitonematodos sea un problema (Gowen *et al.*, 2005).

Principales prácticas de manejo de *Helicotylenchus* spp.

Las alternativas de manejo integrado de *Helicotylenchus* spp., y otros fitonematodos que afectan banano y plátano, son similares a las adoptadas para el manejo de *R. similis*, las cuales están determinadas por varios factores agronómicos según lo reportado por: Loos & Loos (1960); McSorley & Parrado (1986); Guerrero (1996); Robinson *et al.* (1998); Seshu *et al.* (1998); Quénéhervé (2009); Sarah (2000); Hauser (2003); Chen *et al.* (2004); Gowen *et al.* (2005); Price (2006); Guzmán & Castaño-Zapata (2007); Souza (2008); Ramírez & Castaño (2009). La mayoría de las alternativas de manejo fueron recopiladas por Guzmán (2011), las cuales se relacionan a continuación:

1) Evitar el ingreso de los nematodos en el suelo antes de establecer un cultivo, mediante las siguientes prácticas:

- Utilizar material de siembra limpio libre de fitonematodos para establecer la nueva plantación.
- Realizar análisis de nematodos fitoparásitos en raíces y suelo para conocer la presencia o ausencia de otros géneros y sus poblaciones.
- Hacer solarización, es decir, tratamiento del suelo con calor por radiación solar.

2) Reducir la cantidad de nematodos en el material de siembra, mediante las siguientes prácticas:

- Cuando sea posible, utilizar plantas provenientes de cultivos de tejidos (*in vitro*).
- Obtención de colinos de plantas libres de nematodos fitoparásitos y otros agentes causantes de enfermedades.
- Como *Helicotylenchus* spp., y *R. similis* sobreviven en cormos y raíces infectadas, realizar remoción de capas externas “pelado” del cormo infectado para eliminar todos los individuos, además, esta práctica permite hacer inspección del tejido para observar adicionalmente la presencia de picudos.
- La práctica de la limpieza sanitaria “pelado” de los cormos se debe realizar fuera del campo, y los cormos necróticos severamente lesionados deben ser descartados, dejándose solamente los limpios para la siembra. Esta actividad es relativamente fácil y económica.
- Eventualmente, se puede hacer inmersión de colinos en agua caliente a 55°C por 20 min o en agua hirviendo por 1 min.

3) Promover la sanidad y el vigor de las raíces de las plantas para ayudarlas a tolerar la presión de los nematodos u otros patógenos, mediante las siguientes prácticas:

- Preparación óptima del suelo antes de la siembra, ya que en suelos sueltos ocurre mejor crecimiento y desarrollo del sistema radical, reflejado en una

mayor cantidad y longitud de raíces, contrario a lo que sucede en suelos pesados y compactados.

- Incorporación constante de enmiendas orgánicas bien compostadas como gallinaza, pulpa de café, cenichaza, porquinaza, etc., las cuales promueven la sanidad y el vigor de las raíces en cultivos de musáceas, permitiéndoles competir mejor con los nematodos. Los principales beneficios son: 1) Incremento y reposición de la materia orgánica del suelo, 2) Reducción de la temperatura de la superficie y de sus fluctuaciones, 3) Reducción del crecimiento de arvenses, 4) Mejoramiento de la estructura del suelo e infiltración de agua, 5) Disminución de la erosión eólica, 6) Disminución de la erosión por escorrentía, 7) Reducción de la compactación del suelo, 8) Disminución de la pérdida de agua por evaporación de la superficie, 9) Mayor crecimiento y vigor de las raíces, y 10) Estimulación de la microflora y microfauna del suelo, la cual indirectamente reduce los fitonematodos.
- Realizar fertilización balanceada de las plantas de acuerdo con requerimientos nutricionales y análisis de suelo reciente (no mayor a dos años).

4) Reducir la oportunidad de que el nematodo ingrese a las raíces o rizomas, mediante el uso de insumos biológicos como:

- Aplicación de bioinsumos a base de hongos y bacterias como *Paecilomyces lilacinus* y *Pasteuria penetrans*, que ayudan a controlar los fitonematodos.
- Incorporar micorrizas arbusculares (MA), cuya simbiosis con las raíces de las plantas favorecen la absorción y transporte de macro y micro-nutrientes, especialmente los poco móviles como

fósforo, zinc, cobre; lo cual conlleva a una menor utilización de los fertilizantes como a un mayor crecimiento de las plantas. Las MA presentan otros beneficios en las plantas como una mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía, protección de las raíces contra patógenos del suelo y detoxificación de metales pesados.

5) Otras prácticas de manejo:

- Dejar el lote en barbecho después de cultivo de musáceas al menos por seis meses o más, hasta dos años. Durante este período, los rizomas viejos, colinos y otros tejidos de plátano o banano deben ser removidos para eliminar los nematodos, ya que *Helicotylenchus* spp., y *R. similis* pueden sobrevivir en ellos hasta por seis meses; asimismo, se debe evitar el crecimiento de malezas u hospedantes alternos como los mencionados anteriormente.
- En cultivos con poblaciones altas de estos fitonematodos, realizar rotación con especies no hospedantes como yuca, al menos por dos años.
- Evitar el volcamiento de plantas sosteniéndolas con postes de guadua u otro material. En algunas fincas se utiliza el amarrado de las plantas para evitar su caída.
- Proporcionar buen drenaje en zonas de lluvia intensa.
- Sembrar cultivares vigorosos y con tolerancia a vientos.
- Si la topografía del terreno es plana y existe disponibilidad de agua, realizar inundación por ocho semanas después de haber destruido previamente el cultivo de plátano y banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. 2005. Plant pathology. 5 ed. Nueva York: Elsevier Academic Press. 922p.
- Araya, M. 2004. Los fitonemátodos del banano (*Musa* AAA Subgrupo Cavendish cultivares Grande Naine, Valery y Williams) su parasitismo y combate. XVI Reunión Internacional ACORBAT. pp. 84-105.
- Araya, M. & Moens, T. 2003. Parasitic nematodes on *Musa* AAA (Cavendish subgroup cvs 'Grande naine' 'Valery' and 'Williams'). En Turner, D. y Rosales, F. (eds.), Banana Root System: Toward a Better Understanding for Its Productive Management (pp. 201-223). San José, Costa Rica, 3-5 november. Montpellier, France: INIBAP.
- Barekye, A., Kashaija, I.N., Adipala, E. & Tushemereirwe, W.K. 2000. Pathogenicity of *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus* on bananas in Uganda. pp:319-326. *In*: E.A. Frison, C.S. Gold, E.B. Karamura and R.A. Sikora eds. Mobilizing IPM for sustainable banana production in Africa. Proceedings of a workshop on banana IPM held in Nelspruit, South Africa-23-28 November, 1998. IPGRI-INIBAP Montpellier France.
- Baujard, P. & B. Martiny. 1995. Ecology and pathogenicity of the Hoplolaimidae (Nemata) from the sahelian zone of West Africa: 7. *Helicotylenchus dilhystera* (Cobb, 1893) Sher, 1961 and comparison with *Helicotylenchus multicinctus* (Cobb, 1893) Golden, 1956. *Fundamental and Applied Nematology* 18: 503-511.
- Blake, C.D. 1966. The histological changes in banana roots caused by *Radopholus similis* and *Helicotylenchus multicinctus*. *Nematologica* 12, 129-137.
- Borror, D. J. 1960. Dictionary of word roots y combining forms. Mayfield Publishing Company, 1280 Villa Street, Mountain View, California. Original copyright 1960. Copyright renewed 1988 by Arthur C. Borror. Nombres de nematodos compilados por S. A. Lewis.
- Castillo-Russ, J., Araya-Vargas, M. & Patiño-Hoyos, L.F. 2010. Respuesta a la aplicación de nematicida en banano en la zona de Urabá, COLOMBIA. *Agronomía Mesoamericana* 21(2):307-317.
- Cobb, N. A. 1892. Banana disease in Fiji. *Bull. Misc. Info.*, Royal Gardens, Kew (London). pp. 48-49.
- Chen, Z.X., Chen, S.Y., Dickson, C.W. 2004. Nematology-Advances and perspectives. CABI publishing. 1234p.
- Decraemer, W., & Geraert, E. 2006. Ectoparasitic nematodes. En: Perry, R., Y Moens, M. *Plant Nematology*. London: CAB International. (pp: 153-184). CAB, International, U.K.
- Espinel, C., Martínez, H., Peña, Y. 2006. La cadena del plátano en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de trabajo No. 12.
- Fortune, R., Merny G., & Roux, C. 1981. Morphometrical variability in: 3 Observations on *Helicotylenchus* Steiner, 1945. African populations of *Helicotylenchus dilhystera* and- considerations on related species. *Revue Nématol.* 4 (2): 235-260.
- Fortuner, R., Geraert, E., Luc, M., Maggenti, A. R. & Rask, D. J. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 8. The family Hoplolaimidae Filip'ev, 1934. *Revue Nématol.* 10 (2): 219-232.
- Fortuner, R. 1991. The Hoplolaiminae. In: Nickle, W.R. (ed). *Manual of Agricultural Nematology*. Marcel Dekker, New York, pp.669-720.
- Golden, A.M. 1956. Taxonomy of the spiral nematode (*Rotylenchus* and *Helicotylenchus*), and the developmental stages and host-parasite relationship of *R. buxophilus*, n. sp., attacking boxwood. *Maryland Agric. Exp. Sta. Bull.* A85. 28p.
- Gowen, S., Queneherve, P. & Fogain, R. 2005. Chapter 16: Nematodes parasites of bananas and plantains. En Luc, M., Sikora, J., y J. Bridge (eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture* (pp. 611-643). CABI publishing.

- Gowen, S.R. 2000. Spiral nematode. pp:306-307. In D.R. Jones ed. Diseases of Banana, Abacá and Enset. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Guerrero, E. 1996. Fundamentos biológicos y estados del arte. En Guerrero, E. (ed.), *Micorrizas. Recurso Biológico del Suelo* (pp. 181-208). Bogotá, Colombia: Fondo FEN.
- Guzmán, O.A. 2011. El nematodo Barrenador (*Radopholus similis* [COBB] THORNE) del banano y plátano. Revista Luna Azul 32: 137-153.
- Guzmán P, O.A.; Castaño Z. J. 2007. Manejo de nematodos fitoparásitos en plátano (*Musa* spp.) mediante tratamiento de la semilla. Fitopatología Colombiana, 31(2): 53-58. Diciembre 2007.
- Hauser, S. 2003. *Plantain root nematodes: kill them simple*. HFC-Soil Physics-Agronomy International Institute of Tropical Agriculture. IITA.
- Hirschmanhn & Triantapryloau, C. 1968. Mode of reproduction and development of the reproductive system of *Helicotylenchus dihystera*. Nematologica, 13: 558-574.
- Hunt, D, Luc, M. & Manzanilla-López, R. 2005. Chapter 2: Identification, morphology and biology of plant parasitic nematodes (pp 11-52). En Luc, M., Sikora, & J. Bridge (eds). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture (pp. 11-52). CABI publishing.
- Krall, E.L. 1985. Root parasitic nematodes, family Hoplolaimidae. Oxoniam Press, New Delhi. p. 583
- Loos, C. A., & Loos, S. 1960. The blackhead disease of bananas (*Musa acuminata*). *Proc. Helminthol. Soc. Wash.*, 27: 189-193.
- Luc M., R. Sikora., & J. Bridge. 2005. Plant Parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd Edition. p.871
- Mai, W, Mullin, P, Lyon, H., Y Loeffler, K. 1996. *Plant parasitic nematodes. A pictorial key to genera*. Fifth edition. Comstock Publishing Associates a Division of Cornell University Press. p. 277
- Moens, T, Araya, M., Swennen, R., & De Waele, D. 2004. Enhanced biodegradation of nematicides after repetitive applications and its effect on root and yield parameters in commercial banana plantations. *Bio Fertil Soils*, 39: 407-414.
- Moens, T, Araya, M., Swennen, R. & De Waele, D. 2006. Reproduction and pathogenicity of *Helicotylenchus multincinctus*, *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus coffeae*, and their interaction with *Radopholus similis* on *Musa*. *Nematology*, 8(1): 45-58.
- Mcsorley, R. 1986. Nematode problems on bananas and plantains in Florida. Nematology Circular No 133. Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv. Division of Plant Industry.
- Mcsorley, R. & Parrado, J.L. 1986. *Helicotylenchus multincinctus* on bananas, an international problem. *Nematropica* 16: 73-91.
- Orion, D., Levy, Y., Israeli, Y. & Fisher, E. 1999. Scanning electron microscope observations on spiral nematode (*Helicotylenchus multincinctus*). *Nematropica* 29: 179-183.
- Perry, R., & Moens, M. 2006. Plant nematology. London: CAB International. p. 447
- Price, N. 2006. The banana burrowing nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thorne, in the Lake Victoria region of East Africa: its introduction, spread and impact. *Nematology*, 8(6): 801-817.
- Quénéhervé, P. & Cadet, P. 1985. Localisation des nematodes dans les rhizomes du bananier cv Poyo. *Revue de Nematologie* 8: 3-8.
- Quénéhervé, P, Drob, F. & Topart, P. 1995. Host status of some weeds to *Meloidogyne* spp. *Helicotylenchus* spp. and *Rotylenchulus reniformis* associated with vegetables cultivated in polytunnels in Martinique. *Nematropica* 25: 149-157.

- Quénéhervé, P., Chabrier, C., Auwerkerken, A., Topart, P., Martiny, B. & Marie-Luce, S. 2006. Status of weeds as reservoirs of plant parasitic nematodes in banana fields in Martinique. *Crop Protection* 25: 860–867.
- Quénéhervé, P. 2009. Integrated management of banana nematodes. En Ciancio, A., Mukerji, K.G. *Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes* (pp. 1-61). Springer Science+Business Media.
- Ramírez, C. & Castaño, J. 2009. Efecto del tratamiento químico de la semilla de plátano con diferentes productos y tiempos de exposición sobre la población de nematodos fitoparásitos. *Fitotecnia*, No. 144. p. 2
- Reddy, P.P. 1994. Status of banana nematodes in India. Pp:247-254 *In* R.V. Valmayor, R.G. Davide, J.M. Stanton, N.L. Treverrow, and V.N. Roa eds. *Banana nematodes and weevil borers in Asia and The Pacific. Proceedings of a Conference-Workshop on Nematodes and Weevil Borers Affecting Bananas in Asia and the Pacific. Serdang, Selangor, Malaysia, 18-22 April 1994.* INIBAP / ASPNET, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Robinson, J. C., Daneel, M., & Schoeman, P. S. 1998. Cultural practices in relation to integrated pest management in bananas. En: Frison, E. A., Gold, C. S., Karamura, E. B., & Sikora, R. A. (eds.), *Mobilizing IPM for Sustainable Banana Production in Africa* (pp. 283-289). Proceedings of a Workshop on Banana IPM Held in Nelspruit, South Africa – 23-28 November 1998. INIBAP.
- Sarah, J. L. 2000. Burrowing nematode. En Jones, D. R. (ed.), *Diseases of banana, Abacá and Enset* (pp. 295-303). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Seshu R., K. V., Ngode, L., Ssenyonga, J. W., Wabule, M., Onyango, M., Adede, T. O., & Ngoze, S. 1998. Management of pests and diseases of banana in Kenya: a status report. En: Frison, E. A., Gold, C. S., Karamura, E. B., y Sikora, R. A. (eds.), *Mobilizing IPM for Sustainable Banana Production in Africa* (pp. 215-224). Proceedings of a Workshop on Banana IPM held in Nelspruit, South Africa – 23-28 November 1998. INIBAP.
- Sher, S.A. 1966. Revision of the Hoplolaiminae (Nematoda). VI. *Helicotylenchus* Steiner, 1945. *Nematologica* 12: 1-56.
- Siddiqi, M.R. 1973. *Helicotylenchus multincinctus*. CIH Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 2, No. 23. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Siddiqi, M.R. 1972. *Helicotylenchus dihystra*. CIH Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 1, No. 9. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Simmonds, N. W. 1966. Bananas. 2nd edition. Western Printing Services Ltd., Bristol. p. 512.
- Souza R. 2008. Other Coffee-Associated Nematodes, Chapter 11. En Souza, R. *Plant-Parasitic Nematodes of Coffee* (pp 2009-22). Springer Science+Business Media.
- Speijer, P.R. & Fgáin, R. 1999. *Musa* and *Ensete* nematode pest status in selected African countries. pp:99-108 *In*: E.A. Frison; Gold, C.S.; Karamura, E.B. y Sikora, R.A. eds. *Mobilizing IPM for Sustainable Banana Production in Africa. Proceedings of a Workshop on Banana IPM Held in Nelspruit, South Africa, 23-28 November 1998.* INIBAP, Montpellier, France.
- Zuckerman, B.M. & Strich-Harari, D. 1963. The life stages of *Helicotylenchus multincinctus* (Cobb) in banana roots. *Nematologica* 9: 347–353.

CARACTERIZACIÓN DEL AGENTE CAUSANTE DE LA PUDRICIÓN DE RAÍCES DE LA ARVEJA (*Pisum sativum* LINNEO), ENFERMEDAD ENDÉMICA EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES-CALDAS (COLOMBIA)

*Luz Adriana Osorio-Gutiérrez** y *Jairo Castaño-Zapata***

*Candidata a Magister en Fitopatología. Programa de Maestría en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Colombia. Correo electrónico: adrianaosorigutierrez@gmail.com

**Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Colombia. Correo electrónico: jairo.castano_z@ucaldas.edu.co

Recibido: 5 de marzo; aprobado: 2 de mayo de 2011

RESUMEN

En cultivos comerciales de arveja en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas, se colectaron plantas con síntomas de pudrición en raíces, caracterizada por la presencia de lesiones color marrón en la zona de unión de la semilla con la radícula, clorosis, amarillamiento y quemazón en las hojas bajas, decoloración en la base del tallo, pudrición y sistema radical escaso. Con el fin de determinar el agente causante de la enfermedad, se sembraron trozos de tejido afectado en papa-dextrosa-agar, obteniéndose cultivos puros de un hongo, el cual se identificó comparando sus características micro y macroscópicas con claves taxonómicas especializadas. Posteriormente, se realizaron pruebas de patogenicidad en plántulas y semillas de arveja de la variedad Santa Isabel. Se identificó a *Fusarium* sp. como agente causante de la enfermedad, encontrándose mayores similitudes con la especie *F. oxysporum*. Las pruebas de patogenicidad permitieron obtener una incidencia de la enfermedad del 90%, cuando la inoculación del hongo se hizo a través de heridas a las raíces, y del 73%, inoculándolo directamente a las semillas, cumpliéndose de esta manera con los postulados de Koch.

Palabras clave: PDA, microconidas, macroconidias, *Fusarium oxysporum*, postulados de Koch

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF THE AGENT CAUSING PEA (*Pisum sativum* L.) ROOTS ROT IN THE MUNICIPALITY OF MANIZALES - CALDAS (COLOMBIA)

In commercial peas crops in the Universidad de Caldas' Tesorito farm, plants with symptoms of root rot were collected, characterized by the presence of light brown lesions at the junction of the seed with the radicle, chlorosis, yellowing and burnt appearance in the lower leaves, discoloration in the stalk base, rot and scarce root system. In order to determine the agent causing the disease, pieces of affected tissues were seeded on potato-dextrose-agar, obtaining pure cultures of a fungus which was identified comparing its macro-and microscopic characteristics with specialized taxonomic keys. Subsequently, pathogenicity tests in both pea seedlings and seeds of Santa Isabel variety were carried out. *Fusarium* sp. was identified as the causal agent of the disease, and finding greater similarities with the *F. oxysporum* species. The pathogenicity tests allowed obtaining a disease incidence of 90% when the inoculation was done through wounded roots and 73%, directly inoculating seeds, fulfilling this way Koch's postulates.

Key words: PDA, microconidia, macroconidia, *Fusarium oxysporum*, Koch's postulates.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, la arveja, después del frijol, es la leguminosa de mayor importancia, se cultiva en 14 departamentos, la mayor producción se encuentra en el departamento de Nariño, con 50.132 ton equivalentes al 50% de las 101.070 ton que se producen en el país, seguido por Cundinamarca con 20%, y Boyacá con 16% (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2010; Fenalce, 2010). Se estima que del cultivo dependen más de 26.000 productores, generando alrededor de 2,3 millones de jornales, y unos 15.000 empleos directos (Fenalce, 2010).

En el año 2010 se sembraron cerca de 32.000 ha en arveja, el consumo per cápita año⁻¹ se ha mantenido constante durante los últimos años y se estima en 1,48 kg (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2010; Fenalce, 2010). Las deficiencias en el volumen para atender la demanda nacional se cubre con importaciones, lo cual se debe a que el país no produce arveja en grano seco, la cual a su vez, representa el 50% del consumo (CCI, 2000). El material de siembra predominante en el país, es el cultivar Santa Isabel que satisface los requerimientos del mercado y ocupa la mayor parte del área sembrada en arveja del país. Tal homogeneidad constituye una desventaja desde el punto de vista fitosanitario, haciendo que el manejo de enfermedades producidas por patógenos sea crecientemente costoso y complejo (Fenalce, 2002).

La productividad del cultivo de la arveja puede ser afectada por varios problemas fitosanitarios, destacándose dentro de las enfermedades la pudrición radical causada por *Pythium* Pringsh, *Fusarium solani* (Mart.) Appel & Wr. f. sp. *pisi* (F.R. Jones.) Syd. & Hans., *Rhizoctonia solani* Kühn; la Mancha foliar (*Mycosphaerella pinodes* (Berk. & A. Bloxam) Vesteger, anamorfo *Ascochyta pisi* Liber; Antracnosis (*Colletotrichum pisi* Pat.); el Mildeo velloso (*Peronospora viciae* (Berk.) Gäum. f. sp. *pisi* Syndow), el Mildeo polvoso, Cenicilla, u Oídio *Erysiphe pisi* Syd., estado asexual: *Oidium* Link. y Moho gris (*Botrytis cinerea* Pers). Dentro de las plagas se destacan el Barrenador del tallo (*Melanogromyza* Hendl), el Áfido de la arveja

(*Macrosiphum pisi* Kalt.) y los tierreros o trozadores (*Feltia* Walker, *Agrotis* Ochsenheiner, *Prodenia* Guenée y *Spodoptera* Guenée) (Lobo & Girard, 1983; Restrepo, 1991; Buriticá, 1999; Tamayo, 2000; Buitrago *et al.*, 2006).

La pudrición de raíces en arveja es un problema mundial que puede reducir considerablemente el rendimiento y la calidad de la cosecha. Más de 20 hongos diferentes han sido implicados como agentes causantes en las diferentes regiones del mundo (Kraft & Roberts, 1969; Tu, 1987). Basu *et al.* (1973), reportaron que en Canadá la mayor frecuencia de hongos aislados de raíces de arveja con síntomas de pudrición fueron *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *F. oxysporum* f. sp. *pisi* y *Pythium* spp. En Ontario, una de las principales regiones agrícolas de Canadá, Tu (1986), reportó que de 782 aislamientos provenientes de cultivos de arveja con pudrición de raíces, los hongos: *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Aphanomyces euteiches* Drechs., y *Pythium* spp., fueron los más frecuentes. Asimismo, en un estudio realizado en Alberta, una provincia del mismo país, se encontró que el género *Fusarium* fue el más frecuentemente aislado de las lesiones de raíces de plantas enfermas y se relacionó con las especies *F. solani* y *F. oxysporum*; otros hongos como *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp., fueron aislados con menor frecuencia (Hwang & Chang, 1989).

En áreas productoras de arveja en Estados Unidos, la pudrición de raíces se considera un problema limitante, especialmente en los estados de Washington, Idaho y Oregón, se relaciona con *Fusarium solani* f. sp. *pisi*; la enfermedad puede ocurrir en asocio con la pudrición de raíces por *Aphanomyces euteiches* (Jones, 1923; Lockwood & Ballard, 1960; Kraft & Roberts, 1970; Hagedorn, 1991).

En Colombia, la pudrición de las raíces en los cultivos de arveja es muy común en la mayor parte de las zonas productoras de Nariño, Cundinamarca, Boyacá y Antioquia. Ésta se presenta en las primeras fases de desarrollo del cultivo (pre y pos emergencia). Las pérdidas pueden oscilar entre 50% y 100% si

no se toman medidas preventivas. La enfermedad puede causar pudriciones acuosas de las semillas o muerte prematura de éstas (Tamayo, 2000; Buitrago *et al.*, 2006). Hongos como *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *Rhizoctonia* sp., y *Pythium* sp., han sido relacionados con dicha enfermedad (Lobo & Girard, 1983; Tamayo, 2000). Según Tu (1987), los síntomas asociados con estas dos especies de *Fusarium*, son: *F. solani* f. sp. *pisi*, retrasa el crecimiento y produce epinastia foliar, rayas rojizas en las raíces que aumentan a medida que la enfermedad progresa, las plantas severamente afectadas son de porte bajo y cloróticas y las hojas inferiores mueren y, las razas 1 y 2 de *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, infectan a la arveja durante

las primeras etapas de crecimiento de las plantas. En el tejido vascular se presenta una coloración amarilla a naranja clara, luego la decoloración se extiende hacia el tallo, las hojas se tornan amarillentas, en ambientes cálidos y soleados, las plantas mueren rápidamente (Figura1).

Dada la importancia de la pudrición radical de la arveja y el desconocimiento del o los verdaderos agentes causantes de la enfermedad en Colombia, esta investigación tuvo como objetivo caracterizar el agente causante de la pudrición de las raíces de arveja, enfermedad endémica en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas.



Figura 1. Síntomas característicos de la Pudrición de raíces de la arveja. A. Plántula, B. Tallos, C. Hojas, D-E. Raíces. Fotografías: L.A. Osorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La colecta del material con síntomas de la pudrición de raíces se realizó en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas, ubicada en el barrio Maltería, municipio de Manizales (Caldas), con una altitud de 2.280 msnm, temperatura promedio de 17°C, precipitación promedio anual de 1.800 mm y humedad relativa del 78%. Las muestras obtenidas en la granja fueron procesadas en el laboratorio de Fitopatología, departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas.

Colecta e identificación de aislamientos

Se colectaron plantas con síntomas de pudrición de raíces en dos lotes comerciales de arveja variedad Santa Isabel de 52 y 110 días de edad. Las muestras se guardaron en bolsas de plástico debidamente selladas y marcadas, posteriormente se llevaron al laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas, donde se lavaron con agua corriente y se pusieron en cámara húmeda para promover esporulación. Después de 24 h; fueron observadas al estereoscopio con el fin de observar estructuras características de los patógenos asociados, posteriormente, al microscopio compuesto de luz. Siguiendo la metodología de Castaño-Zapata & Salazar (1998) se extrajo micelio con una aguja de disección y se puso en una lámina portaobjetos con dos gotas de lactofenol al 0,05% (20g de fenol cristalino + 20 cm³ de ácido láctico + 20 cm³ de glicerina + 20 cm³ de agua destilada, y azul de algodón al 5% en agua), la muestra se cubrió con un cubreobjetos y se procedió a observarla al microscopio compuesto de luz, marca LW *Scientific Revelation* III, con el objetivo 40X. La identificación se hizo mediante claves taxonómicas especializadas de hongos (Booth, 1977; Barnett & Hunter, 1998; Castaño-Zapata & Salazar, 1998; Leslie & Summerell, 2006).

Para obtener inóculo, se sembraron segmentos de tejido afectados en cajas Petri con agar V8 (jugo de

verduras V8 200mL, CaCO₃ 3g, agar-agar 20g, agua destilada 1L) y PDA (papa- dextrosa-agar 39 g/L de agua) y luego fueron puestas a incubar a 26°C en una incubadora digital marca WTB binder, hasta observar esporulación abundante para proceder a la identificación correcta del micro-organismo asociado, y posteriormente realizar las pruebas de patogenicidad.

Caracterización morfológica

Para determinar las características correspondientes al microorganismo y realizar la mayor aproximación a la especie del hongo aislado, se hicieron comparaciones visuales y microscópicas de las características morfológicas (pigmentación del cultivo, tamaño, forma y número de septos de micro y macroconidias) y la tasa de crecimiento del hongo aislado, para lo cual se sembraron discos de 8 mm de diámetro conteniendo micelio del hongo en cajas Petri con PDA que fueron puestas a incubar a 26°C en una incubadora digital marca WTB binder, durante 4 días. La tasa de crecimiento micelial (cm/día) se determinó mediante la fórmula propuesta por Mead *et al.* (1993):

$$TC = (Cf - Ci) / (Tf - Ti),$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento

Cf: Crecimiento final

Ci: Crecimiento inicial

Tf: Tiempo final

Ti: Tiempo inicial

Para la medición y caracterización de las micro y macroconidias se hicieron montajes de éstas en láminas portaobjetos con dos gotas de lactofenol al 0,05%, las muestras se cubrieron con cubreobjetos y se observaron al microscopio compuesto de luz, con el objetivo 40X, el cual había sido calibrado previamente siguiendo la metodología propuesta por Castaño-Zapata (1998), que consiste en calcular el valor micrométrico (VM) para cada objetivo, en este caso el valor micrométrico usado fue de 2,5 μm

en el objetivo de 40X y así determinar el tamaño de ambos tipos de conidias. Se realizaron mediciones de 100 microconidias y 100 macroconidias elegidas al azar para determinar el promedio del tamaño de éstas, asimismo se contó el número de septas de las macroconidias observándose la forma de las microconidias.

Pruebas de patogenicidad

Se utilizaron semillas y plántulas de arveja, variedad Santa Isabel, las cuales fueron cultivadas en macetas de icopor conteniendo arena estéril. Las pruebas se condujeron en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas. Se realizaron tres tipos de inoculaciones:

1) Heridas a raíces de plántulas de 21 días de edad. Las inoculaciones se hicieron siguiendo la metodología propuesta por Estupiñán & Ossa (2007), que consistió en exponer las raíces de 10 plántulas y lavarlas con abundante agua de grifo para eliminar los residuos de arena, luego se les realizó un corte de 1 cm en el ápice de las raíces con un bisturí estéril y posteriormente las raíces fueron sumergidas durante 3 min en una suspensión de esporas ajustada a $1,5 \times 10^6$

10^6 conidias mL^{-1} , usando un hemacitómetro, marca Bright line (Figura 2A).

2) Corte del ápice de la raíz principal de plántulas de 24 días de edad. Se siguió la misma metodología descrita previamente, pero en este caso luego de hacerle cortes al ápice de la raíz principal de 10 plántulas con un bisturí estéril, la base de la raíz (unión entre la raíz y el tallo) fue inyectada con una jeringa de insulina conteniendo una suspensión de esporas ajustada a $1,5 \times 10^6$ conidias mL^{-1} y luego las raíces fueron sumergidas durante 3 min en la suspensión conidial (Figura 2B).

3) Inoculación de semillas. Se sumergieron 15 semillas en una suspensión de esporas ajustada a $1,5 \times 10^6$ conidias mL^{-1} durante 24 h (Figura 2C).

Para los controles se trataron el mismo número de plántulas y semillas con agua destilada estéril en cada inoculación. Las plántulas y semillas inoculadas se dejaron bajo las condiciones ambientales del laboratorio, y se revisaron diariamente registrándose la incidencia (%) de la enfermedad, tomándose como positivo aquellas plántulas que presentaron síntomas típicos de la pudrición de raíces.



Figura 2. Tipos de inoculaciones empleadas para las pruebas de patogenicidad. (A) Heridas a las raíces y posterior sumersión en la suspensión conidial, (B) Inyección, corte de la raíz principal y posterior inmersión en la suspensión conidial, (C) Sumersión de semillas en la suspensión conidial. Fotografías: L. A. Osorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de aislamientos

Se obtuvo consistentemente un aislamiento fúngico con un crecimiento algodonoso inicialmente blanco, que con el transcurso de los días se empezó a tornar

púrpura en la zona de mayor esporulación del hongo (Figura 3). Se pudieron observar conidias hialinas, principalmente de dos tipos, microconidias en forma oval o cilíndrica y macroconidias fusiformes con o sin septos, también se observaron clamidosporas globosas intercalares o terminales, solas o en pares, todas características del género *Fusarium* (Figura 4).

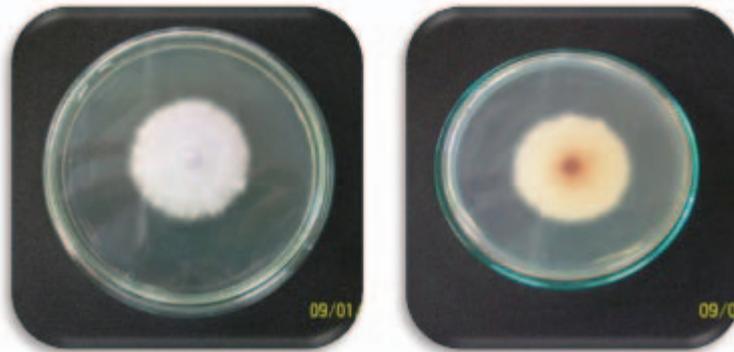


Figura 3. Crecimiento micelial del microorganismo asociado con la pudrición de raíces en arveja. Fotografías: L. A. Osorio.

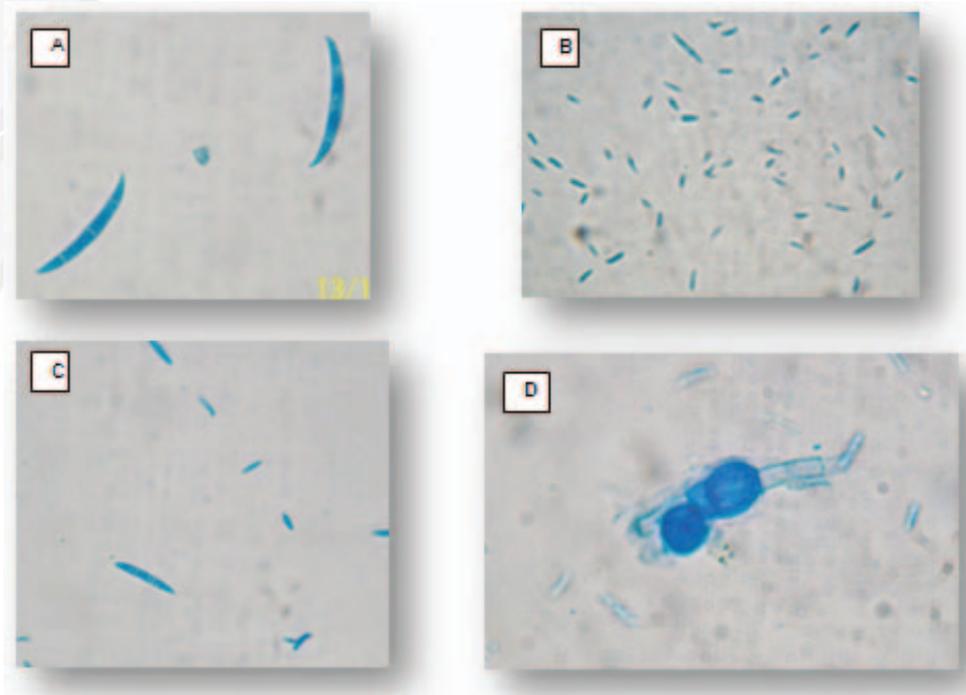


Figura 4. Características microscópicas de *Fusarium* sp. A) Macroconidias alargadas con septos, B) Microconidias cilíndricas C) Micro y Macroconidias, D) Clamidosporas globosas intercalares. Fotografías: L. A. Osorio.

Caracterización del hongo

Con base en la tasa de crecimiento de 1 cm día⁻¹, pigmentación del cultivo blanco a púrpura o violeta pálido (Figura 5), microconidias: cilíndricas, generalmente curvas, con tamaño promedio 7,7 x

2,5µm y macroconidias: generalmente largas (Figura 6), tamaño promedio 32 x 3,1µm, 1-5 septos (Figura 7), se pudo establecer que la especie con la que más similitud tenía el hongo aislado era *Fusarium oxysporum* Schlecht (Booth, 1977; Leslie & Summerell, 2006).

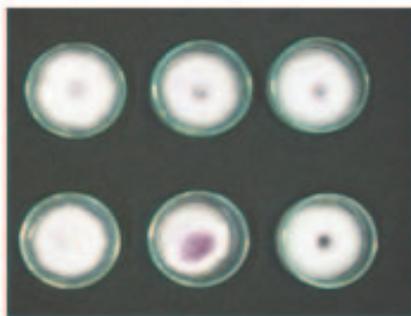


Figura 5. Pigmentación de los cultivos de *Fusarium* sp.
Fotografía: L. A. Osorio.

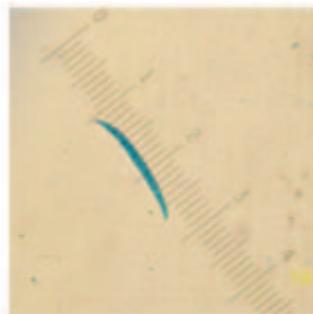


Figura 6. Macroconidia de *Fusarium* sp.

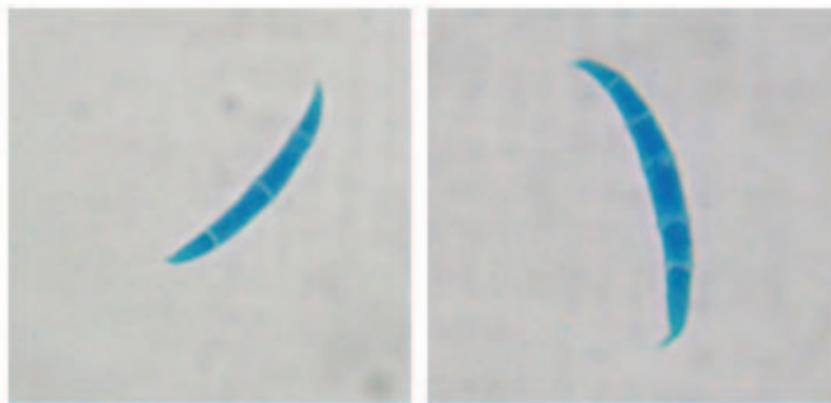


Figura 7. Macroconidias de *Fusarium* sp., con 3 y 5 septos, respectivamente.
Fotografías: L. A. Osorio.

Estos resultados coinciden con Tu (1986, 1987), quien relaciona a *F. oxysporum* como uno de los patógenos causantes de la pudrición de raíces en el cultivo de la arveja. Del mismo modo, Basu (1973), observó que *F. oxysporum* siempre fue aislado de raíces de plantas de arveja con síntomas característicos de la pudrición.

Por otra parte, Kraft & Roberts (1970), relacionan directamente a *F. solani* f. sp. *pisi* como el principal responsable de la enfermedad. En Colombia, la enfermedad en arveja se ha asociado con *F. oxysporum* y *F. solani*, aunque *F. oxysporum* f. sp. *pisi* se ha relacionado principalmente con la marchitez en este cultivo (Lobo, 1983; Tamayo, 2000).

Pruebas de patogenicidad

Las plántulas heridas previamente en las raíces y el ápice de la raíz principal e inoculadas con *Fusarium* sp., desarrollaron síntomas característicos de pudrición en raíces a los 18 días (Figura 8) y 25 días (Figura 9) con una incidencia de la enfermedad de 90% en ambas inoculaciones. La diferencia en el tiempo de expresión de síntomas se puede atribuir al método de inoculación,

siendo el primero más drástico que el segundo. Bolton & Donaldson (1972), al utilizar el primer método de inoculación de *Fusarium oxysporum* f. *pisi* en plántulas de arveja de la variedad Progress No. 9 (susceptible a las razas 1 y 2 de *F. oxysporum* f. *pisi*) de 10 días de edad, observaron síntomas severos de la enfermedad a los 14 días, lo que indica que los tejidos más jóvenes son más susceptibles a la misma, como lo indicó previamente Tu (1987).



Figura 8. Resultados de las pruebas de patogenicidad con *Fusarium* sp., inoculando las raíces de las plántulas. **A.** Plántula con crecimiento micelial en la base del tallo, **B.** Estado de las raíces inoculadas con el hongo (extremos) comparadas con la del centro que fue inoculada con agua destilada estéril, **C.** Estado de las hojas de una plántula sana (izquierda) en comparación con las de una plántula enferma (derecha). Fotografías: L. A. Osorio.

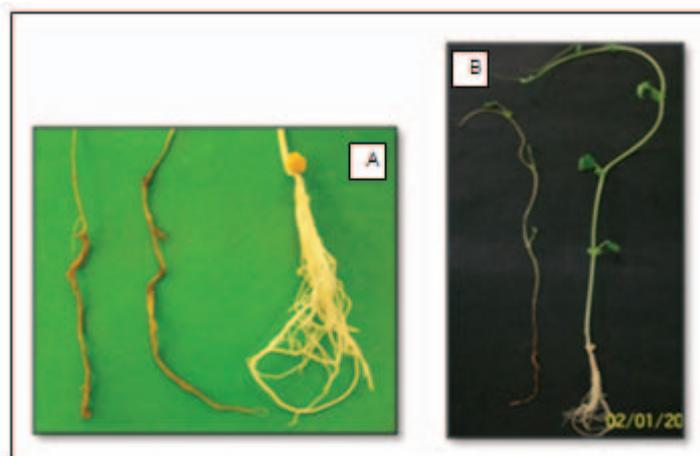


Figura 9. Resultados de las pruebas de patogenicidad con *Fusarium* sp., inoculando el ápice de la raíz principal de las plántulas. **A.** Estado de las raíces inoculadas con el hongo (izquierda) comparadas con la de una plántula sana (derecha) inoculada con agua destilada estéril, **B.** Aspecto de una plántula inoculada con el hongo (izquierda) en comparación con una plántula inoculada con agua destilada estéril (derecha). Fotografías: L. A. Osorio.

La prueba de patogenicidad inoculando las semillas de arveja, mostró una incidencia de la enfermedad del 100%, manifestada en mal del talluelo pre- y post-emergente, 15 días después de la inoculación (Figura 10), tiempo similar al observado por Bolton & Donaldson (1972) en inoculaciones plántulas de arveja de 10 días de edad, corroborando que la

susceptibilidad de la arveja a la pudrición de raíces es mayor en tejidos jóvenes.

El reaislamiento del hongo a partir del material vegetal inoculado permitió corroborar que los síntomas observados en los tejidos enfermos eran ocasionados por *Fusarium* sp., cumpliendo con los postulados de Robert Koch.



Figura 10. Resultados de las pruebas de patogenicidad en semillas de arveja con *Fusarium* sp. A- B. Plántulas con síntomas del mal del talluelo, C-E. Semillas con pudrición mostrando crecimiento micelial del hongo, F. Comparación entre las raíces de una plántula emergida de semilla inoculada con el hongo (izquierda) y plántulas provenientes de semillas inoculadas con agua destilada estéril (derecha). Fotografías: L. A. Osorio.

La transmisión de patógenos a través de semilla es reconocida como el método por excelencia mediante el cual los patógenos de plantas: a) Son introducidos en áreas nuevas. b) Sobreviven períodos cuando el hospedante no está presente. c) Son seleccionados y diseminados como cepas específicas de hospedantes. d) Son distribuidos a través de las poblaciones de plantas como focos de infección (Baker, 1972). Por consiguiente, la transmisión de *F. oxysporum* a través de la semilla de arveja es muy importante desde el punto de vista epidemiológico, para iniciar epidemias de la pudrición de raíces de la arveja. La transmisión de especies de *Fusarium* a través de la semilla de arveja, está bien documentada por Richardson (1979).

CONCLUSIONES

- La pudrición de raíces en los cultivos de arveja en la granja Tesorito, es una enfermedad de origen fungoso, cuyo agente causante es *Fusarium* sp.
- La caracterización macro y microscópica del hongo indicó que se trata de la especie *Fusarium oxysporum*.
- Debido a que el hongo fue aislado de plantas enfermas de diferentes edades y aún de semillas, se demuestra que *Fusarium* es capaz de infectar los tejidos de la arveja desde siembra hasta cosecha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, K. P. 1972. Seed pathology. In: T.T. Kozlowski (Editor). Seed Biology, Vol. II. Germination, Control, Metabolism, and Pathology. Academic Press, New York. pp. 317-346.
- Barnett, H. L. & Hunter, B.B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth Edition. Minnesota, USA: Burgess Publishing Company. p. 218.
- Basu, P. K., Crete, R., Donaldson, A.G., Gourley, C.O., Haas, J.H., Harper, F.R., Lawrence, C.H., Seaman, W.L., Toms, H. N. W., Wong, S.I. & Zimmer, R. C. 1973. Prevalence and severity of diseases of processing peas in Canada. Can. Plant Dis. Surv. 53 (1):49-57.
- Bolton, A. T. & A. G. Donaldson. 1972. Variability in *Fusarium solani* f. *pisi* and *F. oxysporum* f. *pisi*. C. J. Plant Sci. 52:189-196.
- Booth, C. 1977. *Fusarium* laboratory guide to the identification of the major species. CMI, Commonwealth Agricultural Bureaux, England. p. 58.
- Buitrago, E. J.Y., Duarte C.J. & Sarmiento, A. 2006. El cultivo de la arveja en Colombia. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas- FENALCE y Fondo Nacional Cerealista. Ed. Produmedios. Bogotá. Colombia. p. 83.
- Buriticá, P. 1999. Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia. Instituto Colombiana Agropecuario, ICA – Universidad Nacional de Colombia, Medellín. PRODUMEDIOS, Santafé de Bogotá. 329 p.
- Castaño-Zapata, J. 1998. Prácticas de laboratorio de fitopatología. Práctica (20). Segunda edición. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Protección Vegetal. p 103.
- Castaño-Zapata, J. & Salazar, H. 1998. Illustrated guide for identification of plant pathogens. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. p. 108.
- Corporación Colombia Internacional, CCI. 2000. Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos en Colombia. Consulta: Agosto 2011. <http://www.cci.org.co/>.
- Estupiñán, H. & Ossa, J. 2007. Efecto del agente causal de la marchitez vascular de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) el hongo *Fusarium oxysporum* Schlecht, sobre algunas solanáceas y otras especies cultivadas afectadas por formas especiales del microorganismo. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. p. 89 Consulta: Agosto de 2011. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis293.pdf>.
- Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA. 2010. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola. . Consulta: Agosto de 2011. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/Boletines/tabid/75/Default.aspx>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, FENALCE. 2002. Documento interno. Estadísticas de Producción Nacional. Bogotá, Colombia. p. 1.
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, FENALCE. 2010. El cultivo de la arveja, historia y su importancia. Consulta: Agosto de 2011. En línea: http://www.fenalce.org/arch_public/arveja93.pdf.
- Hagedorn, D.J. 1991. Handbook of pea diseases. Madison, Wisconsin. Consulta: Agosto de 2011. <http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A1167.pdf>. p. 27.
- Hwang, S.F. & Chang, K.F. 1989. Incidence and severity of root rot disease complex of field pea in northeastern Alberta in 1988. Can. Plant. Dis. Surv. 69 (2):139-141.
- Jones, F.R. 1923. Stem and root rot of peas in the United States caused by species of *Fusarium*. Journal of Agricultural Research 26:459-477.

- Kraft, J.M. & Roberts, D.D. 1969. Influence of soil water and temperature on the pea root rot complex caused by *Pythium ultimum* and *Fusarium solani* f. sp. *Pisi*. *Phytopathology* 59:149-152.
- Kraft, J.M. & Roberts, D.D. 1970. Resistance in peas to *Fusarium* and *Pythium* root rot. *Phytopathology* 60:1814-1817.
- Mead, G., Hudson, M. & Hinton, M. 1993. Microbiological survey of five poultry processing plants in the UK. *Br Poult Sci.* 34:497-503.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing, Ames, IA, U.S.A. p. 387.
- Lobo A, M. & Girard O, E.L. 1983. Arveja. En: Manual de asistencia técnica (28). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá (Colombia). pp. 245-251.
- Lockwood, J.L. & Ballard, J.C. 1960. Evaluation of pea introductions for resistance to *Aphanomyces* and *Fusarium* root rots. *Michigan Agricultural Experiment Station Quarterly Bulletin* 42(4):704-713.
- Restrepo, R. L.J. 1991. Cultivemos la arveja. Coleccionable No.26. La Patria. Manizales. p.15.
- Richardson, M. J. 1979. An annotated list of seed-borne diseases. Third Edition. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. p. 320.
- Tamayo, P.J. 2000. Enfermedades del cultivo de la arveja en Colombia: Guía de reconocimiento y control. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corpoica, Fenalce, Sena y SAC. p. 49.
- Tu, J.C. 1986. Incidence and etiology of pea rots in southwestern Ontario. *Can. Plant. Dis. Surv.* 66 (2):35-35.
- Tu, J.C. 1987. Integrated control of the pea root rot disease complex in Ontario. *Plant Dis.* 71 (1):9-13.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE TIPO CEREZA (*Solanum lycopersicum* LINNAEUS)

*Alexis Giomara Agudelo Agudelo**, *Nelson Ceballos Aguirre*** y *Francisco Javier Orozco***

* Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. (Manizales- Colombia). x.agudelo@gmail.com.

** Profesor del Departamento de Sistemas de Producción. Universidad de Caldas. (Manizales-Colombia). Nelson.cebillos@ucaldas.com.

Recibido: xx de xxxxxx; aprobado: xx de xxxxxxxx de 2011

RESUMEN

La mayor diversidad del tomate se encuentra en especies silvestres, con variabilidad en características de calidad del fruto como: sabor, aroma, coloración y textura. Veintisiete introducciones de tomate cereza (*Solanum lycopersicum* Linnaeus) del banco de germoplasma UNAPAL, se caracterizaron en la granja Montelindo de la Universidad de Caldas, ubicada en la vereda Santágueda municipio Palestina, Caldas, con temperatura media de 22,8 °C, altura de 1.010 msnm, precipitación promedio anual 2.200 mm, humedad relativa del 76% y suelos derivados de cenizas volcánicas de textura franco arenosa. La caracterización morfológica de las introducciones se realizó con base en descriptores para el tomate de *Bioversity International* (antes IPGRI). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 27 tratamientos, tres bloques y siete plantas/bloque como unidad experimental, sembradas a 1,5 m x 0,5 m (13.333 plantas/ha). Cuatro de las nueve variables cualitativas y cuatro de las seis cuantitativas evaluadas, mostraron diferencias significativas. En color exterior del fruto maduro y color del hipocótilo, se presentó una intensidad intermedia en el 65,38 y 60,85% de las introducciones, respectivamente. La introducción 157, se destacó por presentar los mayores valores en longitud y ancho del fruto con 5,03 cm y 7,00 cm; ésta junto con la introducción 1622, exhibieron la mayor longitud y ancho de la hoja primaria con 4,19 cm-4,02cm y 0,69 cm-0,72 cm, respectivamente. El estudio muestra gran diversidad fenotípica en las introducciones caracterizadas que puede ser aprovechable para el mejoramiento genético de la especie cultivada.

Palabras clave: IPGRI, introducciones, genotipo, recursos fitogenéticos.

ABSTRACT

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CHERRY TOMATO (*Solanum lycopersicum* LINNAEUS)

The greatest diversity of tomato is found in wild tomato species that show variability in fruit quality characteristics such as flavor, aroma, color and texture. Twenty-seven introductions of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* Linnaeus) from UNAPAL's germplasm collection were characterized at Montelindo farm owned by Universidad de Caldas, located in the village municipality of Santágueda, Palestina, Caldas, with an 22.8 °C average temperature , 1.010 m height, 2.200 mm annual precipitation, 76% relative humidity, and volcanic ash and sandy loam soils. Morphological characterization of the introductions was carried out based on tomato descriptors from International Bioersity (formerly IPGRI). An experimental design of randomized complete blocks with 27 treatments, three blocks and seven plants/block as an experimental unit, sown at 1.5 m x 0.5 m (13,333 plants /ha) was used. Four of the nine qualitative and four of the six quantitative variables evaluated showed significant differences. In exterior color of ripe fruit and hypocotyl color, intermediate intensity at 65,38 and 60,85% of the introductions was present, respectively. Introduction 157, stood out with the highest values in the length and width of fruit with 5,03 and 7,00 cm. This one, along with introduction 1.622, showed the greatest length and width of the primary leaf with 4,19 cm-4,02 cm and 0,69 cm-0,72 cm, respectively. The study shows great phenotypic diversity in the introductions characterized which can be useful for genetic improvement of the cultivated species.

Key words: IPGRI, introductions, genotype, plant genetic resources.

INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más importante en el mundo, constituyendo el 30% de la producción hortícola, con alrededor de 2,9 millones de hectáreas sembradas y 72.744.000 toneladas de frutos cosechados (Vallejo & Estrada, 2004). Dentro de las formas silvestres más promisorias del género para aportar características transferibles se encuentra *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* (Vallejo & Estrada, 2004). Según Miller & Tanksley (1990) la mayor diversidad del tomate se encuentra en las especies silvestres, que presentan variabilidad en las características de calidad del fruto como: sabor, aroma, coloración y textura.

Tradicionalmente la comunidad científica ha enfatizado el problema que hay con la falta de investigación en la caracterización morfológica y evaluación agronómica de las colecciones de germoplasma, debido a la importancia de este tipo de investigaciones en los programas de mejoramiento genético de plantas para el desarrollo de nuevos cultivares con una base genética amplia. En el ámbito mundial para el caso de los materiales conservados, aproximadamente un 80% está sin caracterizar y un 95% sin evaluación agronómica. Los recursos fitogenéticos representan toda la diversidad genética vegetal, sometida a un proceso de selección y adaptación permanente a las condiciones cambiantes (Vallejo & Estrada, 2002). La colecta y conservación de recursos filogenéticos sin que esté acompañada de la información sobre sus características convierte a las colecciones en simples depósitos de materiales, sin mayor utilidad (Tabaré & Berretta, 2001). Una vez que los recursos genéticos disponibles han sido caracterizados, es posible decidir cuáles serían los cruzamientos que más contribuirían a la expansión de la base genética (Carrera *et al.*, 2010).

Se entiende por caracterización a la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma, en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad, es decir, las características cuya expresión (de una

colección de germoplasma) es poco influenciada por el ambiente (Hinthum, 1995).

Para que el germoplasma de las especies de *Solanum lycopersicum* Linnaeus se pueda conservar, utilizar y manejar eficientemente se recomienda caracterizarlo morfológica y genéticamente. Según Tabaré & Berretta (2001), el valor de las colecciones de recursos filogenéticos reside en su utilización para producir nuevos cultivares, domesticar nuevas especies y desarrollar nuevos productos, para el beneficio de las actividades productivas. Las colecciones deben proveer a los mejoradores de variantes genéticas, genes o genotipos, que les permitan responder a los nuevos desafíos planteados por los sistemas productivos, siendo para ello imprescindible conocer las características del germoplasma conservado.

Para la utilización del potencial genético se requiere un conocimiento detallado de las características presentes en los materiales de las colecciones (Medina & Lobo, 2001). Pratta *et al.* (2003) proponen que algunos caracteres morfovegetativos como longitud de entrenudos, perímetro del tallo en las partes basal, media y apical y número de flores por racimos, entre otros, son importantes *per se* para la determinación de la aptitud agronómica de una variedad, además, podrían estar asociados con el rendimiento final de los genotipos.

Estos caracteres de amplia variabilidad genética justificarían incluir, en programas de mejoramiento de tomate cultivado, los genes que aportan las especies silvestres del género y, especialmente, evaluar en combinaciones heterocigotas su comportamiento para caracteres de interés agronómico (Pratta *et al.*, 2003).

A través de este estudio se pretenden caracterizar introducciones silvestres de tomate tipo cereza (*S. lycopersicum*), para seleccionar genotipos con base en caracteres de interés agronómico que sirvan para el mejoramiento del tomate cultivado y del tomate cereza comercial. Para dicho fin fueron seleccionados

algunos caracteres de los descriptores para el tomate según Biodiversity International (antes, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos-IPGRI) que permiten una discriminación fácil y rápida entre fenotipos siendo generalmente caracteres altamente heredables.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas situada en la vereda Santágueda municipio de Palestina,

departamento de Caldas, con una temperatura media de 22,8 °C, altura sobre el nivel del mar de 1.010 msnm, precipitación promedio anual 2.200 mm, humedad relativa de 76%, con suelos derivados de cenizas volcánicas de textura franco arenosa, topografía plana y con un área de 64 ha. Se emplearon 27 materiales de tomate cereza, de los cuales no se tenía reporte de caracterización dentro del total de introducciones del banco de germoplasma de la Universidad Nacional sede Palmira (Tabla 1), en aras de ser incluidos en futuros programas de mejoramiento del tomate cultivado.

Tabla 1. Introducciones de tomate tipo cereza evaluadas con base en caracteres de interés agronómico.

Número	Código de introducción	Descripción
1	IAC- 157	Tomate alemán fruto amarelo
2	IAC- 391	Tomate red cherry
3	IAC- 400	Tomate cereja Guara
4	IAC- 401	Tomate cereja “Rubi”
5	IAC- 402	Tomate cereja Alemán
6	IAC- 403	Tomate cereja S.C. Río Pardo
7	IAC- 404	Tomate cereja Assis
8	IAC- 412	Tomate cereja
9	IAC- 416	Tomate cereja rosado
10	IAC- 418	Tomate cereja Lago Unicamp
11	IAC- 420	Tomate cereja
12	IAC- 421	Tomate cereja Alemán Vermelho
13	IAC- 424	Tomate cherry
14	IAC- 426	Tomate cherry Juliet
15	IAC- 443	Tomate cereja Milao
16	IAC- 460	Tomate cereja Perita TG0154
17	IAC- 445	Tomate cereja Jundiai
18	IAC- 451	Tomate cereja 14A
19	IAC- 458	Tomate cereja 14B
20	IAC- 1403	Tomate peludo (cereja)
21	IAC- 1621	Tomate cereja alemán 12
22	IAC- 1622	Tomate cereja 12
23	IAC- 1623	Tomate cereja “Mini Pepe”
24	IAC- 1624	Tomate cereja
25	IAC- 1626	Tomate cereja
26	IAC- 1685	Tomate cereja 11B
27	IAC- 1684	Tomate 11A

Para la caracterización morfológica, se seleccionaron descriptores propuestos por Bioversity International para el tomate, tal como se describen en la tabla 2. El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar, con 27 tratamientos (introducciones de tomate), 3 bloques y 7 plantas/bloque, sembradas a 1,5 m entre surcos y 0,5 m entre plantas para un total de 13.333 plantas/ha. Obtenidos los datos de

campo se llevaron a una matriz en Excel, a partir de allí se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas; las variables con diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) se llevaron a pruebas comparativas por medio de la prueba de Tukey a través del programa estadístico SAS (SAS Institute, Cary NC).

Tabla 2. Lista de descriptores seleccionados en la caracterización morfológica.

Órgano	Caracteres cualitativos	Caracteres cuantitativos
Plántula	Color del Hipocótilo (CH)	Longitud Hoja Primaria (mm) (LHP)
	Intensidad de Color del Hipocótilo (ICH)	Ancho Hoja Primaria (mm) (AHP)
	Pubescencia del Hipocótilo (PH)	
Planta	Tipo de Crecimiento de la Planta (TCP)	Longitud de Entrenudos (cm) (LE)
	Tipo de Hoja (IH)	
Inflorescencia	Color de corola (CC)	
Fruto	Forma Predominante del Fruto (FPF)	Número de Lóculos (NL)
	Color del Fruto Maduro (CFM)	Diámetro del Fruto (DE)
	Intensidad del Color Fruto Maduro (ICF)	Longitud del Fruto (DP)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hipocótilo (color, intensidad, pubescencia), tipo de crecimiento, inflorescencia y tipo de hoja de la planta. El color del hipocótilo, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Para esta variable, el color medio morado fue el más expresado con 56,52%, seguido del color morado con 43,47% en los 27 materiales caracterizados. Los datos arrojaron una intensidad intermedia en el color del hipocótilo con 60,86% y baja 17,39% (Tabla 3). El color del hipocótilo es determinado por la presencia de la antocianina, ampliamente distribuida en el reino vegetal (Medina & Lobo, 2001) existiendo en forma de glucósido (Aranceta & Pérez-Rodrigo, 2006).

La pubescencia del hipocótilo estuvo presente en todos los materiales. De los 27 materiales caracterizados, el tipo de Hoja Papa y el Estándar fueron los que más se presentaron con 69,56 y 30,43%, respectivamente. Estudios realizados por Florido *et al.* (2002), en accesiones de tomate comerciales y

especies silvestres de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, *S. pimpinellifolium* y *S. hirsutum*, encontraron que dentro de las características morfológicas evaluadas todas las accesiones presentaron un tipo de hoja estándar.

En el 81,81% de los materiales caracterizados en este estudio se presentó un crecimiento indeterminado, las demás introducciones tuvieron un crecimiento de tipo determinado. Florido *et al.* (2008), encontraron en las accesiones de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* características típicas de los tipos silvestres como crecimiento indeterminado, frutos pequeños con hombro verde y aplanado, además de cicatrices pendular y estilar pequeñas. La variable color de la corola en todas las introducciones fue amarilla, datos que concuerdan con los reportados por Rosales (2008), quien afirma que generalmente la corola es de color amarillo en las plantas entomófilas como el tomate y a lo reportado por Álvarez *et al.* (2009) quienes al caracterizar poblaciones de tomate silvestre reportaron que todas las flores fueron de color amarillo.

Forma, color e intensidad del color del fruto. En 47,82% de las introducciones se presentó un color rojo para el exterior del fruto maduro (Figura 1a y b); el cual se debe principalmente a los carotenoides más que a las antocianinas (Cantín, 2009). Valdes (2007) encontró que, uno de los mayores atractivos para cualquier producto es su diversidad; el tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa; hay variedades con diferente aspecto exterior en forma, tamaño y color. Además

del color rojo observado en la madurez, se manifestó también el color naranja en 43,47% del total de las accesiones seguido de los colores rosado y amarillo con un 4,34 % para ambos casos (Tabla 3; Figura 1 c, d, e y f). Murray *et al.* (2003), observaron diferencias significativas entre los diferentes estados de madurez y la producción de etileno en el día de la cosecha, donde los frutos cosechados rojos mostraron los valores más altos con respecto a los cosechados de color rosado y pintones.



Figura 1: Accesoión 426 color rojo (a), accesoión 451 color rojo-rojo (b), Accesoión 1622 color rosado (c), accesoión 1623 color rojo (d), accesoión 157 color amarillo (e), accesoión 416 color naranja (f).

Se presentó gran variabilidad en cuanto a la intensidad del color exterior para los frutos de tomate cosechados, teniéndose una intensidad intermedia equivalente al 65,38% de las introducciones como la predominante. Por otro lado, se tuvieron introducciones con mucha intensidad de color equivalentes a 11,11%, mientras que el 25,92% correspondió a poca intensidad de color (Tabla 3). Nuez (1999) reporta que *S. lycopersicum*

var. *cerasiforme* y *S. cheesmanii* podrían ser usados en la mejora de frutos de color rojo como fuentes de genes para frutos con alto contenido en licopeno.

En este estudio la forma predominante para los frutos fue redonda con 36,84%. Pratta *et al.* (2003), encontraron que los frutos de los materiales silvestres *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* y *S. pimpinellifolium*

presentaron forma esférica a diferencia de los cultivares híbridos dentro de la variedad doméstica, en los que la altura del fruto fue menor que el diámetro. Sin embargo, tal hecho es de escasa importancia para determinar la aptitud comercial del fruto. El 26,31% de los materiales presentaron forma ligeramente

achatada seguido de la forma cilíndrica y redonda alargada con 21,05% y 15,7%, respectivamente (Tabla 3). Algunas de las accesiones más representativas para las variables color exterior y forma del fruto maduro se observan en la Figura 1.

Tabla 3. Caracteres cualitativos obtenidos en la caracterización de introducciones de los tomates silvestres tipo cereza.

INT	CH*	ICH	TH	CEFM	ICE	TCP	FF
1623	Morado	Intermedia	Thp	Rojo	Intermedia	Indet.	Cilíndrico
451	1/2 Morado	Intermedia	Est.	Rojo	Mucha	Indet.	Ligeramente Achatado
1624	1/2 morado	Alta	Thp	Rojo	Intermedia	Indet.	Ligeramente Achatado
401	1/2 Morado	Baja	Thp	Rojo	Poca	Indet.	-----
402	Morado	Intermedia	Est.	Naranja	Intermedia	Indet.	Redondo
1684	Morado	Intermedia	Est.	Naranja	Intermedia	Indet.	Redondo
1626	1/2 Morado	Intermedia	Est.	Naranja	Intermedia	Indet.	-----
1686	1/2 Morado	Alta	Thp	Rojo	Intermedia	Indet.	-----
416	1/2 Morado	Baja	Thp	Naranja	Poca	Deter.	Redondo Alargado
443	1/2 Morado	Intermedia	Thp	Naranja	Intermedia	Deter.	Redondo
1688	1/2 Morado	Alta	Thp	Naranja	Intermedia	Indet.	Redondo
1621	1/2 Morado	Intermedia	Thp	Naranja	Intermedia	Indet.	-----
460	Morado	Intermedia	Est.	Naranja	Intermedia	Indet.	-----
157	1/2 Morado	Baja	Thp	Amarillo	Mucha	Deter.	Ligeramente Achatado
400	Morado	Intermedia	Thp	Naranja	Poca	Indet.	-----
404	Morado	Alta	Thp	Rojo	Poca	-----	-----
420	1/2 Morado	Intermedia	Est.	Rojo	Poca	Indet.	Ligeramente Achatado
421	1/2 Morado	Intermedia	Thp	Rojo	Poca	Indet.	Ligeramente Achatado
1622	Morado	Intermedia	Thp	Rosado	Intermedia	Deter.	Redondo
1687	Morado	Intermedia	Thp	Rojo	Intermedia	Indet.	Cilíndrico
424	1/2 Morado	Intermedia	-----	Rojo	Intermedia	Indet.	Redondo
391	Morado	Alta	-----	Rojo	Mucha	Indet.	Redondo Alargado
1685	Morado	Baja	-----	Naranja	Poca	Indet.	Cilíndrico

*Introducciones (INT), Color del Hipocótilo (CH), Intensidad Color Hipocótilo (ICH), Tipo de Hoja (TH), Color Exterior del Fruto Maduro (CEFM), Intensidad Color Exterior (ICE), Tipo de Crecimiento Planta (TCP), Forma del Fruto (FF).

CARACTERES CUANTITATIVOS

Longitud y ancho de fruto. En las variables longitud de fruto (LONFR) y ancho de fruto (ANFR), las introducciones 402-401-400, presentaron los valores más bajos con 1,83 cm -1,90 cm y 2,11 cm en longitud de fruto y 2,03 cm-2,03 cm y 2,33 cm en ancho de fruto, respectivamente (Tabla 4). Nuez (1999) describe que, los tomates cherry se caracterizan por producir frutos de tamaño muy pequeño (1 a 3 cm de diámetro). Por otra parte, la introducción

157 arrojó el mayor valor para la variable LONFR y ANFR con 5,03 cm y 7,00 cm, respectivamente (Tabla 4), mostrando una diferencia altamente significativa respecto al resto de los grupos. El análisis realizado mostró que la mayoría de las introducciones tienen diámetros entre 1 y 3 cm. Según Tigchelaar (1986), las variables diámetro de fruto y ancho de fruto, son indicadores del tamaño y forma de los mismos, lo que demuestra un tamaño pequeño y forma esférica de éstos; la tendencia hacia la forma esférica, estaría asociada a mayor contenido en sólidos solubles.

Ancho y longitud de la hoja primaria. Se observó que las introducciones 1688, 1621 y 1686 para las variables longitud de la hoja primaria (LHP) y ancho de la hoja primaria (AHP) mostraron los valores más bajos con 2,74 cm-2,95 cm-2,95 cm y 0,5 cm-0,52 cm-0,46 cm, respectivamente (Tabla 4), mientras que las introducciones 1622 y 157 presentaron los valores más altos con rangos entre 4,19 cm-4,02 cm y 0,695 cm-0,728 cm que difieren estadísticamente con las demás ($P < 0,05$). Se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las introducciones caracterizadas donde los valores para LHP presentaron un rango entre 2,74 cm a 4,21 cm y para AHP de 0,465 cm a 0,728 cm. Miller & Tanksley (1990), expresaron que las especies silvestres de *Solanum* representan una importante fuente de variabilidad.

Número de lóculos y distancia de entrenudos.

La mayoría de las introducciones presentaron valores bajos para la variable número de lóculos (2,00-2,62 lóculos/fruto). Tales resultados concuerdan con los reportados por Medina & Lobo (2001) quienes encontraron 2 lóculos/fruto en la mayoría de las introducciones evaluadas. Las introducciones 157 y 412 estuvieron por encima de este rango con 3,66 y 8,66 lóculos/fruto, respectivamente, con diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre ellas y respecto a los demás genotipos (Tabla 4).

Las introducciones 1621 y 1622 presentaron mayor distancia de entrenudos con valores de 8,77 cm

y 8,57 cm, respectivamente, en contraste con la introducción 404 que mostró la menor distancia (3,72 cm). Prohens *et al.* (2003), encontraron que la distancia de entrenudos para los tomates silvestres caracterizados en su estudio, presentaron un rango entre 2,96 y 6,38 cm. Pratta *et al.* (2003), encontraron que la distancia de entrenudos estaría relacionada con la presencia del gen *sp*, que determina el hábito de crecimiento determinado de la planta. Estudios realizados por Vallejo (1994) indicaron que el híbrido con menor distancia de entrenudos fue el obtenido por el cruzamiento entre progenitores con hábito de crecimiento determinado (cv. Rin y cv. Caimanta, homocigotos recesivos para el gen *sp*) mientras que los híbridos con mayores valores tenían al menos uno de los progenitores con hábito de crecimiento indeterminado (Tabla 4).

Rodríguez *et al.* (2005), encontraron que las plantas que poseen mayor longitud de entrenudos, menor perímetro del tallo en la parte media, mayor número de flores por inflorescencia, menor número de inflorescencias y menor precocidad produjeron frutos con mayor acidez, de vida poscosecha más prolongada. Algunos caracteres morfovegetativos como longitud de entrenudos, perímetro del tallo en las partes basal, media y apical y número de flores por racimos, entre otros, son importantes *per se* para la determinación de la aptitud agronómica de una variedad (Pratta *et al.*, 2003).

Tabla 4. Caracteres cuantitativos obtenidos en caracterización de introducciones de los tomates silvestres tipo cereza.

INT*	LONFR	T	ANFR	T	LHP	T	AHP	T	LOC	T	DISNUD	T
157	5,03	a	7,00	a	4,02	a	0,73	a	8,67	a	7,20	abcde
412	4,08	b	3,00	b	---	---	---	---	3,67	b	6,55	defg
391	3,98	b	3,29	b	3,96	abc	0,66	abcde	2,08	c	7,22	bcde
1626	3,90	bc	3,24	b	2,95	de	0,54	bcdef	2,08	c	8,42	ab
1624	3,88	bc	3,50	bcd	4,21	a	0,69	abcde	2,00	c	5,60	fghi
416	3,55	bcd	3,60	bcd	3,35	abcde	0,58	abcdef	2,00	c	7,53	abcde
1621	3,55	bcd	2,76	bcd	2,95	de	0,52	def	2,08	c	8,77	a
426	3,50	bcd	3,61	bcd	---	---	---	---	2,00	c	5,42	fghij
1622	3,47	bcd	3,60	bcd	4,19	a	0,70	a	2,00	c	8,57	ab
451	3,41	bcd	2,66	bcd	3,94	abc	0,68	abc	2,00	c	4,74	hijk
445	3,05	cd	3,30	bcd	---	---	---	---	2,00	c	7,81	abcd
443	2,90	cde	2,88	bcd	3,05	cde	0,53	cdef	2,25	c	4,00	jk
1685	2,81	def	2,84	bcd	3,52	abcde	0,57	bcdef	2,00	c	8,26	ab
1687	2,76	def	2,63	bcd	3,02	cde	0,52	cdef	2,08	c	7,47	Abcde
421	2,76	def	2,58	bcd	3,54	bcde	0,64	abcde	2,17	c	7,94	abc
458	2,75	def	2,81	bcd	---	---	---	---	2,00	c	7,51	Abcde
420	2,73	def	2,55	bcd	3,48	abcde	0,65	abcde	2,00	c	7,88	Abc
424	2,69	ef	3,11	bcd	3,87	abcde	0,59	abcdef	2,25	c	7,73	abcd
1688	2,65	ef	2,58	bcd	2,74	e	0,50	ef	2,00	c	8,18	ab
1623	2,64	ef	3,53	cd	3,30	abcde	0,58	abcdef	2,08	c	5,02	hijk
1686	2,53	f	2,62	cd	2,95	de	0,47	f	2,00	c	6,32	cdef
1684	2,46	f	2,74	cd	3,46	abcde	0,58	abcdef	2,00	c	5,64	fghi
400	2,11	g	2,33	d	2,95	de	0,59	abcdef	2,63	c	7,40	abcde
401	1,90	g	2,03	d	3,30	abcde	0,53	cef	2,00	c	4,38	ijk
402	1,83	g	2,03	d	3,30	bcde	0,62	abcde	2,75	c	4,97	ghijk
460	---	---	---	---	3,38	abcde	0,60	abcdef	2,00	c	5,87	efgh
404	---	---	---	---	3,97	abc	0,53	cdef	2,00	c	3,72	k

*Introducción (INT), Longitud del Fruto (LONFR), Ancho del Fruto (ANFR), Longitud de la Hoja Primaria (LHP), Ancho de la Hoja Primaria (AHP), Número de Lóculos (LOC), Distancia de Entrenudos (DISNUD), Tukey (T). Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

- Las introducciones evaluadas mostraron un 50% de variabilidad fenotípica en los caracteres cualitativos, el color de la corola seguida de la pubescencia del hipocótilo y tipo de hoja papa, son caracteres que no permitieron diferenciarlos materiales evaluados, en contraste, el color, forma e intensidad del color del fruto y el tipo de crecimiento de la planta permitieron diferenciar las introducciones, indicando una variación que puede ser aprovechada en futuros programas de mejoramiento genético de la especie.
- El 83,3% de los caracteres cuantitativos, mostraron un alto poder para discriminar las introducciones indicando una alta variabilidad

morfológica de los materiales evaluados, a su vez la posibilidad de selección de los mismos por caracteres como diámetro, ancho y número de lóculos del fruto, además de tamaño de la hoja primaria.

- En las introducciones evaluadas se observó gran diversidad morfológica en los caracteres cualitativos y cuantitativos, mostrando

diferencias significativas para las distintas variables, aumentando así el número de las colecciones y disponibilidad de material genético. Introducciones como 400-401 y 402 presentaron el menor tamaño de frutos 1,8, 1,9 y 2,1 cm, respectivamente; mientras que la introducción 157 arrojó el mayor valor en tamaño de fruto (5,0 cm).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, J.; Córtez, H. & García, I. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (*solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Revista Polibotánica*. 18:139-158.

Aranceta, B. J. & Pérez-Rodrigo, C. 2006. Frutas, verduras y salud. Elsevier-Masson: Saunder, Mosby, Harcourt Brace.España.

Cantín, C. 2009. Estudio agronómico y de la calidad del fruto del melocotonero (*P. persica* (L.) batsch) en diferentes poblaciones de mejora para la selección de nuevos cultivares. Trabajo de tesis para optar al título de Ph.D. en Tecnología de Alimentos. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, Aragón. España.

Carrera, A.; Tranquilli, G.; Helguera, M. 2010. Aplicaciones de los marcadores moleculares. Capítulo 2. En: Echenique, V.; Rubinstein, C.; Hopp, E.; Mrogins, L. (eds.). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Argentina.

Florido, M.; Álvarez, M.; Lara, R.; Plana, D.; Varela, M.; Shagardsky T. & Moya, C. 2002. Caracterización morfoagronómica y bioquímica de 20 accesiones de tomate (*Lycopersicon spp*). *Cult. Trop.* 23(4):61-69.

Florido, M.; Álvarez, M.; Lara, R.; Plana, D. Varela, M., Shagardsky T. & Moya, C. 2008. Análisis de la variabilidad morfoagronómica en la colección de tomate (*Solanum L.* sección *Lycopersicon* subsección *Lycopersicon*) conservada Ex Situ en Cuba. *Cult. Trop.* 29(2):43-48.

Hintum, T. 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. En: Hodgkin, T., Brown, A.H.D., Hintum, T.J.L., Morales, E.A.V. (eds.). Core Collections of Plant Genetic Resources. John Wiley and Sons, New York. pp. 23-34.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE-IPGRI.1996. Descriptores para el cultivo del tomate (*Lycopersicon spp.*).IPGRI. Roma, Italia.

Medina, C. & Lobo, M. 2001. Variabilidad morfológica en el tomate pajarito (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) precursor del tomate cultivado. *Revista Corpoica*. 3(2):39-50.

Miller, J. & Tanksley, S. 1990. RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus *Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics*. 80:437-448.

Murray, R.; Lucangeli, C.; Polenta, G. & Budde, C. 2003. Calidad de tomate cherry cosechado en tres estados de madurez. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina. Consulta: Marzo de 2009. http://anterior.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/pos/rm_008.htm

Nuez, F. 1999. El cultivo del tomate. 2^{da} ed. Ediciones Mundi-Prensa Libros., Madrid.

Pratta, G.; Cánepa, L.; Zorzoli, R. & Picardi, L. 2003. Efecto del germoplasma silvestre sobre caracteres de interés agronómicos en híbridos intra e interespecíficos del género *Lycopersicon*. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. (3):13-21. Junio de 2003

- Prohens, J.; Blanca J. & Nuez F. 2003. Caracterización de tomates silvestres de las islas Galápagos. En: Actas de horticultura N° 39. X congreso nacional de ciencias horticolas. Universidad Politécnica de Valencia. Pontevedra, Galicia, España. pp. 114-116
- Rodríguez, G.; Pratta G.; Zorzoli R. & Picardi, L. A. 2005. Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate con genes nory silvestres. *Pesq. agropec. bras.* 40(1):41-46. Consulta: Abril de 2009. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100204X2005000100006&script=sci_abstract&tlng=es
- Rosales, M. 2008. Producción y calidad nutricional en frutos de tomate cherry cultivados en dos invernaderos mediterráneos experimentales: respuestas metabólicas y fisiológicas. Tesis para optar al título de Ph.D. en Biología Agraria y Acuicultura. Universidad de Granada. Granada, España.
- Tabaré, A. & Berretta, A. 2001. Conservación de recursos genéticos ex situ. En: PROCISUR. IICA (Eds.). Estrategia en Recursos Fitogenéticos Para los Países del Cono Sur. IICA., Montevideo. pp. 91-94.
- Tigchelaar, E. 1986. Tomato Breeding. Basset, M.J. (Ed.). En: Breeding Vegetable Crops. M. J. Bassett, ed. AVI Publishing Company. Inc., Westport.
- Valdés, R. 2007. Propuesta de innovación para la producción del tomate rojo para el municipio de Zinapécuaro, Michoacán. Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México, Distrito Federal. Consulta: Marzo de 2009. http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/4163/1/valdes_martinez_ramon.pdf.
- Vallejo, F.A. 1994. Mejoramiento genético y producción del tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Ed. Feriva. Palmira.
- Vallejo, F. & Estrada, S. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional sede Palmira, Colombia. Ed. Feriva. Palmira.
- Vallejo, F. & Estrada, S. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Ed. Feriva. Palmira.

EVALUACIÓN DEL HÍBRIDO DE SANDÍA SANTA AMELIA (*Citrullus lanatus* THUNB) EN TRES TIPOS DE COBERTURA

*Freddy Eliseo Hernández Jorge**, *Camilo Medina Ramirez***,
*Yeni Katerine Hernández Ossa***

* I.A. Profesor. Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. eliseo.hernandez@ucaldas.edu.co

** I.A. Programa de Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas.

Recibido: 8 de julio; aprobado: 5 de septiembre de 2011

RESUMEN

El uso de coberturas sobre el suelo representa un factor importante en la producción hortofrutícola actual, debido principalmente a la protección que se ejerce en éste de la acción directa de la lluvia y el aumento de la actividad biológica, incrementando la materia orgánica y la retención de agua, mejorando la estructura del suelo. En este trabajo se evaluó el efecto del empleo de tres tipos de cobertura (cobertura vegetal, plástico negro/negro y plástico blanco/negro) en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), híbrido Santa Amelia, en la granja Montelindo, municipio de Palestina (Caldas). Los tratamientos se establecieron bajo un esquema de labranza mínima, asociada a un uso y manejo de conservación del recurso suelo. Se estableció un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, 20 plantas por repetición. La cobertura con plástico negro/negro ofreció las mejores condiciones para el cultivo, aumentando los rendimientos hasta en un 106 %, permitiendo una precocidad del material hasta en 30 días, estadísticamente diferente de los demás tratamientos ($P < 0,05$). Además, este tratamiento obtuvo un índice de sostenibilidad del uso de la tierra (ISUT) con un valor de 44, y fue el que conservó mejor las propiedades físicas del suelo. Sin embargo, las variables más afectadas fueron la conductividad hidráulica y la humedad del suelo. Hubo un aumento en la actividad biológica con el uso de coberturas vegetales, se demostró un efecto benéfico del uso de coberturas en el cultivo de sandía.

Palabras clave: plástico, producción, ISUT, precocidad, cultivo, cucurbitácea

ABSTRACT

EVALUATION OF THE SANTA AMELIA HYBRID WATERMELON (*Citrullus lanatus* THUNB) UNDER THREE COVER TYPES

The use of covers on the soil represents an important factor in current fruit and vegetable production, mainly due to the protection to the soil from the direct action of rain, increasing biological activity, organic matter content and water retention ability, thus improving soil structure. In this work, the effect of three types of cover (vegetal cover, black/black plastic, and white/black plastic) on the Santa Amelia hybrid watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivation in the farm Montelindo, municipality of Palestina (Caldas) was evaluated. The treatments were established in a minimum tillage scheme, associated to a conservationist use and management of soil. A random block experimental design, with four replicates and 20 plants per replicate was used. The black/black plastic cover offered the best conditions for crop development, increasing yields up to 106% and allowing material precocity in 30 days, with statistically significant differences from other treatments ($P < 0.05$). Additionally, this treatment achieved use of soil sustainability index (SSI) of 44, being the one that better maintained the physical conditions of soil. However, the variables affected the most were hydraulic conductivity and soil humidity. There was an increase of biological activity with the use of vegetal covers, and a beneficial effect of the use of cover in watermelon crop was showed.

Key words: plastic, production, ISS, precocity, crop, cucurbitaceous

INTRODUCCIÓN

En Colombia existen varias zonas que reúnen las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo de sandía, cuya producción puede abrir mercados de exportación hacia países como Estados Unidos, China y Alemania que demandan alrededor del 48% de la producción mundial (FAO, 2005). El consumo estimado de sandía en el país durante el año 2004 fue de 93.731 ton, con una producción de 91.098 ton, evidenciando una demanda que no se compensa y falta volumen de producción (Agronet, 2006). Actualmente, la información soportada corresponde a las variedades que históricamente han sido sembradas como Crimson Sweet y Charleston Gray con rendimientos alrededor de 22 ton/ha en las principales regiones productoras como Córdoba, Cesar, La Guajira y Sucre que tienen 5.068 ha de las 6.828 ha cultivadas en el país, utilizando poca inversión y tecnología para la producción, desconociendo las diferentes técnicas de manejo como el empleo de coberturas que puede optimizar los recursos pues ha mostrado muy buenos resultados en otros países donde han duplicado la producción (Agronet, 2006).

Desde el año 2009 se ha venido utilizando el híbrido Santa Amelia que presenta una mejor respuesta por su calidad y alto rendimiento con más de 35 ton/ha, por tal razón se siembra en Colombia, pero se desconocen reportes de la respuesta a diferentes técnicas de producción. Un parámetro importante para determinar los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, es el índice de sostenibilidad y uso de la tierra (ISUT), como indicador de calidad del suelo, el cual define la potencialidad y limitación en una zona agroecológica determinada. Por tal motivo el desarrollo de esta investigación tuvo como objetivo generar conocimientos acerca de los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas afectados

por el manejo y uso del suelo con la utilización de tres tipos de coberturas, y así explicar la variación en la producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La granja Montelindo está ubicada a 38 km de Manizales, vereda Santágueda, municipio de Palestina con un área de 64 ha, a 1.050 msnm con una temperatura media de 22,8 °C, una precipitación promedio anual de 1.800–1.900 mm, una humedad relativa de 76 %, suelos con una pendiente del 5%, franco arenosos y franco arcillosos de origen volcánico y una radiación solar de 320-350 calorías/cm² día¹

Indicadores de salud del suelo. Para evaluar las potencialidades y limitaciones del suelo de una zona agroecológica en la producción de sandía, se utilizó el modelo del índice de sostenibilidad del uso de la tierra (ISUT) diseñado por Lal (1994) y Delgado (2001), modificado por Matta & Ramírez (2006), como medida que relaciona la productividad con los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El ISUT es un método que combina 10 indicadores de las propiedades del suelo (Tabla 1), cada indicador presenta valores reales a los cuales se les asigna un nivel crítico cuantitativo y cualitativo, un valor de 5, es un nivel crítico en que la propiedad no presenta limitación y un valor de 1, un nivel crítico en que la propiedad presenta limitaciones extremas para el suelo. Posterior a la asignación del nivel crítico, dichos valores se suman para establecer un índice acumulado. Para el índice de sostenibilidad del uso de la tierra, el máximo valor del índice acumulado basado en los indicadores es 50 puntos.

Se realizaron dos evaluaciones, antes y durante el cultivo, tres meses después del trasplante, para cada uno de los indicadores que determinarán el ISUT.

Tabla 1. Propiedades físicas, químicas y biológicas evaluadas en el suelo del lote “Papayo” de la granja Montelindo.

Propiedades	Indicador	Unidad	Metodología
Físicas	Densidad	Mg/m ³	Método del cilindro
	Porosidad	Porcentaje	$E=1-D_{ap}/D_{part}) \times 100$
	Conductividad hidráulica	$K=V \times L/t \times A \times \Delta h$	Método del permeámetro de cabeza constante
	Infiltración	cm/hora	Anillos simples
	Resistencia a la penetración	Mpa	Penetrómetro de impacto
Químicas	Humedad del suelo	$W=(M_w/M_s)$	Método del cilindro
	pH		Potenciómetro 1:1
	Nitrógeno	Porcentaje	$N(\%) = 0.016 + 0.0453(MO\%) - 0.00063(MO\%)$
	Materia orgánica	Porcentaje	Colorimetría
Biológicas	Población de macrofauna en el suelo	No. de familias, abundancia de la especie	Fertilidad y biología de suelos Tropicales (TSBF por su sigla en inglés).

Prácticas agronómicas

Preparación del terreno. Se empleó un sistema de labranza mínima que según Ríos (2008) se entiende como el mínimo laboreo necesario para el establecimiento de un cultivo.

Siembra. Según la ficha técnica de semillas Arroyave (2008), para el híbrido Santa Amelia que recomienda una densidad poblacional de 6.666 plantas/ha, las distancias determinadas por efecto de los tratamientos fue de 1 m entre plantas y 3 m entre surcos para una población de 3.333 plantas/ha con el fin de diferenciar los tratamientos. Se utilizó como sustrato turba canadiense de granulometría 3-5 en bandejas de 128 lóculos en cantidad de 1,5 Kg/bandeja e inoculado con *Trichoderma* spp. (8g/L/bandeja). La semilla se sembró con una profundidad de 1,5 a 2 cm con el hilo hacia abajo a una temperatura entre 28 y 30 °C.

Labores culturales. Se realizó una dirección de guías hacia el centro del surco (esta labor consiste en dirigir el crecimiento apical de las plantas hacia el centro del surco de la cobertura), para permitir la movilidad y evitar el cruce entre tratamientos, el control mecánico de arvenses en las calles se hizo mediante la utilización

de una guadaña de espalda marca Efco®, los frutos se voltearon para evitar la mancha amarilla (efecto causado por el contacto directo del fruto sobre el suelo o cobertura) y garantizar una uniformidad en la cáscara para obtener una mejor calidad del fruto. La recolección se hizo de acuerdo a los índices de cosecha para el cultivo de sandía.

Plan de fertilización. Siguiendo la recomendación de semillas Arroyave para este híbrido, los requerimientos nutricionales exigen 200 Kg de N, 150 Kg de P, 400 Kg de K, 50 Kg de Ca, 30 Kg de Mg, utilizando fuentes como CaNO₃, H₃PO₄, K₂SO₄, Urea, DAP, KCL, Nutrifect standart®, Klip® K Ca B, Vicor® 2, Cosmocol® 20-30-10; las dosis se calcularon según el análisis de suelo. Se realizaron tres fertilizaciones en mezcla con agua y dirigida al suelo con una bomba de espalda de 20 L marca Royal Condor®; el riego se realizó según el consumo de agua que varía desde 0,56 L/m²/día (trasplante) a 6 L/m²/día (llenado de frutos), con cintas de riego de descarga alta Línea P1 calibre 18MIL- 1LPH con goteros cada 15 cm unidos por silletas calibre 12 mm a una manguera de presión alta de 1 ½ pulgada (3,81 cm) de polietileno, unida a un sistema de alimentación de agua de pozo con una motobomba de 0,75Hp marca Siemens®.

Etapas fisiológicas. Se tomó como referencia el cronograma del cultivo descrito por Espinel (2000) (Tabla 2).

Tabla 2. Etapas fisiológicas del cultivo de la sandía.

SEMANAS/ETAPAS FENOLÓGICAS															
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Fenología**	G*	Crecimiento vegetativo		Floración			Fructificación			Maduración		Recolección			
Etapas a evaluar	Botón floral		floración plena			Inicio llenado de fruto			Llenado pleno		Cosecha				

* G= germinación; E= emergencia

** Las etapas fisiológicas se evaluaron cuando al menos cada etapa presentó el 50% de desarrollo del cultivo (Pava, 1989).

Rendimiento y calidad. Los frutos se pesaron con una balanza gramera digital EK-5055 marca Kenwell; la calidad de los frutos se evaluó según los requisitos básicos que debe tener la sandía en las normas de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, s.f.), descritos en la cadena agroalimentaria de la sandía por Canales *et al.* (2003) (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores para la evaluación de calidad.

Indicador	valor
Porcentaje de sólidos solubles °Brix	8-10 poca calidad 10-12 alta calidad
Dureza de cáscara	10 Kg/cm ² blanda 15 Kg/cm ² fina
Espesor de la corteza	8 mm delgada 14 mm óptima 18 mm gruesa
Vida de anaquel	20 días adecuada 30 días longeva

Diseño experimental. El experimento se realizó bajo un arreglo en parcelas divididas con una distribución en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones para un arreglo factorial de 4x4. Los análisis de varianza (ANAVA) se realizaron en el programa estadístico SAS con la prueba de Tukey HSD con el 95% de confiabilidad. Para el análisis destructivo en laboratorio se tomó una muestra del 5% en el lote en cada tratamiento. El diseño del mapa se muestra en la Figura 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de salud del suelo

El uso de las coberturas tuvieron un efecto directo sobre la conservación de la densidad aparente (Da) del suelo con el mejor resultado en la cobertura con plástico B/N (T1) 0,75 g/cm³ y cobertura con plástico N/N (T2) 0,89 g/cm³ comparado con la muestra tomada en SSI de 1,36 g/cm³. La porosidad total (E) cambió hallándose en el suelo sin intervenir (SSI), 48,45 % y en el tratamiento cobertura con plástico B/N (T1) 71,46 % siendo el valor más alto. En la conductividad hidráulica (K) la cobertura con plástico N/N (T2) presentó el valor más alto con 15,9 cm/hora comparado con el SSI cuyo promedio fue de 1,49 cm/h.

La infiltración acumulada (I) fue determinada comparando el SSI, con cada uno de los tratamientos e igualmente con los tres anillos (según la metodología de los anillos simples); se observó una gran diferencia en la infiltración acumulada del suelo antes del establecimiento del cultivo y tres meses después, debido a la implementación de la labranza mínima realizada en la preparación del suelo, en el anillo pequeño (12 cm), el resultado muestra que el SSI infiltró 1,80 L y una columna de agua de 4 cm, mostrando una gran diferencia comparado con el tratamiento de cobertura con plástico B/N (T1) que infiltró 45,23 L y una columna de agua de 100 cm (Tabla 4).

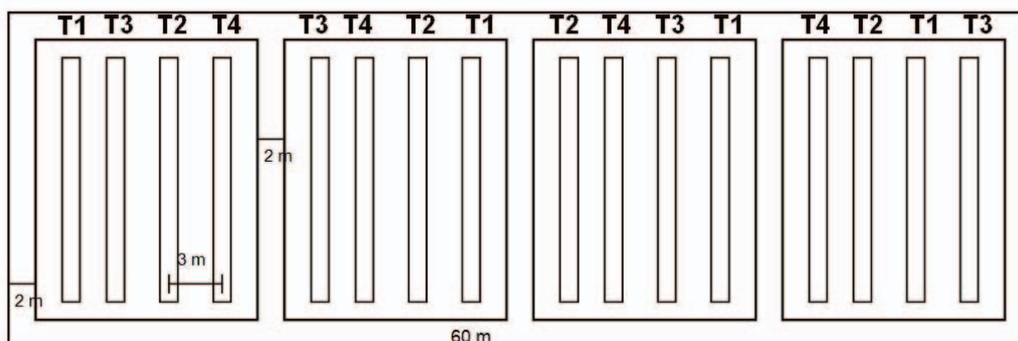


Figura 1. Diseño del lote y distribución de los tratamientos en el campo.

Área del lote: 1320 m²

Plantas por tratamiento: 20

T1 Cobertura con plástico blanco/negro (B/N)

T2 Cobertura con plástico negro/negro (N/N)

T3 Testigo

T4 Cobertura Vegetal

En las pruebas de infiltración en el anillo mediano (28 cm), el resultado muestra que el SSI infiltró 10,59 litros y una columna de agua de 4,3 cm, mostrando una gran diferencia comparada con el tratamiento testigo (T3) que infiltró el valor mayor con 194,57 litros y una columna de agua de 79 cm (Tabla 4).

Para las pruebas de infiltración en el anillo grande (52,3 cm), el resultado muestra que el SSI infiltró 20,62 L y una columna de agua de 2,4 cm mostrando un valor mínimo comparado con la cobertura vegetal (T4) que infiltró 498,40 L y una columna de agua de 58 cm. (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado de la infiltración de la columna de agua expresando el volumen en litros por cada medición.

Medición	Pequeño	Mediano	Grande
SSI*	1,80**	10,59	20,62
T1***	45,23	192,11	421,06
T2	39,35	187,18	223,42
T3	34,38	194,57	343,72
T4	43,81	152,70	498,40

* Suelo Sin Intervenir.

** Valor expresado en litros

*** T1= Cobertura con plástico B/N, T2= Cobertura con plástico N/N, T3= Testigo, T4= Cobertura vegetal.

Los valores de la resistencia a la penetración (RP) mostraron que el uso de coberturas afecta positivamente la compactación del suelo, encontrando el primer punto de medición a los 10 cm (0,66 MPa) en el testigo (T3) mientras que en la cobertura vegetal

(T4) fue 16,5 cm (0,62 MPa) y en los tratamientos con cobertura de plástico penetró alrededor de 20 cm (0,50 MPa) comparado con la medida del SSI que sólo penetró 4,1 cm (0,68 MPa) (Tablas 5, 6).

Tabla 5. Calificación e interpretación de los valores de Resistencia a la Penetración (RP) para la construcción del Índice de Sostenibilidad del Uso de la Tierra (ISUT) a los primeros 20 cm de profundidad.

Calificación		Interpretación a los 20 cm de profundidad			
RP	Valor	Medición	RP	Limitación	Valor
<1	5	SSI	0,68	NINGUNA	5
1-1,5	4	T1	0,50	NINGUNA	5
1,5-2	3	T2	0,65	NINGUNA	5
2-2,5	2	T3	0,66	NINGUNA	5
>2,5	1	T4	0,62	NINGUNA	5

Tabla 6. Calificación e interpretación de los valores de resistencia a la penetración (RP) para la construcción del Índice de Sostenibilidad del Uso de la Tierra (ISUT) entre los 20 cm y los 50 cm de profundidad.

Calificación		Interpretación a los 50 cm de profundidad			
RP	Valor	Medición	RP	Limitación	Valor
<1	5	SSI	1,10	LEVE	4
1-1,5	4	T1	0,99	NINGUNA	5
1,5-2	3	T2	0,91	NINGUNA	5
2-2,5	2	T3	0,90	NINGUNA	5
>2,5	1	T4	0,91	NINGUNA	5

Los valores de humedad del suelo (W) fueron mayores en las coberturas con plástico N/N (T2) 58,13 % y B/N (T1) 56,75 %, mostrando la ventaja adicional de este tipo de coberturas para evitar la

pérdida de agua por evaporación, comparados con el testigo (T3) y la cobertura vegetal (T4) con valores similares de 45% aproximadamente mientras en el SSI fue de 39,44 % (Tabla 7).

Tabla 7. Calificación e interpretación de la humedad del suelo (W) del suelo por cada medición para la construcción del Índice de Sostenibilidad del Uso de la Tierra (ISUT).

Calificación		Interpretación			
W	Valor	Medición	W	Limitación	Valor
100	5	SSI	39,44	SEVERA	2
75-100	4	T1	56,75	MODERADA	3
50-75	3	T2	58,13	MODERADA	3
25-50	2	T3	44,89	SEVERA	2
0-25	1	T4	45,56	SEVERA	2

En la Tabla 8 se exponen los niveles críticos cuantitativos y cualitativos de pH, en el SSI se encontró una limitación moderada al igual que en la cobertura con plástico N/N (T2), diferente de los

tratamientos testigo (T3) y cobertura vegetal (T4) sin ninguna limitación, en el tratamiento cobertura con plástico B/N (T1) la limitación cambió a leve.

Tabla 8. Calificación e interpretación de los valores de pH en cada medición.

Calificación			Interpretación		
pH	Valor	Medición	pH	Limitación	Valor
5,5-7	5	SSI	5,1	MODERADA	3
5,3-5,5	4	T1	5,34	LEVE	4
5-5,3	3	T2	5,14	MODERADA	3
4,5-5	2	T3	5,63	NINGUNA	5
<4,5 - >7	1	T4	5,6	NINGUNA	5

La incorporación del material vegetal mejoró el porcentaje de materia orgánica (MO) en el suelo, ya que en el suelo sin intervenir, SSI, fue de 5,97%, comparado con los tratamientos donde la cobertura

vegetal (T4) presentó el valor más alto con 9,88% mientras que, en el testigo sin cobertura (T3) fue de 7,4% y en los tratamientos con cobertura con plástico (T1 y T2) estuvo alrededor de 9,3% (figura 2).

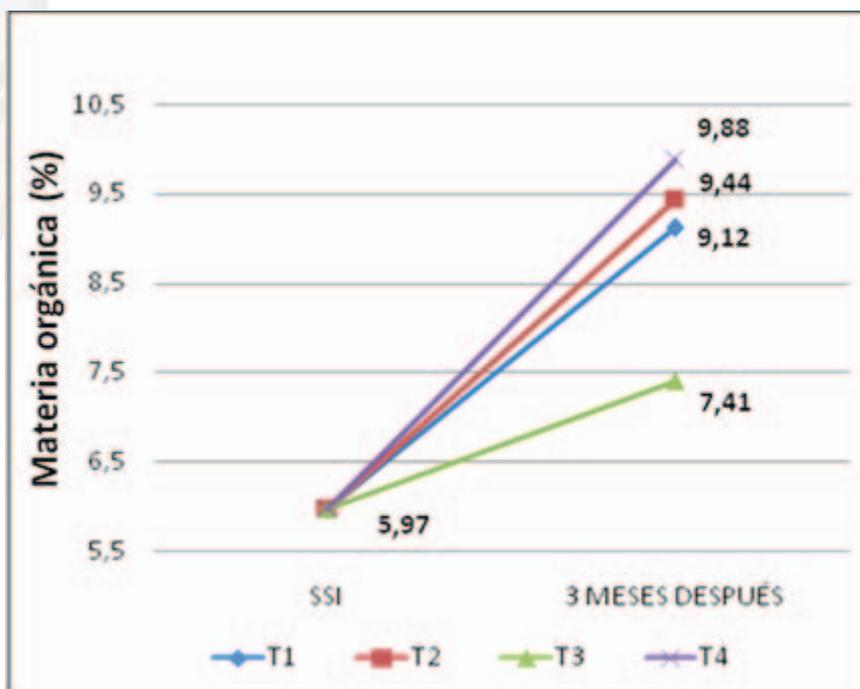


Figura 2. Diferencias del porcentaje de MO entre un SSI y los tratamientos

Resultados muy similares se encontraron en el porcentaje de nitrógeno (N): la muestra del SSI presentó un valor de 0,26 %, notándose un aumento en los tratamientos que a su vez fueron diferentes entre sí, la cobertura vegetal (T4) presentó el mayor valor con 0,4 % comparado con el testigo (T3)

que presentó el menor valor con un 0,32 % como lo muestra la Figura 3. Tales resultados son muy similares a los porcentajes de MO porque existe una relación directa en los valores, como consecuencia del método de determinación del porcentaje de N en laboratorio como lo explica la fórmula en la Tabla 1.

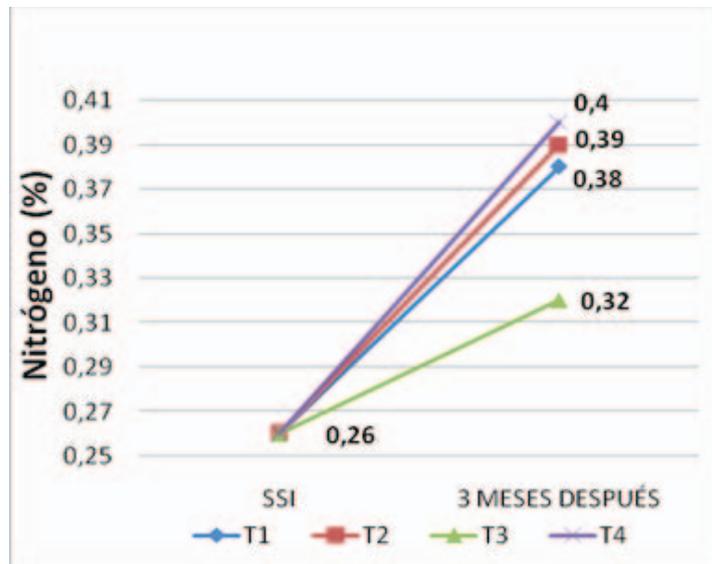


Figura 3. Diferencias del porcentaje de N entre un SSI y los tratamientos.

En las pruebas biológicas, según la teoría explicada para las pruebas de la fertilidad y biología de suelos tropicales (TSBF) (referida en la Tabla 1), se identificó

y agrupó por Phylum Annelida y Arthropoda, en este último se agruparon por clase Myriapoda, Arachnidae e Insecta, como lo muestra la Tabla 9.

Tabla 9. Agrupación de la fauna encontrada y la cantidad de individuos por medición.

Medición / Invertebrados	SSI*	T1**	T2	T3	T4
ANÉLIDOS					
Oligoquetos (lombrices)	3	1	4	9	12
ARTRÓPODOS					
Miriápodos (Diplópodos y Quilópodos)	0	4	6	2	6
Arácnidos	0	1	0	0	0
Insectos	25	2	1	0	23
Lepidóptera, Coleóptera, Himenóptera, Isóptera					

*SSI= Suelos Sin Intervenir, **T1= Cobertura con plástico B/N; T2= Cobertura con plástico N/N, T3= Testigo, T4= Cobertura vegetal.

Después de la caracterización de los indicadores químicos, físicos y biológicos; logrando determinar a cada uno su apreciación cualitativa en cuanto al grado de limitación, se asignaron los valores de los niveles críticos de los indicadores, es decir, su apreciación

cuantitativa, tal como se indica en el modelo del Índice de Sostenibilidad del Uso de la Tierra (ISUT) (Tabla 10); es importante resaltar que para el ISUT el máximo valor acumulado basado en los diez indicadores es 50 puntos.

Tabla 10. Índice acumulado del ISUT con cada uno de los valores cuantitativos de cada una de las propiedades químicas, físicas y biológicas evaluadas.

Medición	Da ¹	E ²	K ³	RP ⁴	I ⁵	W ⁶	pH	N (%)	MO (%)	TSBF ⁷	ISUT ⁸ (Índice acumulado)
SSI	3	4	2	5	3	2	2	3	3	3	30
T1	5	5	3	5	5	3	3	5	5	3	42
T2	5	5	5	5	5	3	3	5	5	3	44
T3	5	5	3	5	5	2	3	5	5	2	40
T4	5	5	3	5	5	2	3	5	5	5	43

1Da= Densidad aparente, 2E= Porosidad total, 3K= Conductividad hidráulica, 4RP= Resistencia a la penetración, 5I= Infiltración, 6W= Humedad del suelo, 7TSBF= Fertilidad y biología de suelos tropicales, 8ISUT= Índice de sostenibilidad del uso de la tierra.

Posteriormente se establecen las relaciones entre el índice acumulado y la asignación del grado de sostenibilidad de los tratamientos, según el modelo

del Índice de Sostenibilidad del Uso de la Tierra (ISUT) (Tabla 11).

Tabla 11. Grado de sostenibilidad de los tratamientos.

Tratamiento	ISUT*	Grado de sostenibilidad
Suelo sin intervenir, SSI	30	Sostenible con aplicación de insumos
T1: Cobertura con plástico blanco/negro	42	Altamente sostenible
T2: Cobertura con plástico negro/negro	44	Altamente sostenible
T3: Testigo sin cobertura	40	Sostenible
T4: Cobertura vegetal	43	Altamente sostenible

* Índice de Sostenibilidad del Uso de la Tierra.

Los resultados muestran que la sumatoria de los indicadores evaluados en el SSI, tiene un grado de sostenibilidad interpretado como sostenible con aplicación de insumos con un valor de 30, éste indica una referencia de las condiciones iniciales encontradas antes de hacer cualquier intervención al suelo, hallando una diferencia con los valores acumulados de los tratamientos debido a que la labranza mínima realizada al suelo mejora las

propiedades físicas como biológicas, y, la aplicación de fertilizantes junto con la corrección de la acidez del suelo en las propiedades químicas.

Según lo mencionado, hubo un notorio aumento en el índice acumulado del ISUT, sin embargo existen diferencias entre los tratamientos, ya que el testigo (T3) el cual no contaba con ningún tipo de protección al suelo, tuvo un grado de sostenibilidad interpretado

como sostenible con un valor de 40, este sistema de cultivos evidencia ligeramente la pérdida de las propiedades del suelo siendo un sistema deficiente en el uso y manejo de la conservación, afectando principalmente la densidad aparente, además de la disponibilidad de agua en el suelo perdida por la evaporación, tales fenómenos destacan la importancia del uso de coberturas, ya que en dichos tratamientos, el grado de sostenibilidad fue interpretado como altamente sostenible, logrando el índice más alto en la cobertura con plástico N/N (T2) donde su valor fue de 44 seguido de la cobertura vegetal (T4) con un valor de 43, siendo mejor que la cobertura con plástico B/N (T1) con un valor de 42, por la alta

actividad biológica encontrada que influyó también en las propiedades químicas.

ETAPAS FISIOLÓGICAS

El análisis de varianza indicó diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0,05$) mostrando un efecto significativo el uso de las coberturas en el desarrollo fisiológico del cultivo (Figura 4). El tratamiento que mostró mayor precocidad del material de siembra fue la cobertura con la combinación de plástico N/N (T2), con diferencias estadísticamente significativas ($R^2 = 0,98$) con los demás tratamientos, produciendo una cosecha adelantada hasta de 30 días (Tabla 12).

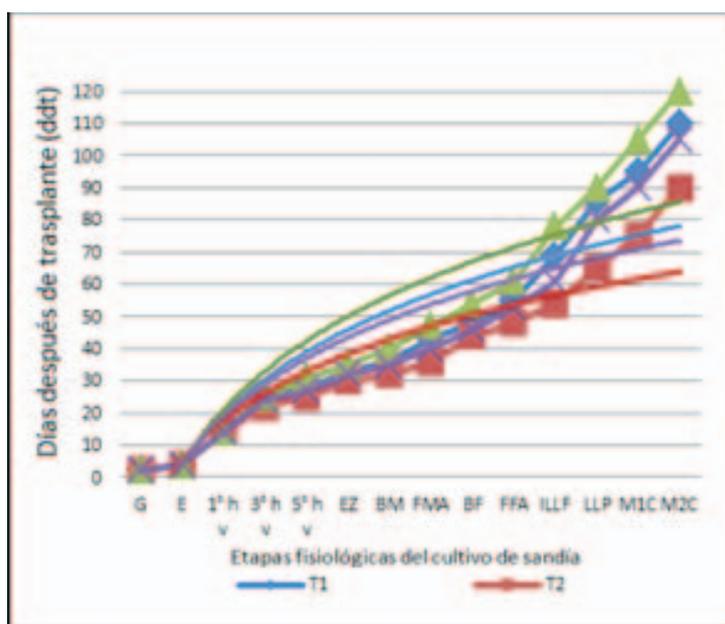


Figura 4. Etapas fisiológicas de la sandía, híbrido Santa Amélia, de acuerdo al tratamiento.

Tabla 12. Diferencias de medias de las etapas fisiológicas de la sandía, híbrido Santa Amelia, de acuerdo al tratamiento.

Tratamiento	Etapas fisiológicas				
	Botón floral	Floración plena	Inicio llenado fruto	Llenado pleno	Días a cosecha
(T1) Cobertura de plástico B/N	36 B A	55 B	69 B	86 A	95 B *
(T2) Cobertura de plástico N/N	32 B	48 C	54 D	65 C	75 D
(T3) Testigo sin cobertura	40 A	61 A	78 A	90 A	105 A
(T4) Cobertura vegetal	35 B	53 B	61 C	80 B	90 C
DMS (10%)	4,32	3,92	4,65	4,44	4,35

* Promedios en cada columna seguidos de letras distintas denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey.

RENDIMIENTO Y CALIDAD

Según el análisis de varianza para los indicadores de calidad de la fruta como °Brix, dureza de cáscara, grosor cáscara y vida de anaquel, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre

los tratamientos y se observó que los valores del coeficiente de determinación (R^2) fueron bajos y el coeficiente de variación muy alto (Tabla 13), sin embargo, los valores reales obtenidos en el laboratorio mostraron diferencias entre los tratamientos.

Tabla 13. Diferencias de medias del rendimiento y calidad de los frutos de sandía, híbrido Santa Amelia, de acuerdo a los tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento y calidad				
	Rendimiento (Kg/ha)	°Brix	Dureza de la cáscara	Grosor de la cáscara	Vida en anaquel
(T1) Cobertura con plástico B/N	67.982 B A *	10 A	14,92 A	16,18 A	33,25 A
(T2) Cobertura con plástico N/N	82.434 A	11 A	18,10 A	14,47 A	33,25 A
(T3) Testigo sin cobertura	39.336 B	9.8 A	16,0 A	18,38 A	33,25 A
(T4) Cobertura vegetal	46.812 B	10.5A	17,5 A	16,36 A	33,25 A
DMS (10%)	29.095	2,37	6,18	4,19	2,26

* Promedios en cada columna seguidos de letras distintas denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey.

Los frutos analizados mostraron una maduración uniforme, un color de pulpa rojo más intenso y una vida de anaquel óptima, con calidad tipo exportación; el índice de cosecha en la granja Montelindo fue logrado por el cambio de coloración en la cáscara que pasó de un verde intenso a un amarillo pálido y al cortar los frutos por la mitad se resquebrajaron fácilmente. Según el análisis de varianza, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($R^2 = 0,78$), la cobertura con la combinación de plástico N/N (T2), logró el mejor rendimiento con 82.434 Kg/ha, con un aumento de la producción del 106 %; el tratamiento con la combinación de plástico B/N (T1) tuvo un rendimiento 67.982 kg/ha con un aumento del 69,9 %; con la cobertura vegetal (T4) se obtuvo un rendimiento de 46.812 kg/ha con un aumento del 17 %; mientras que el testigo sin cobertura (T3) tuvo un rendimiento de 39.336 Kg/ha, viéndose afectado en -1,6 %, resultados similares a los obtenidos por Grassi y Videla citados por Mendoza *et al.* (2000).

La cobertura con la combinación de plástico N/N (T2) garantiza las condiciones más adecuadas para la producción de sandía en la granja Montelindo, mostrando un índice acumulado ISUT de 44, interpretado como altamente sostenible. Este valor se logró porque conservó mejor las propiedades físicas del suelo, factor determinante para la disponibilidad de agua, esencial en el sistema radical de las plantas, ya que, en etapas críticas como el inicio de llenado de fruto y el llenado pleno, son altamente demandantes.

CONCLUSIONES

- La cobertura con plástico N/N, ofrece las mejores condiciones para la producción de sandía en cuanto a rendimiento, ya que se puede alcanzar un aumento hasta de un 106 % comparado con los rendimientos estimados en la ficha técnica del híbrido Santa Amelia.
- Se encontró una precocidad del material hasta de 30 días después de trasplante a causa del uso de coberturas sobre el suelo.
- La alta sostenibilidad mediante la determinación ISUT, es lograda con el uso de coberturas debido al adecuado uso y conservación del recurso suelo, obteniendo el valor acumulado más alto con la implementación de la cobertura en plástico N/N.
- En la medición de los indicadores ISUT, las propiedades más afectadas fueron conductividad hidráulica (K) y humedad del suelo (W), valores que infirieron en el resultado del índice acumulado.
- La metodología empleada para calcular la conductividad hidráulica (K) no es la más apropiada, ya que se encontró una amplia variabilidad entre los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos, valores incoherentes porque se encontró una similitud en los demás indicadores físicos calculados.
- El uso de coberturas vegetales aumentó significativamente la actividad biológica y el contenido de materia orgánica en el suelo, resaltando las ventajas que posee tal sistema sobre los otros tratamientos; además, sigue siendo bajo el costo de implementación.
- Los cambios positivos en la valoración acumulada en el ISUT, se deben en gran medida por la implementación del sistema de labranza mínima bajo el esquema de la conservación del recurso suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRONET. 2006. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Evaluaciones Agropecuarias. Corporación Colombiana Internacional. En: <http://www.agronet.gov.co/>

Bravo, C. Z., Lozano, R., Hernández-Piñango, L. & Moreno, B. 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro*. 16(3):163-172.

Delgado, F. 2001. Un protocolo para la selección de alternativas de conversación de suelos en áreas montañosas tropicales. Mérida-Venezuela. p. 28

Espinel, R. 2000. Estudio potencial agroindustrial y exportador de la península de Santa Elena y de los recursos necesarios para su implantación. En: http://www.sica.gov.ec/agronegocios/est_peni/index.html.

FAO. 2005. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Sandía. En: <http://faostat.fao.org>

Lal, R. 1994. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. Columbus: The Ohio State University. Monograph. Número. 21. p. 73

Matta, M., A. & Ramírez, F. M. 2006. Indicadores de sostenibilidad del uso de la tierra, índices de riesgo y variabilidad espacial en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa*) en suelos de la zona hortícola del municipio de Villamaría, Caldas. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Manizales: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Mendoza, S. F. M., Vargas, A. J. A. & Moreno, D. L. 2000. Producción de melón (*Cucumis melo* L.) mediante acolchado plástico y riego por cintilla. *Revista Chapingo Serie Zona Áridas*. Volumen 1. Número 2. p. 65

Pava, M. J.C. 1989. Ensayo de adaptación de cinco materiales de Sandía (*Citrullus vulgaris* L.) en la vereda La Cabaña, Manizales. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo. Manizales: Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía.

Ríos, J. 2008. Apuntes para un curso de mecanización agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Documento sin publicar.

Semillas Arroyave. 2008. Ficha técnica para Sandía híbrida Santa Amelia. En: <http://www.semillasarroyave.com/uploads/ficha%20sta%20amelia.pdf>

USDA. s.f. United States Department of Agriculture. Consultado en noviembre de 2008. www.usda.gov/nass/.

MANEJO GÉNÉTICO DE LA MARCHITEZ MANCHADA DEL TOMATE OCASIONADA POR *Tomato spotted wilt tospovirus*, TSWV: UNA REVISIÓN

*Nathali López-Cardona**, *Jairo Castaño-Zapata***, *Bernardo Villegas-Estrada****

* Candidata a Magister en Fitopatología. Programa de Maestría en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. nathali.lopez.cardona@gmail.com

** Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. jairo.castano_z@ucaldas.edu.co

*** Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. bernardo.villegas@ucaldas.edu.co

Recibido: 15 de septiembre; aprobado: 25 de noviembre de 2011

RESUMEN

La Marchitez moteada del tomate (TSW) es una de las enfermedades más destructivas de éste en el mundo. La limitada eficacia de los métodos de manejo físico, químico, biológico y la alta frecuencia de trips asociados con la transmisión del virus, han motivado el desarrollo de investigación en el campo del mejoramiento genético de dicha enfermedad. Esta revisión pretende esclarecer el estado actual del manejo genético del TSWV, con énfasis en las fuentes de resistencia natural, algunos adelantos en protección cruzada y perspectivas de las plantas transgénicas que expresan genes para anticuerpos, proteínas o péptidos, además del silenciamiento de genes.

Palabras clave: resistencia natural, resistencia derivada del patógeno, protección cruzada.

ABSTRACT

GENETIC MANAGEMENT OF TOMATO SPOTTED WILT CAUSED BY *Tomato spotted wilt tospovirus*, TSWV: A REVIEW

Tomato spotted wilting (TSW), is one of the most destructive diseases of tomato crops worldwide. The limited effectiveness of the physical, chemical and biological management methods and the high frequency of trips associated with the transmission of the virus, have motivated the development of research on genetic management of such disease. This review aims to clarify the current status of genetic management of TSWV, with emphasis on the sources of natural resistance, some progress on cross protection and perspectives about transgenic plants expressing genes for antibodies, proteins or peptides, besides gene silencing.

Key words: natural resistance, pathogen derived resistance, cross-protection.

INTRODUCCIÓN

Con una producción mundial de 130 millones de toneladas y un valor de más de 30 mil millones de dólares, que constituyen el 72% del valor total de las hortalizas producidas en todo el mundo, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos más importantes del mundo (FAO, 2007).

El número de especies virales descritas que infectan los cultivos de tomate asciende a 136 (Brunt *et al.*, 1996). El virus de la Marchitez moteada del tomate (TSWV) es uno de los principales limitantes de la producción de este cultivo y puede generar el 25% de pérdidas en el rendimiento, por un valor de \$44 millones de dólares (Mizelle, 1998). Además las pérdidas en pimentón, maní y tabaco son estimadas en \$100 millones de dólares (Williams-Woodward, 1999).

En Colombia el TSWV fue reportado por primera vez en 1989 (Angarita, 1993) en cultivos de ornamentales, principalmente crisantemo, en la sabana de Bogotá, luego fue reportado en cultivos de tabaco de San Gil-Santander (Rodríguez, 2005), al igual que en Antioquia, en cultivos de tomate (Tamayo *et al.*, 2005) y posteriormente en ornamentales de exportación como crisantemo, aster y callas entre otros, ocasionando pérdidas entre 10 y 35% (Gaviria *et al.*, 2007). En 2009 el TSWV fue reportado en cultivos de tomate en Fómeque, Fusagasugá y Villa de Leyva ocasionando pérdidas hasta del 40% (Rodríguez *et al.*, 2009).

El riesgo de contaminación del medio ambiente, la salud humana y animal mediante el control químico de enfermedades en plantas, generó un nuevo enfoque para el manejo de fitopatógenos mediante el uso de la resistencia genética, cuya importancia fue reconocida a principios de 1900 (Agrios, 2005). Desde entonces, los avances en la ciencia de la genética, han permitido que el manejo de enfermedades en plantas sea más estable y económico a largo plazo.

La necesidad de la resistencia genética al TSWV

El TSWV fue descubierto en el sur de Australia en 1915; actualmente se encuentra presente en todo el mundo. Las pérdidas en el rendimiento del tomate pueden ser del 75 a 100%, pero sí la infección se inicia entre los 10 o 30 días después del trasplante, la pérdida de rendimiento será del 100% (Rao *et al.*, 1980; Kumar & Irulappan, 1991; Rosello *et al.*, 1996).

Las pérdidas económicas causadas por el virus, el gran número de hospedantes que afecta, y su amplia distribución en todo el mundo, han hecho del TSWV uno de los diez virus más importantes de plantas en el mundo (Saidi & Warade, 2008).

Una vez que los síntomas comienzan a presentarse, con frecuencia es demasiado tarde para evitar una epidemia, en general, el uso de insecticidas para el control de *trips* ha sido ineficaz para el manejo del virus (Saidi & Warade, 2008). Además, la resistencia del vector a insecticidas, evita que el control químico sea eficiente. Por ejemplo, la resistencia a algunos piretroides, carbamatos, organofosforados y abamectinas se han documentado en algunas poblaciones de *trips* en el campo. Esto indica lo difícil que es controlar a los vectores del virus que sólo tienen que alimentarse durante 5 min para transmitirlo (Dively, 2002).

Quizá la razón más importante para el desarrollo de plantas resistentes al TSWV, radica en la superpoblación mundial. Para el 2050, la población humana está estimada en sobrepasar los 9 billones de personas (U.S. Census Bureau, s.f.); por ello la búsqueda de alternativas que contribuyan a la reducción de las pérdidas de alimento, son el objetivo de estudio de la comunidad científica actual. La resistencia genética al TSWV es sin duda, un gran aporte para asegurar la continuidad de una población que ha alcanzado los 7 billones, y que necesita cada vez más alimento y mejores condiciones ambientales.

Además, existe una limitada eficacia de los métodos de manejo físico, químico y biológico del virus; y las epidemias de la enfermedad dependen de la migración de trips a áreas productivas de tomate (Smith & Gardner, 1951), por esta razón, el uso de la resistencia genética para su manejo es la mejor estrategia de gestión a mediano y largo plazo (Paterson *et al.*, 1989).

Dada la relativa facilidad con que los nuevos aislamientos del TSWV superan la resistencia genética, es de vital importancia continuar la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia, así como promover una mejor explotación de los recursos genéticos disponibles. Una mejor comprensión de los mecanismos que causan la resistencia y su manejo genético, asimismo la identificación de marcadores moleculares ligados a los genes que la controlan, permitirían la generación de una pirámide de genes con diferentes grados de resistencia, lo cual sería una contribución positiva al desarrollo de una resistencia mayor y más duradera (Soler *et al.*, 2003).

Agente causante, morfología y hospedantes

La Marchitez manchada es causada por *Tomato spotted wilt tospovirus* (TSWV), especie tipo de la familia Bunyaviridae. (Pappu, s.f.). Los viriones son esféricos de 70 a 110 nm de diámetro los cuales contienen al menos cuatro diferentes proteínas: una proteína nucleocápside interna (N); dos glicoproteínas asociadas a la membrana (G1 y G2); y una gran proteína replicasa (L). (EPPO, 2012). El genoma consta de dos cadenas sencillas de ARN ambisentido (S y M, pequeña y media, respectivamente) y una tercera cadena sencilla de ARN sentido negativo (L, larga) (Davies, 1985; Moriones & Luis-Arteaga, 2002).

El TSWV tiene un amplio rango de hospedantes, que incluye más de 800 especies distribuidas en 80 familias botánicas, tanto dicotiledóneas como monocotiledóneas, e igualmente, es transmitido por diversas especies de trips (Hull, 2009). El virus es transmitido mecánicamente, no es transmitido por semilla. En la naturaleza, es transmitido por aproximadamente 10 especies de trips en forma circulativa y propagativa; éstos incluyen

principalmente las especies *Frankliniella occidentalis* Pergande, *F. schultzei* Trybom, *F. intonsa* Trybom, *F. bispinosa* (Morgan) F. Kelliae Sakimura, *F. fusca* Hinds, y *Thrips tabaci* Lindeman (Pappu, s.f.).

Un progreso considerable, se ha logrado en la comprensión de las interacciones trips-TSWV, especialmente en el caso de la asociación TSWV- *F. occidentalis*. Para que los trips adultos sean vectores virulíferos, tienen que adquirir los viriones del TSWV en su estado larval al alimentarse de una planta infectada. Las larvas de primer instar son más eficientes, aunque también las del segundo son capaces de adquirir los viriones. Éstos inician la replicación dentro de la larva, son retenidos durante las mudas y finalmente cuando el adulto emerge, éste permanece con la capacidad de transmitirlos hasta su muerte (Culbreath *et al.*, 2003).

Síntomas de la enfermedad

Éstos varían entre y dentro de las especies de plantas hospedantes e incluyen enanismo, clorosis y moteado que puede ser severo en hojas, tallos y frutos. En tomate, los primeros síntomas suelen ser manchas pequeñas de color naranja en la zona media de las hojas inferiores o en el cáliz. Las hojas maduras se tornan de color marrón y mueren. La infección tardía presenta síntomas de manchas circulares con anillos característicos en los frutos que reducen su valor comercial (Vanitha & Suresh, 2002).

La planta se torna enana, con hojas dobladas, simulando un marchitamiento. Un bronceado marcado del follaje es típico en Australia y en el oeste de los Estados Unidos. En Colombia de acuerdo con lo reportado por Morales *et al.* (2009) los síntomas típicos en tomate que se han presentado son manchas anilladas cloróticas o necróticas en las hojas (Figura 1a) y marchitamientos (Figura 1b). En frutos, se desarrollan manchas amarillentas de hasta 10 mm de diámetro, por lo general con distintas zonas concéntricas de tonos amarillo a marrón, alternando con verde y rosado/rojo. Tales manchas son el síntoma más llamativo de la enfermedad (Sherf & MacNab, 1986)

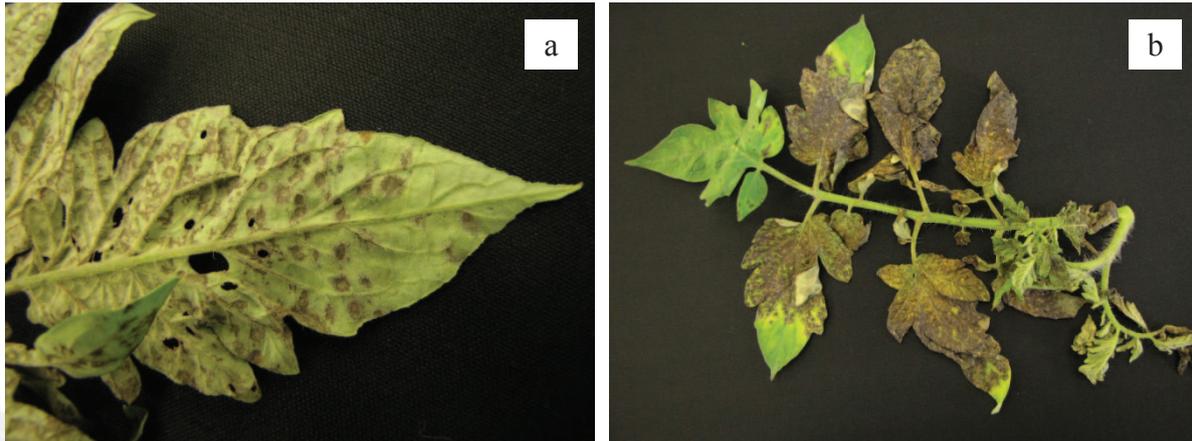


Figura 1. Síntomas de TSWV en hojas de tomate var. Astoria. **a.** Manchas anilladas necróticas. **b.** Marchitamiento. (Fuente: unidad de virología del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT)

Métodos de inoculación para evaluar germoplasma

Germoplasma de *Solanum* L. (antes, *Lycopersicon*) ha sido evaluado mediante inoculación mecánica y por trips con el fin de identificar fuentes de resistencia contra el TSWV. Está demostrado, que las pruebas de inoculación mecánica son útiles para identificar resistencia directa al TSWV, así como la replicación del virus y su traslocación. En contraste, la inoculación con trips es más efectiva para identificar componentes asociados al insecto, tales como antibiosis, no preferencia o cambios en el comportamiento de alimentación. Ambos métodos pueden mostrar resultados diferentes entre el germoplasma evaluado (Kumar *et al.*, 1993).

Un método rápido y eficiente para la inoculación del TSWV, fue desarrollado recientemente por Mandal *et al.* (2008), a través de la inoculación del virus con una pistola atomizadora, buffer fosfato y celita o carborundum. La inoculación del virus a una dosis de 1,1 mL/planta con una presión de 0,41 MPa, resultó en infecciones sistémicas del 100% en plantas de tabaco y del 72,2-91,6% en plantas de tomate.

Estrategias para la obtención de plantas resistentes al TSWV

Actualmente, es posible introducir casi cualquier gen foráneo en una planta y obtener la expresión del mismo. En principio, es posible realizar la transferencia de genes de resistencia o inmunidad a una planta para conferir resistencia a un virus en particular; de esta manera, los genes pueden ser diseñados para interferir con el ciclo de infección del virus en la planta.

Esencialmente existen tres fuentes de obtención de genes para proteger las plantas contra los virus (Hull, 2009):

1. Genes de resistencia natural

Con el fin de seleccionar la presencia de genes de resistencia a un virus en un programa de mejoramiento genético, es necesario evaluar la resistencia natural de las plantas silvestres (Solomon-Blackburn & Barker, 2001).

Hace 64 años, Holmes (1948) y posteriormente Finlay (1953), encontraron genes de resistencia a varias cepas de TSWV en diferentes cultivares de *Lycopersicon esculentum* Mill. La especie *L. pimpinellifolium* (L.) Mill resistente al TSWV en Hawai fue utilizada para desarrollar la variedad Pearl Harbor (Kikuta & Frazier, 1946). *L. glandulosum* en Polonia (Czuber & Miczynski, 1981) y algunas accesiones de *L. peruvianum* (L.) Mill fueron reportadas resistentes a TSWV en Australia (Hutton & Peak, 1953). Estudios más recientes realizados por Stevens *et al.* (1994), Cho *et al.* (1998) y Rosello *et al.* (1998), permitieron confirmar los atributos de alta resistencia de *L. peruvianum* al TSWV y reportar a *L. chilense* N.V. como especie nueva con atributos de alta resistencia.

Especies silvestres de Suramérica han sido las fuentes más importantes de resistencia al TSWV (Tabla 1). Tal resistencia es heredable y puede ser transferida de especies silvestres a cultivares de tomate, sin embargo, la incompatibilidad interespecífica es el principal obstáculo, el cual puede ser superado polinizando tomates cultivados con mezcla de polen de plantas silvestres (Picó *et al.*, 2002).

La fuente de resistencia más usada en los programas de mejoramiento genético moderno es el gen Sw-5 derivado de *S. peruvianum* (cultivar Stevens), el cual expresa una respuesta de hipersensibilidad a la infección (Rosello *et al.*, 1998; Stevens *et al.*, 1992). No obstante, existe un peligro inminente, debido a que se han reportado en diferentes partes del mundo cinco razas del TSWV, que han sobrepasado la resistencia conferida por este gen, ellas son: TSWV-6 en Hawai (Cho *et al.*, 1996); JF en Sur África (Thompson & Van Zijl, 1996); ToTAS-1d y DaWA-1d en Australia (Latham & Jones, 1998); GRAU en Australia (Aramburu & Martí, 2003); y T992 en Italia (Ciuffo *et al.*, 2005).

2. Resistencia derivada del patógeno

Las ideas que condujeron al concepto de resistencia derivada del patógeno para virus de plantas, se postularon por primera vez en 1980 por Hamilton. El concepto sugiere que la resistencia a un patógeno puede ser obtenida mediante la introducción de un gen del patógeno en el genoma de su hospedante (Sanford & Johnston, 1985).

Desde mediados de la década de 1980, este enfoque ha atraído el interés de muchos científicos para desarrollar plantas resistentes a virus. La primera evidencia de este adelanto, fue desarrollada por Powell-Abel *et al.* (1988), quienes demostraron que plantas de tabaco que expresaban la proteína de la cápside del *Tobacco mosaic tobamovirus* (TMV), eran resistentes al virus; lo que ha permitido un campo de investigación más amplio, tanto en la protección de cultivos a virus, como en los mecanismos implicados en la protección.

Actualmente, la obtención de plantas transgénicas con resistencia a virus mediante la expresión del gen de la proteína de la cápside (GPC), es una estrategia empleada con éxito en cultivos de tabaco, papa, alfalfa, pepino y papayo (Powell-Abel *et al.*, 1988; Gonsalves & Slightom, 1993; Kim *et al.*, 1994). Ultzen *et al.* (1995) reportaron la transformación de una línea mejorada de tomate (línea ATV847) con el GPC, la cual resultó en niveles altos de resistencia al virus y pudo ser conservada en híbridos derivados de la línea parental de tomate. Resultados similares, han sido obtenidos por Gonsalves *et al.* (1996).

Tabla 1. Principales germoplasmas de resistencia natural al TSWV (Tomado de: Saidi & Warade, 2008)

Germoplasmas (variedad y/ó línea)	Tipo de resistencia	Reacción	Fuente de resistencia	Referencia
Steven	Monogénica	Resistente	<i>L. esculentum</i>	Stevens <i>et al.</i> , 1992
Y118 (Fla 925-2)	----	Resistente	<i>L. chilense</i> (LA 1938)	Canady <i>et al.</i> , 2001
UPV 1 y UPV 32	Monogénica	Resistente	<i>L. peruvianum</i>	Rosello <i>et al.</i> , 1998
Viradora	Sw-5 locus en el cromosoma 9	Resistente	<i>L. peruvianum</i>	Giordano <i>et al.</i> , 2000
Rey de los Tempranos	Alelo recesivo	Resistente	<i>L. esculentum</i>	Maluf <i>et al.</i> , 1991
Platense	Monogénica, dominante	Tolerante	<i>L. esculentum</i>	Lopez-Lambertini <i>et al.</i> , 2003
PI 127826	----	Resistente	<i>L. birsutum</i>	Maluf <i>et al.</i> , 1991
Glabratum (PI 134417)	----	Resistente	<i>L. birsutum</i>	Maluf <i>et al.</i> , 1991
PI 126928, PI 126944, LA 444/1 y LA 371	----	Resistente	<i>L. peruvianum</i>	Lima <i>et al.</i> , 2003
PI-126935, PI-126944, CIAPAN 16, PE-18 y CIAPAN 17	----	Resistente	<i>L. peruvianum</i>	Rosello <i>et al.</i> , 1999
PE-18 and RDD(Sw-5)	----	Resistente	<i>L. peruvianum</i>	Rosello <i>et al.</i> , 2001
PI 732293-2V	----	Resistente	<i>L. pimpinellifolium</i>	Maluf <i>et al.</i> , 1991
Pearl Harbor*	Monogénica	Susceptible	<i>L. esculentum</i> × <i>L. pimpinellifolium</i>	Kikuta & Frazier, 1946
LA 130 y LA 2753	----	Resistente	<i>L. chilense</i>	Lima <i>et al.</i> , 2003
LA 1938	----	Resistente	<i>L. chilense</i>	Canady <i>et al.</i> , 2001

*Pearl Harbor, fue una variedad resistente al TSWV desarrollada en Hawai, debido a su resistencia monogénica, el virus sobrepasó la barrera de la resistencia de la variedad.

3. Resistencia conferida por otras fuentes

3.1 Protección cruzada

El término protección cruzada, se refiere a la protección conferida a una planta que es infectada con una raza suave de un virus, que le confiere protección contra la infección de una raza severa del mismo virus (Agrios, 2005).

En 1946, Norris, demostró la existencia de cinco razas de TSWV, las cuales denominó: Añublo del ápice (BT), Necrótica (N), Manchas anilladas (R), Suave (M), y Muy suave (VM). En 1953, Best & Gallus, aislaron seis razas de plantas de tomate y fueron nombradas como: A, B, C1, C2, D y E. A pesar de que existe una dificultad en la búsqueda de paralelos exactos entre las razas definidas por Norris y por Best & Gallus, debido a las diferentes condiciones experimentales y a la falta de una descripción teórica de una raza “pura” de TSWV, ambos informes son una prueba contundente para comprender que el TSWV ocurre como una mezcla heterogénea de razas en la naturaleza, concepto clave para seguir avanzando en el campo de la protección cruzada a este virus.

En 1954 y 1961, Best, hizo el primer intento en explicar el “efecto de protección cruzada” entre las razas de TSWV. Sonoda & Tsumuki (2004), estudiando las interacciones entre el TSWV y el virus X de la papa (*Potato X potexvirus*, PVX) demostraron que plantas de *N. benthamiana* inoculadas con PVX conteniendo un fragmento del gen N del TSWV que codifica para la proteína de la nucleocápside, fueron resistentes a la infección por el TSWV al suprimir dicho gen; quizá el caso más exitoso de protección cruzada en el mundo, es el manejo del virus de la Tristeza de los cítricos (*Citrus tristeza closterovirus*, CTV), el cual ha demostrado ser un método de manejo económico y eficaz para reducir los efectos del CTV en Australia, Brasil y Sur América (Muller & Costa, 1968; Broadbent *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 1987; Powell *et al.*, 2003).

Estos resultados, ponen de manifiesto, que la protección cruzada es un recurso de resistencia al TSWV que ha tenido casos promisorios, pero que ha sido pobremente estudiado; por eso, el éxito de su implementación dependerá de la comprensión minuciosa de todas las razas del TSWV que pueden infectar el tomate en condiciones naturales.

PERSPECTIVAS

Resistencia derivada de anticuerpos

Xu *et al.* (2006), demostraron, según lo reportado por Tavladoraki *et al.* (1993), que anticuerpos funcionales contra el virus TSWV pueden ser producidos en tabaco y que las plantas transgénicas que expresan estos anticuerpos son resistentes a la infección por el virus homólogo; igualmente, ninguna protección fue encontrada con especies de virus que no estaban relacionados, confirmando la especificidad antígeno-anticuerpo en plantas transformadas. Los anticuerpos monoclonales son producidos comercialmente en cantidades abundantes, lo que permite que sea relativamente fácil aislarlos y caracterizarlos. En el futuro cercano, esta estrategia será útil para el manejo a gran escala del TSWV.

Silenciamiento post-transcripcional de genes (SPTG)

El SPGT ha sido reportado como uno de los principales mecanismos de resistencia mediada por el ARN en plantas transgénicas resistentes a virus. El término “silenciamiento génico” se utiliza habitualmente para describir la “atenuación, degradación o silenciamiento” de un determinado gen, es un mecanismo natural que ocurre durante la regulación de la expresión génica en plantas. A través del mismo, la maquinaria celular impide la expresión de un gen que debería estar “encendido” en circunstancias normales. De este modo, el mecanismo implica la degradación de un determinado ARN

mensajero, cuya destrucción impide su traducción y consecuentemente no puede sintetizar la proteína correspondiente (Bey, 2007).

Al respecto Pang *et al.* (1997), demostraron que segmentos de 387-453pb del gen N, confieren resistencia al TSWV en plantas transgénicas a través de SPTG. Tal observación abre la posibilidad de desarrollar resistencia en plantas transgénicas a este virus mediante el uso de dicha técnica. Al mismo tiempo, Prins *et al.* (1996) demostraron que las progenies de plantas transgénicas revelaron que sólo la expresión transgénica de secuencias específicas de los genes virales N y NSm confieren resistencia a TSWV.

Resistencia mediada por proteínas

En un amplio rango de plantas se ha obtenido resistencia a virus mediante la expresión de proteínas específicas. La presencia de productos de la expresión génica viral interfieren con la infección viral, aunque en algunos casos es difícil distinguir entre resistencia mediada por ARN o por proteínas. La resistencia de plantas a virus puede darse mediante la expresión de proteínas de la cubierta o a la expresión de las proteínas de movimiento (Rudolph *et al.*, 2003).

La producción de proteínas de movimiento disfuncionales impiden el movimiento del virus en la planta vía plasmodesmos. Esta estrategia se ha probado en plantas transgénicas que expresan la proteína de movimiento modificada del TMV, confiriendo protección a varios virus, por ende, asegurando resistencia poligénica, más estable que la monogénica (Abbas *et al.*, 2008; Freitas-Astúa *et al.*, 2002).

Resistencia mediada por péptidos

Esta técnica usa péptidos específicos “aptámeros”, seleccionados mediante el sistema de dos híbridos en levadura, que interactúen fuertemente con la proteína N de TSWV. Tales péptidos son muy cortos, 29 aminoácidos, con fuerte afinidad a la proteína

N, lo cual contribuye a minimizar imprevistos o efectos deletéreos como los observados en varios casos después de la expresión de proteínas virales funcionales, indicando una estructura conservada y demostrando fuerte resistencia no sólo a TSWV sino a otras especies de *Tospovirus* (Rudolph *et al.*, 2003).

Debido a que los péptidos aptámeros tienen propiedades similares a los anticuerpos; este enfoque se asemeja a la obtención de resistencia viral mediante la expresión de cadenas simples de anticuerpos contra proteínas virales (Rudolph *et al.*, 2003).

CONCLUSIONES

- La Marchitez moteada del tomate (TSWV) es una de las enfermedades virales más destructivas del mundo, por ello, ha sido objeto de estudio por mejoradores y fitopatólogos, con el fin de optimizar las estrategias de su manejo. El uso de varios recursos de resistencia, especialmente, los encontrados en especies silvestres de *Lycopersicon* han permitido el desarrollo de variedades y líneas con altos atributos de resistencia monogénica al TSWV. Dada la relativa facilidad con que los nuevos aislamientos del TSWV superan la resistencia genética, es de vital importancia continuar la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia poligénica, así como promover una mejor explotación de los recursos genéticos disponibles.
- Plantas transgénicas que expresan el gen de la proteína de la cápside del TSWV han sido exitosamente desarrolladas en varios lugares del mundo; este, es quizá el enfoque de mejoramiento más utilizado para conferir resistencia a otras enfermedades virales en plantas. Nuevas tecnologías para el fitomejoramiento como el desarrollo de plantas transgénicas que expresan anticuerpos, el SPTG, la modificación de proteínas de la cubierta o de movimiento, y la expresión de péptidos, son alternativas que permitirán la obtención de variedades comerciales con atributos de resistencia al virus.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, D., Abdallah, N. & Madkour, M. 2008. Production of transgenic tomato plants with enhanced resistance against the fungal pathogen *Fusarium oxysporum*. Arab. J. Biotech. 12:73-84.
- Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. 5th. ed. Academic Press, NY.
- Angarita, A. 1993. Enfermedades transmitidas por Thrips. p. 23-26. En: Memorias primer seminario de manejo integrado de Thrips. Bogotá.
- Aramburu, J. & Martí, M. 2003. The occurrence in North-east Spain of a variant of Tomato spotted wilt virus (TSWV) that breaks resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum*) containing the Sw-5 gene. Plant Path. J. 52:407.
- Best, R. 1954. Cross protection by strains of tomato spotted wilt virus and a new theory to explain it. Aust. J. Biol. Science 7(4):415-424.
- Best, R. 1961. Recombination experiments with strains A and E of tomato spotted wilt virus. Virology 15:327 - 339.
- Best, R. & Gallus, H. 1953. Strains of tomato spotted wilt virus. The Australian Journal of Science 15:212-214.
- Bey, P. 2007. Silenciamiento génico en plantas (ARN). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA. Consulta: Junio, 2011. http://www.argenbio.org/h/biblioteca/pdf/Silenciamiento_genico_Argenbio.pdf.
- Broadbent, P., Bevington, K.B. & Coote, B.G. 1991. Control of stem pitting of grapefruit in Australia by mild strain protection. In: Brlansky, R.H., Lee, R.F., Timmer, L.W. (eds.). Proceedings of the 11th Conference of International Organization of Citrus Virologists, IOCV, Riverside. pp. 64-70.
- Brunt, A., Crabtree, K., Dallwitz, M., Gibbs, A., Watson, L. & Zurcher, E. 1996. Plant viruses. Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database. Version: 20th August 1996. Consulta: Junio, 2011. Disponible en red: www.agls.uidaho.edu/ebi/vdie/refs.htm.
- Canady, M., Stevens, R., Barineau, M. & Scott, J. 2001. Tomato spotted wilt virus (TSWV) resistance in tomato derived from *Lycopersicon chilense* Dun. LA 1938. Euphytica 117:19–25.
- Cho, J., Custer, D., Brommonschenkel, S. & Tanksley, S. 1996. Conventional breeding: host-plant resistance and the use of molecular markers to develop resistance to tomato spotted wilt virus in vegetables. Acta Horticulturae 431:367-378.
- Cho, J., Mau, R.F.L., Pang, S.Z., Wang, M. Gonsalves, C., Watterson, J., Custer, D.M. & Gonsalves, D. 1998. Approaches for Controlling Tomato Spotted Wilt Virus. In: Plant Virus Disease Control. Hadidi, A. Khetarpal, R. K. & Koganezawa, H. (eds.). APS press, St. Paul MN. p. 704.
- Ciuffo M., Finetti-Sialer, M., Gallitelli, D. & Turina, M. 2005. First report in Italy of a resistance-breaking strain of tomato spotted wilt virus infecting tomato cultivars carrying the Sw-5 resistance gene. Plant Path. J. 54:564.
- Culbreath, A., Todd, J. & Brown, S. 2003. Epidemiology and management of tomato spotted wilt in peanut. Annual Review of Phytopathology 41: 53-75.
- Czuber, B. & Miczynski, K. 1981. Reaction of cultivars and some wild species of tomato to infection by tomato spotted wilt virus. Zesztyt Problemowe Postepow Nauk Rolniczych 244:109–116.
- Davies, J. 1985. Molecular plant virology. Vol. II. CRC Press, London. p. 240
- Dively, G. 2002. Tomato spotted wilt virus alert. Production Pointers Newsletter. University of Maryland. Volume 4, Issue 3. Ed., John Wiley & Sons, New York. pp. 599–696.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO. Tomato spotted wilt tospovirus. En: EPPO DATA SHEETS ON QUARANTINE PESTS. Consulta: 25 de enero de 2012 http://www.eppo.org/QUARANTINE/virus/Tomato_spotted_wilt_virus/TSWV00_ds.pdf
- Finlay, K. 1953. Inheritance of spotted wilt virus resistance in tomato. Australian Journal of Biological Sciences 6:153–163.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. 2007. Tomato world production. Consulta: Diciembre de 2011. In://faostat.fao.org/default.aspx.
- Freitas-Astúa, J., Purcifil, D., Polston, J. & Hierbert, E. 2002. Traditional and transgenic strategies for controlling tomato-infecting begomoviruses. *Fitopatol. Bras.* 27:437- 449.
- Gaviria, B.M., Navarro, R. & Vanegas, D.M. 2007. Virus de la Marchitez moteada del tomate (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV) en ornamentales para la exportación en Antioquia. En: Memorias, XXVIII Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología-ASCOLFI. Octubre 3-5. CIAT, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
- Giordano, L., Avila, A., Charchar, J. & Boiteux, L. 2000. Viradoro: A tospovirus-resistant processing tomato cultivar adapted to tropical environments. *Horticultural Science* 35:1368–1370.
- Gonsalves, C., Xue, B., Pang, S., Providenti, R., Slightom, J. & Gonsalves, D. 1996. Breeding transgenic tomatoes for resistance to tomato spotted wilt virus and cucumber mosaic virus. *Acta Horticulturae* 431:442–448.
- Gonsalves, D. & Slightom, J. 1993. Coat protein mediate protection: analysis of transgenic plants for resistance in a variety of crops. *Seminars in Virology* 4:397- 405.
- Hamilton, R. 1980. Defenses triggered by previous invaders: viruses. In: Horsfall, J., y Cowling, E. *Plant Disease: An Advanced Treatise*, Vol. 5. Academic Press, New York. pp. 279-303.
- Holmes, F. 1948. Resistance to spotted wilt. *Phytopathology* 38:467–473.
- Hull, R. 2009. *Comparative plant virology*. Second edition. Elsevier Academic Press. p.393.
- Hutton, E. & Peak, A. 1953. Spotted wilt development, resistant and susceptible *Lycopersicon* species. *Australian Journal of Agricultural Research* 4:160–167.
- Kikuta, K. & Frazier, W. 1946. Breeding tomatoes for resistance to spotted wilt in Hawaii. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 47:271–276.
- Kim, J., Sun, S. & German, T. 1994. Disease resistance into tobacco and tomato plants transformed with the tomato spotted wilt virus nucleocapsid gene. *Plant Dis.* 78:615-621.
- Kumar, N. & Irulappan, I. 1991. Studies on tomato spotted wilt virus infection in tomato. *South Indian Horticulture* 39:45–47.
- Kumar, N., Ullman, D. & Cho, J. 1993. Evaluation of *Lycopersicon* germplasm for tomato spotted wilt *Tospovirus* resistance by mechanical and thrips transmission. *Plant Disease* 77:938–941.
- Latham, L. & Jones, R. 1998. Selection of overcoming strains of tomato spotted wilts *Tospovirus*. *Ann. Appl. Biol.* 133:385-402.
- Lee, R.F., Brlansky, R.H., Garnsey, S.M. & Yokomi, R.K. 1987. Traits of citrus tristeza virus important for mild strain cross protection of citrus: the Florida approach. *Phytophyllactica* 19:215-218.
- Lima, G., Brommonschenkel, S., Ventura, G. & Lima, G. 2003. Broad-spectrum resistance to *Tospovirus* in accessions of *Lycopersicon peruvianum* and *L. chilense*. *Summa Phytopathologica* 29:352–354.
- Lopez-Lambertini, P., Biderbost, E., Di Feo, L. & Mollinedo, V. 2003. Relación entre la concentración viral y la tolerancia al TSWV determinada por el gen “Platense” en tomate. *Fitopatología* 38:23–31.
- Maluf, W., Toma, B. & Corte, R. 1991. Progress in breeding tomatoes for resistance to tomato spotted wilt. *Revista Brasileira de Genética* 14:509–525.
- Mandal, B., Csinos, A., Martínez-Ochoa, N. & Pappu, H. 2008. A rapid and efficient inoculation method for Tomato spotted wilt *Tospovirus*. *Journal of Virological Methods* 149:195–198.
- Mizelle, W. 1998. Vegetable acreage estimates. Univ. Ga. Coop. Ext. Serv. Agric. Econ. AGECON 93-027, Athens, GA. p. 10 Disponible en red: Consulta: 10 de septiembre de 2011. <http://www.ces.uga.edu/Agriculture/agecon/vegacreage/vegacres.pdf>.

- Morales, F., Tamayo, P.J., Castaño, M., Olaya, C., Martínez, A.K. y Velasco A.C. 2009. Enfermedades virales del tomate (*Solanum lycopersicon* L.) en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 33(1):23-27.
- Moriones, E. & Luis-Arteaga, M. 2002. Viral diseases. In: Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops. Developments in Plant pathology, Vol, 14. Albajes, R., Lodovica Gullino, M., Van Lenteren, J.C. & Elad, Y. (eds.). Kluwer Academic Publishers, NY, USA.
- Muller, G.W. & Costa, A.S. 1968. Further evidence on protective interference in citrus tristeza, In conference of the international organization of citrus virologist, 4º, Rome. 1966. Proceedings. Edited by J. F. Childs. Gainesville, University of Florida. p. 193.
- Norris, D. 1946. The strain complex symptoms variability of spotted wilt virus. *Coun, Sci. Industr. Res. Aust. Bull.* (202).
- Pang, S., Jan, F. & Gonsalves, D. 1997. Nontarget DNA sequences reduce the transgene length necessary for RNA-mediated *Tospovirus* resistance in transgenic plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 94, 8261-8266.
- Pappu, H. s.f. Tomato spotted wilt virus. Washington State University. Pullman, WA, USA. Consulta: Junio, 2011. Disponible en red: <http://plantpath.wsu.edu/pdf/Pappu%20final%20version.pdf>. p.20 Consulta: Junio, 2011.
- Paterson R., Scott, S. & Gergerich, R. 1989. Resistance in two *Lycopersicon* species to an Arkansas isolate of tomato spotted wilt virus. *Euphytica* 43: 173–178.
- Picó, B., Herraiz, J., Ruiz, J. & Nuez, F. 2002. Widening the genetic basis of virus resistance in tomato. *Scientia Horticulturae* 94: 73–89
- Powell, C.A., Rundell, P.A. & Pelosi, R.R. 2003. Suppression of decline-inducing isolates of Citrus tristeza virus by nondecline-inducing isolates. *HortScience* 38:62-64.
- Powell-Abel, P., Nelson, R.S., De, B., Hoffman, N., Rogers, S.G., Fraley, R.T. & Beachey, R.N. 1988. Delay of disease development in transgenic plants that express the tobacco mosaic virus coat protein gene. *Science* 232:738-743
- Prins, M., Resende, R. de O., Anker, C., Van Schepen, A., De Haan, P. & Goldbach, R. 1996. Engineered RNA-mediated resistance to tomato spotted wilt virus is sequence specific. *Mol Plant Microbe Interact.* 9, 416–418
- Rao, R., Iizuka, N., Raganathan, V. & Joshi, N. 1980. Occurrence of tomato spotted wilt virus on tomato in Andhra Pradesh. *Indian Journal of Phytopathology* 33:436–43
- Rodriguez, P.A. 2005. Aportes al conocimiento del virus del Marchitamiento moteado del tomate (TSWV) en tabaco (*Nicotiana tabacum* L) y efectos de un inductor de resistencia en la incidencia de la enfermedad. Tesis de grado, Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. p.136.
- Rodríguez M., Carranza, C., Lanchero, O., Niño, N., Miranda, D. and Magnistkiy S. 2009. Detection of virus in the principal producing zones of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) In the municipalities of Fomeque, Fusagasugá and Villa de Leyva (Colombia). *Acta Hort.* (ISHS) 821:175-180. http://www.actahort.org/books/821/821_19.htm
- Rosello, S., Diez, M. & Nuez, F. 1998. Genetics of tomato spotted wilt virus resistance coming from *Lycopersicon peruvianum*. *European Journal of Plant Pathology* 104:499–509.
- Rosello, S., Diez, M. & Nuez, F. 1996. Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop I. The Tomato spotted wilt virus — a review. *Scientia Horticulturae* 67(3-4):117-150.
- Rosello, S., Ricarte, B., Diez, M. & Nuez, F. 2001. Resistance to tomato spotted wilt virus introgressed from *Lycopersicon peruvianum* in line UPV 1 may be allelic to Sw-5 and can be used to enhance the resistance of hybrid cultivars. *Euphytica* 119:357–367.
- Rosello, S., Soler, S., Diez, M., Rambla, J., Richarte, C. & Nuez, F. 1999. New sources for high resistance of tomato to the tomato spotted wilt virus from *Lycopersicon peruvianum*. *Plant Breeding* 118:425–429.
- Rudolph, C., Schreier, P.H. & Uhrig, J.F. 2003. Peptide-mediated broad-spectrum plant resistance to tospoviruses. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A.* 100(8):4429-4434.
- Saidi, M. & Warade, S.D. 2008. Tomato breeding for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV): an overview of conventional and molecular approaches. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 44(3):83–92

- Sanford, J. & Johnson, S. 1985. The concept of parasite derived resistance: deriving resistance genes from the parasites own genome. *J. Theor. Biol.* 115: 395-405.
- Sherf, A. & MacNab, A. 1986. *Vegetable diseases and their control*. 2nd edition. John Wiley and Sons editor. p.728.
- Smith, P. & Gardner, M. 1951. Resistance in tomato to the spotted wilt virus. *Phytopathology* 41:257-260.
- Soler, S., Cebolla, C. & Nuez, F. 2003. Control of diseases induced by *Tospoviruses* in tomato: an update of the genetic approach. *Phytopathologia Mediterranea* 42:207-219.
- Solomon-Blackburn, R. & Barker, H. 2001. Breeding virus resistant potatoes (*Solanum tuberosum*): a review of traditional and molecular approaches. *Heredity* 86: 17-35.
- Sonoda, S. & Tsumuki, H. 2004. Analysis of gene sequences for the nucleocapsid protein from Tomato spotted wilt virus for promoting RNA-mediated cross-protection using the Potato virus X vector system. *Journal of General Plant Pathology* 70 (4):239-242.
- Stevens, M., Scott, S. & Gergerich, R. 1992. Inheritance of a gene for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Lycopersicon peruvianum* Mill. *Euphytica* 59:9-17.
- Stevens, M., Scott, S.J. & Gergerich, R. 1994. Evaluation of seven *Lycopersicon* species for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV). *Euphytica* 80:79-84.
- Tavladoraki, P., Benvenuto, E., Trinca, S., de Martinis, D., Cattaneo, A. & Galeffi, P. 1993. Transgenic plants expressing a functional single-chain Fv antibody are specifically protected from virus attack. *Nature* 366:469-472.
- Tamayo, P. J., M. Castaño, J. A. Arroyave & Olaya. C. 2005. Virus en cultivos de tomate, pimentón, zucchini, apio, ajo, cebolla de rama y de bulbo. *Ascolfi Informa. Boletín de la Asoc. Col. de Fitop. y Ciencias Afines* 31 (5): 16-20.
- Thompson, G.J. & Van Zijl, J. 1996. Control of Tomato spotted wilt virus in tomatoes in South Africa. *Acta Horticulturae* 194:69-75.
- Ultzen, T., Gielen, J., Venema, F., Westerbroek, A., de Haan, P., Tan, M.-L., Schram, A., Van Grinsven, M. & Goldbach, R. 1995. Resistance to tomato spotted wilt virus in transgenic tomato hybrids. *Euphytica* 85:159-168.
- U.S. Census Bureau, s.f. Total Midyear World Population 1950-2050. consulta: Diciembre de 2011. Disponible en red: http://www.npg.org/facts/world_pop_year.htm.
- Vanitha, S. & Suresh, M. 2002. Studies on efficacy of plant products and selected insecticides against tomato spotted wilt virus (TSWV) in tomato. *South Indian Horticulture* 50:598-601.
- Williams-Woodward J.L. 1999. Georgia plant disease loss estimates. Univ. Ga. Coop. Ext. Serv., Athens, GA. Consulta: Junio, 2011. Disponible en red: http://www.caes.uga.edu/Publications/pubDetail.cfm?pk_id=7341&pg=np&ct=bertrand&kt=&kid=&pid=#Vegetables.
- Xu, Q., Li, H., Wang, M., Wu, Z., Borth, W., Hsu, H. & Hu, J. 2006. Transgenic plants expressing a single-chain Fv antibody to Tomato spotted wilt virus (TSWV) are resistant to TSWV systemic infection. *Acta Horticulturae* 722:333-348.

MANEJO INTEGRADO DEL AÑUBLO BACTERIAL DE LA PANÍCULA DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) CAUSADO POR *Burkholderia glumae* KURITA & Tabei: UNA REVISIÓN.

*Lederson Gañán Betancur**

* I.A. Candidato a Magister en Fitopatología. Programa de Maestría en Fitopatología, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. Correo electrónico: legabet@gmail.com

Recibido: 10 de octubre; aprobado: 20 de noviembre de 2011

RESUMEN

Se hizo una revisión bibliográfica sobre el Añublo bacterial de la panícula del arroz causado por la bacteria *Burkholderia glumae*, las prácticas de manejo y el efecto epidemiológico del manejo integrado de la enfermedad. *B. glumae* causa pudrición de granos y plántulas de arroz; en campos severamente afectados ocasiona pérdidas mayores al 75% de la producción. Se han reportado diferentes factores de virulencia del patógeno, como la fitotoxina toxo flavina, la biogénesis flagelar, un sistema de secreción tipo III y la catalasa. Períodos prolongados de condiciones cálidas y húmedas, además de altas dosis en la fertilización nitrogenada del cultivo favorecen el desarrollo de epidemias del añublo bacterial de la panícula. Tomate, ají, berenjena, perilla y ajonjolí son otros hospedantes de importancia agrícola. Desde el punto de vista epidemiológico, prácticas como: uso de semilla libre del patógeno, tratamiento de semilla o del suelo, eliminación de residuos de cosecha, rotación de cultivos y la siembra de plantas transgénicas con resistencia vertical, pueden reducir o eliminar el inóculo inicial del patógeno; la selección de la fecha de siembra, la protección de las plantas en la etapa crítica de la enfermedad, el manejo adecuado de la fertilización nitrogenada y el uso de cultivares con resistencia parcial, reducen la tasa de desarrollo de la enfermedad.

Palabras clave: pudrición del grano, prácticas de manejo, efecto epidemiológico.

ABSTRACT

INTEGRATED MANAGEMENT OF RICE BACTERIAL PANICLE BLIGHT (*Oryza sativa* L.) CAUSED BY *Burkholderia glumae* KURITA & Tabei: A REVIEW.

This paper presents a literature review on the rice bacterial panicle blight caused by *Burkholderia glumae*, the management practices and the epidemiological effect of the disease integrated management. *B. glumae* causes rice grain and seedlings rot; it causes losses exceeding 75% of production in severely affected crops. Different pathogen virulence factors, such as the phytotoxin toxo flavin, flagellar biogenesis, a type III secretion system and catalase have been reported. Bacterial panicle blight epidemics are favored by prolonged weather with hot and humid conditions, in addition to high rates of nitrogen fertilization. Tomato, pepper, eggplant, perilla and sesame are alternate hosts of agricultural importance. From the epidemiology viewpoint, practices such as: use of disease-free seed, seed or soil treatment, removal of crop residues, crop rotation and use of transgenic plants with vertical resistance, can reduce or eliminate the pathogen initial inoculum. Selection of planting date, plant protection at the critical stage of the disease, avoid excessive nitrogen rates and use of cultivars with partial resistance, can reduce the rate of disease development.

Key words: grain rot, management practices, epidemiological effect.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* Linneo.), es el principal cultivo alimenticio producido para la mitad de la población mundial (Cottyn *et al.*, 2009). Esta especie es afectada por problemas fitopatológicos que a menudo limitan su producción. Se ha considerado que el Añublo bacteriano de la panícula es la próxima enfermedad con mayor importancia en este cultivo (Ham *et al.*, 2011). Tal enfermedad fue reportada por primera vez en el distrito de Kyushu en Japón (Goto & Ohata, 1956) y desde entonces, se ha reportado en importantes áreas productoras de arroz en Korea (Jeong *et al.*, 2003), China (Zhu *et al.*, 2008), Taiwán (Chien *et al.*, 1984), Sri Lanka, Malasia, Las Filipinas (Cottyn *et al.*, 1996), Vietnam (Trung *et al.*, 1993), Indonesia, Tailandia, Tanzania (Zhu *et al.*, 2008), Cambodia (Cothier *et al.*, 2010), Nepal (Nieves, 1999), Panamá (Nandakumar *et al.*, 2007), Venezuela (González *et al.*, 2011), Colombia (Zeigler & Álvarez, 1989) y Estados Unidos en los estados de Louisiana, Arkansas y Texas, (Nandakumar *et al.*, 2005).

En campos de arroz severamente afectados por *B. glumae*, se han reportado pérdidas del 75% de la producción, debido a que la bacteria causa varios tipos de daño como: inhibición de la germinación de la semilla, añublo de la panícula, pudrición de vainas, esterilidad de flores y aborto del grano (Nandakumar *et al.*, 2009; Jeong, *et al.* 2003; Shanjahan *et al.*, 2000). El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el agente causante del Añublo bacteriano de la panícula del arroz y las estrategias de manejo que han sido reportadas desde el punto de vista epidemiológico.

El Patógeno. En la literatura se reporta la bacteria fitopatógena *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei) (Syn. *Pseudomonas glumae* Kurita & Tabei) como agente causante del Añublo de la panícula de arroz (Urakami *et al.*, 1994). Dicha bacteria se caracteriza

por presentar bacilos Gram negativos (-) con 1 a 7 flagelos polares, sin esporas, mide 1,5-2,5 μm de largo X 0,5-0,7 μm de diámetro, y no produce pigmento fluorescente sobre medio King'B. Las colonias son de crecimiento lento, circulares, elevadas y con márgenes lisos (Ou, 1985; Saddler, 1994).

Otras investigaciones han demostrado que la bacteria fitopatógena *Burkholderia gladioli* (Severini, 1913) Yabuuchi *et al.*, 1993, también puede causar el Añublo bacteriano de la panícula del arroz (Ura *et al.*, 2006; Nandakumar *et al.*, 2007). Propiedades bioquímicas para distinguir las especies *B. glumae* y *B. gladioli*, pueden ser consultadas en la publicación de Ura *et al.* (2006).

Síntomas. *B. glumae* puede causar pudrición de plántulas en almácigo (Uetmasu, *et al.* 1976), así como pudrición del grano (Goto, *et al.* 1987; Waikamoto, *et al.* 1987) o añublo de la panícula (Chien *et al.*, 1987; Sayler *et al.*, 2006; Ura *et al.*, 2006).

En el añublo de panícula, los síntomas iniciales incluyen una decoloración en la parte basal de la vaina, la cual rápidamente avanza, hasta afectar la totalidad de la misma (Nieves, 1999), presentando lesiones largas y verticales color grisáceo, rodeadas por un margen de color marrón rojizo oscuro (Nandakumar *et al.*, 2009). Normalmente, los granos infectados se pueden observar de manera dispersa en la panícula, pero en casos severos, todos los granos pueden ser afectados (Ou, 1985). Los granos infectados muestran una banda café que atraviesa sobre el endospermo (Mogi, 1988). Sin embargo, pese a que las panículas son severamente afectadas, el tallo permanece verde y éstas erectas, en lugar de inclinarse, debido a la pérdida de peso del grano (Sayler *et al.*, 2006) (Figura 1A). Los síntomas del añublo de panícula y pudrición de grano del arroz ocasionados por *B. gladioli* son similares a los de *B. glumae* (Nandakumar *et al.*, 2009).



Figura 1. **A.** Síntomas de añublo bacterial de la panícula, mostrando las panículas erguidas, descoloridas, decoloración de granos y los tallos verdes; **B.** Colonias de *Burkholderia glumae* mostrando la pigmentación amarilla de la toxoflavina sobre medio de cultivo King B; **C.** Grupos de panículas de arroz en campo afectadas con añublo bacterial, las cuales son fuente de infecciones secundarias (Fotos cortesía de Dr. Donald Groth, LSU Ag Center)

Factores de virulencia. Se ha reportado que la fitotoxina toxoflavina, la biogénesis flagelar, un sistema de secreción tipo III y la catalasa, son factores implicados en la virulencia de *B. glumae* en la pudrición de granos y plántulas de arroz (Sato *et al.*, 1989; Ham *et al.*, 2011; Jeong *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2007; Chun *et al.*, 2009; Chen, 2011).

Cepas de *B. glumae* que carecen de la producción de toxoflavina son avirulentas y pueden ser identificadas en laboratorio, porque no producen el pigmento amarillo de la toxoflavina sobre medio agar King B (Figura 1B) (Nandakumar *et al.*, 2009). Sin embargo, resultados encontrados por Suzuki *et al.* (2004), sugieren que la producción de toxoflavina, aunque es un requerimiento para causar clorosis en panículas

jóvenes, no parece desempeñar un papel importante en los síntomas de pudrición causados por *B. glumae*. Aunque, la toxoflavina también es responsable en la inducción de síntomas de marchitamiento en otros hospedantes (Jeong *et al.*, 2003). Nagamatsu (2001) reportó que la toxoflavina posee actividad bactericida, fungicida y herbicida. El mecanismo de la actividad herbicida aún no es claro; sin embargo, éste podría causar los síntomas de marchitez vascular a través de algún modo de acción (Jeong *et al.*, 2003).

Ciclo patológico y epidemiología. El ciclo de la enfermedad no ha sido completamente entendido aún (Ham *et al.*, 2011). El patógeno es transmitido por semilla (Sayler *et al.*, 2006; Zhu *et al.*, 2008), donde, las células bacterianas se localizan en la parte basal

del lodículo y al interior de la lema del grano de arroz (Tsushima, 2011). Se ha reportado que *B. glumae* puede sobrevivir en semillas almacenadas a temperatura ambiente por 3 años, pero no en semillas mantenidas a campo abierto durante 5 meses (Tsushima *et al.*, 1989). Varias cepas de *B. gladioli* que fueron aisladas del suelo de campos de arroz, e inoculadas sobre panículas de arroz bajo condiciones de invernadero, fueron infectivas y causaron síntomas típicos de añublo de la panícula (Nandakumar *et al.*, 2008), demostrando que la bacteria puede sobrevivir en el suelo y sus células pueden ser fuente de inóculo primario.

Desde la germinación de la semilla hasta el estado de plántula, la pudrición es causada por un incremento rápido de las poblaciones de *B. glumae* en las plúmulas (Hikichi *et al.*, 2001). Luego de que las plántulas son cultivadas en el campo, el patógeno puede ser aislado usualmente de las vainas foliares inferiores, donde crece epifíticamente durante la etapa de macollamiento (Sayler *et al.*, 2006). Aunque los síntomas no aparecen sobre las láminas o las vainas foliares antes de la emergencia de la panícula, el patógeno puede ser encontrado en las vainas foliares superiores, incluyendo las vainas de la hoja bandera (Wakimoto *et al.*, 1987; Hikichi *et al.*, 2001). El patógeno presente en las vainas foliares desempeña un papel importante como fuente de inóculo primario de la pudrición del grano, puesto que el período crítico de infección se manifiesta en la emergencia de panícula y en floración (Zhang, 2004). Tsushima *et al.* (1995a) indican que el período de mayor susceptibilidad de las espiguillas es de aproximadamente 3 a 4 días después de la emergencia de panícula, disminuyendo después de este período.

Luego de que el patógeno invade las espiguillas, se multiplica rápidamente y finalmente causa la pudrición bacteriana del grano o añublo de la panícula (Sayler *et al.*, 2006; Hikichi, 1993a; Tsushima *et al.*, 1986), estableciendo focos de infección en el campo que van a ser fuente de infecciones secundarias (Figura 1C) (Tsushima *et al.*, 1995a; Tsushima & Naito, 1991).

La diseminación de la enfermedad en campo es muy corta (menos de un metro desde el foco) y disminuye a medida que se incrementa la distancia de la fuente de inóculo (Tsushima & Naito, 1991).

El óptimo de temperatura de crecimiento de *B. glumae* es relativamente alto (30–35 °C) (Kurita *et al.*, 1964), lo cual explica los reportes que indican que la temperatura alta, especialmente la temperatura nocturna, durante el estado crítico, favorece el desarrollo de epidemias de Añublo bacteriano de la panícula (Tsushima *et al.*, 1985; Tsushima *et al.*, 1996; Shahjahan *et al.*, 2000; Nandakumar *et al.*, 2009). No obstante, Tsushima, *et al.* (1996) obtuvieron alto porcentaje de espiguillas enfermas (>50%), en inoculaciones realizadas bajo condiciones de invernadero a 28°C. La temperatura también puede actuar de manera indirecta, puesto que un aumento de la temperatura nocturna genera mayor respiración en las plantas, lo que causa un incremento en la utilización de productos fotosintéticos además de un decline exponencial en la actividad, lo cual posiblemente predisponga a la planta al ataque de *B. glumae* (Nandakumar *et al.*, 2009).

La humedad relativa también favorece el desarrollo de la enfermedad, Tsushima *et al.* (1995a) determinaron que la incidencia de la enfermedad fue mayor bajo condiciones de humedad relativa alta (HR>95%) y es menor cuando las plantas no son incubadas en cámara húmeda).

Otro factor que favorece el desarrollo de la enfermedad es la fertilización con nitrógeno en niveles superiores a los recomendados para el cultivo (Tsushima, 2011; Groth & Hollier, 2011).

Hospedantes. El arroz (*Oryza sativa* L.), es considerado el principal hospedante del patógeno, el cual ha sido también reportado en muchos hospedantes de la familia gramínea (Nieves, 1999). Sin embargo, se han reportado otros hospedantes, no gramíneas, como tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), ají (*Capsicum annuum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), perilla (*Perilla frutescens* var. japonica Hara) y

ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), en los cuales puede causar síntomas de marchitamiento vascular, similar al ocasionado por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Jeong *et al.*, 2003).

ESTRATEGIAS DE MANEJO

1. Realizar diagnóstico de semilla. Debido a que las semillas de arroz infectadas con *B. glumae* son consideradas como la principal fuente de inóculo inicial para el Añublo bacteriano de la panícula, se debe prevenir la entrada del patógeno al campo y evitar su dispersión, mediante la siembra de semilla limpia (libre del patógeno); en adición, se debe evitar la probable presencia de la enfermedad dentro de parcelas de mejoramiento, lo cual podría resultar en una diseminación rápida del patógeno (Cothier *et al.*, 2010). Para cumplir con ese objetivo, se debe evaluar la presencia o ausencia de *B. glumae* en los lotes de semilla comercial, evitando que los productores siembren semillas infectadas o tengan que realizar algún tratamiento adicional a las mismas para reducir la población del patógeno, con lo cual se podrían disminuir en gran medida las pérdidas en campo (Nandakumar *et al.*, 2009). Reportes recientes, indican que *B. glumae* fue aislada de semillas de arroz asintomáticas (Zhu *et al.*, 2008; Nandakumar *et al.*, 2009), demostrando que la semilla aparentemente sana puede llevar la bacteria sin mostrar síntomas de pudrición del grano. La razón por la cual *B. glumae* podría existir en semillas aparentemente sanas, es atribuido al número insuficiente de células bacterianas para causar los síntomas, o a condiciones ambientales desfavorables para que se desarrolle la enfermedad (Kurita & Tabei, 1967).

La identificación de *B. glumae* y *B. gladioli* puede ser realizada con base en las propiedades bacteriológicas de tipo morfológico y bioquímico, y por pruebas de patogenicidad, no obstante, tal tipo de diagnóstico requiere de experiencia y demanda tiempo. Kawaradani *et al.* (2000) desarrollaron un medio de cultivo con selectividad a *B. glumae*, al cual denominaron CCNT. El patógeno también ha sido detectado mediante pruebas serológicas (Wakimoto *et al.*, 1987).

Sayler *et al.* (2006), desarrollaron un método basado en PCR en tiempo real específico para la detección de *B. glumae* en planta y semillas de arroz, muy sensible, permitiendo la detección hasta de 1 UFC. mL⁻¹. Nandakumar *et al.* (2009), también reportan el uso de la técnica de PCR en tiempo real para la cuantificación de *B. glumae* en semillas sintomáticas e incluso en semillas asintomáticas (aparentemente sanas), por lo cual, el diagnóstico utilizando esta técnica molecular, es una herramienta que puede ser fácilmente implementada en un programa de limpieza de semilla permitiendo la prevención de pérdidas en el cultivo, a través de una sanidad mejorada.

2. Resistencia genética. En adición a la siembra de semilla limpia, el uso de variedades resistentes es un enfoque para la reducción de pérdidas en varias regiones productoras de arroz del mundo. La resistencia genética es la medida más deseable de control, infortunadamente, todos los cultivares comerciales del grano son susceptibles en diferentes grados a *B. glumae* (Shahjahan *et al.*, 2000; Shanon *et al.*, 2010; Saichuck *et al.*, 2011).

Sayler *et al.* (2006), reportaron una resistencia moderada a *B. glumae*, presentada por el cultivar Drew y la línea mutante LM-1 (generada por radiación gamma del cultivar susceptible Lemont) al ser comparados con el cultivar altamente susceptible Bengal. Los mismos autores encontraron que la resistencia a *B. glumae* parece manifestarse por una reducción en la multiplicación bacteriana y que las líneas de arroz que suprimen el crecimiento bacteriano mostraron lesiones de tamaño más pequeño en plántulas inoculadas, cultivadas en invernadero.

La variedad de arroz “Jupiter”, también ha mostrado resistencia moderada al Añublo bacteriano de la panícula causado por *B. glumae* comparado con la variedad Bengal. “Jupiter” (Reg. No. CV-119, PI 639742) es un cultivar de alto rendimiento, madurez temprana y un grano medio de altura corta, que fue oficialmente liberado en Estados Unidos por el Centro Agrícola de la Universidad del Estado

de Louisiana (LSU AgCenter) en el 2004 y que fue desarrollado mediante el cruce de 'Bengal'/'Rico 1'/'3'/'Bengal'/'Mercury'/'Rico 1' (96CR025), realizado en 1996 (Sha *et al.*, 2006). En la actualidad, el LSU AgCenter a través de su publicación anual "Rice Varieties and Management Tips 2012" recomienda la utilización de la cultivariedad Jupiter, señalándola como resistente al Añublo bacteriano, comparada con otras 22 variedades cultivadas localmente en Estados Unidos (Saichuk *et al.*, 2011).

Similarmente, la cultivariedad "Neptune", derivada del cruce de 'Bengal'/'Mercury'/'Rico 1', demostró ser moderadamente resistente al Añublo bacteriano de la panícula, al ser comparado con la variedad Bengal, pero menos resistente que la variedad Jupiter (Sha *et al.*, 2010). Sin embargo, el LSU AgCenter no recomienda la siembra de Neptune, quien la considera como una variedad susceptible (Saichuk *et al.*, 2011).

En Colombia, Fory *et al.* (2011), al evaluar el comportamiento en invernadero de los cultivares Oryzica 1, Col XXI, Fedearroz 2000, Fedearroz 733, FLO2768-2P-6, SC112, LV1063 (Mocari), LM-1 y, encontraron que los genotipos seleccionados fueron susceptibles en diferentes grados a *B. glumae*, a excepción de LM-1 y Nipponbare, que mostraron un nivel significativo de tolerancia a la enfermedad. No obstante, Saylor *et al.* (2006), encontraron que Nipponbare se comportó como un cultivar altamente susceptible. De igual forma, Velez-Urbe & Flórez-Zapata (2011), demostraron la susceptibilidad a *B. glumae*, de semillas de las variedades Panorama, Fedearroz 174, Fedearroz 733, Fedearroz 60, Fedearroz 369, Fedearroz 50 y Fedearroz 473. Lo anterior demuestra la susceptibilidad de las variedades Fedearroz 733 y Fedearroz Mocari, las cuales habían sido indicadas como tolerantes en reportes anteriores (Pérez & Saavedra, 2011; Gómez *et al.*, 2010).

La información relacionada con la relativa resistencia de varios cultivares comerciales y líneas de mejoramiento de arroz a *B. glumae*, es esencial para que los fitomejoradores desarrollen cultivares de

arroz con mayor resistencia a este patógeno. Como se observa, materiales de arroz como Jupiter y LM-1, presentan resistencia parcial u horizontal a *B. glumae*, lo cual indica que, en términos epidemiológicos, con la utilización de dichos materiales, se afecta la tasa de desarrollo de la enfermedad en campo.

Iwai *et al.* (2002), desarrollaron plantas transgénicas de arroz (cv Chiyohonami), transformadas con el gen *Asbthi 1* (de tionina en avena), las cuales resultaron altamente resistentes a *B. glumae* en estado de plántula. Las tioninas, son proteínas antimicrobiales, ricas en cisteína, las cuales desempeñan un papel importante en los mecanismos de defensa de la planta (Zhang, 2004). Tal tipo de mejoramiento, afecta el proceso infectivo del patógeno, por lo tanto su efecto es directo sobre el inóculo inicial.

4. Manejo Químico. Gómez-Caicedo *et al.* (2010) al evaluar en laboratorio el efecto de diferentes ingredientes activos, como kasugamicina, oxitetraciclina, óxido cúprico, ácido oxolínico, validacin A, entre otros, sobre el crecimiento de *B. glumae*, concluyen que el control químico contra la bacteria es poco efectivo. No obstante, se ha demostrado en diversas investigaciones la efectividad del tratamiento químico con el uso de ácido oxolínico (AO), el cual inhibe el crecimiento bacteriano en las plúmulas y las espiguillas, controla la pudrición bacteriana en plántulas y la del grano de arroz con alta eficacia (Hikichi, 1993a; Hikichi, 1993b; Hikichi *et al.*, 1994). Su uso puede ser mediante aspersión o inmersión de semilla (Hikichi & Egami, 1995) o para el tratamiento de plantas en el estado de emergencia de la panícula (Hikichi, *et al.* 2001). Sin embargo, se ha reportado la resistencia de cepas de *B. glumae* al AO, aisladas de plántulas procedentes de semillas tratadas con AO (Hikichi *et al.*, 1998; Maeda *et al.*, 2004). Hikichi *et al.* (2001), indicaron que estas cepas resistentes pueden causar pudrición de las plántulas, sólo cuando las semillas son infestadas con una alta cantidad de células bacterianas resistentes. Los mismos autores reportan que dichas células bacterianas resistentes al AO no tienen la habilidad de

sobrevivir en el campo. No obstante, el tratamiento químico con tal producto debe ser utilizado con prudencia y responsabilidad.

Con relación al tratamiento del suelo, se ha reportado el uso del producto químico methasulfocarb [S-(4-methylsulfonyloxyphenyl) N-methyl]thiocarbamato, mediante espolvoreo al 10%, es efectivo para el manejo de concentraciones bajas de inóculo de *B. glumae* (Ohmori & Watanabe, 1986). Debido a que la aplicación de un producto al suelo en campo es laboriosa y costosa, dicha práctica se limita al uso en almácigo, donde se puede reducir población inicial del patógeno presente en el sustrato de siembra.

5. Manejo Biológico. La presencia de *B. glumae* en semilla fue suprimida con el tratamiento de semillas con benomil en una concentración de 0,1% (v/v), aunque, el efecto no fue directo, al parecer, se debió al efecto antagónico de *Pseudomonas fluorescens* que proliferó en las semillas tratadas con este fungicida (Goto *et al.*, 1994). El tratamiento de semilla con la cepa avirulenta de *B. glumae* N7503, demostró un alto efecto supresivo contra las cepas virulentas, evitando la pudrición de las plántulas de arroz (Furuya *et al.*, 1991), similarmente, una cepa avirulenta de *B. gladioli* evitó la ocurrencia de la enfermedad, al ser coinoculada con cepas virulentas de *B. glumae* en panículas de arroz (Miyagawa & Takaya, 2000). Sin embargo, la eficacia de estos potenciales agentes de control en el campo aun no han sido evaluados (Ham *et al.*, 2011).

6. Manejo cultural. Aunque se ha centrado en la reducción de la fertilización nitrogenada para minimizar la severidad, esta actividad no ha sido muy exitosa en el manejo de la enfermedad (Groth, 2010).

En Estados Unidos, debido a que las condiciones de clima templado lo permiten, se recomienda la siembra de las plantaciones de arroz en épocas tempranas de la estación de primavera, evitando temperaturas altas al momento de la emergencia de la panícula, impidiendo mayores pérdidas por la enfermedad (Groth & Hollier, 2011).

Si la enfermedad se ha presentado en campo con alta severidad y pérdidas en producción, una medida alternativa, es el tratamiento o eliminación de los residuos de cosecha, que son fuente de inóculo primario para el nuevo cultivo, puesto que se ha reportado que la bacteria no puede sobrevivir más de 5 meses en campo abierto (Tshushima *et al.*, 1989).

7. Otros tipos de manejo. *B. glumae* puede ser erradicado de la semilla, mediante tratamiento térmico a 65°C durante 6 días, sin efectos considerables en la germinación (Zeigler & Alvarez, 1989; Agbagala, 1997).

6. Modelos predictivos. Un modelo de pronóstico podría ser una herramienta importante para el manejo del Añublo bacteriano de la panícula del arroz, debido a la disponibilidad de prácticas de manejo. Tsushima *et al.* (1996) consideran la frecuencia de vainas de la hoja bandera con presencia de *B. glumae*, como un factor útil para el pronóstico de la posterior incidencia de la enfermedad. Tsushima *et al.* (1995b), encontraron una relación directa entre el índice de severidad en las panículas y la disminución del rendimiento del cultivo, sugiriendo que la aparición de panículas severamente afectadas una semana después del tiempo de espigamiento es un factor importante en el desarrollo de la enfermedad; su frecuencia también puede ser utilizada como un criterio para pronosticar la severidad de la enfermedad. Al combinar pronóstico de la enfermedad con datos económicos, se pueden estimar pérdidas en producción y beneficios esperados.

INTEGRACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MANEJO DESDE EL PUNTO DE VISTA EPIDEMIOLÓGICO

Una epidemia de Añublo bacteriano en el cultivo de arroz es policíclica, esto quiere decir, que se repiten ciclos infectivos, donde la infección es seguida por el desarrollo del patógeno, la producción de nuevo

inóculo y la dispersión a nuevos tejidos susceptibles (en la misma planta o en otras plantas) y nuevas infecciones, todo ello en un mismo ciclo del cultivo (Arneson, 2001). Como tal, dicha epidemia es expresada en términos matemáticos mediante el siguiente modelo exponencial de progreso de la enfermedad (Van der Plank, 1963):

$$X = X_0 e^{rt}$$

Donde:

X: Severidad final de la enfermedad

X_0 : Severidad de la enfermedad al inicio de la epidemia

e: base del logaritmo natural

r: tasa de desarrollo de la enfermedad

t: tiempo

El principal objetivo del manejo integrado de enfermedades es mantener la intensidad de la enfermedad por debajo de niveles de daño económico (Zadocks, 1985) y por lo tanto prevenir las reducciones en producción y calidad que impactan de manera negativa al agricultor. Desde el punto de vista epidemiológico, de acuerdo con el modelo del progreso de la enfermedad, se observa que hay tres formas de reducir X en cualquier momento de la epidemia (Arneson, 2001) y son como tal, los objetivos que se buscan con el manejo integrado de enfermedades: 1. Eliminar o reducir el inóculo inicial (X_0) a partir del cual se va a producir la enfermedad (Sanidad), 2. Reducir la tasa de desarrollo de la enfermedad (r) y, 3. Reducir el tiempo (t) en que interactúan las poblaciones del patógeno y del hospedante. En la Tabla 1, se resumen las prácticas de manejo del Añublo bacteriano de la panícula del arroz y su efecto epidemiológico dentro del manejo integrado de la enfermedad.

Tabla 1. Prácticas recomendadas para el manejo del Añublo bacteriano de la panícula del arroz causado por *B. glumae* y su efecto epidemiológico, de acuerdo con los principios del manejo de enfermedades (Arneson, 2001)

Principios y Prácticas de Manejo	Epidemiológicamente afecta	
	X_0	r
EXCLUSIÓN		
Diagnóstico de semilla libre del patógeno	X	
EVASIÓN		
Selección de fecha de siembra		X
ERRADICACIÓN		
Tratamiento de semilla (termoterapia, manejo químico, manejo biológico)	X	
Tratamiento del suelo	X	
Eliminación de residuos de cosecha	X	
Rotación de cultivos	X	
PROTECCIÓN		
Protección de la planta en etapa crítica		X
Manejo adecuado de fertilización nitrogenada		X
RESISTENCIA		
Cultivares con resistencia parcial		X
Plantas transgénicas con resistencia vertical	X	

CONCLUSIÓN

El Añublo bacteriano de la panícula del arroz, es una enfermedad que ha adquirido gran importancia en las últimas décadas, la cual amenaza la producción del grano, producto básico para casi la mitad de la población mundial, hecho que ha motivado a investigadores para determinar la etiología, epidemiología y estrategias de manejo de la enfermedad. El presente trabajo demuestra que en la actualidad son pocas las medidas de control disponibles para el tratamiento del Añublo bacteriano de la panícula del arroz y como tal, el uso de semilla libre del patógeno y el uso de materiales

tolerantes son las dos principales estrategias para reducir la incidencia de la enfermedad en campo, con lo cual se disminuiría la utilización de cualquier otra práctica, dentro del manejo integrado, en almacigo o en plantaciones establecidas en campo.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Jairo Castaño Zapata por sus valiosas contribuciones al presente trabajo, al Doctor Donald Groth por permitir la publicación de las imágenes, y a los evaluadores del artículo por sus valiosos aportes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agbagala, M. 1997. Occurrence and survival of *Burkholderia glumae* (Kurita & Tabei, Comb. Nov.-) Yabuuchi *et al.* in rice (*Oryza sativa* L.) seeds. Thesis (M.Sc.) University of The Philippines at Los Baños. p. 67
- Arneson, P.A. 2001. Epidemiología de las enfermedades de las plantas. Los Aspectos Temporales. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-A-2001-0524-01. Consulta: mayo de 2012. <http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Epidemiologia/Pages/Estrategias.aspx>
- Chen, R. 2011. A molecular study on the *tofI/tofR* quorum-sensing system of *Burkholderia glumae*: the major pathogen that causes bacterial panicle blight of rice. Thesis (M.Sc.) Louisiana State University. p. 57
- Chien, C. C., Chang, Y. C., Liao, Y. M. & Ou, S. H. 1984. Bacterial grain rot of rice—a new disease in Taiwan. *Review of Plant Pathology* 63(8): 317.
- Chien, C. C. & Chang, Y. C. 1987. The susceptibility of rice plants at different growth stages and of 21 commercial rice varieties to *Pseudomonas glumae*. *J. Agric. Res. China* 36:302-310.
- Chun, H., Choi, O.; Goo, E., Kim, N., Kim, H., Kang, Y., Kim, J., Moon, J.S. & Hwang, I. 2009. The quorum sensing-dependent gene *katG* of *Burkholderia glumae* is important for protection from visible light. *J. Bacteriol.* 191:4152-4157.
- Cother, E. J., Noble D. H., van de Ven R. J., Lanoiselet V., Ash G., Vuthy N., Visarto P. & Stodart B. 2010. Bacterial pathogens of rice in the Kingdom of Cambodia and description of a new pathogen causing a serious sheath rot disease. *Plant Pathology* 59: 944–953.
- Cottyn, B., Debode, J., Regalado, E., Mew, T. W. & Swings, J. 2009. Phenotypic and genetic diversity of rice seed-associated bacteria and their role in pathogenicity and biological control. *J. Appl. Microbiol.* 107:885–897
- Cottyn, B., Cerez, M. T., Van Outryve, M. F., Barroga, J., Swings, J., Mew, T. W. 1996. Bacterial diseases of rice. I. Pathogenic bacteria associated with sheath rot complex and grain discoloration of rice in The Philippines. *Plant Dis.* 80:429-437.
- Fory, P., Perez, C., Saavedra, E., Prado, G. & Mosquera, G. 2011. Evaluación del comportamiento de cultivares de arroz ante el Añublo bacterial de la panícula causada por *Burkholderia glumae* en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 35(1): 109.
- Furuya, N., Okamoto, T., Kori, Y., Matsuyama, N. & Wakimoto S. 1991. Control of bacterial seedling rot of rice by avirulent strains of *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 57: 371-376.

- Gómez, L. F.; Cardozo, O. & Echeverri, J. 2010. Nuevos análisis lo confirman: Control químico poco efectivo contra la bacteria. Noticias Fedearroz. Diciembre de 2011. http://www.fedearroz.com.co/noticias-docs/control_quimico.pdf.
- González, A., Graterol, E., Arnao, E., Torres, E., Acevedo, M. & Mosquera, G. 2011. Primer reporte de *Burkholderia glumae* causante de la pudrición bacteriana de la panícula del arroz en Venezuela. Fitopatología Colombiana 35(1): 81.
- Goto, K. & Ohata, K. 1956. New bacterial diseases of rice (brown stripe and grain rot). Ann. Phytopath. Soc. Japan 21:46-47.
- Goto, T., Nishiyama, K. & Ohata, K. 1987. Bacteria causing grain rot of rice. Ann. Phytopath. Soc. Japan 53: 141-149.
- Goto, M., Takagali, M., Koderá, A., Takikawa, Y. & Tsurumu, S. (1994). Effect of benomyl on seedling rot of rice (*Pseudomonas glumae*) and microbial interactions on germinating rice seeds. Ann. Phytopath. Soc. Japan 60: 74-81.
- Groth, D. 2010. Rice panicle bacterial blight update. Rice Research Station News Vol 7 (4): p.2.
- Groth, D. & Hollier, C. 2011. Bacterial panicle blight of rice. Louisiana Plant Pathology. Pub. 3106. Noviembre de 2011. www.lsuagcenter.com
- Ham, J.H., Melanson, R.A. & Rush, M.C. 2011. *Burkholderia glumae*: next major pathogen of rice? Mol. Plant Pathol. 12:329-339.
- Hikichi, Y. 1993a. Mode of action of oxolinic acid against bacterial seedling rot of rice caused by *Pseudomonas glumae* 1. Relationship between population dynamics of *P. glumae* on seedling rice and disease severity of bacterial seedling rot of rice. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 59: 441-446.
- Hikichi, Y. 1993b. Mode of action of oxolinic acid against bacterial seedling rot of rice caused by *Pseudomonas glumae* 2. Efficacy of oxolinic acid against secondary infection. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 59: 446-450.
- Hikichi, Y., Okuno, T. & Furusawa, I. 1994. Susceptibility of rice spikelets to infection with *Pseudomonas glumae* and its population dynamics. J. Pesticide Sci. 19:11-17
- Hikichi, Y. & Egami, H. 1995. Control system for bacterial grain rot of rice with oxolinic acid and seed selection with salt solution. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 61:405-409.
- Hikichi, Y., Egami, H., Oguri, Y. & Okuno, T. 1998. Fitness for survival of *Burkholderia glumae* resistant to oxolinic acid in rice plants. Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 64:147-152.
- Hikichi, Y., Tsujiguchi, K., Maeda, Y. & Okuno, T. 2001. Development of increased oxolinic acid-resistance in *Burkholderia glumae*. J. Gen. Plant Pathology 67: 58-62.
- Iwai, T., Kaku, H., Honkura, R., Nakamura, S., Ochiai, H., Sasaki, T. & Ohashi, Y. 2002. Enhanced resistance to seed-transmitted bacterial diseases in transgenic rice plants overproducing an oat cell-wall-bound thionin. Mol. Plant-Microbe Interact. 15:515-521.
- Jeong, Y., Kim, J., Kim, S., Kang, Y., Nagamatsu, T. & Hwang, I. 2003. Toxoflavin produced by *Burkholderia glumae* causing rice grain rot is responsible for inducing bacterial wilt in many field crops. Plant Dis. 87: 890-895.
- Kawaradani, M., Okada, K. & Kusakari, S. 2000. New selective medium for isolation of *Burkholderia glumae* from rice seeds. Journal of Gen. Plant Pathology 66(3):234-237.
- Kim, J., Kang, Y., Choi, O., Jeong, Y., Jeong, J., Lim, J.Y., Kim, M., Moon, J.S., Suga, H. & Hwang, I. 2007. Regulation of polar flagellum genes is mediated by quorum sensing and FlhDC in *Burkholderia glumae*. Molecular Microbiology 64(1):165-179.
- Kurita, T., Tabei, H. & Sato, T. 1964. A few studies on factors associated with infection of bacterial grain rot of rice. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 29, 60.
- Kurita T. & Tabei H. 1967. On the casual agent of bacterial grain rot of rice. Ann Phytopath Soc. Jpn. 33:111.

- Maeda, Y., Kiba, A., Ohnishi, K. & Hikichi, Y. 2004. New method to detect oxolinic acid-resistant *Burkholderia glumae* infesting rice seeds using a mismatch amplification mutation assay polymerase chain reaction. *J. Gen. Plant Pathology* 70:215–217
- Matsuda, I., & Sato, Z. 1988. Relations between pathogenicity and pigment productivity in the casual agent of bacterial grain rot of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 54:378.
- Miyagawa, H. & Takaya, S. 2000. Biological control of bacterial grain rot of rice by avirulent strain of *Burkholderia gladioli*. *Bull. Chugoku Nat. Agr. Expt. Sta.* 21:1–21.
- Mogi, S. (1988). Detection and diagnosis of pathogen for bacterial grain rot (*Pseudomonas glumae*) on rice. 5th Int. Congress of Plant Pathology. Section XIII, 3-3. p.403
- Nagamatsu, T. 2001. Syntheses, transformation, and biological activities of 7-azapteridine antibiotics: toxoflavin, fervenulin, reumycin and their analogs. *Recent Res. Devel. Org. Bioorg. Chem.* 4: 97-121
- Nandakumar, R., Rush, M., Shahjahan, A.; O'Reilly, K. & Groth, D. 2005. Bacterial panicle blight of rice in the southern United States caused by *Burkholderia glumae* and *B. gladioli*. *Phytopathology* 95 (suppl.): S73.
- Nandakumar, R., Rush, M. C. & Correa, F. 2007. Association of *Burkholderia glumae* and *B. gladioli* with panicle blight symptoms on rice in Panama. *Plant Dis.* 91:767.
- Nandakumar, R.; Shahjahan, A.K. M.; Yuan, X.L.; Dickstein, E.R.; Groth, D.E.; Clark, C.A.; Cartwright, R.D. & Rush, M.C. 2009. *Burkholderia glumae* and *B. gladioli* cause bacterial panicle blight in rice in the southern United States. *Plant Dis.* 93:896-905.
- Nandakumar, R., Bollich, P. A., Shahjahan, A.K., Groth D. E. & M.C. 2008. Evidence for the soilborne nature of the rice sheath rot and panicle blight pathogen, *Burkholderia gladioli*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 30(1):148-154.
- Nieves, C. 1999. Bacterial grain rot. In: Seed-Borne Bacterial Diseases. 8th Revised Edition. Danish Government Institute of Seed Pathology for Developing Countries. pp.108-113.
- Ohmori, K. & Watanabe, Y. 1986. Efficacy of S-(4-methylsulfonyloxyphenyl) N-methylthiocarbamate (methasulfocarb) for control of bacterial seedlings rot of rice caused by *Pseudomonas glumae* Kurita et Tabei. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 52: 78-81
- Ou, S.H. 1985. Rice diseases. CAB Commonwealth Mycological Institute, Kew Surrey, England. p. 380
- Pérez, C.R. & Saavedra, E. 2011. Avances en el manejo integrado de la bacteria *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en el Caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 3(1):111-124.
- Saddler, G.S. (1994). IMI Descriptions of fungi and bacteria. No. 1219. *Mycopathologia* 128: 59-60.
- Saichuk, J., Harrel, D., Fontenot, K., Groth, D., Hollier, C., Hummel, N., Linscombe, S., Sha, X.; Stout, M.; Webster, E. & White, L. (2011). Rice varieties and management tips. LSU AgCenter Research & Extension. Desde: www.lsuagcenter.com/en/crops_livestock/crops/rice/Publications/
- Sato, Z., Koiso, K., Iwasaki, S., Matsuda, I. & Shirata, A. 1989. Toxins produced by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 55: 353-356.
- Sayler, R. J., Cartwright, R. D. & Yang, Y. 2006. Genetic characterization and real-time PCR detection of *Burkholderia glumae*, a newly emerging bacterial pathogen of rice in the United States. *Plant Dis.* 90: 603-610.
- Sha, X.; Linscombe, S. D., Groth, D. E., Bond, J. A., White, L. M., Chu, Q. R.; Utomo, H. S. & Dunand, R. T. 2006. Registration of 'Jupiter' rice. *Crop Sci.* 46:1811–1812.
- Sha, X., Linscombe, S.D., Blanche, S.B., Groth, D.E., Harrell, D.L., White, L.M. & Theunissen, S.J. 2010. Registration of "Neptune" southern medium-grain rice. *Journal of Plant Registrations* 4: 179-182.

- Shahjahan, A. K., Rush, M. C., Groth, D. & Clark, C. 2000. Panicle blight research points to a bacterial cause. *Rice J.* 103:26-28.
- Suzuki, F., Sawada, H., Azegami, K. & Tsuchiya, K. 2004. Molecular characterization of the *tox* operon involved in toxoflavin biosynthesis of *Burkholderia glumae*. *J. Gen. Plant Pathology* 70:97-107.
- Trung, H. M., Van, N. V., Vien, N. V., Lam, D. T. & Lien, M. 1993. Occurrence of rice grain rots disease in Vietnam. *Int. Rice Res. Notes* 18:30.
- Tsushima, S. 2011. Study on control and epidemiology of bacterial grain rot of rice. *J. Gen. Plant Pathology* 77:358-360.
- Tsushima, S., Mogi, S. & Saito, H. 1985. Effects of inoculum density, incubation temperature and incubation period on the development of rice bacterial grain rot. *Proc. Assoc. Plant Prot. Kyushu* 31:11-12.
- Tsushima, S., Mogi, S., Naito, H. & Saito, H. 1989. Existence of *Pseudomonas glumae* on the rice sedes and development of the simple method for detecting *P. glumae* from the rice seeds. *Bull. Kyushu Natl. Agric. Exp. Stn.* 25: 261-270.
- Tsushima, S., Wakimoto, S. & Mogi, S. 1986. Selective medium for detecting *Pseudomonas glumae* Kurita et Tabei, the causal bacterium of grain rot of rice. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan.* 52:253-259.
- Tsushima, S. & Naito, H. 1991. Spatial distribution and dissemination of bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 57:180-187.
- Tsushima, S., Naito, H. & Koittabashi, M. 1995a. Change in panicle susceptibility associated with flowering rate of spikelets in bacterial grain rot of rice caused by *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 61:109-113.
- Tsushima, S., Naito, H. & Koittabashi, M. 1995b. Forecast of yield loss suffered from bacterial grain rot of rice in paddy fields by severely diseased panicles. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan* 61:419-424.
- Tsushima, S., Naito, H. & Koittabashi, M. 1996. Population dynamics of *Pseudomonas glumae*, the causal agent of bacterial grain rot of rice, on leaf sheath of rice plants in relation to disease development in the field. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 62:108-113.
- Uetmasu, T., Yoshimura, D.; Nishiyama, K.; Ibaraki, T. & Fujii, H. 1976. Occurrence of bacterial seedling rot in nursery flat, caused by grain rot bacterium *Pseudomonas glumae*. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 42:310-312.
- Ura, H., Furuya, N., Iiyama, K., Hidaka, M., Tsuchiya, K. & Matsuyama, N. 2006. *Burkholderia gladioli* associated with symptoms of bacterial grain rot and leaf-sheath browning of rice plants. *J. Gen. Plant Pathology* 72:98-103.
- Urakami, T, Ito Yoshida, C. & Araki H. 1994. Transfer of *Pseudomonas plantarii* and *Pseudomonas glumae* to *Burkholderia* as *Burkholderia* spp. and description of *Burkholderia vandii* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacter.* 44:235-245.
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press, NY. p. 346
- Vélez-Urbe, D. & Flórez-Zapata, N. 2011. Determinación de la Infección de *Burkholderia glumae* en Semillas de Variedades Comerciales Colombianas de Arroz. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*.64(2): 6093-6104.
- Waikamoto, S., Akaki, M. & Tsuschiya, K. 1987. Serological specificity of *Pseudomonas glumae* the pathogenic bacterium of grain rot disease of rice. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 53:150-158.
- Zadocks, J.C. 1985. On the conceptual basis of crop loss assessment: the threshold theory. *Annual Review of Phytopathology* 23:455- 473.
- Zeigler, R. S. & Álvarez, E. 1989. Grain discoloration of rice caused by *Pseudomonas glumae* in Latin America. *Plant Dis.* 73:368.
- Zhang, S. 2004. Tissue culture and transformation for introducing genes useful for pest management in rice. Ph.D. Thesis. Plant Pathology & Crop Physiology. Louisiana State University. p. 135
- Zhu B., Lou M., Huai Y., Xie G., Luo J. & Xu L. 2008. Isolation and identification of *Burkholderia glumae* from symptomless rice seeds. *Rice Science* 15(2):145-149.



**NORMAS EDITORIALES
REVISTA AGRONOMÍA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD DE CALDAS**

La revista constituye un medio de comunicación entre los docentes, investigadores y estudiantes de pregrado y postgrado con el entorno productivo regional y con la comunidad técnico-científica de la región, del país y del mundo.

Los artículos puestos a consideración del Comité Editorial de la revista Agronomía deben ser inéditos; en consecuencia, aquellos manuscritos que hayan sido publicados en otras revistas o publicaciones técnico-científicas no serán aceptados.

TIPOS DE ARTÍCULOS QUE ACEPTA LA REVISTA AGRONOMÍA:

Artículo de investigación científica y tecnológica: Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cinco partes básicas: 1. Introducción, 2. Materiales y métodos (metodología), 3. Resultados y discusión, 4. Conclusiones y 5. Bibliografía. El 60% de la literatura citada debe provenir de artículos publicados en los últimos 10 años.

Artículo de reflexión: Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico y recurriendo a fuentes originales. Es indispensable que tengan una introducción de contexto con un objetivo claro sobre el artículo y un desarrollo temático que presente a los lectores una visión de conjunto y actualizada del tema, además de una propuesta o hipótesis cuyo desarrollo discursivo se nutra de referencias bibliográficas reconocidas (no son admisibles artículos sin referencias). Es importante que los temas tengan subtítulos sugerentes y pertinentes.

La extensión total, de los artículos de investigación y reflexión, no debe exceder 5.500 palabras.

Artículo de revisión de investigación: Documento que resulta de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un área de la ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias, de las cuales un 50% debe provenir de artículos publicados en los últimos 10 años.

Artículo de revisión de tema: Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias, de las cuales un 50% debe provenir de artículos publicados en los últimos 10 años.

La extensión de los artículos de revisión de investigación y revisión de tema, tienen un límite de 6.500 palabras.

Editorial: Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista. Su extensión no debe exceder 500 palabras.

Traducción: Traducciones de textos clásicos o de actualidad o transcripciones de documentos históricos o de interés particular en el dominio de publicación de la revista.

La revista Agronomía se reserva los derechos de impresión, reproducción total o parcial del material, así como el derecho de aceptarlo o rechazarlo. Igualmente, se reserva el derecho de hacer cualquier modificación editorial que estime conveniente. En tal caso, el autor recibirá por escrito las recomendaciones de los evaluadores. Si las acepta, deberá entregar el artículo con los ajustes sugeridos dentro de las fechas fijadas por la revista para garantizar su publicación dentro del número programado.

PROCESO DE ARBITRAJE:

Cada artículo recibido para la revista *Agronomía* será revisado por el Comité Editorial, quien verificará que el contenido sea apropiado para la revista y que se haya preparado el artículo siguiendo sus normas editoriales. Los artículos serán sometidos a arbitraje por parte de pares evaluadores que los recibirán. Ellos evaluarán los aportes y en una hoja consignarán sus comentarios y recomendaciones sobre la aceptación o rechazo del artículo, para que luego el Comité Editorial tome la decisión de aceptarlo o rechazarlo. Esta decisión puede ser: aceptación del artículo con modificaciones, aprobación sin cambios o rechazo del artículo.

Los artículos de esta revista se pueden reproducir total o parcialmente, citando la fuente y autor (es). Las colaboraciones que aparecen aquí no reflejan necesariamente el pensamiento de la revista *Agronomía*, y se publican bajo responsabilidad de los autores.

Ilustraciones: Las tablas y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas de flujo, fotos y mapas) deben presentarse con numeración consecutiva (Tabla 1 a Tabla n; Figura 1 a Figura n).

Idiomas, unidades, abreviaturas y estilo: El idioma oficial de la revista es español. Debe utilizarse exclusivamente el Sistema Métrico Decimal (SI), además de las unidades específicas de mayor uso por parte de la comunidad científica. El significado de las abreviaturas debe citarse por extenso cuando se mencionan por primera vez en el manuscrito.

En la medida de lo posible, el texto debe ser redactado en voz activa, procurando mantener el carácter impersonal del texto como por ejemplo “*se determinaron cinco especies*” en lugar de “*cinco especies fueron determinadas*” o “se encontraron dos especies de nematodos” en lugar de “encontramos dos especies de nematodos”, prefiriendo así la tercera persona del singular.

En relación con los tiempos verbales, se acostumbra usar el pasado para introducción, metodología y resultados, y el presente para su discusión. Se debe evitar el uso del gerundio cuando no se domina ampliamente su uso. Recurra a esta forma verbal únicamente para indicar dos acciones simultáneas. En caso contrario, redacte la frase de otro modo: **sustituya** “*se encontraron diferencias significativas, analizando todas las variables*” por “*se encontraron diferencias significativas, después de analizar todas las variables*”

Los textos, tablas y figuras deben ser elaborados en el procesador de palabras MS-Word® con letra Times New Roman tamaño 12 y con márgenes de 2.5 cm alrededor de la página. Además de la inclusión de las tablas y figuras en el archivo de MS-Word®, éstas también deben suministrarse en su formato original, sea MS-Excel® u otro.

Otras figuras, como fotografías y dibujos, se deben enviar en el formato digital de compresión JPG (o JPEG) con una resolución mínima de 300 dpi.

FORMA Y PREPARACIÓN DE LOS ARTÍCULOS: Cada artículo deberá contar con la siguiente información:

Título: El título debe ir en negrilla, sin abreviaturas, no debe exceder 15 palabras. Cuando el título incluya nombres científicos de plantas, animales y patógenos se deben escribir completos, con letra cursiva (itálica) y en minúsculas, a excepción de la primera letra del género y del nombre del autor de la especie, las cuales van en mayúsculas.

Autor (es): Debajo de la traducción del título al segundo idioma, en una línea horizontal, y de acuerdo con su contribución a la investigación y/o preparación del artículo, se escribe el nombre y primer apellido de cada uno de los autores (eventualmente se puede colocar también la inicial del segundo apellido, o ambos apellidos, pero unidos con un guión). En el pie de página se incluyen el nombre y la ciudad de ubicación de la entidad a la cual presta (n) sus servicios el (los) autor (es) o de quién patrocinó el trabajo y además, el correo electrónico del autor de correspondencia.

Resumen: Todos los artículos en cualquier modalidad deben llevar resumen en español y en inglés, no debe exceder

las 250 palabras escritas en un sólo párrafo, sin citas bibliográficas. El resumen debe contener información sobre introducción, objetivos, metodología, resultados y conclusiones del trabajo.

Palabras clave: Deben incluirse mínimo 3 y máximo 6 palabras sencillas o compuestas no usadas en el título y que se encuentren en el tesoro:

Agrovoc (FAO), <http://aims.fao.org/website/Search-AGROVOC/sub>

Abstract: Es la traducción fiel del resumen al idioma inglés, debe iniciar con la traducción del título.

Key words: Traducción al inglés de palabras clave.

Los **artículos de investigación científica y tecnológica** deben cumplir con la siguiente estructura:

- **Introducción:** Debe resaltar la importancia de la investigación, presentar la literatura relacionada con los antecedentes cualitativos y cuantitativos necesarios para comprender la hipótesis de los autores, terminando con un párrafo que indique claramente los objetivos de la investigación.
- **Materiales y métodos:** Se deben describir de forma clara, concisa y secuencial los materiales (vegetales, animales, implementos agrícolas o de laboratorio) y procedimientos utilizados en el trabajo, el diseño experimental y el análisis estadístico.
- **Resultados y discusión:** Los resultados deben presentarse de manera lógica, objetiva y secuencial mediante texto, tablas y figuras.
 - o **Texto:** los resultados y la discusión deben ser completos y exhaustivos, contrastando los resultados obtenidos con la literatura más actual sobre el tema. En esta sección se relacionan los hallazgos más concluyentes de la investigación.
 - o **Tablas:** Se deben elaborar con pocas filas y columnas. Los promedios deben ir acompañados de las diferencias estadísticas. Las tablas deben ser presentadas en páginas separadas y con el título en la parte superior de las mismas y el cual debe explicar claramente su contenido.
 - o **Figuras:** deben ser bidimensionales degradando la intensidad del color para diferenciar las columnas. Las líneas de las curvas deben ser en negro o en colores, punteadas (---) o continuas (—) y con las siguientes convenciones: ■, ▲, ◆, ●, □, △, ○, ◇. Las figuras también se deben incluir en páginas separadas con su correspondiente leyenda o descripción detallada en la parte inferior.

Las tablas y las figuras deben ser fáciles de leer y de interpretar y deben citarse siempre en el texto.

- **Conclusiones:** Deben redactarse de acuerdo con los objetivos de la investigación explicando claramente los principales resultados obtenidos.
- **Agradecimientos (opcional).** Si se considera necesario, se agradecen aquellas contribuciones importantes en la concepción, financiación o realización de la investigación: especialistas, firmas comerciales, entidades oficiales o privadas, asociaciones de profesionales y operarios.
- **Citas bibliográficas:** Para las citas bibliográficas que sustentan las afirmaciones dentro del texto se utilizará consistentemente el sistema (autor(es), año). Cuando la publicación citada tenga tres o más autores, se debe mencionar el apellido del primer autor acompañado de la expresión latina “*et al.*” equivalente a ‘y otros’, en cursiva, y separada del año por una coma: (Valencia *et al.*, 2003); o alternativamente dejando sólo el año entre

paréntesis sin coma: Valencia *et al.* (2003).

- **Referencias bibliográficas:** La lista completa de las referencias bibliográficas, citadas en el texto, se debe incluir al final del artículo, ordenada alfabéticamente según los apellidos de los autores. Cuando se citan varias publicaciones del (los) mismo(s) autor(es), estas deben listarse en orden cronológico. Cuando estas últimas corresponden al mismo año, se deben diferenciar con letras minúsculas: 2008a, 2008b, etc.

No se permite el uso de citas secundarias, es decir, citas de citas, por ejemplo: Castaño, 1974, citado por Guzmán, 2009, sólo se deben citar fuentes originales.

En las referencias bibliográficas, los nombres de los autores se deben escribir de la siguiente manera: se escribe primero el apellido de cada autor, separado por una coma de las iniciales del nombre, cada una de las cuales termina con un punto. Los autores deben ir separados unos de otros por comas, a excepción del último, que se separa con la conjunción “&” (ver más adelante los ejemplos 1 al 5).

Cuando se quiera incluir el segundo apellido de un autor, este debe unirse al primero con un guión (ejemplo: González-Osorio, J.).

Cuando la ciudad no es capital, se escribe el país, y para el caso de Estados Unidos, sólo la abreviatura del estado. La casa editora, la ciudad y estado (departamento o provincia) o país deben ir separados por comas (ver ejemplos 1, 2 y 6).

Cuando se citan capítulos de libros, o ponencias de memorias de congresos, conferencias o simposios, se deben especificar las páginas donde estos están ubicados (ver ejemplos 2 y 6).

Se debe usar siempre el nombre corto o abreviado de la revista en que aparece publicado el artículo. Separe el volumen del número, poniendo este último entre paréntesis seguido de coma y escribiendo luego las páginas del artículo separadas entre sí por un guión corto (ver ejemplo 4).

Citar únicamente tesis de maestría o doctorado (ver ejemplo 7).

No se aceptan citas de cartillas divulgativas, folletos, informes, comunicados, boletines, periódicos, documentos de trabajo o páginas de internet que no sean las oficiales de instituciones reconocidas en el área del artículo. No se tendrán en cuenta las citas de páginas web que no sean verificables.

Ejemplos:

1. **Para libros:** autor (es). Año. Título del libro. Edición. Casa editorial, ciudad sede.

Leopold, A. C. & Kriedemann, P. E. 1975. Plant growth and development. McGraw-Hill Inc., New York, NY.

2. **Para capítulos de libros:** autor (es). Año. Título capítulo. Páginas (pp. #-#). En: Apellido, e iniciales del nombre del editor (es) o compilador. (ed.) o (comp.). Título del libro, edición, casa editorial, ciudad de su sede.

Alborn, H., Stenhagen, G. & Leuschner, K. 1992. Biochemical selection of sorghum crop varieties resistant to sorghum shoot fly (*Atherigona soccata*) and stem borer (*Chilo partellus*): Role of allelochemicals. pp. 21-29. En: Rizvi, S. J. H. & Rizvi, V. (eds.). Allelopathy: Basic and Applied Aspects. Chapman & Hall, Londres.

3. **Para artículos de revistas:** autor (es). Año. Título artículo. Nombre corto o abreviado de la revista. Volumen (número de la revista): página inicial-página final.

Aristizábal, M. & González, H. 1993. Efectos del daño mecánico y envejecimiento acelerado sobre el vigor de semillas de soya (*Glycinemax*Merr.). Revista Agronomía. 1(6):10-13.

4. **Para revistas electrónicas:** autor(es). Año. Título de la publicación (en línea). Nombre abreviado o corto de la revista. Volumen(número):página inicial-página final. Consulta: mes y año de consulta. Dirección electrónica o URL (UniformResourceLocator).

Montealegre, J. & López C. 2010. Control of grey rot of apple fruits by biologically active natural products(on line) Trop. Plant.Pathol. 35 (5): 271-276.Consulta: marzo de 2010. <http://www.scielo.br/pdf/tpp/v35n5/01.pdf>.

5. **Para citas de internet:** Autor (es). Año. Título del artículo. En: Nombre (s) de la publicación electrónica, de la página web, portal o página. Consulta:mes y año de consulta. Dirección electrónica o URL (UniformResourceLocator).

Duarte, I.M., Almeida, M.T.M. & Brown, D.J.F. 1996. Tobacco rattle virus and its associated vector trichodorid nematodes in Portugal. In: Repositório Universidade do Minho. Consulta: abril de 2010. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/tobacco-rattle-virus-and-its-associated-vector-trichodorid-nematodes-in/id/49410702.html

6. **Para citas de ponencias en memorias de simposios, congresos, encuentros o similares:** autor (es). Año. Nombre de la ponencia. pp. #-#. En: Nombre de la publicación. Casa o institución editora. Ciudad, estado y país.

Uribe, A. 2004. Prevención y manejo de la Sigatoka negra. pp. 39-50. En: Memorias del Tercer Encuentro Nacional de Agronomía, Editorial Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.

7. **Para tesis o proyectos de grado: autor (es).** Año. Título. Grado que otorga la tesis(Maestría o Doctorado). Institución educativa. Ciudad, estado y país.

Becerra, J. 2010. Efecto de la micorrización sobre el manejo de nematodos fitopatógenos en plántulas de plátano híbrido "FHIA-20 AAAB". Magister en Fitopatología. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

Envío de los artículos: Los artículos se pueden enviar al correo electrónico revistagronomia@ucaldas.edu.co con una carta dirigida al editor de la revista, en la que certifique que el artículo es INÉDITO y que todos los autores están de acuerdo con someter el artículo a consideración de la revista Agronomía. Además, en la carta remitida se deben incluir los datos personales de cada uno de los autores, tales como: nombres y apellidos completos, escolaridad, filiación institucional, nacionalidad, correo electrónico, teléfonos para su ubicación o dirección postal, o en su defecto, la dirección de la página Web donde pueden ser consultados (Ver formato anexo). Además, se debe indicar el autor de correspondencia con dirección, teléfono, fax y correo electrónico. En caso que se use material (imágenes, diagramas, tablas) que se ha tomado de otras publicaciones, incluir una autorización del autor y de la casa editora que las publicó.

Para cualquier información adicional, favor solicitarla al correo electrónico: revistagronomia@ucaldas.edu.co



EDITORIAL REGULATIONS FOR AUTHORS

The Journal AGRONOMÍA is a print media between professors, researchers and undergraduate and graduate students with the regional productive environment and the regional, national and international technical and scientific community.

The articles that are put forward for the AGRONOMIA Journal Editorial Committee consideration must be unpublished; as a consequence, those manuscripts that have already been published in other journals or technical and scientific publications will not be accepted.

TYPES OF ARTICLES ACCEPTED BY THE AGRONOMIA JOURNAL

Scientific and technological research articles: Type of document which presents in a detailed manner the original results of research projects. The structure used usually contains five basic sections: 1. Introduction; 2. Materials and methods (methodology); 3. Results and discussion; 4. Conclusions; and 5. Bibliography. 60% of the cited literature must come from articles published within the last ten years.

Reflection articles: Type of document which presents the results of a research project which is finished and developed from the author's analytic, interpretative or critical perspective about a specific topic, resorting to original sources. It is necessary that the article includes an introduction contextualizing the reflection, a clear objective about the article and a thematic development that presents the readers an updated overview of the topic, besides a proposal or hypothesis whose discursive development is nourished with bibliographic references (articles without references are not accepted). It is important that the topics have suggestive and pertinent subtitles.

The length of research and reflection articles must not exceed 5,500 words.

Research revision articles: Type of document resulting from a finished research project in which the results of published or unpublished research about an area of science or technology are analyzed, systematized and results are integrated with the purpose of shedding some light on the development advances and tendencies. It is characterized because it presents a careful bibliographic revision containing at least 50 references from which, 50% must come from articles published in the last ten years.

Topic revision article: It is a document resulting from the critical revision of literature about a particular topic. It is characterized by the presentation of a careful bibliographic revision of at least 50 references in which 50% must come from articles published within the last ten years.

The length of the research revision articles and topic revision articles has a limit of 6,500 words.

Editorial: Document written by the editor, a member of the editorial committee or by a guest researcher about orientations in the journal thematic scope. The length of the editorial must not exceed 500 words.

Translation: Translations of classic or current texts or transcription of historical or particular interest in the scope of the journal publication.

The AGRONOMIA journal reserves total or partial impression, and reproduction rights on the material as well as the right to accept or reject the material submitted. Likewise the journal reserves the right to perform any editorial modification which considers convenient. In such case, the author will receive recommendations in writing from the evaluators. If he/she accepts them, the article must be submitted with the suggested adjustments within the dates stipulated by the journal to guarantee its publication in the programmed issue.

ARBITRATION PROCESS

Each article received by the AGRONOMIA journal will be revised by the Editorial Committee who will verify the appropriateness of the content for the journal and will review that the article has been prepared following the editorial norms. The articles will be submitted to an arbitration process by the peer evaluators who will receive them. The peer evaluators will evaluate the contributions offered by the article and in an evaluation format will record their comments and recommendations about the text acceptance or rejection so that later on the Editorial Committee can make a decision to accept or reject the article. This decision might be acceptance of the article with some modifications, approval without any changes or rejection of the article.

This journal articles can be totally or partially reproduced citing the source and the author(s). Collaborations appearing herein do not necessarily reflect the views of the journal AGRONOMIA and are published under the authors' responsibility.

Illustrations: Tables and figures (graphics, drawings, diagrams, flowcharts, photographs and maps) must be presented with consecutive numeration (Table 1 to Table n; Figure 1 to Figure n.)

Languages, units, abbreviations and style: The official language of the journal is Spanish. The Decimal Metric System (DMS) must be used as well as the specific units most frequently used by the scientific community. The meaning of abbreviations must be cited completely when they are mentioned for the first time in the text.

As much as possible, the text must be written in active voice, trying to keep an impersonal style; for example, "*five species were determined*" or "*two species of nematodes were found*" instead of "*we found two species of nematodes*", thus favoring the third person singular.

In relation with verbal tenses, it is common to use the past tense for introduction, methodology and results, and the present tense for its discussion. The use of the gerund must be avoided when there is not a good command of its use. Use this verbal form only to indicate two simultaneous actions. Otherwise, write the sentence in a different way: **substitute** "*meaningful differences were found analyzing all variables*" for "*meaningful differences were found after the analysis of all variables.*"

The texts, tables and figures must be done in MS-Word®, Times New Roman font 12 and margins 2.5cm around the page. Besides the inclusion of tables and figures in the MS-Word® file, they must also be provided in the original format, either Excel® or any other.

Other figures such as photographs or drawings must be sent in JPG (or JPEG) zip format with minimum a 300 dpi resolution.

FORM OR PREPARATION OF ARTICLES

Each article must contain the following information:

Title: The title must appear in bold and must not exceed 15 words. When the title includes scientific denominations for plants, animals and pathogens they must be written completely, in cursive (italics) and low case, except the first letter of the genera and that of the name of the author of the species which must be capital letters.

Author(s): Under the title translation to the second language, in a horizontal line, and in accordance to their contribution to the research project or the article preparation, the first and last name of each of the authors is written (eventually also the first initial of the second last name, or both last names joined by a hyphen are written.) In the foot of the page, the name and city of location of the entity in which the authors work, or of the entity which sponsored the project, and authors' e-mail address must be included.

Abstract: All articles in any modality must include an abstract both, in Spanish and English, which shouldn't exceed 250 words written in a single paragraph, without bibliographic citations. This abstract must include information about the introduction, the objectives, the methodology and the results and conclusions of the research project.

Key words: minimum three and maximum six single or compound words that do not appear in the title and which are found in the **Agrovoc** (FAO), <http://aims.fao.org/website/Search-AGROVOC/sub> Thesaurus must be included.

Abstract: Is the accurate translation in English which must begin with the title translation.

Key words: English translation for Palabras Clave.

The **scientific and technological research articles** must fulfill the following structure:

- **Introduction:** It must highlight the importance of the research project, present the related literature with qualitative and quantitative precedents needed to understand the author's hypothesis, finishing with a paragraph clearly indicating the research objectives.
- **Materials and methods:** These must describe in a clear, concise and sequential manner the materials (vegetal, animal, agricultural or laboratory implements) and procedures used in the work, the experimental design and the statistical analysis.
- **Results and discussion:** The results must be presented in a logical, objective and sequential manner through text, tables and figures.
 - **Text:** The results and discussion must be complete and exhaustive in such a way that the obtained results can be contrasted with the latest literature about the topic. In this section the most conclusive findings in the research are listed.
 - **Tables:** Tables must be done with few lines and columns. Averages must be accompanied by the statistical differences. Tables must be presented in separate pages with the title on top of them which must clearly express their content.
 - **Figures:** Figures must be two-dimensional and color intensity must be degraded to differentiate the columns. The curve lines must be black or in colors, dotted (- - -) or continuous (—), and with the following conventions: ■, ▲, ●, □, ○. Figures must also be included in separate pages with their corresponding detailed legend or description below.

Tables and figures must be easy to read and interpret and must be always cited in the text.

- **Conclusions:** Conclusions must be written in accordance with the research objectives and they must clearly explain the main results obtained.
- **Acknowledgements (optional):** If necessary, specialists, commercial firms, official or private entities, professional associations and workers can be acknowledged because of those important contributions in the conception, financing or carrying out of the research project.

- **Bibliographic Citation:** For the bibliographic citations which support the affirmations within the text, the last name of the author or authors and then the publication year (author(s)/ year) must be written. When the cited publication has more than three authors, the last name of the first author must be mentioned followed by the Latin expression “*et al.*” equivalent to “and others” in cursive and separated with a comma from the year (Valencia *et al.*, 2003); or alternatively leaving only the year in parenthesis without a comma: Valencia *et al.* (2003).
- **Bibliographic references:** The complete list of bibliographic references cited in the text must be included at the end of the article, in alphabetical order according with the authors’ last names. When several publications from the same author are cited, these must be listed in chronological order. When these last ones belong to the same year, they must be differentiated with low- case letters: 2008^a, 2008^b, etc.

The list of secondary citations is not permitted. This is to say, cites of cites. For example “Castaño, 1974, cited by Guzmán, 2009” because only original cites must be used.

In the bibliographic references, the names of authors must be written as follows: First the last name of each author separated by a comma from the name initials followed by a period. Authors must be separated from one another by commas, except for the last one which is separated by the conjunction “&” (see examples below 1 to 5).

When an author second last name is included, this must be put together with the first one with a hyphen (example: Gonzalez-Osorio, J.)

When the city is not the capital city, the name of the country must appear and for the case of the United States, only the State name abbreviation must appear. The publishing house, the city and the state (department or province) or the country name must be separated by commas (see example 1, 2 and 6).

When chapters of books or paper reports form congresses, conferences or symposiums are cited, the pages where cites appear must be specified (see examples 2 and 6).

The short or abbreviated name of the journal in which the article appears published must always be used. Separate the number of the volume placing this last one in parenthesis followed by a comma and writing then the article pages separated from one another by an “n dash” without leaving spaces (see example 7).

Only Master’s or Doctoral Thesis are cited, (see example 7).

Cites from informative readers, brochures, reports, communiqués, news bulletins, work documents or internet pages which are not official from non-recognized institutions in the article area, will not be accepted. Non-verifiable web pages citations will not be considered.

Examples:

1. **For books:**

Author/s. Year. Book title. Edition. Publishing house, Headquarters City.

Leopold, A.C. & Kriedemann, P.E. 1975. Plant growth and development. McGraw-Hill Inc., New York, NY.

2. **For book chapters:**

Author/s. Year. Chapter title. Pages (pp. #-#). In: editor or compiler's last name and name initials (ed.) or (comp.). Book title, edition, publishing house, headquarters city.

Alborn, H., Stenhagen, G. & Leuschner, K. 1992. Biochemical selection of sorghum crop varieties resistant to sorghum shoot fly (*Atherigona soccata*) and stem borer (*Chilo partellus*): Role of allelochemicals. pp. 21-29. En: Rizvi, S. J. H. & Rizvi, V. (eds.). Allelopathy: Basic and Applied Aspects. Chapman & Hall, Londres.

3. For journal articles:

Author/s. Year. Article title. Short or abbreviated magazine name. Volume (journal number): initial page-final page.

Aristizábal, M. & González, H. 1993. Efectos del daño mecánico y envejecimiento acelerado sobre el vigor de semillas de soya (*Glycine max* Merr.). Revista Agronomía. 1(6):10-13.

4. For electronic journals:

Author/s. Year. Title of publication (on line). Abbreviated or short journal name. Volume (journal number): initial page-final page. Consultation: month and year of consultation. Electronic address or URL (Uniform Resource Locator).

Montealegre, J. & López, C. 2010. Control of grey rot of apple fruits by biologically active natural products (on line) Trop. Plant. Pathol. 35 (5):271-276. Consulta: marzo de 2010. <http://www.scielo.br/pdf/tpp/v35n5/01.pdf>.

5. For Internet citations:

Author/s. Year. Article title. In: Name of the electronic publication, name of the web page, portal or page. Consultation: month and year. Electronic address or URL (Uniform Resource Locator).

Duarte, I.M., Almeida, M.T.M. & Brown, D.J.F. 1996. Tobacco rattle virus and its associated vector trichodorid nematodes in Portugal. In: Repositório Universidade do Minho. Consulta: abril de 2010. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/titulo/tobacco-rattle-virus-and-its-associated-vector-trichodorid-nematodes-in/id/49410702.html

6. For chapters of books or paper reports from congresses, conferences or symposiums and the like:

Author/s. Year. Name of paper. pp. #-#. In: Name of publication. Publishing house or institution. City, state, and country.

Uribe, A. 2004. Prevención y manejo de la Sigatoka negra. pp. 39-50. En: Memorias del Tercer Encuentro Nacional de Agronomía. Editorial Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.

7. For thesis or graduation papers:

Author/s. Year. Title. Degree awarded by the thesis (Master's or Doctorate). Educational institution. City, state, and country.

Becerra, J. 2010. Efecto de la micorrización sobre el manejo de nematodos fitopatógenos en plántulas de plátano híbrido “FHIA-20 AAAB”. Magíster en Fitopatología. Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia.

ARTICLES REMITTANCE

The articles can be sent via e-mail to revistagronomia@ucaldas.edu.co with a letter addressed to the journal editor in which it is certified that the article is UNPUBLISHED and that all the authors agree to submit the article for publication in the AGRONOMIA journal. Also, the remittance letter must include personal data of each one of the authors such as: names and last names, education, institutional affiliation, nationality, e-mail address, telephone numbers or address where they can easily be reached or, otherwise, the web page address where they can be consulted (see annexed format). In addition the correspondence author with address, telephone, fax number and e-mail address must be indicated. In the case some material has been taken from other publications (images, diagrams, and tables), the author's and the publishing house that published them authorization must be included.

Any additional information must be requested to:

revistagronomia@ucaldas.edu.co

www.4-72.com.co



LA RED POSTAL DE COLOMBIA

› Línea de Atención al Cliente Nacional ‹
01 8000 111210

REVISTA

AGRONOMÍA

FORMATO DE SUSCRIPCIÓN

Nombre / Name	
Cédula / Identification number	
Dirección / Address	
Ciudad / City	
Departamento / State	Código Postal / Zip Code
País / Country	
Teléfono / Phone Number	
Profesión / Profession	
Institución / Employer	
Correo Electrónico / E-mail	
Dirección de envío / Mailing Address	

Suscriptores Nacionales por un año. (2) Ejemplares

Se debe consignar en Bancafé, cuenta de ahorros No. 255050114 código 00HD005
Promoción e indexación de publicaciones científicas.

Mayores informes:

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados
Universidad de Caldas. Calle 65 No. 26 - 10
A.A 275 Manizales - Colombia
Tel: 8781500 ext. 11222 - 11442 Fax: ext. 11622

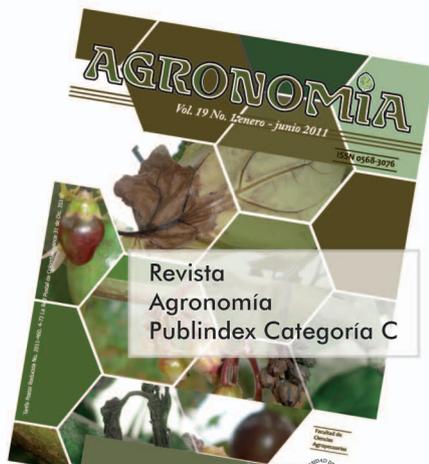
E-mail: revistascientificas@ucaldas.edu.co
revistagronomia@ucaldas.edu.co

Último ejemplar recibido / Last issue mailed:

Año/Year Volumen/Volume Número/Number Fecha / Date



Ventas, suscripciones y canjes
Vicerrectoría de Investigaciones y
Postgrados
Universidad de Caldas
Sede Central
Calle 65 No. 26 - 10
A.A. 275
Teléfonos: (+6) 8781500
ext. 11222
e-mail:
revistascientificas@ucaldas.edu.co
Manizales - Colombia



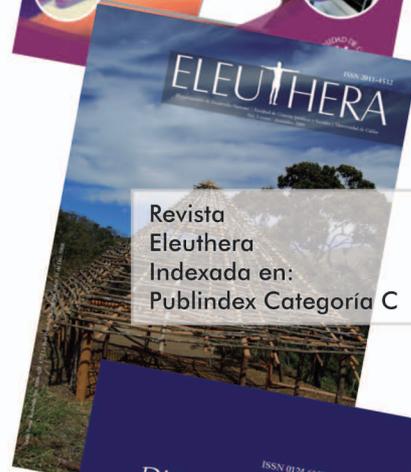
Revista
Agronomía
Publindex Categoría C



Revista
Biosalud
Indexada en:
Publindex Categoría B
Lilacs



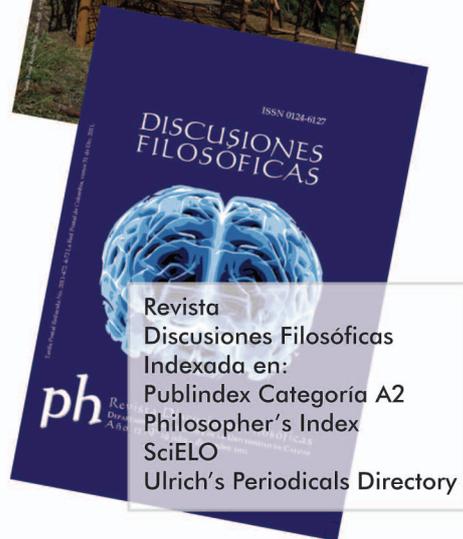
Revista
Cultura y Droga



Revista
Eleuthera
Indexada en:
Publindex Categoría C



Revista
Luna Azul (On Line)
<http://lunazul.ucaldas.edu.co>
Indexada en:
Publindex Categoría A2
Index Copernicus, DOAJ



Revista
Discusiones Filosóficas
Indexada en:
Publindex Categoría A2
Philosopher's Index
SciELO
Ulrich's Periodicals Directory

Revistas





Revista Boletín Científico Museo de Historia Natural Indexada en: Publindex Categoría A2 SciELO



Revista Colombiana de las Artes Escénicas



Revista Veterinaria y Zootecnia Indexada en: Publindex Categoría C



Revista Hacia la promoción de la Salud Indexada en: Publindex Categoría A2 Lilacs SciELO



Revista Jurídicas Indexada en: Publindex Categoría C DialNet



Revista Latinoamericana de Estudios Educativos Indexada en: Publindex Categoría C



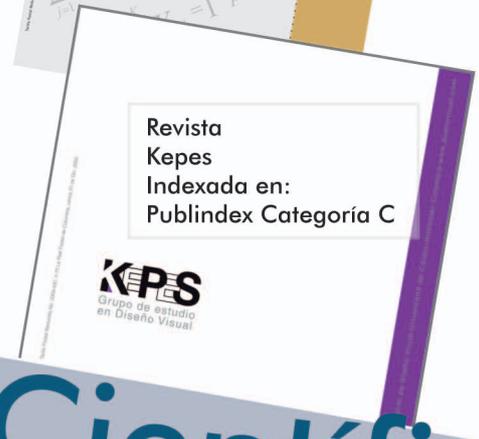
Revista Vector Indexada en: Publindex Categoría C



Revista de Antropología y Sociología (Virajes) Indexada en: Publindex Categoría C



Revista Universidad de Caldas



Revista Kepes Indexada en: Publindex Categoría C



Revista Latinoamericana de Estudios de Familia

Científicas



Esta revista se terminó de imprimir
en el mes de septiembre de 2012
en los talleres de Capital Graphic
Manizales - Colombia