

ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

AÑO 6

NÚMERO 1

2008



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

...Hacia una investigación comprometida

Proyecto “Producción y suministro de semillas de calidad, transferencia y capacitación en tecnología de producción, acondicionamiento poscosecha y almacenamiento en apoyo al Plan Integral de Alimentos del IDA”

Msc. Laura Ramírez Cartín

El Gobierno de Costa Rica, por medio de la institucionalidad pública del Sector Agropecuario y del Sector Social, impulsó la ejecución de un PLAN DE ALIMENTOS, que en lo que concierne al Sector Agropecuario, impulsó prioritariamente, el aumento de las áreas de producción en tres cadenas competitivas y sostenibles: arroz, frijol y maíz, además de un mayor impulso a otras cadenas alimentarias y procesos de investigación y transferencia de tecnología.

Las principales acciones del PLAN fueron orientadas hacia la reactivación de los programas de producción de semillas, investigación y transferencia de tecnología agropecuaria, de capacitación a pequeños productores de Asentamientos del IDA y técnicos del Sector para apoyar los procesos de asistencia técnica en granos básicos.

El Proyecto IDA-INTA se firmó en San José el 18 de julio, 2008. El objetivo general fue satisfacer la demanda por semillas de calidad de los productores de los asentamientos del IDA, así como transferir y capacitar a técnicos y productores líderes involucrados, en equipos y tecnologías de producción, acondicionamiento poscosecha y almacenamiento; además, prestar servicios tecnológicos que contribuyan a mejorar la producción y la disponibilidad de alimentos en los asentamientos en un plazo de tres años.



Desarrollo de nuevas variedades de maíz

Los objetivos específicos fueron: 1. Producir y poner a disposición semilla de calidad de arroz, frijol y maíz blanco, según demanda de los asentamientos

campesinos del IDA, para el establecimiento de módulos productivos familiares con un enfoque tecnológico de bajos insumos sintéticos. 2. Ofrecer opciones tecnológicas en producción, acondicionamiento poscosecha y almacenamiento de los cultivos de arroz, frijol y maíz blanco, por medio de diversas actividades de transferencia de tecnología y capacitación. 3. Realizar estudios de base y de aptitud de tierras en las diferentes zonas agroecológicas; así como estudios de diagnósticos en fitopatología, nematología, entomología, malerbología, microbiología y fertilidad de suelos, para un mejor uso de los recursos disponibles y de producción de los asentamientos según demanda del IDA. 4. Apoyar al Programa Integral de Alimentos del IDA en la definición de las especificaciones técnicas del equipo requerido para la producción, manejo, acondicionamiento poscosecha y almacenamiento de granos.



Productores evaluando variedades de frijol

RESULTADOS OBTENIDOS

a. Producción de semilla de granos:

- Recolección y limpieza de semillas para la producción de semilla base o de fundación en las Estaciones Experimentales del INTA. Para ello se acondicionaron aproximadamente 30 hectáreas.
- Producción y entrega al IDA de aproximadamente 14 toneladas métricas de semilla de arroz y maíz, limpia y certificada, para uso de productores de asentamientos en diferentes regiones según directrices del IDA.
- Gestión dentro de la Comisión Nacional de Semillas (CNP, ONS, INTA) para la producción de semilla certificada de frijol, en la Región Huetar Norte, considerando

las necesidades planteadas por el IDA. Esta semilla fue adquirida por el IDA a través del Consejo Nacional de Producción (CNP).

- A la fecha el INTA posee en su Cámara Fría ubicada en Cañas Guanacaste, cerca de 12 toneladas de semilla certificada de maíz amarillo, 0,5 toneladas de semilla Fundación de maíz blanco y aproximadamente 15 toneladas de semilla limpia de arroz de variedades criollas.



Producción de semilla de arroz
Lote de semilla certificada de arroz

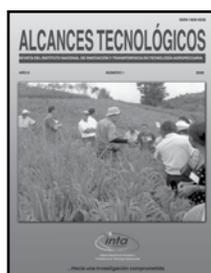


Producción de semilla de frijol y maíz



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

**Hacia una investigación
comprometida**
ALCANCES TECNOLÓGICOS



es la Revista Anual del
Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en
Tecnología Agropecuaria

ISSN-1659-0538

Año 6 / Número 1 / 2008

Comité Editorial

MSc. Nevio Bonilla Morales
Ing. Agr. Marco Vinicio Castro Bonilla
M.Sc. Carlos Hidalgo Ardón
MSc. Juan Mora Montero
MSc. Laura Ramírez Cartín
Ing. Agr. Juanita Elsa Morúa Miranda

Editoras

Ing. Agr. Juanita Elsa Morúa Miranda
MSc. Laura Ramírez Cartín

Foto de portada

Día de campo en cultivo de arroz,
La Gloria de Puriscal. San José,
Costa Rica. 2009

Fotografía de portada

Ing. Agr. Luis Demetrio
Monge Montero.

Diseño gráfico e impresión

Guilá Imprenta y Litografía

ÍNDICE

Estudio de eventos fenológicos en <i>Cratylia argentea</i>5 (Desv.) <i>O. Kuntze</i> cultivar veraniega. María Mesén Villalobos, William Sánchez Ledezma	
Determinación de plantas hospedantes alternas13 de <i>Steneotarsonemus spinki</i> en zonas arroceras de Costa Rica. Jean Alexander Gamboa Tabares, Ruth León González, Víctor Manuel Cartín Leiva, Francisco Álvarez Bonilla, Israel Garita Cruz	
Evaluación preliminar de diferentes germoplasmas27 de arroz (<i>Oryza sativa</i>) para determinar la preferencia del ácaro <i>Steneotarsonemus spinki</i> (Tarsonemidae) en Costa Rica. Ruth León González	
Efecto de diferentes tiempos de almacenamiento,45 desinfectantes y extractos vegetales en poscosecha sobre tubérculos de ñame blanco (<i>Dioscorea alata L.</i>) de exportación. Ligia Mayela López Marín	
Eficacia biológica de cuatro bionematicidas61 en el combate de (<i>Pratylenchus sp</i> y <i>Meloidogyne sp</i>) que afecta al cultivo de ñame. Ricardo Piedra Naranjo, Jorge Meckbel Campos, Edgar Aguilar Brenes, Marcos Brenes Chavarria.	
Identificación de razas del nematodo de quiste73 de papa (<i>globodera pallida</i> (stone)) con diferenciales o clones de papa Ricardo Piedra Naranjo, Miguel Obregón Gómez, Cristina Vargas Chacón, Jeannette Avilés Chaves, Jorge Meckbel Campos	
NOTAS TÉCNICAS	
Cambio climático. Cuantificación de la variación81 del clima en Turrialba en el último medio siglo. Sergio Abarca Monge	
Cambio climático. Variación agroecológica97 de Turrialba. Sergio Abarca Monge	

ESTUDIO DE EVENTOS FENOLÓGICOS EN *Cratylia argentea* (Desv.) O Kuntze CULTIVAR VERANIEGA

María Mesén Villalobos¹, William Sánchez Ledezma¹

RESUMEN

Cratylia argentea es una leguminosa forrajera arbustiva originaria de América del Sur. El objetivo del presente estudio fue realizar el seguimiento de los principales eventos fenológicos durante siete años, con el propósito de contribuir al conocimiento y a la propagación del cultivo en Costa Rica. El trabajo se desarrolló en una finca ubicada en el caserío El Estero, distrito San Antonio, cantón Puriscal, provincia San José. La topografía de la finca es irregular, la altitud 1.045 msnm y la temperatura y precipitación promedio anual son de aproximadamente 21,00 °C y 2.541 mm, respectivamente. La siembra se hizo de forma directa durante el mes de setiembre de 1998, a un metro entre surcos y entre golpes de siembra. La emergencia de plantas ocurrió a los 10 días. La floración se presentó durante el mes de setiembre, un año después de la siembra. En el transcurso de los años siguientes también hubo floración en el mes de setiembre, pero se prolongó hasta abril. Las últimas flores no se desarrollaron ya que el inicio de las lluvias provocó exceso de humedad, lo que ocasiona deterioro y caída de los botones florales. La cosecha se realizó de febrero a abril, diariamente para evitar pérdidas por dehiscencia. La producción de semilla fue de 0,12 t/ ha durante el primer año, ascendiendo a 2,45 t/ ha para el cuarto año; descendiendo a 0,83 t/ ha durante el séptimo año. El tamaño promedio de las vainas fue de 13,80 cm y la cantidad de semillas por vaina fue de 7,10 unidades. La cantidad promedio de semillas por kilogramo fue de 3.650, con una germinación que osciló entre 85 y 90 %. Se concluye que *Cratylia argentea* tiene un desarrollo inicial lento, una floración desuniforme y una producción de semilla con un comportamiento de forma parabólica durante el periodo de evaluación.

Palabras clave: *Cratylia argentea*, cultivar Veraniega, eventos fenológicos, arbusto, forraje.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina de carne y doble propósito en áreas tropicales depende en gran medida de los forrajes principalmente gramíneas, los cuáles generalmente no satisfacen los requerimientos de los animales. En general, los rumiantes que consumen pastos de baja calidad sufren deficiencias principalmente de energía, proteína y minerales.

En algunos casos los sistemas intensivos, a base de gramíneas fertilizadas, son una alternativa para mejorar la producción animal, sin embargo, cada vez es mayor la necesidad

de encontrar sistemas de bajos insumos para lograr una producción animal eficiente y en armonía con la naturaleza. Entre las opciones de alimentación que utilizan prácticas de uso de la tierra en forma sostenible se incluyen: los bancos de proteína, la siembra de cultivos forrajeros adaptados a suelos pobres, el uso de asociaciones herbáceas y arbóreas y muchos otros más (Martínez 1992).

En este sentido, las leguminosas en monocultivo o en asocio con gramíneas han sido reconocidas como fuente de

¹INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria) Costa Rica.

excelente forraje y como mejoradoras de la fertilidad del suelo. Su habilidad para fijar nitrógeno del aire y su alto contenido de proteína y minerales las hacen indispensables en la alimentación animal (Bernal 1991).

Un arbusto que ha dado muy buenos resultados en este sentido es *Cratylia argentea* que es originario de América del Sur, el cual ha sido evaluado y seleccionado por su buena adaptación a zonas con sequías prolongadas y suelos ácidos de baja fertilidad. (Argel y Lascano 1998 consultados por Argel *et al.* 2001, Orozco 2003 y Orozco 2005).

El género *Cratylia* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae y subtribu Diocleinae (Lascano *et al.* 2002). Esta leguminosa que alcanza entre 1,50 y 3,00 metros de altura, florece y produce semilla de buena calidad en condiciones de trópico húmedo o subhúmedo. Fue introducida a Costa Rica en el año 1988 y liberada como cultivar Veraniega en el año 2001 (Argel *et al.* 2001).

El cultivar Veraniega es una mezcla física de las accesiones *Cratylia argentea* CIAT 18516 y *Cratylia argentea* CIAT 18668, la cual se obtuvo al combinar cantidades iguales de semilla de estas dos accesiones y utilizar dicha semilla para experimentación. Lo mencionado anteriormente se llevó a cabo porque existía información procedente de México, Brasil, Colombia, Panamá y Costa Rica que demostraba que esas dos accesiones evaluadas eran las que mostraban mejores atributos y muy similares entre sí (Argel 2008)².

En Costa Rica esta leguminosa se ha propagado por medio de semilla sexual, en sitios que van desde 0 hasta 1.045 msnm la propagación por estaca no es efectiva.

Durante el año 1998 se introdujo *Cratylia argentea* a la Región Pacífico Central de Costa Rica a través del Proyecto de Reforestación de Fincas Ganaderas para realizar sus respectivas evaluaciones, con el fin de buscar mejores opciones de alimentación para la ganadería de la región.

El objetivo del presente estudio fue realizar el seguimiento de los principales eventos periódicos naturales involucrados con el arbusto cuyo propósito fue contribuir al conocimiento fenológico y a la propagación del cultivo en Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en una finca ubicada en el caserío El Estero, distrito San Antonio, cantón Puriscal, provincia San José. La topografía es irregular, situada a una altitud de 1.045 msnm, con una temperatura y precipitación promedio anual de aproximadamente 21 °C y 2.541 mm, respectivamente.

La siembra de 250 m² de área se realizó el 17 de setiembre de 1998, y se utilizó la técnica de cero labranza. Se empleó únicamente herbicida sistémico no selectivo, sembrando directamente en el suelo a una distancia de un metro entre surcos y un metro entre plantas depositando 3 semillas por golpe de macana. La profundidad de siembra fue de 1,50 cm, con el terreno suelto, dando doble golpe de macana en forma cruzada. La semilla se inoculó previamente con la cepa CIAT 3565 a razón de 50 g por kg de semilla. El inóculo se adicionó a la semilla diluido en agua de azúcar al 1,50 % (Uribe 1998)³.

Antes de la siembra se realizó el análisis de suelo, (Cuadro 1). La primera fertilización

²Argel, P. 2008. Origen del cultivar Veraniega (correo electrónico). Colombia. CORPOICA. Comunicación personal.

³Uribe, L. 1998. Inoculación de *Cratylia argentea* (consulta). San José, CR, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

se hizo a los 234 días de crecimiento de las plantas, a razón de 15 g de triple superfosfato (46 % de P_2O_5) por planta. Esta misma cantidad se aplicó durante cada uno de los años siguientes al inicio de las lluvias (Argel 1998)⁴. Cada año después de la cosecha, los arbustos se podaron y aproximadamente un mes después, se realizó la aplicación de fertilizante coincidiendo con el inicio de las lluvias. Estas fueron las únicas prácticas de manejo del cultivo realizadas durante los años de producción evaluados.

Se dio seguimiento a los eventos fenológicos durante la fase de establecimiento y luego durante los siete años consecutivos de producción. Los principales eventos registrados fueron los siguientes:

Tasa de crecimiento

Se tomó en cuenta la emergencia de las plantas para luego medir la altura de las mismas cada semana durante la fase de establecimiento y desarrollo hasta la primera poda. Luego se determinó la tasa de crecimiento durante los primeros 60 días y durante el periodo completo de la siembra a la primera poda.

Días a floración

Durante la fase de establecimiento y desarrollo se anotaron los días transcurridos de la siembra a la floración, considerando la floración cuando el 50 % de las plantas tuvieron alguna flor. Del segundo año en adelante, se anotó el mes de máxima floración, ya que la misma permaneció durante todo el período de cosecha.

Días a fructificación

Durante la fase de establecimiento y desarrollo se anotaron los días transcurridos de la siembra al inicio de la cosecha, la cual se inició al existir cambio de color en las vainas. Del segundo año en adelante se anotó el tiempo que permaneció la cosecha.

Producción de semilla

Para evaluar la producción de semilla se utilizó el método de recolección total de las vainas en toda la plantación. Se cosecharon las vainas directamente del arbusto, cuando cambiaban de color verde a café claro. El material cosechado se mantuvo al sol y cuando la mayoría de las vainas abrieron se terminó de extraer las semillas manualmente ya que muchas quedaron adheridas a las valvas. Por último, la semilla pura se separó de la basura por medio de una zaranda, la cual separó materiales extraños y residuos de vainas. Después de realizar este procedimiento, la semilla limpia se secó al sol un día más, para luego proceder a su almacenamiento. La producción total se pesó y se calculó la producción por hectárea. Este procedimiento se repitió durante siete cosechas consecutivas.

Con los datos de la producción de semilla colectada durante cada uno de los siete años (Cuadro 4) se realizó un análisis de regresión. Se utilizó el software de estadística y biometría Info Stat 2001 (UNC 2001).

Porcentaje de germinación

Se determinó el porcentaje de germinación de la semilla durante cada año de estudio para luego reportar el rango en que osciló el parámetro. La prueba se hizo en laboratorio a temperatura ambiente en recipientes de cristal con tapa, con papel filtro y humedad necesaria para estimular la germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de suelo (Cuadro 1) presentó un valor bajo de pH y alto en aluminio, como consecuencia el porcentaje de acidez es alto 22,80 %. Los contenidos de Ca, Mg, K, P, Mn, Cu y las relaciones Ca/ Mg y Mg/ K, estaban en un rango óptimo, mientras que en los demás elementos y relaciones se presentó desbalance (Berstch 1987).

⁴Argel, P. 1998. Fertilización de *Cratylia argentea*. (entrevista). San José, CR. CIAT. Comunicación personal.

Cuadro 1. Características químicas del suelo antes de la siembra. Puriscal, Costa Rica. 1998.

pH	Meq/ 100 ml suelo					Ug/ ml suelo			
	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
4,70	3,70	8,70	3,50	0,28	11,00	2,50	25,00	14,00	122,00

Fuente: Laboratorio de suelos, foliares y aguas del INTA.

El Cuadro 2 presenta los eventos que se identificaron durante el periodo de establecimiento, desarrollo, cosecha y primera poda del arbusto. Se observó que la emergencia de plántulas es muy rápida o sea las semillas tienen muy baja latencia, lo cual coincide con lo mencionado por (Argel *et al.* 2002). Sin embargo, el crecimiento de los arbustos durante el primer año es lento; durante el lapso de los primeros dos meses, el crecimiento diario fue de aproximadamente 0,12 cm por día, por esta razón, se debe tener la plantación libre de malezas que no retrasen el desarrollo del cultivo. La primera floración se logró en el mes de setiembre, o sea, 12 meses después de la siembra. La primera cosecha se dio a los 4,93 meses después de la floración. La floración se mantuvo durante todo el periodo de cosecha, con una disminución paulatina hacia el final del ciclo. La poda, durante el primer año, se realizó al inicio de las lluvias o sea en abril, inmediatamente después de terminada la primera cosecha. Sin embargo, durante los años siguientes, se realizó en cada planta al momento de terminar la cosecha, a una altura de 50 cm.

Cuadro 2. Información recopilada de la siembra a la primera poda. Puriscal, Costa Rica. 2000.

Evento	Características
Siembra	Setiembre, 1998
Emergencia de las plantas, días	10
Altura promedio de la plantación a los 60 días, cm	7,30
Tasa de crecimiento inicial, cm/ día	0,12
Periodo de floración	Setiembre 1999 – marzo 2000
Altura al inicio de la floración, cm	210
Tasa de crecimiento durante el periodo (210 días), cm/ día	0,70
Periodo de cosecha	Febrero - marzo, 2000
Periodo de poda	Primera semana de abril, 2000
Altura de poda, cm	50

El Cuadro 3 muestra que el inicio de la floración durante los siete años estudiados se presentó durante el mes de setiembre, sin embargo, la floración es poco sincronizada, se mantuvo durante tres meses, de modo que generalmente al terminar la cosecha en abril todavía prevalecen alguna inflorescencia, la cual no se desarrolla ya que el exceso de humedad las deteriora y luego se desprenden. Información similar a la reportada por Argel *et al.* (2002) y Lascano *et al.* (2002)

Cuadro 3. Información recopilada a partir del segundo año de cosecha hasta el final del estudio. Puriscal, Costa Rica. 2007.

Evento	Característica
Inicio de floración	Setiembre
Final de la floración	Abril
Color de la flor	98,80 % de plantas color lila y 1,20 % de plantas color blanco
Pérdida de flores	Las que emergen al final de la cosecha
Tipo de fruto	Legumbre dehiscente
Cosecha	Febrero, marzo y abril
Tamaño promedio de vainas, cm	13,80
Cantidad promedio de semillas por vaina	7,70
Germinación de la semilla producida, %	85 - 90
Poda de la plantación	Al terminar la cosecha cada año
Semillas por kilogramo	3.650,00
Presencia de hongos en la semilla	<i>Penicillium sp</i> y <i>Aspergillus sp</i>
Pérdida de plantas durante el quinto año, %	3,00

Se realizó la cosecha para cada periodo entre febrero y abril, efectuándose diariamente de forma manual, cosechando las vainas que iban cambiando de coloración verde a café claro. Las vainas después de cosechadas se terminan de secar al sol en lonas cubiertas con una malla para evitar la pérdida de semillas por el fenómeno de dehiscencia que presenta este cultivo, ya que las valvas se abren fácilmente y expulsan la semilla.

Argel *et al.* (2002) mencionan que la semilla debe ser almacenada en refrigeración en bolsas de papel, plástico o polietileno. Además, recomiendan que las semillas que van a ser guardadas por más de un año tratarlas con insecticida para evitar el ataque de insectos de granos almacenados.

Cada año se realizó la prueba de germinación, la cual demostró que la semilla producida es de muy buena calidad presentando de 85 a 95 % de

germinación; la cual disminuye para el año siguiente de 5 a 10 % si se mantiene a una temperatura aproximada de 13 °C. Sin embargo, la germinación disminuye en un 50 % al año siguiente si se mantiene a temperatura ambiente (datos similares a los reportados por Argel *et al.* 2002).

Durante el quinto año de producción hubo pérdida del 3 % de las plantas. El análisis de laboratorio indicó presencia de los hongos *Nectria spp* (cáncer en el tallo), *Phytophthora sp.* y *Graphium spp* (pudrición del tallo) (Laboratorio de Fitoprotección de Cultivos, INTA 2004)

La producción de semilla a partir del segundo año (Cuadro 4), fue superior a la reportada por Argel *et al.* 2001, quienes reportan producciones de 500 a 700 kg de semilla/ ha con plantas cortadas a 30 cm de altura y fertilizadas con fósforo al inicio de la época lluviosa en Atenas, Costa Rica.

Cuadro 4. Producción de semilla de *Cratylia argentea* durante siete años. Puriscal, Costa Rica. 2007.

Año	Producción de semilla, t/ ha
1	0,12
2	0,60
3	2,02
4	2,45
5	1,89
6	1,36
7	0,83

La semilla en la mayoría de los años evaluados tuvo presencia de los hongos *Penicillium sp* y *Aspergillus sp* (Laboratorio de Fitoprotección de Cultivos, INTA 2004).

Se puede observar que la producción de semilla durante siete años se comportó de forma parabólica, presentando la máxima producción a los cuatro años de edad de las plantas. Luego empezó a disminuir de modo que al sétimo año la producción es similar a la del segundo año (Figura 1). El modelo de regresión que describe este efecto es el siguiente: $Y = - 1,58 + 1,72x - 0,20x^2$.

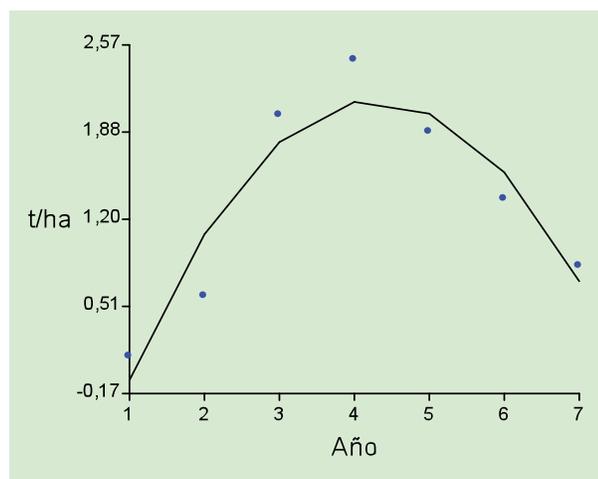


Figura 1. Producción de semilla de *Cratylia argentea*. Puriscal, Costa Rica. 2007.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en consideración las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el presente estudio, se formularon las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Durante el establecimiento del cultivo de *Cratylia argentea* se debe tener un estricto control de malezas ya que el crecimiento es muy lento.

La floración del arbusto se prolonga desde setiembre hasta abril.

Las flores que emergen al final del periodo no se desarrollan ya que el exceso de humedad hace que los botones florales se deterioren y se desprendan.

La producción de semilla durante siete años de estudio se comporta de forma parabólica, presentándose la máxima producción a los cuatro años de edad de las plantas.

La cosecha debe realizarse de febrero a abril, continuamente, preferiblemente todos los días para evitar pérdidas por dehiscencia.

Si hay presencia de hongos en las semillas, se debe tratar con un fungicida sistémico protector.

Se recomienda el tratamiento de la semilla con un fungicida sistémico protector, ya que hubo presencia de hongos en la misma. En el reporte del laboratorio se recomienda el fungicida Carboxin + Captan.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al señor Edén Delgado Delgado funcionario del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Región Central Sur, al Dr. Pedro Argel Montalvo de la oficina de CIAT en Costa Rica y a los ingenieros Marco Vinicio Castro Bonilla y Beatriz Sandoval Carvajal del INTA por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Argel, P.; Hidalgo, C.; González, J.; Lobo, M.; Acuña, V.; Jiménez, C. 2001. Cultivar Veraniega. s.e. (Boletín Técnico). San José, CR, 22 p.
- Giraldo, G.; Peters, M.; Lascano, C. 2002. Producción artesanal de semillas de *Cratylia* (*Cratylia argentea*). s.e. (Boletín técnico). San José, CR, 16 p.
- Bernal, J. 1991. Pastos y forrajes tropicales. 2ª ed. Colombia. Banco ganadero. p. 273.
- Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Costa Rica. 2ª ed. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 82 p.
- INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, CR). 2004. Reporte del Laboratorio de Fitoprotección de Cultivos. 1 p.
- Lascano, C.; Ávila P.; Bueno, G.; Argel, P.; 2002. Cultivar Veranera (*Cratylia argentea* Desvaux O. *Kuntze*). (en línea). Bogotá, Co. CIAT. Consultado 10 de dic 2008. Disponible en http://www.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/cratylia_argentea_cv_veranera. 24 p.
- Martínez, A. 1992. Disponibilidad, composición botánica, selectividad y calidad nutritiva de seis asociaciones gramínea - leguminosa. Tesis, Mag Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 120 p.
- Orozco, E. 2005. Bancos forrajeros. s.e. (Boletín Técnico). San José, Costa Rica, 47 p.
2003. El arbusto forrajero *Cratylia argentea* cultivar Veraniega. s.e. (Boletín Técnico) San José, Costa Rica, 23 p.

UNC (Universidad Nacional de Córdoba, AR).
2001. Info Stat: Software de Estadística y Biometría Info Stat 2001. Versión 1.0.

DETERMINACIÓN DE PLANTAS HOSPEDANTES ALTERNAS DE *Steneotarsonemus spinki* EN ZONAS ARROCERAS DE COSTA RICA

Jean Alexander Gamboa Tabares¹, Ruth León González², Víctor Manuel Cartín Leiva³,
Francisco Álvarez Bonilla⁴, Israel Garita Cruz⁵

RESUMEN

Steneotarsonemus spinki constituye una de las plagas de reciente aparición y de las más notables para el arroz en Costa Rica. El objetivo de este trabajo fue determinar en campo las arvenses, asociadas a campos de arroz en Costa Rica, que sirven de hábitat al ácaro *S. spinki*. Entre agosto y septiembre, 2007, se tomaron muestras de plantas asociadas a 16 campos de arroz *Oryza sativa*, en cuatro zonas arroceras: Brunca, Pacífico Central, Huetar Atlántico y Chorotega; afectadas por altas densidades poblacionales del ácaro *S. spinki*. Con la ayuda de estereoscopio se determinó la presencia de *S. spinki* en las especies arvenses *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Oryza latifolia* y *Rottboellia cochinchinensis*; y densidades poblacionales de 0,4; 0,1; 13,2 y 0,2 ácaros/ planta, respectivamente.

Palabras clave: *Oryza sativa*, *Steneotarsonemus spinki*, plantas hospedantes.

INTRODUCCIÓN

Los tarsonémidos constituyen uno de los grupos de ácaros de mayor importancia para el hombre en la agricultura por constituir plagas de muchos cultivos. Entre los géneros de más interés se encuentra *Steneotarsonemus*, de amplia distribución mundial, y el segundo en número de especies (60) dentro de la familia.

Se ha informado de varias especies de ácaros pertenecientes a la familia Tarsonemidae que se encuentran en arroz: *Steneotarsonemus spinki* Smiley, *Steneotarsonemus furcatus* De León y *Steneotarsonemus spirifex* Marchal (Reyes 2005). El ácaro fitófago *S. spinki* se encontró en Costa Rica en agosto de 2004 (Barquero 2004) como parte del complejo de organismos causantes del vaneado de la panícula y la pudrición de la vaina de arroz.

¹ Tesis sometida a consideración del Tribunal Examinador del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad Nacional para optar al grado de Magíster Scientiae en Agricultura Alternativa con mención en Agricultura Ecológica. Ingeniero Agroecólogo. Docente-investigador Universidad de la Amazonia. Correo electrónico: gamboatabares@gmail.com.

² Instituto Nacional de Investigación e Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Correo electrónico: rleon@inta.go.cr Dpto. Investigación e Innovación Tel.:2231- 5055.

³ Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Te.: 2277-3298. Correo Electrónico: vcartin@una.ac.cr.

⁴ Equipo de Extensión Agrícola. Dirección Regional Chorotega. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Liberia, Costa Rica.

⁵ Gerente de Investigación Duwest Inc. Centroamérica y Caribe. Correo electrónico: Israel.Garita@duwest.com. Apartado postal: 219-3009 Santa Bárbara de Heredia, Costa Rica.

El ácaro *S. spinki* se establece en las plantas y con ayuda de sus quelíceros succiona directamente el contenido de células epidérmicas de las hojas, lo que disminuye la capacidad fotosintética y produce alteraciones en el crecimiento de las plantas. En las hojas afectadas se incrementa agudamente la transpiración, se rompe el balance hídrico y se interrumpe el proceso de fotosíntesis. Además, provoca daños indirectos al ser diseminador de hongos y bacterias; así como por la inyección de tóxicos en el proceso de alimentación. Se ha observado que en los daños mecánicos producidos por este fitófago aparecen síntomas muy severos de organismos oportunistas que agudizan el cuadro de daño y pérdidas de calidad y cantidad de la producción (Almaguel 2002)

En los países afectados por este ácaro, se recomienda la implementación de métodos de manejo integrado basados fundamentalmente en la eliminación de los restos de cosechas y de arvenses asociadas al cultivo, uso racional de los fertilizantes nitrogenados, conservación y aumento de los enemigos naturales, siembra de los campos colindantes con un período no menor de tres semanas de diferencias y empleo de variedades resistentes, y como última alternativa se plantea la utilización de productos químicos. Este método de manejo integrado de plagas (MIP) es definido por Hilje (1995) como una noción o estrategia, de carácter preventivo y perdurable, que combina varias tácticas compatibles para reducir las poblaciones de organismos a niveles que no causen pérdidas económicamente importantes, con efectos negativos mínimos sobre el ambiente o la salud humana.

En lo referente a la posible relación *S. spinki* - plantas hospedantes, es necesario analizar cuán adecuada es cada planta hospedante para la supervivencia, desarrollo y reproducción del ácaro, lo que en gran parte define el potencial para aumentar sus poblaciones. Posteriormente, es conveniente estudiar la biología de *S. spinki* sobre las especies hospedantes y así poder determinar el papel que juega cada especie en la

problemática provocada por el ácaro en los agroecosistemas arroceros costarricenses. Y un tercer componente relacionado con este problema, es el efecto que cada planta hospedante pueda tener sobre la interacción del ácaro fitófago y sus enemigos naturales (interacción de tres niveles tróficos)

Las plantas hospedantes de *S. spinki* registradas en la literatura para diferentes países, incluyen 11 especies de plantas pertenecientes a tres familias botánicas: *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Lingnania chungii* (McClure) McClure, *Schizostachyum funghomii* McClure, *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch, *Leersia hexandra* Sw., *Paspalum sp.*, *Oryza latifolia* Desv., *Echinochloa colona* (L.) Link, y *Panicum purpuracens Raddi*, de la familia Poaceae; *Amaranthus spinosus* L., de la familia Amaranthaceae; y *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) Palla, de la familia Cyperaceae. Muchos de estos registros no indican datos referenciales ni procedencia de la información sobre el material estudiado, por lo que la información a ser corroborada resulta insuficiente.

El estudio de plantas hospedantes contribuirá a definir la importancia de éstas en el manejo integrado de ácaros plagas y en la toma de decisiones para el manejo y combate de *S. spinki*. Por estas razones, la presente investigación ha propuesto determinar las plantas asociadas a campos de arroz en Costa Rica, que sirven de hábitat al ácaro *S. spinki*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio en campo de plantas hospedantes de *S. spinki* se realizó durante los meses de agosto y septiembre de 2007. Se evaluaron 16 campos de arroz, distribuidos en cuatro regiones arroceras de Costa Rica: Brunca, Pacífico Central, Huetar Atlántico y Chorotega. En la Figura 1 y el Cuadro 1, se indican algunas características ambientales de los predios muestreados en cada región arroceras.

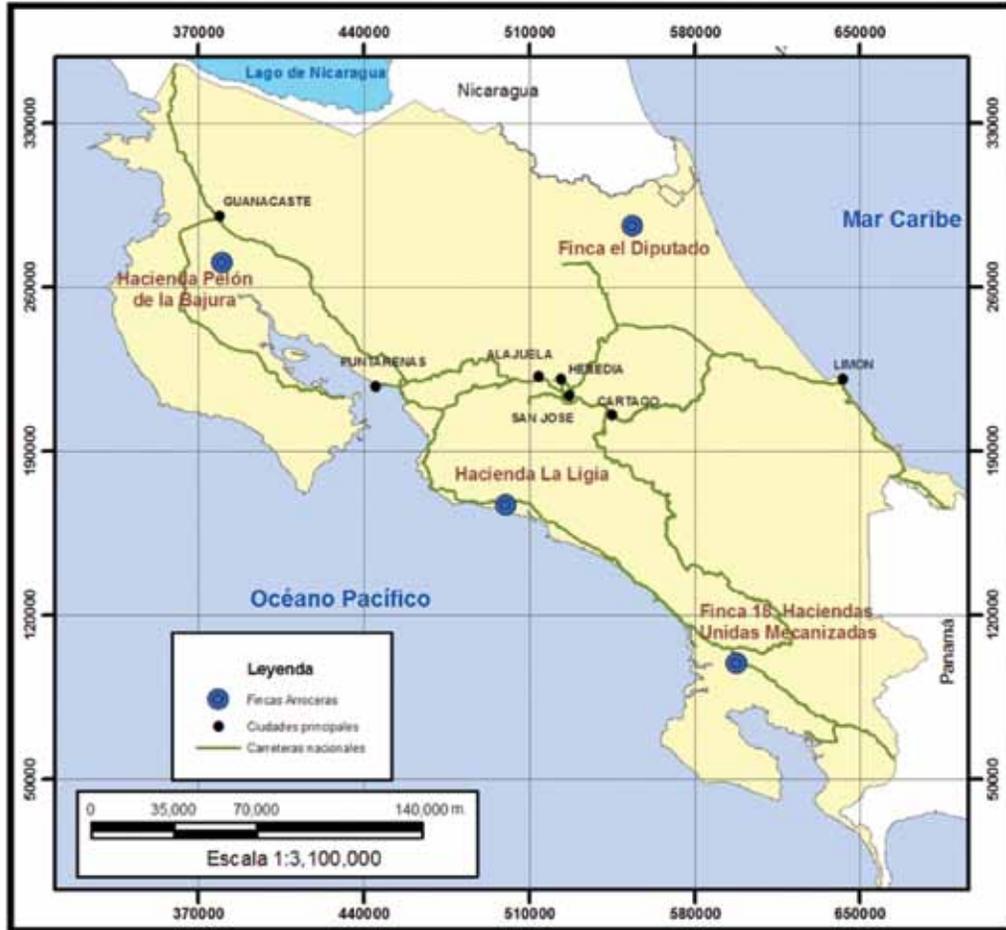


Figura 1. Ubicación de las fincas arroceras muestreadas en Costa Rica. Agosto-Septiembre, 2007.

Cuadro 1. Características ambientales de los lugares de muestreo. En las cuatro fincas arroceras muestreadas en Costa Rica. Agosto-Setiembre, 2007.

Región	Provincia	Cantón	Fincas	Altitud (msnm)	Precipitación promedio anual (mm)	Temperatura promedio anual (°C)	Zona de vida según clasificación de Holdridge *
Brunca	Puntarenas	Osa	Finca 18 Haciendas Unidas Mecanizadas	0 – 100	4.000	25	bmh-P6
Pacífico Central	Puntarenas	Parrita	La Ligia	0 - 100	3.000	25	bh-T2
Huetar Atlántico	Heredia	Sarapiquí	El Diputado	0 – 100	4.500	25	bmh-T
Chorotega	Guanacaste	Liberia-Bagaces	Hacienda Pelón de la Bajura	0 – 100	2.000	27	bh-P6

Fuente: Holdridge (1993).

* bmh-P6: bosque muy húmedo premontano transición a basal; bh-T2: bosque húmedo tropical transición a perhúmedo, bmh-T: bosque muy húmedo tropical, bh-P6: bosque húmedo premontano transición a basal.

Muestreo

La selección de los campos de arroz muestreados se basó en dos condiciones: arroz donde hubo ácaros *S. spinki* en la cosecha anterior y campos donde estaba el ácaro en plantas de arroz al momento de muestreo. El Cuadro 2 resume algunas características de los campos muestreados.

Cuadro 2. Características de los campos muestreados en distintas regiones arroceras de Costa Rica. Agosto-Setiembre, 2007.

No.	Predio	Nombre de campo muestreado	Área (Hectáreas)	Condición de Campo
1	Finca 18 H.U.M	24	151,54	Floración
2	Finca 18 H.U.M	22	44,07	Maduración
3	Finca 18 H.U.M	Paniagua	51,36	15 días después de cosecha
4	La Ligia	Coyoles	3,50	15 días después de cosecha
5	La Ligia	Río Melón Bajo – Barbudal	10,60	Siete días después de cosecha
6	La Ligia	Misteriosa	17,00	Embuchamiento
7	La Ligia	Cola de venado	18,50	Floración
8	La Ligia	Naranja Bajo – Maternidad Bajo	33,30	Un mes después de cosecha
9	El Diputado	El Diputado	37,00	Primordio
10	El Diputado	La Plaza	13,00	Primordio
11	El Diputado	Los Zúñiga 1	30,00	Maduración
12	El Diputado	Los Zúñiga 2	40,00	Maduración
13	Hacienda Pelón de la Bajura	Jobo Cutacha	142,00	Un mes después de cosecha
14	Hacienda Pelón de la Bajura	Río Seco 3	70,00	Arroz voluntario
15	Hacienda Pelón de la Bajura	Bambú 1 y 2	140,00	Arroz voluntario
16	Hacienda Pelón de la Bajura	Parcelas	40,00	Macollamiento

En cada campo se identificaron y seleccionaron sitios con vegetación en: bordes, entrada maquinaria, interior y canal de drenaje. Para cada sitio, se estableció un punto de muestreo circular de ocho metros de radio, es decir de aproximadamente 201 m²; y se recolectaron en cada punto tres plantas por especie silvestre presente. Mediante uso de bisturí, se tomaron de cada planta tres muestras (cuatro centímetros cada una) de: vainas de hojas, inflorescencias y frutos, para la búsqueda de *S. spinki*.

Cada una de las muestras se observaron a través del estereoscopio (Olympus Tokio Japan 219719) a 20X, en búsqueda de *S. spinki*. Los individuos fueron capturados mediante utilización de pincel de punta fina (número 00). Los huevos, estados inmaduros y adultos del ácaro fueron contados y depositados en frascos con alcohol al 75 % como medio de preservación.

Montajes e identificación taxonómica de *S. spinki*

Los individuos capturados y colocados en medio de preservación (Alcohol 75 %), se llevaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional – Sede Central, para los respectivos montajes en medio Hoyer. Debido a que los ácaros fueron conservados en alcohol al 75 %, se lavaron con agua destilada al momento de hacer los respectivos montajes, para evitar encogimientos posteriores. En una gota de la solución del medio del montaje puesta en el centro del portaobjetos, se colocaron hasta cinco ácaros y se les hizo descender con ayuda de la punta de un pincel fino al fondo de la gota; allí quedaron en la forma y orden deseados. Inmediatamente se taparon con un cubreobjetos circular de 12 mm de diámetro. Luego de montar una serie de láminas correspondientes a la misma muestra se procedió a rotular las laminillas. Se colocaron dos etiquetas; en la de la izquierda se escribieron los datos de recolección con tinta indeleble (fecha, localidad, hospedero, colector), y en la de la derecha, el número de colección y la identificación. Finalmente las láminas fueron secadas en estufa a 45 °C durante cuatro días, y, posteriormente selladas y almacenadas en posición horizontal dentro de cajas de madera para colecciones de ácaros.

La identificación de la especie, se realizó mediante la clave de Smiley *et al.* (1993). Esta clave ilustrada incluye especies de ácaros del género *Steneotarsonemus* (Familia Tarsonemidae) que son plagas en el hemisferio occidental, tales como: *S. brasiliensis*, *S. hyaleos* Beer, *S. furcatus* De León, *S. friedmani* Smiley, *S. bancrofti* (Michael), *S. spinki* Smiley, *S. kruseae* Ochoa, *S. konoii* Smiley, *S. phyllophorus* (Ewing), *S. paspali* De León, y *S. spirifex* Marchal.

Caracterización poblacional

Las características poblacionales de *S. spinki* en plantas hospedantes fueron evaluadas mediante las siguientes variables: número de

individuos/ estadio en hojas, flores y frutos. Se realizó el conteo total de individuos por estadios encontrados en las muestras de plantas tomadas, para cada especie silvestre, y se evaluaron las siguientes variables: número total de huevos, número de individuos en estados inmaduros, hembras adultas y machos adultos encontrados.

Para el análisis de la información recopilada se utilizó una técnica de estadística descriptiva que permitió determinar diferencias entre: preferencia del ácaro por plantas hospedantes encontradas y número de especies hospedantes en las regiones arroceras muestreadas. Con la información obtenida de la presencia de *S. spinki* y número de individuos por estadio encontrados en vainas de hojas, inflorescencias y frutos, se determinó el hábitat preferencial del ácaro en cada especie hospedante y la proporción poblacional entre cada fase del ciclo de desarrollo y la población total encontrada.

Finalmente, de acuerdo con la información obtenida, fueron seleccionadas las dos especies de plantas arvenses con mayor potencial hospedante para *S. spinki*. Estas dos especies fueron evaluadas posteriormente, para determinar la duración del ciclo de vida del ácaro y así poder concluir acerca de la existencia de plantas hospedantes en las zonas arroceras de Costa Rica, que permiten que el ácaro sobreviva en épocas donde no están establecidos los campos de arroz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muestreo

Se realizó la búsqueda de *S. spinki* en 60 especies de plantas asociadas a 16 campos de arroz en Costa Rica, de las que cuatro especies de arvenses (plantas que crecen en forma silvestre en campos cultivados o ambientes antropogénicos).

Su presencia puede tener efectos negativos o no sobre el cultivo. Malezas de importancia en el cultivo de arroz, pertenecientes a la

familia Poaceae, presentaron presencia de *S. spinki*. Las familias botánicas con mayor número de especies muestreadas fueron Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae, con 22, 11 y 5 especies, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Relación de plantas muestreadas y plantas con presencia de *S. spinki* en campos de arroz. 2007.

Nombre científico	Familia	Nombre común	<i>S. spinki</i>
<i>Alternanthera polygonoides</i> (L.) R. Br.	Amaranthaceae	Botoncillo	-
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	Bledo espinoso	-
<i>Anthephora hermaphrodita</i> (L.) Kuntze	Poaceae	Falso abrojo	-
<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C. Gregory	Fabaceae	Maní forrajero	-
<i>Canna indica</i> L.	Cannaceae	Achira	-
<i>Caperonia palustris</i> (L.) A. St.-Hil.	Euphorbiaceae	Caperonia	-
<i>Cassia tora</i> L.	Fabaceae	Casia	-
<i>Chloris radiata</i> (L.) Sw.	Poaceae	Cola de zorro	-
<i>Cleome viscosa</i> L.	Capparaceae	Cleome	-
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D. Don.	Melastomataceae	Peludo	-
<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	Coco	-
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Commelinaceae	Hierba de pollo	-
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Zacate bermuda	-
<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	Poaceae	Estrella	-
<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	Cyperaceae	Tres filos	-
<i>Cyperus ferax</i> Rich.	Cyperaceae	Coyolillo	-
<i>Cyperus flavus</i> J. Presl & C. Presl	Cyperaceae		-
<i>Cyperus iria</i> L.	Cyperaceae	Sontol	-
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	Cyperaceae	Coyolillo	-
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Coyolillo	-
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Poaceae		-
<i>Digitaria</i> sp.	Poaceae	Alambrillo	-
<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Poaceae	Arrocillo	+
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	Asteraceae	Botoncillo	-
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	Poaceae	Pata de gallina	+
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Asteraceae	Clavelillo	-
<i>Erechtites hieraciifolius</i> (L.) Raf. Ex DC.	Asteraceae	Hierba de cabro	-
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl.	Cyperaceae	Pelo de chino	-
<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl.	Cyperaceae	Pelo de chino	-
<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) P. Beauv.	Poaceae	Caña brava	-
<i>Hedychium coronarium</i> J. König	Zingiberaceae		-
<i>Heliotropium indicum</i> L.	Boraginaceae	Alacrancillo	-
<i>Hemidiodia ocymifolia</i> (Willd. Ex Roem. & Schult.) K. Schum	Rubiaceae	Chiquizá	-
<i>Heteranthera limosa</i> (Sw.) Willd.	Pontederiaceae	Lirio	-
<i>Homolepis aturensis</i> (Kunth) Chase	Poaceae	Zacate amargo	-

Nombre científico	Familia	Nombre común	<i>S. spinki</i>
<i>Ischaemum rugosum</i> Salisb.	Poaceae	Zacate manchado	-
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	Cyperaceae	Fosforito	-
<i>Leptochloa filiformis</i> (Pers.) P. Beauv.	Poaceae	Plumilla	-
<i>Leptochloa uninervis</i> (J. Presl.) Hitchc. & Chase	Poaceae	Plumilla	-
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H. Raven	Onagraceae	Clavito	-
<i>Ludwigia sericea</i> (Cambess.) H. Hara	Onagraceae	Clavito	-
<i>Mimosa pigra</i> L.	Fabaceae	Zarza	-
<i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenan	Commelinaceae	Cangrejillo	-
<i>Oryza sativa</i> L.	Poaceae	Arroz	+
<i>Oryza latifolia</i> Desv.	Poaceae	Arroz pato	+
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	Pasto guinea	-
<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd. Ex Flüggé	Poaceae	Gamalote	-
<i>Paspalum virgatum</i> L.	Poaceae	Zacate de burro	-
<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth	Piperaceae	Lombricilla	-
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Euphorbiaceae	Tamarindillo	-
<i>Physalis angulata</i> L.	Solanaceae	Farolito chino	-
<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (B. Juss. Ex Aubl.) C.F. Baker	Asteraceae	Oreja de burro	-
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton	Poaceae	Zacate indio	+
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae	Caña de azúcar	-
<i>Scleria melaleuca</i> Rchb. ex Schtdl. & Cham.	Cyperaceae	Navajuela	-
<i>Scleria pterota</i> C. Presl.	Cyperaceae	Quiebra muela	-
<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	Escobilla	-
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Poaceae	Sorgo	-
<i>Tridax procumbens</i> L.	Asteraceae	Hierba del toro	-
<i>Urochloa mollis</i> (Sw.) Morrone & Zuloaga	Poaceae		-

De las especies arvenses encontradas con presencia de *S. spinki*, *E. colona* tuvo la mayor frecuencia de muestreo con un total de 90 plantas, de las que se evaluaron 270 muestras de vainas de hojas e igual número de inflorescencias. En las plantas positivas, el número máximo de individuos encontrados fue de 17 y el mínimo de uno.

La especie *O. latifolia*, fue la arvense que presentó el mayor número de individuos de *S. spinki*. En total fueron muestreadas 60 plantas de la especie, y evaluadas 180 muestras de vainas de hojas e igual número de inflorescencias. El número de individuos por planta encontrado osciló entre 1 y 118.

De las arvenses *E. indica* y *R. cochinchinensis*, fueron muestreadas 54 y 39 plantas, respectivamente. Las plantas con presencia de *S. spinki* presentaron entre uno y tres individuos por planta.

El hábitat preferencial de *S. spinki* en las plantas hospedantes encontradas fueron las vainas de hojas, y solamente en dos ocasiones fueron halladas hembras en inflorescencias de *E. colona*. La mayor presencia del ácaro se observó en áreas de bordes de los campos evaluados, seguido de los sitios por donde ingresa la maquinaria a realizar labores agrícolas.

Caracterización poblacional

Los muestreos sobre plantas de arroz comercial y residuos de cosecha de *O. sativa*, indicaron densidades de *S. spinki* para las regiones Brunca, Pacífico Central, Huetar Atlántico y Chorotega de 37,80; 23,10; 34,20; 35,70 ácaros/ planta, respectivamente (Figura 2). Es necesario aclarar que el valor promedio por planta, se toma teniendo en cuenta solamente las poblaciones encontradas en 12 cm de longitud provenientes de tres vainas de hojas evaluadas. En general, la densidad del ácaro en plantaciones de arroz comercial establecidas es de 28,90 ácaros/ planta y para residuos de cosecha (socas) de 34,80 ácaros/ planta.

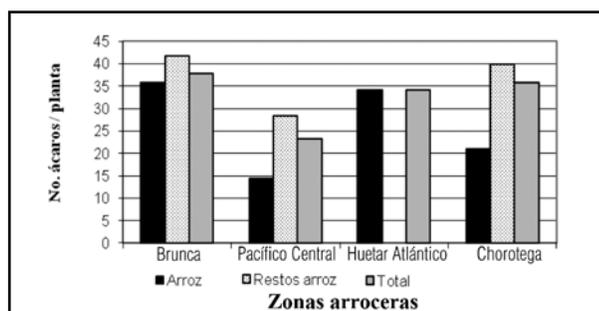


Figura 2. Densidad poblacional de *S. spinki* en *Oryza sativa*, en cuatro zonas arroceras de Costa Rica. 2007.

En el Cuadro 4 se muestra el número total de individuos encontrados, número de huevos, estados inmaduros (larvas activas + larvas inactivas), adultos hembras y adultos machos, hallados en plantas de arroz comercial y en especies arvenses asociadas a campos de arroz. Solamente en *O. sativa* y *O. latifolia* se encontraron todos los estados del ciclo de vida de *S. spinki*, y con menor densidad poblacional en *O. latifolia*. En *E. colona* hubo presencia de hembras adultas del ácaro (uno a cuatro individuos/ planta), y ocasionalmente poco número de huevos (uno a tres huevos/ planta). Solamente fue posible la observación de una larva móvil sobre vainas de hojas de la especie. En *E. indica* y *R. cochinchinensis* se encontraron hembras de *S. spinki*, en baja densidad poblacional (uno a tres individuos/ planta).

Cuadro 4. Presencia de *S. spinki* en arvenses asociadas al cultivo del arroz en cuatro zonas arroceras de Costa Rica. 2007.

Especie hospedante	Huevos	Estados inmaduros	Machos	Hembras	TOTAL
<i>Oryza sativa</i>	1.733	1.608	435	584	4.360
<i>Oryza latifolia</i>	126	377	57	234	794
<i>Echinochloa colona</i>	9	1	0	23	33
<i>Eleusine indica</i>	0	0	0	8	8
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	0	0	0	7	7

En este trabajo se encontró que *S. spinki* es abundante en *O. sativa* y *O. latifolia*, y se presenta ocasionalmente y en bajas densidades poblacionales en las otras tres especies arvenses asociadas a los campos de arroz en Costa Rica. La densidad de *S. spinki*, referida como el número de ácaros por plantas muestreadas, aparecen en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Densidad de *S. spinki* por especie vegetal encontrada en cuatro zonas arroceras de Costa Rica. 2007.

Especie	n	Número individuos/ n
<i>Oryza sativa</i>	138	31,60
<i>Oryza latifolia</i>	60	13,20
<i>Echinochloa colona</i>	90	0,40
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	39	0,20
<i>Eleusine indica</i>	54	0,10

Se destacó la alta densidad del ácaro (13,20) en todos sus estados de desarrollo sobre la arvense *O. latifolia*, así como la presencia de tres estados de desarrollo (huevo, larva móvil y adultos hembras) en *E. colona*. La baja densidad de *S. spinki* en *E. indica* y *R. cochinchinensis* y la presencia de solamente

hembras, sugirió que estas dos especies arvenses son hospedantes ocasionales o accidentales, resultado de los mecanismos (viento, maquinaria, y lluvia) de transporte del ácaro en los campos de arroz.

En los análisis gráficos de la estructura de población de *S. spinki* en plantas hospedantes (Figura. 3), se observó que en *O. sativa* y *O. latifolia* hubo una tendencia similar en el porcentaje de individuos por planta que corresponden a machos adultos y estados inmaduros, y marcada diferencia en el porcentaje de hembras y huevos encontrados, con respecto a la población total que se encontró en cada especie. En *E. colona* el mayor porcentaje de la población fueron hembras adultas; se observó bajo número de huevos y estados inmaduros, y no hubo presencia de machos adultos.

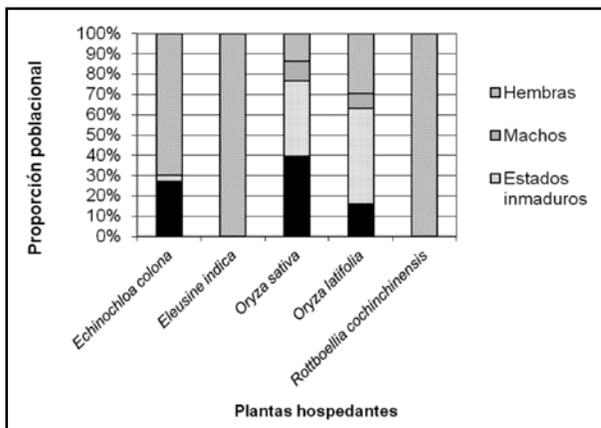


Figura 3. Proporción poblacional de *S. spinki* en plantas hospedantes arvenses presentes en agroecosistemas de arroz en Costa Rica. 2007.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El ácaro presente en las vainas de arroz y arvenses asociadas a los agroecosistemas muestreados de cuatro zonas de Costa Rica fue identificado como *S. spinki*. En el interior de las vainas de arroz se observaron zonas necrosadas con altos niveles de la población del ácaro (huevos, estados inmaduros,

adultos). De acuerdo con la metodología de muestreo empleada, se registraron las mayores poblaciones del ácaro en *O. sativa*, con un promedio general de 2,70 ácaros/cm². Sin embargo, este valor es bajo si se compara con algunos reportes que indicaron poblaciones promedio de 300 ácaros/cm² en las hojas banderas y de 85 ácaros/cm² en el resto de las vainas (Socorro y Almaguel 1997). La baja densidad del ácaro encontrada en plantas de arroz, se debió probablemente a que todos los campos muestreados habían sido sometidos días antes del muestreo, a combate químico del ácaro.

Se denomina arroz rojo a algunas poblaciones de *O. sativa* que se comportan como malezas en los agroecosistemas cultivados con arroz comercial. Es la maleza más dañina en los campos arroceros de todo el mundo, debido a su agresividad y difícil manejo (Diarra *et al.* 1985). El arroz rojo *Oryza sativa* L., es muy susceptible al ácaro, por lo que es común observar en éste altas infestaciones del ácaro en plantas que crecen en los camellones y bordes de los canales en campos de Costa Rica (Álvarez 2004). En el presente trabajo no se realizaron muestreos al arroz rojo, pues el objetivo de la investigación eran aquellas especies diferentes a *O. sativa* que pudieran hospedar de manera casual o alterna a *S. spinki*.

Con respecto a la presencia del ácaro en especies distintas al arroz, Álvarez (2004), concluyó que *S. spinki* sólo se desarrolla en el género *Oryza* (arroz contaminantes y arroz rojo). Igualmente, Socorro y Almaguel (1997), informaron en su momento, que en los muestreos realizados en Cuba sobre plantas asociadas y botánicamente similares al arroz, no se ha encontrado otros hospedantes. Los mismos investigadores concluyeron que según los conocimientos adquiridos hasta esa fecha, no era probable que en las condiciones de cultivo de dicho país (arroz todo el año) aparecieran arvenses infectadas por esta plaga. Sin embargo, Torre *et al.* (2005), detectaron a *S. spinki* en plantas de *E. colona*, *Panicum purpureans* y *Amaranthus spinosus*.

Fue interesante haberlo encontrado dentro de inflorescencias de *A. spinosus*, pues se tenían informes de que estos ácaros sólo habitaban dentro de vainas de las hojas de gramíneas. Los individuos de esa muestra estaban perfectamente formados y en buena población de ambos sexos. Por lo anterior, es necesario que en los campos con incidencia de *S. spinki*, se realicen periódicamente muestreos sobre plantas asociadas a los agroecosistemas, pues posiblemente la necesidad extrema de fuentes alimenticias hizo que el ácaro emigre a otras especies y se adapte temporalmente a nuevas condiciones alimenticias y de hábitat.

Las arvenses causan daños directos en el cultivo de arroz por la competencia de luz, agua y nutrimentos, lo que provoca disminución en la cosecha; e indirectos porque pueden ser hospederas de insecto-plaga, ácaros-plaga y enfermedades; y algunas producen compuestos alelopáticos que afectan el crecimiento normal del cultivo. En los agroecosistemas arroceros evaluados, las comunidades de arvenses presentaron mayor número de especies y familias en los bordes y canales de riego; por lo que estos sitios se convirtieron en hábitat ocasional para la sobrevivencia de *S. spinki* en momentos en los que *O. sativa* no estaba presente.

Se determinaron en campo como plantas hospedantes las arvenses: *O. latifolia*, *E. colona*, *E. indica* y *R. cochinchinensis*. De acuerdo con González *et al.* (1985) y Lallana (1989), en Latinoamérica, *E. colona* y *E. indica* se consideran especies agresivas y frecuentes, que ocasionan pérdidas significativas en campos de arroz. Suárez *et al.* (2004) incluye dentro de este importante grupo, la arvense *R. cochinchinensis*, la cual es una Poaceae anual, de crecimiento rápido y altamente competitiva con el cultivo de arroz. Estas especies arvenses con presencia del ácaro *S. spinki*, se presentaron con mayor frecuencia en los bordes, convirtiéndose en fuentes de infestación del ácaro hacia el campo de cultivo.

Informes de Santos *et al.* (2004), indican que durante el año 2004, fueron recolectados

huevos, larvas y ninfas de *S. spinki* sobre la planta invasora *O. latifolia*, común en los cultivos de arroz en Costa Rica y Panamá; y concluyó que *S. spinki* completó su ciclo de vida en ese hospedero. Sin embargo, el informe no detalló las características poblacionales encontradas de *S. spinki* sobre la especie hospedante.

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, con respecto a las características hospedantes de la arvense *O. latifolia*, confirmaron que las condiciones de hábitat y alimentación permitieron la culminación del ciclo de vida de *S. spinki*. El número de hembras que se encontró en *O. latifolia* fue relativamente mayor al encontrado en *O. sativa*, debido quizás a que gran porcentaje de los campos evaluados se encontraban en etapas finales de cosecha. Bajo estas condiciones las hembras del ácaro migraron a hospedantes ocasionales y alternos por modificaciones en las condiciones de hábitat y alimentación en las plantas de arroz. Cuando se analizó en *O. latifolia* el porcentaje de la población total que se encontró corresponde a machos y estados inmaduros, existió similitud con la encontrada en *O. sativa*. El porcentaje de huevos encontrado de manera general en los muestreos, indicaron menor número de huevos en *O. latifolia*. Con respecto al número de individuos total encontrado en las especies hospedantes del género *Oryza*, se pudo concluir que *O. latifolia*, hospedó un 41,90 % de la población de *S. spinki* que normalmente se había encontrado en *O. sativa*.

Se determinó la presencia del ácaro en la especie *E. colona*, hallándose hembras, huevos y para un caso una larva móvil, lo que indicó que dentro de la gran diversidad de arvenses en los agroecosistemas arroceros tropicales, quizás esta especie se aproxima a los requerimientos nutricionales y de hábitat de *S. spinki*. Bajo las condiciones de Cuba, *S. spinki* también se detectó en plantas de *E. colona* con escaso número de ejemplares, por lo que la presencia del ácaro en esta especie fue descrita como algo casual o accidental (Torre *et al.* 2005). Fue necesario realizar estudios de sobrevivencia del ácaro sobre la

arvense, para determinar si se trata de una planta hospedante alterna u ocasional que permite la reproducción o sobrevivencia del ácaro.

En la República Popular de China, Socorro y Almaguel (1997) informaron que el ácaro presenta como hospedantes silvestres a *E. indica* y otras cinco especies de la familia Poaceae. En este país a partir de noviembre no hay plantaciones de arroz que puedan garantizar la sobrevivencia del ácaro durante el invierno, por lo que bajo esas condiciones la población del ácaro (especialmente las hembras adultas), migran a estos hospedantes silvestres para sobrevivir y no se desarrollan hasta el inicio de la primavera cuando se restablecen las condiciones favorables para su multiplicación. La arvense *R. cochinchinensis* no había sido informada como hospedante de *S. spinki* en otras investigaciones.

En las arvenses *E. indica* y *R. cochinchinensis*, los resultados indicaron que la presencia del ácaro no es frecuente, debido posiblemente a la insuficiente condición nutricional, por lo que no se hospeda por largo tiempo. No se observó evidencia posible de que pueda producir otra generación, pues los individuos son adultos hembras que se movían rápido. Similares resultados fueron encontrados por Kang-Chen y Chyi-Chen (1977) en Taiwán, quienes realizaron un muestreo de plantas gramíneas, capa de suelo superficial, tallo y plantas de retoño, después de la segunda cosecha. Se encontró en la superficie del suelo que el ácaro *S. spinki* son casi todos adultos hembras. El cuerpo es más pequeño y flaco y se mueve rápido, en busca de plantas para hospedarse, por lo que el informe incluye datos que corresponden solamente a hembras inmigrantes.

Es necesario tener en cuenta que la presencia de hembras *S. spinki* en las especies *E. indica* y *R. cochinchinensis*, no fue suficiente para determinar que sea o no una planta hospedante de importancia en el desarrollo o biología del ácaro. La diseminación del ácaro en el campo, se da de una planta a otra por

medio de fuertes vientos, por el agua y por otros insectos; por lo que la presencia del ácaro en estas arvenses, pudo ser resultado del azar en la diseminación provocada por estos medios. Por otro lado, se debe tener en cuenta el hecho de que *E. indica* fue reportada anteriormente con presencia de *S. spinki* (Socorro y Almaguel 1997), bajo las mismas características poblacionales (solo hembras adultas), lo que hizo pensar que posiblemente esta especie fue utilizada como un hospedante que permitió la sobrevivencia por cortos lapsos de tiempo, mientras se establecieron nuevas plantas de arroz en los campos.

Muestreos realizados en zonas arroceras de la India por Rao y Prakash (2002), indicaron la presencia de el ácaro *S. spinki* en *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) Palla. En los muestreos efectuados en el presente trabajo, fueron muestreadas diez especies pertenecientes a la familia Cyperaceae, las cuales presentaron alta frecuencia en todos los agroecosistemas muestreados; sin embargo, no se obtuvo evidencia de colonización de *S. spinki* en ninguna de ellas.

Dentro de la diversidad de arvenses que se encontraron en los agroecosistemas arroceros de Costa Rica, sólo cuatro especies interaccionaron con *S. spinki*. Por lo anterior, se puede concluir que la práctica cultural de eliminación total de arvenses en los campos quedó en duda, pues, los planes de manejo de arvenses, debieron tener en cuenta que si determinada especie no se comporta como hospedante alterna, debe analizarse la función de dicha especie como fuente de alimentación y hábitat de los enemigos naturales del ácaro.

Es necesario fortalecer las técnicas de manejo de restos de cosecha en los campos arroceros evaluados. El estudio permitió determinar que las partes vivas de plantas cosechadas, se convirtieron en los principales focos de sobrevivencia e infestación de *S. spinki*, en los momentos del año en los que no hay plantaciones de arroz establecidas.

La proporción de hembras encontradas, con respecto a las poblaciones totales de *S. spinki* en las especies *E. colona*, *E. indica* y *R. cochinchinensis*, indicaron 70, 100 y 100 %, respectivamente. Los resultados coincidieron con lo informado por Almaguel *et al.* (2003), y se explicaron por la función biológica de las hembras de garantizar la reproducción sexual del ácaro, por lo que emigran a plantas hospedantes ocasionales.

RECOMEDACIONES

Continuar con el diseño y desarrollo de investigaciones que tengan como objetivo fortalecer las estrategias de combate de *O. latifolia* y los distintos fenotipos de *O. sativa* agrupados como arroz rojo en campos arroceros de Costa Rica. La cercanía genética, y en especial la morfología y fisiología de estas arvenses, facilitan el desarrollo de las poblaciones de *S. spinki*, e igualmente dificultan su combate en las plantaciones de arroz.

Realizar ensayos que permitan evaluar la sobrevivencia, desarrollo y reproducción de *S. spinki* en las plantas hospedantes *O. latifolia* y *E. colona*. Lo anterior, con el objetivo de determinar el potencial que ofrecen estas especies para aumentar las poblaciones del ácaro plaga.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las instituciones costarricenses: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), y a la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Costa Rica, por su financiación y colaboración en las actividades de campo y laboratorio desarrolladas. Al personal administrativo y de campo de Finca 18 Haciendas Unidas Mecanizadas, Hacienda La Ligia, Finca El Diputado y Hacienda El Pelón de la Bajura, por su enorme contribución a las labores de muestreo en los campos de arroz.

LITERATURA CITADA

- Almaguel, L.; Santos, A.; Torre, PE de la; Botta, E.; Hernández, J.; Cáceres, I.; Ginarte, A. 2003. Dinámica de población e indicadores ecológicos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1968 (*Acari: Tarsonemidae*) en arroz de riego en Cuba. *Fitosanidad* 7(1): 23-30.
- Almaguel R., L. 2002. Curso introductorio a la acarología aplicada: morfología, taxonomía y diagnóstico fitosanitario de ácaros de importancia agrícola. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV). ISBN: 959-7111-24-1. Ciudad de la Habana, Cuba. p. 84.
- Álvarez B., F. 2004. Apreciaciones sobre el ácaro blanco del arroz (*Steneotarsonemus spinki* Smiley). Informe Servicio Fitosanitario del Estado, MAG (Costa Rica), 24 de junio de 2004. p 3.
- Barquero S., M. 2004. Limón y Guanacaste: Severo ataque de ácaro del arroz. *La Nación*, San José, Costa Rica, agosto 3.
- Diarra, A.; Smith, R.; Talbert, R. 1985. Interference of red rice (*Oryza sativa*) with rice (*Oryza sativa*). *Weed Sci.* 33: 644-649.
- González, J.; Arregoces, O.; Escobar, E. 1985. Principales malezas en el cultivo de arroz en América Latina. In *Arroz: investigación y producción*. Capítulo VII. CIAT. Cali, Colombia. p. 419-444.
- Hilje, L. 1995. Siete preguntas de actualidad sobre el manejo integrado de plagas en América Central. *Agronomía Mesoamericana* 6: 169-178.

- Holdridge, L.R. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo. Centro Científico Tropical (CCT)/ Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). p 72.
- Kang-Chen, L; Chyi-Chen, H. 1977. Estudio sobre tarsonémido *Steneotarsonemus spinki* (Acarina: *Tarsonemidae*). National Science Council Monthly 4(4): 21 p.
- Lallana, V. H. 1989. Malezas el arroz en Sudamérica. Rev. Facultad de Agronomía, UBA. 10(1-2): 87-94.
- Rao, J.; Prakash, 2002. A. paddy field leed, *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) Palla (*Cyperaceae*): a new host of tarsonemidae mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley and panicle thrips, *Haplothrips ganglbaureri* Schmutz. Journal of Applied Zoological Researches, 13(2): 174-175.
- Reyes H., L. A. 2005. Ácaro del vaneamiento del arroz *Steneotarsonemus spinki* Smiley (*Prostigmata: Tarsonemidae*). CIAT. Disponible en: <http://www.flar.org/pdf/foro-agosto-pdf05/acaro.pdf>. Consultado el 10 de febrero de 2007.
- Santos M., R.; Navia, D.; Cabrera, R. I. 2004. *Steneotarsonemus spinki* Smiley (*Acarí: Prostigmata: Tarsonemidae*) una amenaza para el cultivo de arroz en Brasil. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). Documentos 117. Brasília, DF. ISSN 01020110. p 54.
- Socorro, M.; Almaguel, L. 1997. Informe de la misión técnica sobre el cultivo del arroz a la República Popular China, del 1-15 de noviembre de 1997. p 21.
- Smiley, R. L.; Flechtmann, C. H. W.; Ochoa, R. 1993. A new species of *Steneotarsonemus* (*Acarí: Tarsonemidae*) and an illustrated key to grass-infesting species in the Western Hemisphere. Internat. J. Acarol. 19(1): 87-90. 1993.
- Suárez, L.; Anzalone, A.; Moreno, O. 2004. Evaluación del herbicida halosulfuron-metil para el control de malezas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Bioagro 16(3): 173-182.
- Torre S., PE de la; Botta F., E; Almaguel R., L. 2005. Colectas acarológicas realizadas por la sanidad vegetal en la Provincia de La Habana. Fitosanidad 9(3): 3-11.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE DIFERENTES GERMOPLASMAS DE ARROZ (*Oryza sativa*) PARA DETERMINAR LA PREFERENCIA DEL ÁCARO *Steneotarsonemus spinki* (tarsonemidae) EN COSTA RICA.

Ruth León González¹

RESUMEN

El estudio se realizó en la Región Chorotega y en la Región Pacífico Central. Las características de la Región Chorotega la ubican a una altura de 20 msnm, con una temperatura promedio de 27,85 °C, precipitación de 152,86 mm, humedad relativa de 77,67 %. Se clasifica como zona de vida tipo Bosque Tropical Seco y la Región Pacífico Central, se encuentra a una altitud de 10 msnm, un promedio de 328 mm de precipitación, 27 °C de temperatura y 77 % de humedad relativa, se encuentra en la zona de vida, Bosque Tropical Húmedo. Se evaluaron variedades criollas (multiplicación y preservación de semillas) y materiales de rendimiento (líneas que se convertirán en variedades). Los datos de las líneas se promediaron y agruparon, basados en la preferencia o no del ácaro. Se formaron cuatro grupos con su respectiva escala y descripción. El comportamiento de *S. spinki* en las variedades criollas indicó que la variedad con más huevos fue Rex Oro (309) seguida de Chin Chin (275) y las que no presentaron huevos fueron las variedades *Oryzica* turipana, Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821 y CR-4477. En cuanto a inmaduros la variedad más susceptible fue Chin Chin y las que no tuvieron fueron *Oryzica* turipana, Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821, CR-4477, Tenorio y Gallote. En cuanto a la presencia de adultos la más susceptible fue Chin Chin y las que no se infestaron fueron *Oryzica* turipana, Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821, CR-4477 y la Orosí. Las líneas de mayor rendimiento en la Región Chorotega fueron la CT15671-15-4-5-1-1-M con 5,8 t/ ha y obtuvo un promedio de 278 ácaros/ planta (a/ p), CT15672-12-1-5-2-4-M con 5.6 t/ ha y con 96 a/ p, CT15765-13-7-4-2-1-M con 4,7 t/ ha y 0 ácaros, CT15675-7-1-7-3-2-M con 2 ácaros/ planta y CT15672-12-1-1-2-3-M con 4,0 t/ ha con 0 a/ p. En la Región Pacífico Central, los materiales de mayores rendimientos de campo fueron CT15675-7-1-4-2-1-M con 7,7 t/ ha, además no presentó durante las evaluaciones la presencia del ácaro, seguido de CT15765-18-1-5-3-2-M con 6,9 t/ ha, con cero ácaros, CT15672-12-1-2-1-1-M, con un promedio de 10,5 a/ p. No se encontró relación entre la población y el rendimiento ya que las líneas y variedades más infestadas fueron las más productivas. Por lo resultados preliminares de esta investigación es posible que la etapa fenológica, el manejo del cultivo y el clima influyeron en la población y afectaron el rendimiento.

Palabras claves: Germoplasma, arroz, variedades, líneas *Oryza sativa*, *Steneotarsonemus spinki*, Tarsonemidae.

¹ Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. E-mail: rleon@inta.go.cr. Teléfono: (506)2231-5055; Telefax: (506)2231-5004.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz (*Oryza sativa L.*), es la base fundamental de la dieta de los costarricenses. Se cultiva en las zonas bajas, desde el nivel del mar hasta 850 msnm, siendo las principales zonas productoras de arroz la región Brunca, Chorotega, Huetar Norte y Pacífico Central (MAG 1983). El arroz contiene naturalmente apreciables cantidades de tiamina, riboflavina y niacina, así como fósforo, hierro y potasio, lo que lo hace ser, el sustento principal de la población mundial desde hace miles de años; es uno de los alimentos más versátiles que existen (FAO 2004).

Cada variedad posee sus características fenotípicas y genotípicas que las hacen preferidas por los agricultores, así como por la producción y resistencia a plagas y enfermedades. Por ejemplo, CR-1113 se caracteriza por ser una variedad de paja corta, de hojas erectas, tallos gruesos, de buen macollamiento, resistente al acame, que florece entre 95 y 100 días después de la siembra y dura a la cosecha entre 127 - 135 días, es resistente a la mayoría de las enfermedades que afectan el cultivo, pero susceptible a piricularia (MAG 1991) y al ácaro del vaneó (León 2004), mientras que CR-5272 es una variedad de porte bajo, hojas erectas, macollamiento moderado, resistente al acame, con floración entre los 80 y 85 días después de la siembra y una duración a la cosecha entre 110 y 115 días (MAG 1991).

Las parcelas de observación tienen como objetivo, evaluar a nivel nacional material genético altamente promisorio, que será utilizado posteriormente como materiales de rendimiento en experimentos regionales, como un paso previo a la liberación de nuevas variedades, de ahí que cada parcela corresponde a una variedad, se evaluaron las variables agronómicas: patológicas, rendimiento, calidad molinera y culinaria.

El cultivo se relaciona con diversos ácaros. Estos afectan al cultivo por el daño al follaje y la pérdida económica, ya que además, reducen la cantidad

de granos, y por lo tanto se recurre a la aplicación de insecticidas y acaricidas de origen químico lo que aumenta los costos de producción y contaminación al ambiente. Algunos estudiosos del cultivo, consideran que el ácaro del vaneó se encuentra en Costa Rica desde hace siete años, pero no es sino hasta el año 2004 que se reporta en las plantaciones de arroz.

Los ácaros asociados al cultivo de arroz en Costa Rica son: *Oligonychus pratensis* (Banks)*, *Schizotetranychus freitezi* Ochoa & Von Lindeman*, *Schizotetranychus pseudolycurus* Ochoa & Von Lindeman* (Acari: Tetranychidae) (*Ochoa y Aguilar, 1991); cabe destacar que éstos ácaros, normalmente se presentan en forma esporádica y en bajas poblaciones, por lo que se hace necesario el muestreo para determinar las densidades que ameritan una decisión de combate. Sin embargo, el ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae), ha tomado características de plaga ya que además de las altas poblaciones, beneficia el desarrollo de un complejo de enfermedades fungobacteriales por lo que actualmente se le considera la plaga de mayor importancia económica en el cultivo del arroz en el país.

El Ácaro del Vaneó del Arroz (*Steneotarsonemus spinki* Smiley), se encuentra ampliamente distribuido en Asia Tropical, además se reporta en República Dominicana, Haití, Cuba y Costa Rica. En Asia, ha ocasionado pérdidas en los rendimientos de hasta un 60 % y en Cuba hasta un 80 % (Ciencia y Tecnología, 2009).

La duración del ciclo de vida, en condiciones de laboratorio, varía entre 5 y 9 días. La mayor población de la plaga se encontró en las vainas de las hojas 2 y 3 (vainas inferiores), mientras que la población de los depredadores se distribuye de manera general en las mismas vainas (Ramos y Rodríguez 2001). La fenología del cultivo, la humedad relativa y la temperatura son factores que influyen significativamente sobre la densidad de *S. spinki*.

Este ácaro ocasiona dos tipos de daño al arroz: 1. Directo, ya que al alimentarse

extrae el contenido de la vaina de las hojas induciendo a la deshidratación y la muerte del tejido. Además, se alimenta de los granos en formación, impidiendo su llenado, lo que es conocido como vaneo (Sanabria *et al.* 2004). 2. Indirecto, porque durante su alimentación, el ácaro inyecta sustancias tóxicas a las células vegetales para mantener el contenido celular fluyendo sin obstáculos; estas toxinas provocan deformaciones en el tejido vegetal, especialmente en el grano, induciendo a lo que se conoce como grano "pico de lora" (Sanabria *et al.* 2004).

Por ser una plaga de reciente introducción en nuestro país, no se han realizado estudios de su combate, de la tolerancia de variedades, tipos de muestreo entre otros. Por ello, este experimento se hizo con el fin de buscar variedades o líneas (León 2004), que sean menos o del todo no preferidas por el ácaro e incorporarlas en el programa de mejoramiento genético y de control integrado del ácaro, sin causar daños al ambiente, la salud humana y la calidad del grano.

Actualmente, las variedades cultivadas más comunes de arroz en Costa Rica son: CR-1113, CR-5272, CR-1821, CR-4477, FEDEARROZ 50, SENUMISA-02, SENUMISA-03, SENUMISA-04, CR-4338, CR-4102, CFX18 (Clearfield), Coprosen, Setesa 9.

Cada una de estas variedades posee sus características fenotípicas y genotípicas que las hacen preferidas por los agricultores, así como por la producción y resistencia a plagas y enfermedades por ejemplo, CR-1113 se caracteriza por ser una variedad de paja corta, de hojas erectas, tallos gruesos, de buen macollamiento, resistente al acame, que florece entre 95 - 100 días después de la siembra, con un ciclo de producción a la cosecha entre 127 - 135 días, es resistente a la mayoría de las enfermedades que afectan el cultivo, pero susceptible a piricularia (MAG 1991) y al ácaro (León 2004), mientras que CR-5272 es una variedad de porte bajo, hojas erectas, macollamiento moderado, resistente al acame, con floración entre los 80 - 85 días

después de la siembra y una duración a la cosecha entre 110 y 115 días (MAG 1991).

El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes germoplasmas de arroz para determinar el grado de reacción al ácaro *Steneotarsonemus spinki*, en dos zonas arroceras de Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos regiones del país, en la Región Chorotega, específicamente en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez ubicada en Taboga, Cañas, Guanacaste (Lat: 10°20'N Log: 85°10'O) a una altura de 20 msnm, con una temperatura promedio de 27 °C, 85 % humedad relativa, la precipitación de 152,86 mm, humedad relativa de 77,67 %, la zona de vida es bosque tropical seco. El tipo de suelo es arcilloso, tipo molisoles, muestra un pH de 6,4. En la Región Pacífico Central en la Finca La DAPASA ubicada en Parrita, Puntarenas (Lat: 09°30'N Long: 84°20'O), con una altitud de 10 msnm, un promedio de 328 mm de lluvia caída, 27 °C de temperatura y 77 % de humedad relativa, datos que corresponden al año 2004, se encuentra en la zona de vida, bosque tropical húmedo. Con dos tipos de material genotípico: Variedades criollas de autoconsumo o de refrescamiento (semilla que ha perdido vigor) con el objetivo de conservar en el banco de germoplasma del programa y Líneas promisorias, que son materiales introducidos promisorios los cuales se sembraron en parcelas de observación cuyo objetivo fue, evaluar a nivel nacional material genético altamente promisorio, que será utilizado posteriormente como materiales de rendimiento en experimentos regionales, como un paso previo a la liberación de nuevas variedades.

VARIETADES CRIOLLAS

El trabajo de variedades criollas se sembró el día 18 de junio del año 2004. Utilizando las siguientes 24 variedades: Nira blanca, Tenorio, Gallote, Oryzica turipana, Cola del diablo, Miravalles, Nira colorado, Santa Rosa, Blue Bonnet, Chin Chin, Villano, Mata de plátano, Rex, Fedearroz 50, Senumisa 02 y CR-4477.

La primera evaluación se realizó cuando el cultivo tenía 48 días de edad, la segunda a los 63 días, la tercera a los 77 días y la última a los 98 días después de la siembra. Se hicieron un total de seis evaluaciones, pero en la primera evaluación que fue a los 28 días y en la quinta evaluación, las muestras no mostraron presencia del ácaro en las vainas de las diferentes variedades.

LINEAS PROMISORIAS

Las líneas promisorias se sembraron en la Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez (EEEJN) y en Parrita. Se sembraron 59 materiales promisorios o líneas el 12 de agosto del 2004 en la EEEJN (Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez), los datos aparecen en el Cuadro 1. Durante el ciclo fenológico del cultivo para determinar las densidades del ácaro se realizaron dos evaluaciones a los 22 días y 43 días después de la siembra.

Cuadro 1. Número de parcelas sembradas con el material promisorio a evaluar. Estación Experimental Enrique Jiménez Nuñez. Guanacaste, Costa Rica. 12 de agosto, 2004.

Nº parcela	Líneas/ variedades	Nº parcela	Líneas/ variedades
1	CT15675-7-1-7-2-1-M	30	CT15765-13-7-2-1-2-M
2	CT15675-7-1-4-1-1-M	31	CT15765-13-3-8-3-3-M
3	CT15671-1-15-1-4-2-M	32	CT15671-15-1-3-1-M
4	CT15675-7-1-7-1-2-M	33	CT15672-2-2-5-1-2-M
5	CT15675-7-1-4-3-1-M	34	CT15671-15-1-7-1-1-M
6	CT15671-15-1-4-2-4-M	35	CT15671-15-4-5-2-1-M
7	CT15765-13-3-8-2-2-M	37	CT15671-16-1-7-1-1-M
8	CT15675-7-1-7-3-3-M	38	CT15696-3-3-5-1-1-M
9	CT15671-16-1-7-1-2-M	39	CT15672-12-1-1-2-1-M
10	CT15675-2-2-2-1-1-M	40	CR-1113
11	CT15765-18-1-5-2-2-M	41	FEDEARROZ-50
12	CT15671-15-1-7-4-1-M	42	CR-4477
13	CT15691-4-5-2-2-4-M	43	CT15672-12-1-2-1-3-M
14	CT15671-15-4-5-1-1-M	44	CT15765-12-1-4-2-1-M
15	CT15672-12-1-5-2-2-M	45	CT15672-12-1-5-3-4-M
16	CT15724-13-3-6-2-1-M	46	CT15675-7-1-7-3-2-M
17	CT15765-13-3-6-1-2-M	47	CT15765-13-7-4-2-1-M
18	CT15671-15-4-5-2-2-M	48	CT15672-2-2-5-1-1-M
19	CT15671-15-4-2-2-2-M	49	CT15765-13-7-4-1-2-M
20	CR-1113	50	CT15671-15-4-6-2-3-M
21	CR-4477	51	CT15765-18-1-5-3-2-M
22	FEDEARROZ-50	52	CT15765-18-1-5-3-2-M
23	CT15671-15-1-7-3-4-M	53	CT15672-12-1-2-1-1-M
24	CT15671-15-4-7-1-1-M	54	CT15691-4-5-2-2-1-M
25	CT15765-13-3-6-1-1-M	55	CT15675-7-1-4-2-1-M
26	CT15672-12-1-1-2-3-M	56	CT15675-7-3-3-3-1-M
27	CT15675-2-2-3-1-2-M	57	CR-1113
28	CT15675-7-1-4-2-3-M	58	FDEARROZ-50
29	CT15673-8-7-1-4-M	59	CR-4477

Las líneas promisorias se sembraron en Parrita el día 14 de junio del 2004, corresponden al cuadro 2. Se realizaron tres evaluaciones, la primera a los 76 días, la segunda a los 86 días y la última a los 107 días después de la siembra.

Cuadro 2. Número de parcela sembrada con el material promisorio a evaluar. Parrita, Puntarenas, Costa Rica. 14 de junio, 2004.

Nº parcela	Líneas/ variedades	Nº parcela	Líneas/ variedades
1	CT15672-12-1-1-2-1-M	34	CT15765-18-1-5-2-2-M
2	CT15675-7-1-7-3-2-M	35	CT15671-15-4-2-2-2-M
3	CT15671-15-1-7-4-1-M	36	CT15671-16-1-7-1-2-M
4	CT15675-2-2-2-1-1-M	37	CT15673-8-4-7-1-4-M
5	CT15671-15-4-5-2-1-M	38	CT15765-13-7-2-1-2-M
6	CT15671-15-4-6-2-3-M	39	CT15675-7-1-7-2-1-M
7	CT15671-15-1-4-2-4-M	40	CR-5272
8	CT15765-13-3-6-2-1-M	41	CR-4477
9	CT15672-12-1-2-1-1-M	42	FEDEARROZ-50
10	CR-5272	43	CT15675-03-3-1-M
11	CR-4477	44	CT15671-15-4-5-1-1-M
12	FEDEARROZ-50	45	CT15765-18-1-5-3-2-M
13	CT15675-7-1-4-1-1-M	46	CT15671-15-1-7-3-4-M
14	CT15765-12-1-4-2-1-M	47	CT15672-2-2-5-1-2-M
15	CT15675-2-2-3-1-2-M	48	CT15672-12-1-5-3-4-M
16	CT15765-13-3-8-3-3-M	49	CT15675-7-1-7-3-3-M
17	CT15672-12-1-5-2-2-M	50	CR-5272
18	CT15765-13-3-8-2-2-M	51	CR-4477
19	CT15671-15-4-5-2-2-M	52	FDEARROZ-50
20	CR-5272	53	CT15672-12-1-2-1-3-M
21	CR-4477	54	CT15671-15-1-3-1-3-M
22	FEDEARROZ-50	55	CT15671-16-1-7-1-1-M
23	CT15765-13-7-4-1-2-M	56	CT15675-7-1-7-1-2-M
24	CT15675-7-1-4-3-1-M	57	CT15765-13-7-4-2-1-M
25	CT15691-4-5-2-2-4-M	58	CT15672-12-1-5-2-4-M
26	CT15671-15-1-4-2-2-M	59	CT15671-15-4-7-2-2-M
27	CT15671-15-1-4-3-3-M	60	CR-5272
28	CT15675-7-1-4-2-3-M	61	CR-4477
29	CT15672-2-2-5-1-1-M	62	FDEARROZ-50
30	CR-5272	63	CT15672-12-1-1-2-3-M
31	CR-4477	64	CT15691-4-5-2-2-1-M
32	FEDEARROZ-50	65	CT15675-7-1-4-2-1-M
33	CT15671-15-4-7-1-1-M	66	CT15696-3-3-5-1-1-M

El tamaño de las parcelas en todos los trabajos fue de 10 m². El muestreo se realizó tomando tres plantas al azar de cada parcela por variedad. Las vainas de las hojas fueron separadas de los tallos de donde se revisaron al estereoscopio con luz arriba y abajo y hasta 40 X de aumento, se les contó los ácaros (huevos, larvas-ninfas y adultos) de la porción 1 (base), 2 (centro) y 3 (collar) de cada hoja. La vaina se separa de la hoja y se divide en tres porciones como se aprecia en la Figura 1.



Figura 1. La vaina se separa de la hoja y se divide en tres porciones (base, centro y collar)

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar. Los datos obtenidos durante los muestreos de variedades criollas fueron sometidos a un análisis de varianza y los promedios de cada variable se compararon mediante la prueba de Duncan al 5 %. Se calculó el promedio de ácaros por vaina, como indicadores de la preferencia del ácaro por las mismas.

Además, los resultados se agruparon en una escala, la cual fue elaborada de acuerdo a la población total de ácaros presentes en las vainas durante todas las evaluaciones. De ahí que, se formaron cuatro grupos con su respectiva escala y descripción de la misma como se aprecia en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de la escala elaborada para la población de ácaros, encontrados en las vainas de arroz de secano favorecido, durante el año 2004.

Nº de grupo	Escala	Descripción de la escala
1	0	Sin la presencia de ningún estado del ácaro
2	1-20	De uno a veinte, de cualquiera de las formas (Huevos, inmaduros, adultos) del ácaro
3	21-100	De veintiuno a cien, de cualquiera de las formas del ácaro
4	> 100	De más de cien, de cualquiera de las formas del ácaro

Elaborada por León, R. 2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variedades criollas

El comportamiento de *S. spinki* en las variedades se muestran en el Cuadro 4; se indica la población total encontrada en las cuatro evaluaciones que se realizaron en las diferentes variedades. La variedad preferida por el ácaro es la Chin Chin, la que presentó las más altas poblaciones de huevos, inmaduros y adultos.

Cuadro 4. Variedades criollas y población de los diferentes estados del ácaro, Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Taboga, Cañas, Guanacaste. 2004.

Nº parcela	Región Chorotega		Número de ácaros totales		
	Variedad	Origen o procedencia	Huevos	Inmaduros	Adultos
1	Nira blanca	IRRI	154	48	40
2	Tenorio	CIAT	7	0	6
3	Gallote	IDIAP Panamá	0	0	2
4	Oryzica turipana	ICA Colombia	0	0	0
5	Cola del diablo	IDIAP Panamá	121	45	110
6	Miravalles	CIAT	0	0	0
7	Nira colorado	IRRI	1	1	2
8	Santa Rosa	IDIAP Panamá	110	7	21
9	Blue Bonnet	CIAT-USA	0	0	0
10	Chin Chin	SURIMAN	275	159	192
11	Villano	IDIAP Panamá	190	77	55
12	Mata de plátano	Criollo Programa Arroz C.R.	54	32	66
13	Rex Oro	CIAT-USA	309	41	53
14	Costeño	IDIAP Panamá	18	13	11
15	Orosí	Criollo CR	2	1	0
16	CR-1113	CIAT	6	1	36
17	CR-4102	CIAT	90	77	48
18	CR-1821	CIAT	0	0	0
19	CR-5272	CIAT	23	13	18
20	CR-4338	CIAT	41	7	36
21	Senumisa 04	Empresa Privada Colombia	42	22	57
22	Fedearroz 50	FEDEARROZ Colombia	281	80	171
23	Senumisa 02	FEDEARROZ Colombia	25	13	23
24	CR-4477	CIAT	0	0	0

Con los resultados de la separación de medias según Duncan al 5 %, se elaboró una agrupación de los materiales. Dicha agrupación indicó la formación de tres grupos o escalas de preferencia al ácaro, según la variedad del cultivo. En el Cuadro 5, se muestra la cantidad total de: huevos, inmaduros y adultos en cada una de las variedades.

Cuadro 5. Promedio de Huevos, Inmaduros y Adultos por vaina, de acuerdo a separación de medias (Duncan al 5 %) según variedad. E.E.E.J.N., Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 2004.

Variedades (Huevos /vaina)	Variedades (Inmaduros/ vaina)	Variedades (adultos/ vaina)
Datos	Datos	Datos
transformados a raíz de $x + 1$, $R^2=$ 25 % CV= 82,5	transformados a raíz de $x + 1$, $R^2=$ 21 % CV= 55,47	transformados a raíz de $x + 1$, $R^2=$ 22,35 % CV= 64,09
Chin Chin a	Chin Chin a	Chin Chin a
Rex Oro a	Villano ab	Nira Blanco abcd
Nira blanco abcde	Rex Oro ab	Santa Rosa abcd
Santa Rosa abcde	Nira Colorado	Villano abcd
Villano abcde	Santa Rosa ab	Mata de Plátano abcd
Mata de plátano abcde	Mata de Plátano ab	Rex Oro abcd
Costeño abcde	Costeño ab	Costeño abcd
CR-4102 abcde	Nira Blanco ab	CR1113 abcd
CR-1113 abcde	Fedearroz-50 ab	CR-4102 abcd
CR-1821 abcde	CR-5272 ab	CR1821 abcd
CR-4338 abcde	CR-4338 ab	CR-5272 abcd
Senumisa 02 abcde	Senumisa 02 ab	CR4338 abcd
Senumisa 04 abcde	Senumisa 04 ab	Senumisa 04 abcd
Fedearroz-50 abcde	Tenorio a	Fedearroz-50 abcd
CR-5272 abcde	Gallote a	Senumisa 02 abcd
Oryzica turipana e	Orosí a	Gallote d
Cola del diablo e	Oryzica turipana a	Oryzica turipana d
Miravalles e	Cola del diablo a	Cola del Diablo d
Blue Bonnet e	Miravalles a	Miravalles d
Orosí e	Blue Bonnet a	Nira Colorado d
CR-4477 e	CR-1113 a	Blue Bonnet d
Tenorio e	CR-4477 a	Orosí d
Nira colorado e	CR-4102 ab	CR-4477 d
Gallote e	CR-1821 a	Tenorio d

Los datos de la cantidad de huevos por vaina, forman tres grupos, el grupo a, que alcanzó el mayor porcentaje con 1,69 huevos/ vaina fue la Rex Oro y Chin Chin, luego el grupo abcde, con un porcentaje entre 1,02 a 1,64 % huevos/ vaina lo obtuvieron las variedades Nira blanco, Santa Rosa, Villano, Mata de Plátano, Costeño, CR-4102, CR-1113, CR-1821, CR-4338, SENUMISA 02, SENUMISA 04, y Fedearroz 50 y el grupo e, que no presentó huevos en sus vainas corresponden a las variedades Gallote, *Oryzica turipana*, Cola del Diablo, Miravalles, Blue Bonnet, Orosí y CR-4477.

Las variedades Nira Blanca, Cola de Diablo, Santa Rosa, Chin Chin, Villano y Rex Oro, presentaron más de 100 huevos en los tres muestreos, por lo que estas variedades no se podrán considerar para mejoramiento genético.

El porcentaje de ácaros en estados inmaduros del grupo a, cuenta con 1,52 % inmaduros/ vaina, que corresponde a la variedad Chin Chin, el grupo ab alcanzó desde 1,01 a 1,32 inmaduros/ vaina y el grupo b no presentó inmaduros en sus vainas. De las 24 variedades 17 presentaron inmaduros y siete durante los muestreos no presentaron este estadio del ácaro.

El porcentaje de adultos del grupo a cuenta con 1,74 % de adultos/ vainas, que corresponde a la variedad Chin Chin, el grupo abcd alcanzó desde 1,02 a 1,47 inmaduros/ vaina y en el grupo d no se obtuvo adultos en sus vainas, Cuadro 5.



Figura 2. Daños en panícula, atribuidos al ácaro *S. spinki*. Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 2004.

La Figura 2 muestra una panícula erecta por estar los granos vanos, también los granos presentan manchado, estos síntomas se relacionan con el ácaro.

El Cuadro 6, agrupa de acuerdo a las poblaciones alcanzadas, de todos los estados del ácaro la preferencia o no del arácnido, a las diferentes variedades. Comparando esta escala con los tres grupos que se forman según Duncan al 5 %, la escala es más sencilla para interpretarla.

Cuadro 6. Escala o grupos de preferencia de acuerdo al total de la población de ácaros/ planta (huevos, inmaduros, adultos) en las diferentes variedades. Cañas, Guanacaste. Junio-Diciembre, 2004.

N° de Escala	Descripción	Variedades
1 0	Sin la presencia de ningún estado del ácaro	<i>Oryzica turipana</i> , Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821, y CR-4477.
2 1-20	De uno a veinte, de cualquiera de las formas (huevos, inmaduros, adultos) del ácaro	Tenorio, Gallote, Nira Colorado, Costeño y Orosí.
3 21-100	De veintiuno a cien, de cualquiera de las formas del ácaro	Mata plátano, CR-1113, CR-4102, CR-5272, CR-4338, Senumisa 04 y Senumisa 02
4 > 100	Más de cien, de cualquiera de las formas del ácaro	Nira Blanco, Cola del Diablo, Santa Rosa, Chin Chin, Villano, Rex Oro y Fedearroz-50

Según Santos *et al.* (2001), *S. spinki* es específico para el cultivo del arroz y que se requiere de un ácaro en la plantación para que se considere infestada. Sin embargo, se puede especular, basado en los resultados obtenidos en este estudio, que de un ácaro a veinte los daños al cultivo serían poco significativos si los comparamos con variedades susceptibles que tienen más de 21 ácaros en sus plantas y más todavía con aquellas que cuentan con

poblaciones mayores a los 100 ácaros. Para concretar esta escala sería interesante valorar el rendimiento de cada una de las variedades basados en la población que obtuvo cada uno de los materiales.

Se agruparon el número de huevos, inmaduros y adultos durante todo el proceso de evaluaciones. La variedad con más huevos fue Rex Oro (309) seguida de Chin Chin (275) y las que no presentaron huevos fueron las variedades *Oryzica turipana*, Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821 y CR-4477. En cuanto a inmaduros la variedad más susceptible fue Chin Chin y a los que no se les encontró ácaros en sus vainas fueron *Oryzica turipana*, Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821, CR-4477, Tenorio y Gallote. En cuanto a la presencia de adultos la más susceptible fue Chin Chin y las que no se infestaron fueron *Oryzica turipana*, Miravalles, Blue Bonnet, CR-1821, CR-4477 y la Orosí. Por lo tanto, las variedades más susceptible al ácaro fueron la Chin Chin y Rex Oro con un total de 626 y 403 respectivamente de todos los estados del ácaro). Lo cual se muestra por separado en las Figuras 3, 4 y 5.

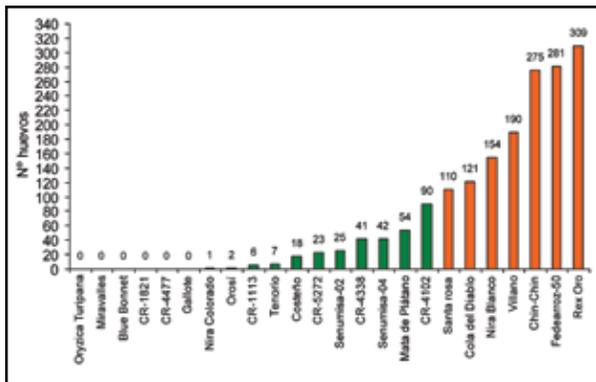


Figura 3. Total de huevos de *S. spinki* según variedad. Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 2004.

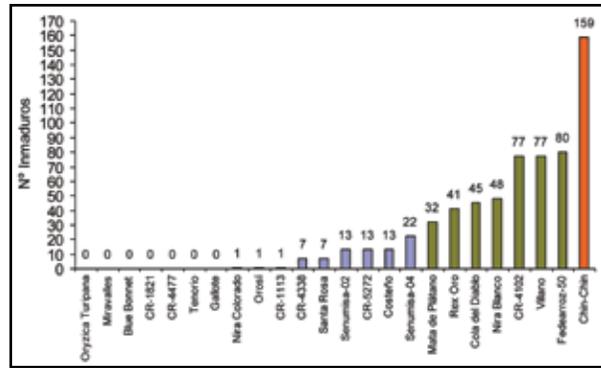


Figura 4. Total de inmaduros de *S. spinki* según variedad. Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 2004.

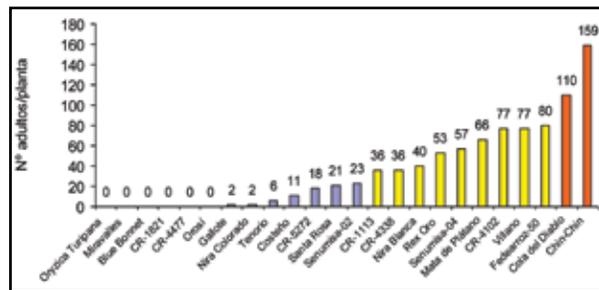


Figura 5. Total de adultos de *S. spinki* según variedad. Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 2004.

Como un esfuerzo por entender sobre la etapa fenológica en que afecta el ácaro al cultivo, se elaboró con las variedades criollas la Figura 6, en ella se aprecia que a medida que se desarrollo el cultivo las poblaciones aumentaron pero a los 77 ddg la mayoría de las variedades aumentaron las poblaciones precisamente en la etapa que corresponde a la floración (Fase reproductiva). Esto podría deberse a que en este periodo se traslocan los azúcares y el almidón desde las vainas, hoja bandera, y vástagos, los cuales fueron acumulados en la fase vegetativa; situación que aprovecha el ácaros del vaneo del arroz para alimentarse y reproducirse.

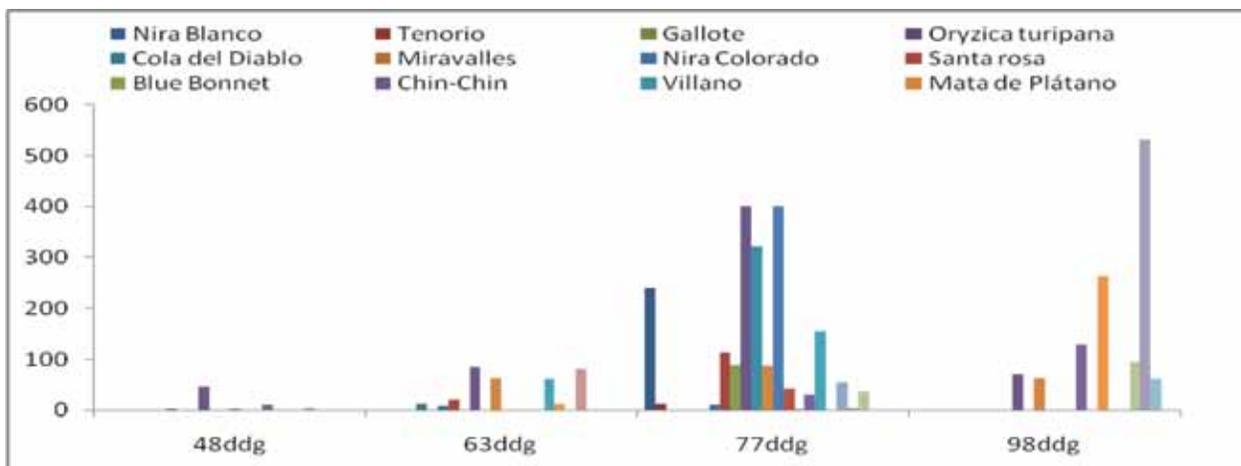


Figura 6. Población del ácaro de vaneo del arroz *S. spinki*. Días después de germinadas (ddg) las plantas de cada variedad. Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 2004.

Es interesante como la variedad Chin Chin desde inicio de la fase reproductiva (inicio de primordio floral) mantuvo las mayores poblaciones del ácaro y hasta la fase de maduración.

LÍNEAS PROMISORIAS

En la Región Chorotega o Pacífico Seco, Taboga, Cañas

Las líneas de mayor rendimiento en este lugar fueron la CT15671-15-4-5-1-1-M con 5,8 t/ ha y se obtuvo un promedio de 278 ácaros/ planta (a/p) , CT15672-12-1-5-2-4-M con 5,6 t/ ha y con 96 a/ p, CT15765-13-7-4-2-1-M con 4,7 t/ ha y 0 ácaros, CT15675-7-1-7-3-2-M con 2 ácaros/ planta y CT15672-12-1-1-2-3-M con 4,0 t/ ha con 0 a/ p. Al analizar los rendimientos con la infestación de ácaros se observó, que no hay correlación porque la línea más infestada fue la de mayor rendimiento. Este aspecto condujo a que en el campo no se hagan aplicaciones dirigidas al ácaro, sino más bien a la enfermedad fungo o bacteriana que transmiten.

En la Región Pacífico Central, Parrita, Finca Dapasa

Los materiales de mayor rendimientos de campo fueron CT15675-7-1-4-2-1-M con 7,7 t/ ha, además no presentó durante las evaluaciones la presencia del ácaro, seguido de CT15765-18-1-5-3-2-M con 6,9 t/ ha, con cero ácaros, CT15672-12-1-2-1-1-M, con un promedio de 10,5 a/ p.

Cuadro 7. Total de huevos, inmaduros y adultos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* y su promedio de ácaros por planta en líneas y variedades evaluadas en Finca La Ligia en Parrita, Puntarenas, Costa Rica. 2004.

Región Pacífico Central			Parrita			
Nº parcela	Líneas/ variedades	H	Nº ácaros totales			Prom/ planta
			I	A		
1	CT15672-12-1-1-2-1-M	0	0	0	0	0
2	CT15675-7-1-7-3-2-M	0	0	0	0	0
3	CT15671-15-1-7-4-1-M	0	0	0	0	0
4	CT15675-2-2-2-1-1-M	0	0	0	0	0
5	CT15671-15-4-5-2-1-M	0	0	0	0	0
6	CT15671-15-4-6-2-3-M	10	0	30		13,30
7	CT15671-15-1-4-2-4-M	0	0	0	0	0
8	CT15765-13-3-6-2-1-M	55	12	42		36,30
9	CT15672-12-1-2-1-1-M	0	0	0	0	0
10	CR-5272	15	7	26		16
11	CR-4477	0	0	0	0	0
12	FEDEARROZ-50	0	0	10		3,30
13	CT15675-7-1-4-1-1-M	20	7	26		17,70
14	CT15765-12-1-4-2-1-M	15	15	25		8,30
15	CT15675-2-2-3-1-2-M	0	0	0	0	0
16	CT15765-13-3-8-3-3-M	0	0	7		2,30
17	CT15672-12-1-5-2-2-M	0	0	0	0	0
18	CT15765-13-3-8-2-2-M	0	0	0	0	0
19	CT15671-15-4-5-2-2-M	0	0	0	0	0
20	CR-5272	0	0	0	0	0
21	CR-4477	0	0	0	0	0
22	FEDEARROZ-50	0	0	0	0	0
23	CT15765-13-7-4-1-2-M	10	5	65		31,70
24	CT15675-7-1-4-3-1-M	0	0	0	0	0
25	CT15691-4-5-2-2-4-M	5	70	25		33,30
26	CT15671-15-1-4-2-2-M	0	0	0	0	0
27	CT15671-15-1-4-3-3-M	0	0	0	0	0
28	CT15675-7-1-4-2-3-M	0	0	5		1,70
29	CT15672-2-2-5-1-1-M	0	0	0	0	0
30	CR-5272	0	0	6		2,0,
31	CR-4477	0	0	0	0	0

Evaluación Preliminar de Diferentes Germoplasmas de Arroz (*Oryza Sativa*) para Determinar la Preferencia del Ácaro *Steneotarsonemus Spinki* (*Tarsonemidae*) en Costa Rica.

Nº parcela	Líneas/ variedades	H	I	A	Prom/ planta
32	FEDEARROZ-50	0	0	0	0
33	CT15671-15-4-7-1-1-M	0	0	0	0
34	CT15765-18-1-5-2-2-M	0	0	0	0
35	CT15671-15-4-2-2-2-M	0	0	0	0
36	CT15671-16-1-7-1-2-M	0	0	0	0
37	CT15673-8-4-7-1-4-M	0	0	6	2,00
38	CT15765-13-7-2-1-2-M	0	0	27	9,00
39	CT15675-7-1-7-2-1-M	6	0	0	2,00
40	CR-5272	3	1	13	5,70
41	CR-4477	0	0	0	0
42	FEDEARROZ-50	0	0	0	0
43	CT15675-03-3-1-M	0	0	0	0
44	CT15671-15-4-5-1-1-M	110	35	92	79
45	CT15765-18-1-5-3-2-M	2	2	4	2,70
46	CT15671-15-1-7-3-4-M	0	2	0	0,70
47	CT15672-2-2-5-1-2-M	0	0	0	0
48	CT15672-12-1-5-3-4-M	0	0	15	5
49	CT15675-7-1-7-3-3-M	0	0	9	3
50	CR-5272	7	3	7	5,70
51	CR-4477	0	0	0	0
52	FDEARROZ-50	0	0	0	0
53	CT15672-12-1-2-1-3-M	0	0	0	0
54	CT15671-15-1-3-1-3-M	2	0	1	1
55	CT15671-16-1-7-1-1-M	0	0	0	0
56	CT15675-7-1-7-1-2-M	25	7	15	15,70
57	CT15765-13-7-4-2-1-M	112	17	105	78
58	CT15672-12-1-5-2-4-M	0	0	0	0
59	CT15671-15-4-7-2-2-M	0	0	0	0
60	CR-5272	0	0	0	0
61	CR-4477	0	0	0	0
62	FDEARROZ-50	38	12	79	43
63	CT15672-12-1-1-2-3-M	0	0	0	0
64	CT15691-4-5-2-2-1-M	0	0	0	0
65	CT15675-7-1-4-2-1-M	0	0	0	0
66	CT15696-3-3-5-1-1-M	30	20	60	36,70

CT= CIAT 15.672= Material F6 M= Masal

Cuadro 8. Total de todos los estados del ácaro y promedio de ácaros por planta en líneas y variedades evaluadas en Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez. Taboga, Cañas, Guanacaste. 2004.

Región Chorotega		Taboga, Cañas			
Nº parcela	Líneas/ variedades	Nº ácaros totales			
		H	I	A	Prom/ planta
1	CT15675-7-1-7-2-1-M	60	10	43	56,50
2	CT15675-7-1-4-1-1-M	0	4	0	2
3	CT15671-1-15-1-4-2-M	0	0	0	0
4	CT15675-7-1-7-1-2-M	0	2	1	1,50
5	CT15675-7-1-4-3-1-M	0	0	0	0
6	CT15671-15-1-4-2-4-M	0	0	0	0
7	CT15765-13-3-8-2-2-M	80	10	25	57,60
8	CT15675-7-1-7-3-3-M	256	225	137	309
9	CT15671-16-1-7-1-2-M	17	0	4	10,50
10	CT15675-2-2-2-1-1-M	0	0	0	0
11	CT15765-18-1-5-2-2-M	0	0	0	0
12	CT15671-15-1-7-4-1-M	15	11	27	26,50
13	CT15691-4-5-2-2-4-M	133	82	92	153,50
14	CT15671-15-4-5-1-1-M				
15	CT15672-12-1-5-2-2-M	5	15	10	10
16	CT15724-13-3-6-2-1-M	198	61	130	194,50
17	CT15765-13-3-6-1-2-M	0	0	0	0
18	CT15671-15-4-5-2-2-M	0	0	0	0
19	CT15671-15-4-2-2-2-M	0	0	0	0
20	CR-1113	0	0	0	0
21	CR-4477	62	18	12	46
22	FEDEARROZ-50	0	0	0	0
23	CT15671-15-1-7-3-4-M	0	0	0	0
24	CT15671-15-4-7-1-1-M	0	0	0	0
25	CT15765-13-3-6-1-1-M	8	4	20	16
26	CT15672-12-1-1-2-3-M	0	0	0	0
27	CT15675-2-2-3-1-2-M	110	40	100	125
28	CT15675-7-1-4-2-3-M	0	1	2	1,50
29	CT15673-8-7-1-4-M	27	0	12	19,50

Evaluación Preliminar de Diferentes Germoplasmas de Arroz (*Oryza Sativa*) para Determinar la Preferencia del Ácaro *Steneotarsonemus Spinki* (*Tarsonemidae*) en Costa Rica.

Nº parcela	Líneas/ variedades	H	I	A	Prom/ planta
30	CT15765-13-7-2-1-2-M	0	0	0	0
31	CT15765-13-3-8-3-3-M	1	0	2	1,50
32	CT15671-15-1-3-1-M	0	0	0	0
33	CT15672-2-2-5-1-2-M	0	0	0	0
34	CT15671-15-1-7-1-1-M	25	7	15	24,50
35	CT15671-15-4-5-2-1-M	0	0	0	0
36	CT15672-12-1-5-2-4-M	0	0	0	0
37	CT15671-16-1-7-1-1-M	0	0	0	0
38	CT15696-3-3-5-1-1-M	0	0	0	0
39	CT15672-12-1-1-2-1-M	0	0	0	0
40	CR-1113	0	0	0	0
41	FEDEARROZ-50	0	0	0	0
42	CR-4477	7	11	10	14
43	CT15672-12-1-2-1-3-M	0	0	0	0
44	CT15765-12-1-4-2-1-M	410	48	98	278
45	CT15672-12-1-5-3-4-M	0	0	0	0
46	CT15675-7-1-7-3-2-M	0	0	0	0
47	CT15765-13-7-4-2-1-M	0	0	0	0
48	CT15672-2-2-5-1-1-M	0	0	0	0
49	CT15765-13-7-4-1-2-M	0	0	0	0
50	CT15671-15-4-6-2-3-M	0	0	0	0
51	CT15765-18-1-5-3-2-M	0	0	0	0
52	CT15765-18-1-5-3-2-M	92	0	2	47,02
53	CT15672-12-1-2-1-1-M	0	0	0	0
54	CT15691-4-5-2-2-1-M	0	0	0	0
55	CT15675-7-1-4-2-1-M	0	0	0	0
56	CT15675-7-3-3-3-1-M	85	40	70	97,50
57	CR-1113	0	0	0	0
58	FDEARROZ-50	90	40	62	96
59	CR-4477	0	0	0	0

CT= CIAT 15.672= Material F6 M= Masal

Las líneas promisorias que obtuvieron los mayores rendimientos fueron: la CT15671-15-4-5-1-1-M con 5,8 t/ ha con un promedio de 278 a/ p, CT15672-12-1-5-2-4-M con 5,6 t/ ha y 96 a/ p, CT15675-13-7-4-2-1-M para un promedio de 4,7 t/ ha sin la presencia de ácaros, CT15675-7-1-7-3-2-M con 2 ácaros/ planta y finalmente la línea CT15672-12-1-1-2-3-M con 4,0 t/ ha con 0 a/ p. Estos resultados no muestran que las poblaciones mucha o poca afecte al rendimiento. Más bien se puede decir que no es la cantidad sino la etapa de desarrollo del cultivo el que influye en las poblaciones, así como el manejo del cultivo y el clima.

Al igual que en los resultados que se muestran en el Cuadro 6, se formó la misma escala con los resultados de los Cuadros 7 y 8, lo que se resume en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Escala o grupos de preferencia de acuerdo a la población de ácaros/ planta. Parrita y Taboga. Setiembre-Diciembre, 2004.

N° de grupo	Escala	Descripción de la escala	Líneas/ variedades*
1	0-0	Sin la presencia de ningún estado del ácaro	3, 5, 17, 18, 19, 24, 26, 33, 35, 36, 47, 55, 59, 63, 64, 65.
2	1-20	Con la presencia de uno a veinticinco, de cualquiera de las formas (huevos, inmaduros, adultos) del ácaro	2, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 23, 25, 28, 29, 34, 37, 38, 39, 43, 45, 46, 48, 49, 53, 54, 66
3	21-100	Con la presencia de veintiséis a cien, de cualquiera de las formas del ácaro	1, 7, 13, 16, 27, 56, 57, 58
4	> 100	Con la presencia de más de cien, de cualquiera de las formas del ácaro	8, 44

*Número según parcela (Cuadros 7 y 8)

El grupo 0-0 corresponde a aquellas variedades que no presentaron ácaros en ninguno de sus estados, estas se pueden considerar para el programa de mejoramiento genético y estudiarlas con respecto a la relación ácaro-hongo-bacteria, mientras que las del grupo 1-20 ácaros, se debe analizar con respecto a la producción versus la presencia del ácaro. Luego las variedades con poblaciones mayores de 21 a 100 y más de 100 ácaros en las vainas, se deben evaluar con respecto a los rendimientos y la transmisión de enfermedades (relación ácaro-hongo-bacteria) y como afecta la población de ácaros en los rendimientos.

Se observaron diferencias del comportamiento de las variedades en las diferentes zonas agroclimáticas, tal es el caso de la variedad CR-1113, que no presentó ácaros en las condiciones de la Región Chorotega (E.E.E.J.N.), mientras la variedad CR-4477 sí fue atacada por el ácaro y no así en las condiciones de la Región Pacífico Central (Parrita). El manejo también es un factor a considerar ya que las plantas sembradas en la E.E.E.J.N fueron manejadas con el objetivo de producir semilla de fundación, por lo que se le brindó los requerimientos de agua, nutricionales oportunamente y no se abusó del uso de plaguicidas. Mientras que en Parrita el manejo agronómico fue comercial y por lo tanto intensivo. Sin embargo esto no sucedió para todas las líneas estudiadas.

Por lo que se aprecia en los resultados no se puede descartar materiales o variedades por el mero hecho de ser preferida o susceptible al ácaro del vaneo del arroz, ya que no se da una relación entre el rendimiento y la población obtenida en este estudio. Pero si es importante considerar la fase fenológica, el manejo agronómico y el clima con las poblaciones y el rendimiento del cultivo.

CONCLUSIONES

Las variedades criollas, que no mostraron ninguno de los estados del ácaro fueron, *Oryzica turipana*, Miravalles, Blue Bonnet y las variedades CR-1821 y CR-4477.

La variedad criolla, con mayor cantidad de ácaros en todos sus estados fue la Chin Chin.

La fenología y el manejo agronómico del cultivo son factores que influyen en las poblaciones del ácaro del vaneo del arroz.

Las líneas promisorias que obtuvieron los mayores rendimientos en las dos regiones de estudio fueron en la Región Chorotega fueron: la CT15671-15-4-5-1-1-M con 5,8 t/ ha con un promedio de 278 a/ p, CT15672-12-1-5-2-4-M con 5,6 t/ ha y 96 a/ p, CT15765-13-7-4-2-1-M para un promedio de 4,7 t/ ha sin la presencia de ácaros, CT15675-7-1-7-3-2-M con 2 ácaros/planta y finalmente la línea CT15672-12-1-1-2-3-M con 4,0 t/ ha con 0 a/ p. En la Región Pacífico Central fueron CT15675-7-1-4-2-1-M con 7,7 t/ ha, sin la presencia de ninguno de los estados del ácaro, luego CT15765-18-1-5-3-2-M con 6,9 t/ ha, con cero ácaros, CT15672-12-1-2-1-1-M, con un promedio de 10,5 a/ p.

La infestación de ácaros no correlaciona con rendimiento, porque el material (líneas) más infestada de ácaros fue la que obtuvo mayores rendimientos.

La presencia de huevos en las vainas, es un indicador de colonización o establecimiento del ácaro, en los diferentes germoplasmas de arroz.

RECOMENDACIONES

Se observó que todas las variedades o líneas que en este trabajo mostraron ser no hospedantes al ácaro, si son sembradas solas a nivel comercial, se afectan en mayor "escala" o son infestadas por el ácaro; pero si se combinan con una o más variedades o líneas susceptibles, los ácaros prefirieron las variedades o líneas susceptibles, esto puede servir para realizar aplicaciones dirigidas en las áreas de arroz susceptible.

Considerar en futuros experimentos, los problemas fitopatológicos en que el ácaro podría estar participando, como la relación de *Sarocladium oryzae* y *Xanthomonas campestris*, además del efecto en el rendimiento.

Para estudios de investigación es necesario buscar el lugar más cercano con el fin de colocar el estereoscopio y contar los ácaros en el lugar (*in situ*), no trasladar las plantas o vainas a lugares lejanos. El arroz se debe cortar en el momento de realizar el conteo.

Realizar análisis de contenidos de materia seca a las variedades que en las mismas condiciones tengan cero o menos de 20 ácaros/planta. O tomar la variedad más susceptible en este caso Chin Chin con respecto a alguna que no se infestó con el ácaro.

Evaluar el daño en la producción de acuerdo a la población de ácaros en las variedades y a la infestación de hongos y bacterias.

Las variedades que no se emplean comercialmente, y muestran cierta tolerancia al ácaro, valdría la pena tomarlos en cuenta en mejoramiento genético.

AGRADECIMIENTOS

En forma muy especial a los funcionarios de la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez por su colaboración en facilitar el buen desarrollo de este estudio.

Al Ing. Roberto Tinoco Mora, al Ing. Randolph Campos Morera (qdeDg), Ing. Juan C. Jiménez Vargas y al Tec. Rodrigo Dobles Gutiérrez (qdeDg), por sus valiosos aportes para la realización de este estudio (preparación del terreno, siembra, marcaje de parcelas y otros). A Carmen Hernández Ramírez por el conteo de los ácaros. Al Ing. Carlos Rodríguez Valverde por sus aportes en la revisión de este estudio.

LITERATURA CITADA

- Ciencia y Tecnología. 2009. Comportamiento Poblacional de *Steneotarsonemus Spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en el Cultivo del Arroz (*Oryza sativa* L.). Temas de Ciencia y Tecnología 13(39): (septiembre – diciembre) 55 – 66. Tomado de http://mixteco.utm.mx/edi_anteriores/Temas39/2NOTAS%2039-4.pdf. Fecha: 18 marzo del 2010. Hora: 3:55 pm.
- Araya, M. A. 2004. Manejo de plagas insectiles en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). Trabajo de presentación al curso de Entomología Agrícola. Universidad de Costa Rica. Turrialba. 23 p.
- Alfonso, R.; Rodríguez, S. 2002. Comportamiento de líneas avanzadas de arroz de bajos insumos de agua y fertilizantes en la localidad de Bauta, La Habana. Instituto de Investigaciones del Arroz. La Habana, Cuba. 4 p.
- Cochran, W. G.; Cox, G. M. 1965. Diseños experimentales. 2da ed. Editorial Trillas. México. p 618-644.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. El arroz y la nutrición humana. Hoja divulgativa por el año internacional del arroz 2004, el arroz es vida. Disponible en www.rice2004.org. 2p.
- León, G. R. 2004. Evaluación de la presencia del ácaro *Steneotarsonemus spinki* (Tarsonemidae) en diez variedades de arroz (*Oryza sativa*). INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria-Ministerio de Agricultura y Ganadería) (Archivos técnicos) San José, Costa Rica. 6 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. 557 p.
- Miranda, I.; Ramos, M.; Fernández, B. 2003. Factores que influyen en la abundancia de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) (69): 34-37.
- Ochoa, R. Aguilar, H. 1991. Ácaros fitófagos de América Central: Guía ilustrada. Manual Técnico N° 6. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Turrialba). Turrialba, Costa Rica. 251 p.
- Ramos, M.; Rodríguez, H. 2001. Aspectos biológicos de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 61: 48-52.
- Sanabria, C.; Aguilar, H. 2004. El ácaro del vaneo del arroz *Steneotarsonemus spinki* Smiley. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 16 p.
- Santos, A.; Almaguel, L.; De la Torre, P.; Cáceres, I. 2001. Longevidad y fecundidad de *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en el cultivo del arroz en Cuba. Fitosanidad 5(3): 2.

EFFECTO DE DIFERENTES TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO, DESINFECTANTES Y EXTRACTOS VEGETALES EN POSCOSECHA SOBRE TUBERCULOS DE ÑAME BLANCO (*Dioscorea alata* L.) DE EXPORTACIÓN¹

Ligia Mayela López Marín²

RESUMEN

Se evaluó el efecto de diferentes tiempos de almacenamiento, desinfectantes y fungicidas orgánicos e inorgánicos, sobre la apariencia externa, incidencia y severidad de enfermedades poscosecha de tubérculos de ñame blanco (*Dioscorea alata*) de exportación. Se probaron cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21 y 28 días) y siete tratamientos desinfectantes: 1. NaOCl (Hipoclorito de sodio a 150 mg/ l i.a.); 2. Extracto de semillas de cítricos (Kilol a 750 mg/ l i.a.); 3. Extracto biogénico de semillas de cítricos (Biocto a 5.000,00 mg/ l P.C.) + Profilm 600 40 SL adherente, dispersante, penetrante 2.000 mg/ l P.C.); 4. Peróxido de hidrógeno (H₂O₂ a 10.000,00 mg/ l); 5. Citrato de plata (Bacsan 0,24 SL 10,00 mg / l i.a.); 6. Testigo relativo (lavado con agua). 7. Citrato de plata (Bacsan 0,24 SL 5,00 mg/ l i.a.), aplicados por inmersión durante 3 minutos. Todos los tubérculos fueron secados y almacenados en cajas de cartón de 23,00 kg, en cámara fría a 16 °C ± 2 °C con 90 % H.R. Se empleó un diseño irrestricto al azar con un arreglo bifactorial, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron apariencia externa (apariciencia del corte, micelio en el corte, brotes, yemas y micelio en daño mecánico), incidencia, severidad e identificación de microorganismos asociados a lesiones presentes en los tubérculos. Los tubérculos almacenados por 7 días y 0 días anaquel presentaron la mejor apariencia del corte, así como la menor presencia de micelio en el corte. Tubérculos tratados con hipoclorito de sodio y con 7 días anaquel, presentaron menor presencia de micelio en el corte. A 0 (cero) y 14 días anaquel, todos los desinfectantes fueron similares al Testigo en la presencia de micelio en el corte con excepción del Bacsan 5 mg/ l. Los brotes y yemas de tubérculos evaluados no presentaron diferencias significativas. A 7 y 14 días anaquel, hubo diferencias significativas entre los desinfectantes aplicados para la variable incidencia de enfermedades y fue debido al Bacsan 5 mg/ l. A 0, 7 y 14 días anaquel, Bacsan 5 mg/ l obtuvo el mayor número de lesiones presentes en tubérculos de ñame y fue diferente a todos los demás desinfectantes evaluados. Los hongos presentes en el corte, daño mecánico y lesiones de enfermedades fueron *Penicillium spp.* (85,70 %) y *Aspergillus spp.* (7,14 %). No se presentaron enfermedades bacteriales en los tubérculos analizados.

Palabras claves: ñame blanco (*Dioscorea alata* L.), tiempos de almacenamiento, desinfectantes, apariencia externa, incidencia, severidad, anaquel.

¹ Financiado por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Costa Rica.

² Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), Costa Rica. Teléfono: (506)2231-2344 ext. 411. Telefax: (506)2232-1949; Correo electrónico: llopez@inta.go.cr.

³ Luis Quirós. Exportadora de Tubérculos de Costa Rica, La Rita de Guápiles, Costa Rica. Teléfono: (506)2763-4289 Telefax: (506)2763-3494.

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tendencias de apertura comercial de Costa Rica brindan oportunidades para la comercialización de productos agrícolas con países de Centroamérica, el Caribe, Estados Unidos, así como también, con otros países de Europa y Asia.

Los tubérculos del ñame son una fuente importante de carbohidratos para las poblaciones de África Tropical y Subtropical, Centroamérica y Sur América, parte de Asia e islas del Caribe y del Pacífico y el consumo anual a nivel mundial supera los 30 millones de toneladas de ñame, siendo Nigeria el mayor productor del mundo con 22 millones de toneladas por año (FAO, 1998 citado por Amusa *et al.*, 2003; Adelusi y Lawanson 1987; Coursey 1967).

De acuerdo con el Banco Central de Costa Rica, en el 2006, Costa Rica pasó de producir 5.540 toneladas de ñame a 15.461,59 toneladas en el año 2009. Durante el período 2009, Costa Rica exportó ñame, lo que generó \$ 13 621.215, a países como Puerto Rico, Estados Unidos, Martinica, Guadalupe y otros países como Canadá, Reino Unido, Holanda, Honduras, España, Colombia, Panamá y algunas Islas del Caribe (CNP 2010).

Aún cuando la producción de ñame representa una fuente de ingresos para los pequeños y medianos agricultores, la actividad se ve restringida porque el sector es poco organizado, las prácticas de producción son deficientes y consecuentemente, se afecta la calidad del producto. Adicionalmente, es común que se presenten pérdidas de importancia, ocasionadas por falta de prácticas de manejo poscosecha adecuadas (Herrera, Umaña 1994 citados por Segura 2000).

Onayemi (1983) informado por Amusa *et al.* (2003), mencionó que las pérdidas en Nigeria superan el 50 % de los ñames cosechados y almacenados. Así mismo, las principales causas de pérdidas poscosecha

son las lesiones provocadas por nematodos, golpes y daños mecánicos que afectan la apariencia externa y favorecen la entrada de hongos y bacterias que finalmente, le causan pudriciones a los tubérculos (Murse *et al.* 2000 citado por Amusa *et al.* 2003; FAO 1993).

Amusa *et al.* (2003) indicaron que los agentes que causan enfermedades en ñame no sólo reducen la cantidad de ñames producidos, sino que reducen la calidad del producto. Estas enfermedades aparecen en el campo, en cosecha y después de la cosecha. Aunado a lo anterior, los autores encontraron microorganismos asociados con el almacenamiento y mercadeo de tubérculos de ñame dentro de los cuales están: *Botryodiplodia theobromae*, *Aspergillus tamari*, *Penicillium oxalcum*, *P. cyplopium*, *P. italicum*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Rhizopus nigricans*, *Sclerotium rolfsii*, *Mucor circinelloides*, *Trichoderma viridae* y *Erwinia carotovora*.

Eyensu y Coursey (1992) citados por Okigbo (2004), mencionaron que los géneros de hongos que aparecen con frecuencia asociados a pérdidas en almacenamiento en ñame fueron *Botryodiplodia*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rosellinia*, *Aspergillus*, *Hendersonula*, *Macrophomina*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Geotrichum* y una bacteria del género *Serratia*.

En las empacadoras de ñame, la finalidad de realizar el lavado, es para eliminar las cargas de bacterias, hongos y restos de suciedad. Además, el agua es necesaria para la preparación de soluciones tales como ceras, fungicidas, antitranspirantes y abrillantadores, que son normalmente empleados para mejorar la apariencia y la conservación del producto (CNP 2001). Kornoski *et al.* (2006) mencionan que el lavado es un paso importante en la línea de empaque y es donde se realiza el primer tratamiento con desinfectantes o fungicidas, cuya finalidad es desinfectar la superficie del fruto.

La mayoría de los patógenos que infectan los tubérculos de ñame provienen de campo, no

obstante, es frecuente que se observen durante el período de almacenamiento causando pérdidas. Es común encontrar tubérculos de ñame con pérdidas de 10 a 20 % durante los primeros 3 (tres) meses de almacenamiento, aunque después de 6 (seis) meses las pérdidas pueden incrementarse entre el 50 al 60 % (Ikotun 1986 citado por Okigbo 2004; Jones 1985 citado por Okigbo 2004; Nnodu y Nwankiti 1986 citados por Okigbo 2004; Ogali et al. (1991) citados por Okigbo (2004).

Es evidente que las pérdidas poscosecha que se presentan por enfermedades en raíces y tubérculos son de difícil combate, debido a que en la mayoría de los casos, no se cuenta con fungicidas aprobados por E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental, Estados Unidos), lo que dificulta el control químico para reducir enfermedades poscosecha y por ende, se dificulta mejorar la calidad del producto exportable (FAO 1993).

Algunos químicos se han aplicado para reducir enfermedades poscosecha en ñame, sin embargo, es necesaria la búsqueda de otras alternativas diferentes a los agroquímicos, dado que son fuertemente regulados en la aprobación de los registros y en el uso para cada país (Okigbo 2003 citado por Okigbo 2004; Okigbo 2001 citado por Okigbo 2004; Garrett 1972 citado por Okigbo 2004).

El objetivo de esta investigación fue probar diferentes tiempos de almacenamiento, desinfectantes y fungicidas orgánicos e inorgánicos sobre la apariencia externa, incidencia y severidad de enfermedades poscosecha de tubérculos de ñame blanco (*Dioscorea alata*) de exportación.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación de desinfectantes y extractos vegetales

La investigación se llevó a cabo de setiembre a noviembre del año 2007, en el Laboratorio de Tecnología Poscosecha de la Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de

Oca, San José. Se emplearon tubérculos de ñame (*Dioscorea alata*) procedentes de la planta empacadora - exportadora de raíces y tubérculos de Luis Quirós en La Rita, Jiménez de Guápiles, provincia de Limón, Costa Rica.

Se evaluaron desinfectantes y extractos vegetales como tratamientos poscosecha para el combate de enfermedades de tubérculos de ñame de calidad de exportación, según norma de calidad (Saborío, 2003) Los tubérculos empleados se estibarón por 5 (cinco) días, según se hace comercialmente, dentro de la empacadora, de manera que permitiera el secado, la cicatrización de heridas que ocurrieron durante la cosecha, trasiego del producto a la empacadora y durante la acción del lavado del mismo. El procedimiento permitió reforzar las zonas de la piel suberosa que sufrieron daños por la manipulación (FAO 1993).

Los tubérculos de ñame se trasladaron en cajas de cartón de 23,00 kg hasta el Laboratorio de Poscosecha y se colocaron en cajas plásticas con ranuras para facilitar la aplicación de los productos desinfectantes por inmersión, durante 3 (tres) minutos; seguidamente, se escurrieron y se colocaron en mesas forradas de papel Kraft (parafinado), para secar los tubérculos con la ayuda de ventiladores de pie, por un período de 14 horas.

Los tratamientos evaluados en el ensayo fueron los siguientes: 1. NaOCl (Hipoclorito de sodio 150,00 mg/ l i.a.); 2. Extracto de semillas de cítricos (Kilol 750,00 mg/ l i.a.); 3. Extracto biogénico de semillas de cítricos (Biocto 5.000,00 mg/ l P.C.) + Profilm 600 40 SL (2.000,00 mg/ l P.C. de adherente, dispersante y penetrante); 4. Peróxido de hidrógeno (H₂O₂) 10.000,00 mg/ l; 5. Citrato de plata (Bacsan 0,24 SL 10,00 mg/ l i.a.); 6. Testigo relativo (lavado con agua). 7. Citrato de plata (Bacsan 0,24 SL 5,00 mg/ l i.a.).

Los tubérculos de ñame se revisaron de manera independiente para verificar su calidad, se envolvieron en papel periódico y se colocaron en cajas de cartón de 23,00

kg. Seguidamente, las cajas se almacenaron aleatoriamente en una cámara fría graduada a $16\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una humedad relativa de 90 %.

El ensayo se dispuso en un diseño irrestricto al azar con un arreglo bifactorial, donde el factor uno correspondió a cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21 y 28 días) y el factor dos correspondió a siete tratamientos desinfectantes. En cada tratamiento se usaron tres repeticiones y se realizaron tres evaluaciones en el tiempo. Cada repetición consistió de una caja de 23,00 kg de producto y de cada repetición se evaluaron al azar cinco tubérculos por semana. La unidad muestral correspondió a un tubérculo de ñame. Se empleó un análisis de ANDEVA y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Los tubérculos de ñame aplicados con los diferentes desinfectantes se almacenaron en cámara fría durante 7, 14, 21 y 28 días, simulando el tiempo de transporte que tardaría el producto al ser exportado a diferentes mercados internacionales. Concluido el período de almacenamiento, los tubérculos se sacaron de la cámara fría y se evaluaron a los 0, 7 y 14 días, simulando el tiempo en anaquel.

Cada 7 días se evaluaron cinco tubérculos por repetición por tratamiento de las cajas dispuestas en la cámara fría y en anaquel y se consideraron las siguientes variables:

A. Apariencia externa: apariencia del corte (unión con la planta), micelio presente en el corte, brotes, yemas y presencia de micelio en daño mecánico. Esta evaluación se hizo con base en la siguiente escala de deterioro de la apariencia externa: Grado 1: 0 % deterioro de la apariencia externa; Grado 2: mayor que 0 y hasta 25 %; Grado 3: mayor que 25 % y hasta 50 %; Grado 4: mayor que 50 % y hasta 75 %; Grado 5: mayor que 75 % a 100 %.

B. Incidencia (presencia de tubérculos enfermos) y severidad (número de lesiones causadas por diversas enfermedades en los tubérculos).

C. Identificación de microorganismos asociados con las lesiones presentes en los tubérculos. Este análisis se realizó en el Laboratorio de Fitoprotección del Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ensayo se desglosaron de acuerdo a las tres evaluaciones realizadas a tubérculos de ñame de exportación aplicados con diferentes desinfectantes poscosecha y colocados bajo diferentes tiempos de almacenamiento: primera evaluación (salida de cámara fría a $16\text{ }^{\circ}\text{C}$), segunda evaluación (siete días después de permanecer a temperatura ambiente o simulación de anaquel) y tercera evaluación (catorce días después de permanecer a temperatura ambiente o simulación de anaquel).

Primera Evaluación. Salida de cámara (0 Días Simulación en Anaquel).

A. Apariencia Externa

Apariencia del Corte (corte de unión con la planta):

En el análisis de varianza para la variable apariencia del corte de los tubérculos evaluados a la salida de cámara fría, se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) según Tukey en el tiempo de almacenamiento, así como en los tratamientos desinfectantes (Figuras 1 y 2). No existió dependencia entre el tiempo de almacenamiento y los desinfectantes aplicados por no presentarse diferencias estadísticas en la interacción de los mismos.

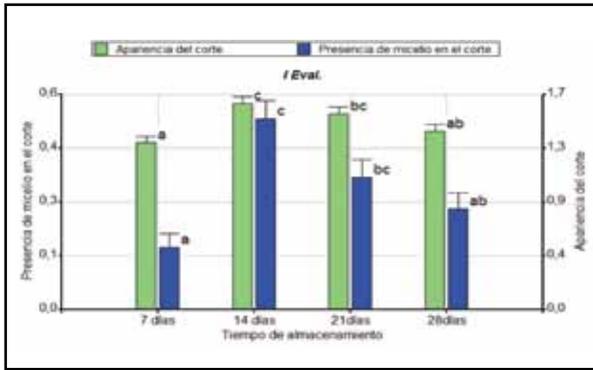


Figura 1. Apariencia del corte (unión con la planta) y presencia de micelio en tubérculos de ñame Diamantes 22, según el tiempo de almacenamiento en cámara fría a 16 °C. San José, Costa Rica. 2007.

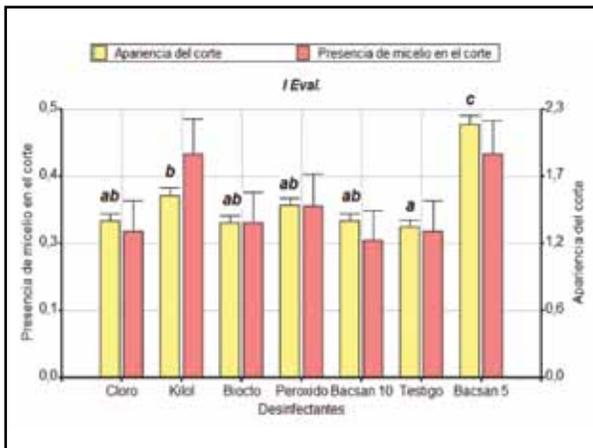


Figura 2. Apariencia del corte y presencia de micelio en el mismo corte de tubérculos de ñame Diamantes 22 después de ser tratados con desinfectantes y almacenados en cámara fría (16 °C) San José, Costa Rica. 2007.

Con base en la escala de deterioro de la apariencia del corte de los tubérculos evaluados a los 7, 14, 21 y 28 días de permanencia en cámara fría fue diferente (según prueba de Tukey). Los tubérculos almacenados por siete días presentaron la mejor apariencia del corte; en tanto que, aquellos almacenados durante 14 días presentaron el mayor deterioro en el corte (Figura 1), lo que se detectó comercialmente y podría deberse a la pérdida de humedad de los tubérculos ocurrida en el tiempo, lo cual hace que se arrugue y reduzca el corte.

Con respecto a los desinfectantes aplicados, se encontró que los desinfectantes utilizados fueron estadísticamente diferentes e inferiores al testigo, siendo éste último el que presentó el menor deterioro en el corte. Asimismo, el Testigo (lavado con agua) es uno de los tratamientos que se emplea en las empresas empacadoras de producto de exportación de ñame blanco. En contraposición a lo anterior, el tratamiento con Bacsan 5,00 mg/ l presentó el mayor deterioro en la apariencia del corte (Figura 2). Esto pudo deberse a que las concentraciones de los tratamientos empleados no fueron las óptimas, o bien, el manejo y la selección previa de los tubérculos fueron buenos, lo que hace innecesario el empleo de desinfectantes.

Presencia de micelio en el corte (corte de unión con la planta):

En la variable presencia de micelio en el corte de los tubérculos, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos desinfectantes aplicados, mientras que si hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) en el tiempo de almacenamiento de los mismos. Por otro lado, no existió dependencia entre el tiempo de almacenamiento y los desinfectantes aplicados por no presentarse diferencias estadísticas en la interacción de los mismos (Figura 1 y 2).

Los tubérculos almacenados durante 7 (siete) días, presentaron la menor presencia de micelio (prueba de Tukey $p \leq 0,01$) y fueron estadísticamente diferentes de los almacenados durante 14 y 21 días. Así mismo, los tubérculos almacenados durante 14 días en cámara fría presentaron la mayor presencia de micelio en el corte (Figura 1). Probablemente porque el tubérculo todavía está turgente, lo que favorece el desarrollo del micelio. Luego, conforme el tubérculo fue perdiendo humedad, se redujo la cantidad de micelio en el corte.

Marín (2001) informó que una vez que ocurre la maduración se inició el envejecimiento de los tejidos, seguido por la pérdida del contenido

celular, oscurecimiento de los tejidos por oxidación, deformación debida a la pérdida de turgencia o jugos y pudriciones por hongos y bacterias.

La pérdida de peso en tubérculos es menor, debido a que el vapor de agua pasa del parénquima a la atmósfera exterior por medio de las lenticelas mientras que en las hortalizas de hoja y fruta se libera a través de las lenticelas, estomas y cutícula (Universidad de Tolima 2002).

La turgencia de las células se pierde porque el agua del protoplasma, se desplaza a través de sus membranas y por los espacios intracelulares, hasta la superficie del vegetal, para reponer la humedad que de allí ha sido retirada hacia el aire por la transpiración, al perder la turgencia (Universidad de Tolima 2002).

Con relación a los desinfectantes aplicados, todos los tratamientos se comportaron estadísticamente iguales, Tukey ($p \leq 0,05$), en la variable presencia de micelio en el corte de los tubérculos (Figura 2).

Estado de los brotes y yemas:

Con respecto al análisis de varianza para las variables estado de los brotes y yemas de los tubérculos, no se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los tiempos de almacenamiento en cámara fría a 16 °C ni en los tratamientos desinfectantes aplicados. De acuerdo con lo observado en el ensayo, valorar los brotes y yemas como variable dentro de la apariencia externa, no es importante, debido a que éstos permanecieron en dormancia, proceso fisiológico que ocurre después de la cosecha, donde en este período, no hay evidencia o es casi imperceptible la presencia de ambos.

Ferguson (1977) citado por Rodríguez (2000), indicó que los tubérculos de ñame *D. alata* una vez cosechados, brotan después de

84 a 112 días de estar en reposo. Además, Pasam *et al.* (1982) citados por Rodríguez (2000) encontraron que el período de reposo es determinante genéticamente, más que el proceso de la madurez del tubérculo.

Cabe indicar que el ñame blanco Diamantes 22, es un material con períodos inactivos largos de latencia como lo cita Aguilar⁴ (2008) y FAO (1993), lo cual facilitó su manejo en esta etapa de poscosecha y no hubo ni brotes ni yemas durante el ensayo.

Así mismo, Rao y George (1990) citado por Rodríguez (2000) prolongaron el reposo de los tubérculos de ñame *D. alata* por más de cinco meses, almacenándolos a 20 °C, lo que evidencia que las bajas temperaturas reducen la tasa de actividad metabólica y, por ende, retrasan los cambios que conducen a la ruptura del reposo. No obstante, no deberían almacenarse ñames a temperaturas inferiores a los 15,00 °C, porque por debajo de esta temperatura, se producen daños por excesivo enfriamiento.

Presencia de micelio en daño mecánico:

En lo que respecta a la variable presencia de micelio en daño mecánico, se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) en el tiempo de almacenamiento y desinfectantes aplicados a los tubérculos de ñame; adicionalmente, se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en la interacción tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), todas las interacciones de desinfectantes aplicados por tiempo de almacenamiento fueron estadísticamente iguales y obtuvieron la menor presencia de micelio en daño mecánico, con excepción del Bacsan 5,00 mg/ l con 21 días de almacenamiento, el cual fue diferente al resto de las interacciones y obtuvo la mayor presencia de micelio sobre el daño mecánico de los tubérculos de ñame Diamantes 22. Se

⁴ Aguilar, E. 2008. Período de latencia de los tubérculos de ñame. Comunicación personal. INTA. Guápiles, Estación Experimental Los Diamantes. Teléfono: (506) 2710-7851. Correo electrónico: eaguil@inta.go.cr

podría pensar que la dosis de Bacsan 5,00 mg/ l que se usó no funcionó, por lo que no redujo la cantidad de micelio presente en el daño mecánico de tubérculos.

B.1. Incidencia de enfermedades:

Para la variable incidencia de enfermedades hubo diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento y diferencias altamente significativas para los desinfectantes aplicados y para la interacción de tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados.

Según prueba de Tukey, todos los tratamientos fueron significativamente iguales con excepción del tratamiento Bacsan 5,00 mg/ l durante 21 y 28 días de almacenamiento en cámara fría a 16 °C. El efecto significativo de los tratamientos y de la interacción tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados, se debió fundamentalmente al tratamiento con Bacsan 5,00 mg/ l; probablemente por la concentración que se empleó.

B.2. Número de lesiones:

El análisis de varianza reflejó diferencias no significativas en el tiempo de almacenamiento, en la interacción del tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados a los tubérculos, mientras que sí hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) para los desinfectantes aplicados. De nuevo cabe indicar que el efecto significativo de los tratamientos desinfectantes se debió principalmente al tratamiento con Bacsan 5,00 mg/ l (prueba de Tukey). Por lo tanto, se podría pensar que la dosis empleada del desinfectante no fue la más adecuada para reducir la presencia de enfermedades poscosecha.

Segunda evaluación. Siete días después de permanecer a temperatura ambiente.

A. Apariencia Externa:

Apariencia del Corte (corte de unión con la planta):

De acuerdo con el análisis de varianza para la variable apariencia del corte de los tubérculos, se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0,01$) en el tiempo de almacenamiento, en los tratamientos desinfectantes y en la interacción entre el tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados, por lo tanto, existió dependencia entre ambos factores.

Cabe indicar que los tratamientos que presentaron la mejor apariencia del corte (prueba de Tuckey $p \leq 0,01$) fueron los tubérculos tratados con desinfectantes y almacenados a 7, 14, 21 y 28 días, con excepción del Bacsan a 5,00 mg/ l durante 7, 14 y 21 días de almacenamiento, tratamientos que presentaron el mayor deterioro del corte y fueron estadísticamente inferiores a los demás.

Presencia de micelio en el corte (corte de unión con la planta):

Se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el tiempo de almacenamiento y para los desinfectantes aplicados, en tanto que, la interacción de los factores no mostró diferencias significativas.

Con relación a los desinfectantes aplicados, todos se comportaron estadísticamente iguales con excepción del Bacsan 5 mg/ l que presentó la mayor presencia de micelio en el corte de los tubérculos y fue estadísticamente inferior comparado con el Hipoclorito de sodio, que obtuvo el menor valor para esta variable (Figura 3). Pirovani *et al.* (2006) informaron que el hipoclorito de sodio es recomendado para desinfección de cortes, y en este caso en particular es el desinfectante que mejor funciona en bajar la presencia de hongos.

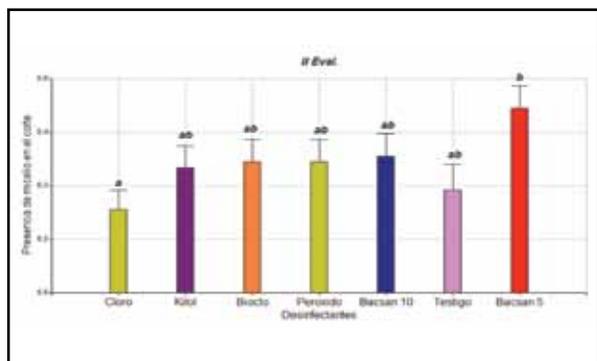


Figura 3. Presencia de micelio en el corte de los tubérculos de ñame Diamantes 22, tratados con diferentes desinfectantes y almacenados en cámara fría (16 °C) y 7 días a temperatura ambiente (simulando anaquel) San José, Costa Rica. 2007.

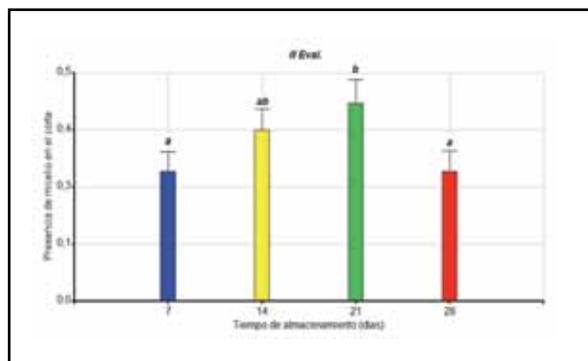


Figura 4. Presencia de micelio en el corte de tubérculos de ñame Diamantes 22 almacenados en cámara fría (16 °C) y 7 días a temperatura ambiente (simulando anaquel). San José, Costa Rica. 2007.

Vero *et al.* (2006) y SENATI (s.f.) mencionaron que el cloro es capaz de entrar en contacto con suciedad y gérmenes, y logra romper en pequeñas unidades la cadena de moléculas matando bacterias y mohos, luego libera oxígeno activo que ataca y descompone las proteínas destruyendo los microorganismos.

El uso de desinfectantes tales como el cloro en los cortes de hortalizas y en el agua de refrigeración puede ayudar a reducir los riesgos asociados con la internalización de los patógenos en el producto agrícola (University of Maryland 2002)

En la Figura 4, se observa que los tubérculos almacenados durante 7 y 28 días en cámara fría, obtuvieron menor presencia de micelio en el corte, que aquellos almacenados durante 21 días. Esto pudo deberse a que a los 7 días, los tubérculos estaban más protegidos por los desinfectantes aplicados, debido a que la mayoría actúan por contacto.

Por otro lado, tubérculos almacenados durante 28 días en la cámara fría, presentaron pérdidas de agua por deshidratación de los tubérculos, lo que favoreció la presencia de mohos (hongos poscosecha) en el corte. Muchos de estos patógenos (patógenos de lesiones) invaden el tubérculo a través de las lesiones causadas por nematodos o por daños físicos, tales como cortes y rozaduras. Las lesiones, raspaduras, magulladuras o cortes son entradas propicias para el ataque de patógenos y presencia de pudriciones durante el almacenamiento (FAO 1993)

Estado de los brotes y yemas:

No se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) en los tiempos de almacenamiento en cámara fría a 16 °C, seguido por siete días a temperatura ambiente (simulación en anaquel), así como tampoco para los tratamientos desinfectantes aplicados para el estado de brotes y yemas.

Presencia de micelio en daño mecánico:

Se presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0,01$) en el tiempo de almacenamiento y en la interacción de los factores ($p \leq 0,05$), lo que denota que existió dependencia entre los factores desinfectantes aplicados y tiempos

de almacenamiento. No hubo diferencias significativas para los diferentes desinfectantes aplicados.

Con excepción del tratamiento Bacsan 5,00 mg/ l a los 21 días de almacenamiento en cámara fría y 7 días a temperatura ambiente (7 días anaquel), todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales y tuvieron menor presencia de micelio en el daño mecánico. Boyette *et al.* citados por Ávila (1993) encontraron que la reducción en daños mecánicos en la banda de clasificación y empaque, reduce directamente la presencia del producto afectado porque muchos organismos entran a frutas y vegetales a través de heridas.

B.1. Incidencia de enfermedades:

No hubo efecto en el tiempo de almacenamiento ni en la interacción de tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados, en tanto que sí se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre los desinfectantes aplicados. Cabe indicar que el efecto significativo de los desinfectantes se debió precisamente al desinfectante Bacsan 5,00 mg/l, con el que ocurrió la mayor incidencia de tubérculos de ñame con enfermedades. Asimismo, los demás desinfectantes aplicados fueron estadísticamente iguales al testigo (Figura 5). La incidencia de enfermedades fue muy baja en este ensayo, lo cual pudo deberse a que los tubérculos de exportación empleados fueron bien seleccionados por el personal de la empacadora. Esto coincide con lo informado por Boyette *et al.* (1993) citados por Ávila (1997) quienes señalaron que al incrementar la eficiencia y mejorar el manipuleo de frutas y vegetales frescos en sitios de empaque, se reducen las pérdidas poscosecha.

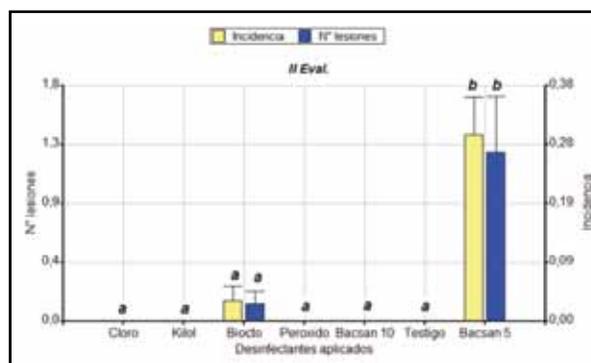


Figura 5. Determinar la incidencia y número de lesiones de enfermedades presentes en los tubérculos de ñame Diamantes 22, con diferentes tratamientos desinfectantes y almacenados en cámara fría (16 °C) y siete días a temperatura ambiente. San José, Costa Rica. 2007.

La presencia de enfermedades en poscosecha en la mayoría de los casos depende de la calidad y tipo de manejo que se le da al producto en la cosecha, en el transporte, en el lavado de los tubérculos y en la buena selección del producto de alta calidad en la empacadora.

Castro y Saborío (2004) informaron que el uso de Buenas Prácticas de Manejo de hortalizas y frutas frescas suministradas durante el desarrollo del cultivo, precosecha, cosecha, selección, almacenaje, transporte e higiene del trabajador, previnieron la ocurrencia de errores y se evitaron daños mayores.

Una manera de reducir la pérdidas poscosecha de ñame consiste en recolectar el producto cuando no esté lloviendo, colocar los tubérculos bajo sombra, trasladar el producto inmediatamente a la empacadora, debidamente seleccionado, sin podredumbres o lesiones físicas como raspaduras, heridas, magulladuras o daños provocados por nematodos; además, seleccionarlo adecuadamente en la empacadora, lavarlo con agua limpia, de ser posible con algún tratamiento poscosecha, secar y curar por un período de 4 a 7 días (Castro y Saborío 2004; FAO 1993; FAO s.f.)

B.2. Número de lesiones en los tubérculos:

No se presentaron diferencias estadísticas en el tiempo de almacenamiento ni para la interacción de los factores, no obstante, sí las hubo ($p \leq 0,05$) entre los desinfectantes aplicados para la variable. Además, debe aclararse que estas diferencias se debieron nuevamente al desinfectante Bacsan 5,00 mg/ l, el cual presentó el mayor número de lesiones en los tubérculos de ñame a diferencia de los demás tratamientos (Figura 5).

Boyette *et al.* (1993) citado por Ávila (1997) mencionaron que las pérdidas poscosecha pueden ser causadas por cualquier hongo o bacteria, aunque los hongos son encontrados más frecuentemente que bacterias tanto en frutas como vegetales. La presencia de lesiones estuvo asociada en este caso a hongos y no aparecieron bacterias afectando la calidad de los tubérculos de exportación en este ensayo.

La aplicación del Bacsan 5,00 mg/ l pudo ocasionar una enfermedad iatrogénica (efectos negativos provocados por cualquier producto aplicado en sobredosis al cultivo en cualquier estado fisiológico), al no emplearse la cantidad óptima y eficaz del desinfectante, lo que pudo ocasionar un efecto detrimental con su aplicación. Además, se pudo potenciar el daño por microorganismos presentes en los tubérculos y se desencadenó una reacción adversa al aplicar el desinfectante. (Wuani 2001; Wikipedia 2008)

Tercera Evaluación. Catorce días después de permanecer a temperatura ambiente

Apariencia Externa

Apariencia del Corte (corte de unión con la planta):

No se evidenciaron diferencias estadísticas en el tiempo de almacenamiento de los tubérculos, ni para la interacción tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados, para la variable apariencia del corte; en tanto

que si se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para los desinfectantes aplicados, no obstante, las diferencias que existen entre los desinfectantes aplicados se debieron exclusivamente al desinfectante Bacsan 5,00 mg/ l, el cual presentó el mayor deterioro del corte y fue inferior a los demás tratamientos evaluados, incluyendo al testigo (Figura 6).

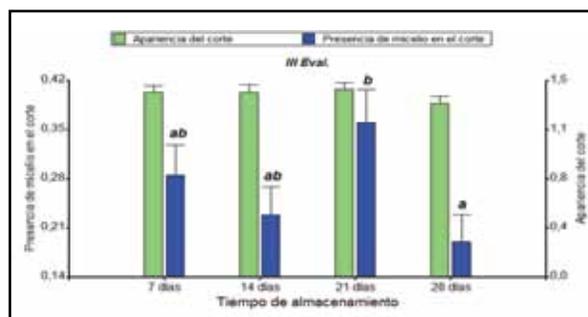


Figura 6. Apariencia del corte y presencia de micelio en el corte (unión con la planta) de los tubérculos de ñame Diamantes 22, después del almacenamiento en cámara fría a 16 °C y 14 días a temperatura ambiente (simulando anaquel). San José, Costa Rica. 2007.

Según Castro y Saborío (2004); Carmona (2004); Umaña y Sáenz (2004) lo anterior expuesto pudo deberse al buen manejo de tubérculos en el campo, a la excelente selección de los mismos, al adecuado manejo y proceso de limpieza en la empacadora, lo que denota que al trabajar con tubérculos de buena calidad y bien seleccionados, es posible que no requieran la aplicación de desinfectantes.

Sin embargo, considerando la inocuidad de alimentos, se recomendó el uso de algún desinfectante que reduzca la infección de microorganismos, que evitan dañar la salud humana, como lo mencionaron (Castro y Saborío 2004; Umaña y Sáenz 2004).

Presencia de micelio en el corte (corte de unión con la planta):

Se presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) en el tiempo de almacenamiento y los desinfectantes aplicados, en tanto que no hubo diferencias significativas para la interacción

tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados para la variable presencia de micelio en el corte. Respecto al factor tiempo de almacenamiento (prueba de Tukey $p \leq 0,05$) los tubérculos que permanecieron por 28 días en cámara fría y 14 días a temperatura ambiente, tuvieron menos micelio en el corte y fueron estadísticamente similares a los que presentaron 7 y 14 días en almacenamiento dentro de la cámara fría.

Lo anterior expuesto, pudo deberse a que a los 28 días hubo más deshidratación y no favoreció las condiciones para el desarrollo de micelio de hongos en el corte. En contraposición a lo anterior, los tubérculos almacenados durante 21 días, presentaron la mayor presencia de micelio y fueron estadísticamente inferiores a los demás (Figura 6). Esto pudo deberse a que a 21 días de almacenamiento, la acción de los desinfectantes fue inefectiva en el desarrollo del micelio en el corte, a consecuencia del tiempo que se tenía de la aplicación de los desinfectantes. Se perdió turgencia al desplazarse el agua dentro de células del protoplasma y se dirigió hasta la superficie vegetal para reponer la humedad perdida por la transpiración (Universidad de Tolima 2002).

Los desinfectantes aplicados fueron estadísticamente similares al testigo (prueba de Tukey $p \leq 0,05$) y presentaron la menor presencia de micelio en el corte, a diferencia del tratamiento Bacsan 5 mg/ l, que fue estadísticamente inferior a los demás por obtener la mayor presencia de micelio en el corte (Figura 7). La selección adecuada de los tubérculos a exportar favoreció minimizar las pérdidas poscosecha como se encontró en estos resultados. Umaña y Sáenz 2004, mencionaron que tratamientos poscosecha aplicados a tejidos vegetales, pudieron disminuir las poblaciones de microorganismos que pueden afectar la calidad del producto agrícola o la salud de los consumidores.

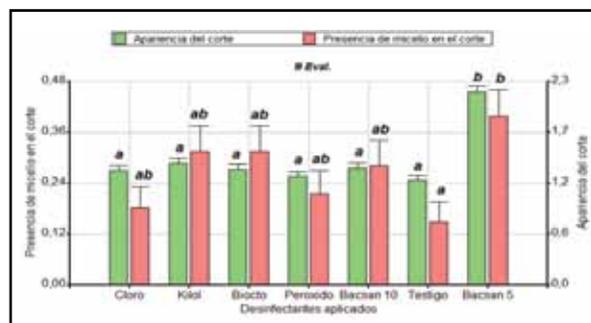


Figura 7. Apariencia del corte y presencia de micelio en el corte de tubérculos de ñame Diamantes 22, después del tratamiento con diferentes desinfectantes luego del almacenamiento en cámara fría a 16 °C y 14 días a temperatura ambiente (simulando anaquel) San José, Costa Rica. 2007.

Estado de los brotes y yemas:

No hubo diferencias estadísticas en los tiempos de almacenamiento en cámara fría a 16 °C, ni con los tratamientos desinfectantes aplicados, debido al estado de dormancia en que permanecieron durante el estudio, según Rodríguez (2000).

Presencia de micelio en daño mecánico:

No se presentaron diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento, desinfectantes aplicados, ni en la interacción tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados, para la presencia de micelio en daño mecánico de los tubérculos. Asimismo, tubérculos tratados con desinfectantes y dejados a 7 y 14 días en anaquel, no presentaron diferencias significativas, en tanto que a 0 días anaquel, hubo diferencias significativas debidas al Bacsan 5 mg/ l y 21 días en cámara fría.

B.1. Incidencia de enfermedades:

En lo que respecta a la variable incidencia de enfermedades, no hubo diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento ni en la interacción de tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados. Sin embargo, sí se presentaron diferencias significativas

($p \leq 0,05$) entre los desinfectantes analizados. Merece indicar, que el efecto significativo de los desinfectantes se debió exclusivamente al desinfectante Bacsan 5 mg/ l, el cual fue estadísticamente diferente e inferior a los demás tratamientos (Figura 8).

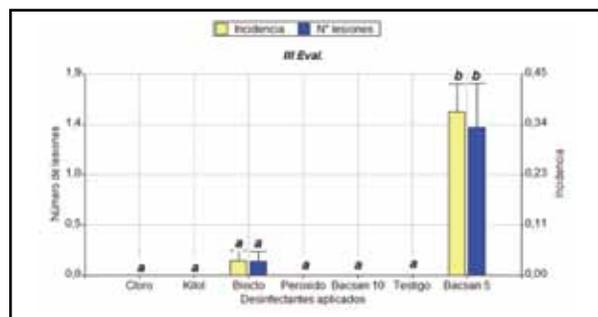


Figura 8. Incidencia y número de lesiones de enfermedades presentes en tubérculos de ñame Diamantes 22, según, desinfectantes aplicados y después de permanecer en almacenamiento a 16 °C y catorce días a temperatura ambiente (simulando un anaquel) San José, Costa Rica. 2007.

La incidencia de las enfermedades en los tubérculos de ñame Diamantes 22 fue muy bajo; la mayoría de los tubérculos tratados no presentaron enfermedades. Esto pudo deberse a los esfuerzos que se hicieron en la empacadora para reducir daños que pudieron causar pérdidas poscosecha y aparentemente fue exitoso para reducir la incidencia de enfermedades en raíces y tubérculos (Boyette *et al.* 1993 citado por Ávila, 1997).

B.2. Número de lesiones en los tubérculos:

No se presentaron diferencias significativas en el tiempo de almacenamiento ni para la interacción de tiempo de almacenamiento por desinfectantes aplicados. No obstante, sí se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) entre los desinfectantes aplicados. Sin embargo, estas diferencias fueron debidas al desinfectante Bacsan 5 mg/ l, que evidenció el mayor número de lesiones presentes en los tubérculos de ñame. Con excepción del desinfectante Bacsan 5 mg/ l, los tubérculos aplicados con el resto de los desinfectantes evaluados, fueron estadísticamente iguales

al testigo (Figura 8) Lo anterior expuesto coincide con Boyette *et al.* (1993) citado por Ávila (1997) quien opina que los tubérculos de exportación empleados para el ensayo hayan sido seleccionados eficientemente por el personal de la empacadora.

C. Identificación de microorganismos presentes en tubérculos de ñame variedad Diamantes 22

De acuerdo con los tratamientos desinfectantes evaluados, se encontró que al analizar los cortes, daños mecánicos y lesiones en los tubérculos de ñame Diamantes 22, los microorganismos encontrados durante las evaluaciones fueron los hongos, *Penicillium spp.* con mayor frecuencia (85,70 %) y *Aspergillus spp.* en menor frecuencia (7,14 %), Cuadro 1. Cabe indicar que en este ensayo observó la presencia de bacterias que afectarían la sanidad de los tubérculos, Cuadro 1.

Cuadro 1. Microorganismos encontrados en diferentes tratamientos en tubérculos de ñame con desinfectantes aplicados en poscosecha. San José, Costa Rica. 20071

Tratamiento	7DCF*+7DTA**	14 DCF+7 DTA	21 DCF+7DTA	28DCF+7DTA
Hipocloritode sodio(NaOCl)	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>
Kilol	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	Negativo	<i>Penicillium sp.</i>
Biocto	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	Negativo
Citrato de plata (Bacsan 10 ppm)	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>
Testigo (agua)	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>
Citrato de plata (Bacsan 5 ppm)	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i>

1/ Laboratorio de Fitoprotección,. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

*DCF/ Días almacenados en cámara fría.

**DTA/ Días almacenados a temperatura ambiente.

Los tubérculos aplicados con hipoclorito de sodio, presentaron dos hongos: *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*; mientras que en el resto de los tratamientos utilizados, se presentó *Penicillium spp.*

Aspergillus spp. y *Penicillium spp.* aparecieron frecuentemente en tubérculos de ñame Diamantes 22 evaluados en poscosecha, lo que coincide con lo informado por Amusa *et al.* (2003) quienes mencionaron que estos agentes causan enfermedades en ñame, además, están asociados con el almacenamiento y el período de mercadeo. Umaña y Sáenz (2004) citan la presencia de *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.* y algunas especies del género *Fusarium spp.* como hongos que ocasionan daños poscosecha en tejidos vegetales.

Es importante indicar que la presencia de *Penicillium spp.* se repitió en todas las evaluaciones realizadas.

CONCLUSIONES

La apariencia del corte de los tubérculos evaluados a los 7, 14, 21 y 28 días de permanencia en cámara fría y 0 días en

anaquel presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, para 7 y 14 días anaquel sólo se presentaron diferencias significativas para el factor desinfectante aplicado y se debieron al tratamiento Bacsan 5,00 mg/ l, y, tubérculos almacenados por 7 días en cámara fría y 0 días anaquel, obtuvieron una mejor apariencia en el corte (unión a la planta).

A 7 y 14 días anaquel todos los tratamientos fueron estadísticamente similares con excepción del Bacsan 5,00 mg/ l que obtuvo el mayor deterioro en la apariencia del corte a 0, 7 y 14 días anaquel.

Tubérculos almacenados a 7 días en cámara fría y 0 días anaquel tuvieron la menor presencia de micelio en el corte.

El desinfectante hipoclorito de sodio obtuvo menor presencia de micelio en el corte de tubérculos durante el almacenamiento a 7 días anaquel.

A 0 y 14 días anaquel todos los desinfectantes fueron similares al Testigo en la presencia de micelio en el corte con excepción del Bacsan 5,00 mg/ l que obtuvo el mayor valor encontrado.

No hubo evidencia de brotes y yemas de los tubérculos almacenados durante todo el ensayo por la duración de los mismos (42 días).

Tubérculos tratados con Bacsan 5,00 mg/l a 21 días en cámara fría y 0 días anaquel obtuvieron mayor presencia de micelio sobre el daño mecánico.

Tubérculos almacenados a 21 y 28 días en cámara fría y 0 días anaquel presentaron mayor incidencia de enfermedades comparado con el resto de los tratamientos.

Los tubérculos tratados con Bacsan 5,00 mg/l a 7 y 14 días anaquel presentaron mayor incidencia de enfermedades con respecto a los demás tratamientos evaluados.

A 0, 7 y 14 días anaquel, Bacsan 5 mg/l evidenció el mayor número de lesiones presentes en los tubérculos de ñame y fue diferente a todos los demás desinfectantes evaluados.

Los hongos presentes en el corte, daño mecánico y lesiones en tubérculos de ñame Diamantes 22 fueron *Penicillium spp.* con 85,70 % y *Aspergillus spp* con 7,14 %.

No se presentaron enfermedades bacteriales en los tubérculos analizados.

RECOMENDACIONES

Seleccionar tubérculos de ñame de exportación de primera calidad desde campo hasta empaque, reducen problemas fitosanitarios en poscosecha.

Se sugiere hacer tratamiento por inmersión con hipoclorito de sodio, si bien es cierto, no hubo diferencias significativas entre los desinfectantes y el testigo, este tratamiento puede minimizar problemas de índole fitopatológico, minimiza el porcentaje de tubérculos enfermos, y reduce el riesgo de contaminación de microorganismos que afectan la salud humana y es el producto con menor costo de adquisición y de fácil acceso.

Evaluar los desinfectantes en ñame blanco en varias empacadoras de exportación, puesto que el inóculo de enfermedades depende del lote, las condiciones climáticas, la región y de la clasificación de los tubérculos de ñame que se hace en las empacadoras de exportación, además de valorar el uso de diferentes concentraciones de los mismos.

Considerar tratamientos alternativos como controladores biológicos u otros extractos vegetales a los ya empleados en este ensayo. Okigbo (2004); Okigbo y Ogbonaya (2006) mencionan el uso de *Trichoderma viride* y el uso de extractos vegetales extraído de *Ocimum gratissimum* para el control de enfermedades poscosecha en ñame en Nigeria.

Excluir las variables apariencia de brotes y yemas para los tubérculos de Diamantes 22 dado que *Dioscorea alata* tiene un período de dormancia de cuatro a seis meses y no es necesario emplearlas como variables que puedan afectar la apariencia externa de los tubérculos.

Hacer estudios con desinfectantes en condiciones de alta presión de inóculo de enfermedades poscosecha, para comprobar la eficiencia de los diferentes desinfectantes empleados.

LITERATURA CITADA

- Adelusi; A.A., Lawanson, A.O. 1987. Disease induced changes in carotenoid content of edible yam (*Dioscorea spp.*) infected by *Botryodiplodia theobromae* and *Aspergillus niger*. Mycopathología 98: 49-58. Consultado 22 agosto 2007. Disponible en www.springerlink.com/index/P16123527234K3_82.pdf -
- Amusa, N.A.; Adegbite, A.A.; Muhammed, S.; Baiyewu, R.A. 2003. Yam diseases and its management in Nigeria. African Journal of Biotechnology. 2(12): 497-502. Consultado 22 agosto 2007. Disponible en www.academicjournals.org/AJB/abstracts/abstracts2003/Decemberabstracts2003/Amusa%20et%20al.htm 18k.

- Avila, G. 1997. Manejo poscosecha de hortalizas bulbosas. Condiciones para el secado artificial del ajo. *Avances de Horticultura*. 2(1). Edición on line. Consultado 22 agosto 2007. Disponible en www.horticulturaar.com.ar/php?archivo=1997*97-avila.
- Carmona, G. 2004. Tratamientos Poscosecha. *In* Sistemas de Poscosecha y cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos: Un enfoque práctico. ACCS. San José, Costa Rica. p. 123-132.
- Castro, M.V.; Saborío, D. 2004. Tratamientos Poscosecha. *In* Sistemas de Poscosecha y cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos: Un enfoque práctico. ACCS. San José, Costa Rica. p. 107-116.
- CNP (Consejo Nacional de Producción). 2001. Calidad de las aguas para uso agrícola: Guía Técnica Poscosecha N° 2. San José, Costa Rica. CNP 7-9 p. Consultado 27 setiembre. 2007. Disponible en <http://www.mercanet.cnp.go.cr>.
- CNP (Consejo Nacional de Producción). 2010. Exportaciones por país, año, volumen y valor - Periodo 1999-2010. Sistema de Información e Inteligencia de Mercado. Boletín 1. CNP. San José, Costa Rica. Consultado 22 agosto 2007. Disponible en www.cnp.go.cr/phpmysql/_admin/KTML/uploads/files/boletines/__ame-1-07.pdf –
- Coursey, D.G. 1967. Yam storage 1: A review of storage practices and information on storage losses. *Journal of Stored Products Research* 2: 229-244. Consultado 27 setiembre 2007. Disponible en <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/1909/1/jb03098.pdf>.
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha; hortalizas, raíces y tubérculos. FAO. Roma, Italia. Serie n° 17. 183 p.
- FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación). s.f. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Consultado 20 julio 2008. Disponible en www.fao.org/docrep/x5056S03.htm-45k.
- Kornoski, M.V.; Agostini, J.P., Acuña, L.E. 2006. Detección de bacterias causantes de cancrisis desde frutas asintomáticas a campo y en galpón en empaque. N °31. INTA. Montecarlo, Misiones. Consultado 27 setiembre 2007. Disponible en www.inta.gov.ar/montecarlo.
- Marín, F. 2001. La Maduración de los Productos Hortícolas. Consejo Nacional de la Producción (CNP): Guía Técnica Poscosecha n° 4. Consultado 18 julio 2008. Disponible en http://www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Poscosecha/Guía_s_Técnicas/documentospdf/M.
- Okigbo, 2004. A review of biological control methods for post harvest yams (*Dioscorea spp*) in storage in South Eastern Nigeria. *Arabia State, Nigeria. KMITL Science Journal*. 4(1): 207-215. Consultado 27 setiembre. 2007. Disponible en [www.kmitl.ac.th/ejkmitl/vol4no1/Biological control.pdf](http://www.kmitl.ac.th/ejkmitl/vol4no1/Biological%20control.pdf) –
- Okigbo, R.; Ogbonnaya, U. 2006. Antifungal effects of two tropical plant leaf extracts (*Ocimum gratissimum* and *Aframomum melegueta*) on postharvest yam (*Dioscorea spp.*) root. *African Journal of Biotechnology* 5(9): 727-731. Consultado 27 setiembre 2007. Disponible en www.bioline.org.br/request?jb06130-27k –
- Pirovani, M.E.; Guemes, D.R.; Piagentini, A.M. 2006. Lavado desinfección con soluciones cloradas: una etapa para mejorar la calidad microbiológica de vegetales de hoja frescos cortados. Instituto de Tecnología de Alimentos. Brazil. Consultado 20 julio 2008.

- Disponible en http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/images/files_pdf/Brasil/maria.pdf-Windows
- Rodríguez, W. 2000. Botánica, domesticación y fisiología del cultivo de ñame (*Dioscorea alata*). *Agronomía Mesoamericana*. 11(2): 133-152. Consultado 20 julio 2008. Disponible en redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?43711221.
- Saborío, D. 2003. Algunas normas de calidad en raíces y tubérculos tropicales de exportación de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27(1): 49-61. Consultado 20 julio 2008. Disponible en [redalyc/html/436/.../43627105.html](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/436/.../43627105.html).
- Segura, A. 2000. Evaluación de algunos parámetros de calidad en las principales raíces y tubérculos exportados por Costa Rica. Tesis de Grado para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica. San José, Costa Rica. 79 p.
- SENATI (Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial). s.f. Limpieza y desinfección. Consultado 20 julio 2008. Disponible en http://inranet.Senati.edu.peDox/lpace/DescargasWeb/Panaderia_y_Pasteleria/BPM.
- Umaña, G.; Sáenz, M. V. 2004. Tratamientos Poscosecha. *In* Sistemas de Poscosecha y cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos: Un enfoque práctico. ACCS. San José, Costa Rica. p. 134-152.
- Universidad de Tolima. 2002. Manejo y poscosecha y procesamiento de frutas y hortalizas. Colombia. Proyecto de Servicios Integrados para Jóvenes del Cañón del Combeina. Consultado 18 julio 2008. Disponible en http://ut.edu.co/fif/proyectos/psijcc/docs/stalleres/anejo_procesa_frutas_horta.doc
- University of Maryland. 2002. Mejoramiento de la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: Manual de Formación para Instructores. Consultado 18 julio 2008. Disponible en http://www.jifsan.umd.edu/PDFs/GAPS_Español_español.pdf-Windows Internet Explorer.
- Vero, S.; Garat, F.; Wozniak, A.; Garmendia, G.; Alaniz, S.; de Aurrecochea, I. 2006. Alternativas al tratamiento convencional en poscosecha de citrus. Consultado 20 julio 2008. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopublica/Conferencia15.pdf>-Windows
- Wikipedia. 2008. Iatrogenia. Consultado 24 julio 2008. Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Iatrogenia - 51k –
- Wuani, H. 2001. Iatrogenia. *Medicina Interna, Educación Médica y Comunidad* 17(2): 46-55. Consultado 24 julio 2008. Disponible en <http://www.svmi.org.ve/revistas/vol17n2/medint.pdf>.

EFICACIA BIOLÓGICA DE CUATRO BIONEMATICIDAS EN EL COMBATE DE NEMATODOS (*Pratylenchus sp.* y *Meloidogyne sp.*) QUE AFECTAN AL CULTIVO DE ÑAME (*Dioscorea rotundata*)

Ricardo Piedra Naranjo¹; Jorge Meckbel Campos²;
Edgar Aguilar Brenes³; Marcos Brenes Chavarría⁴

RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental Diamantes del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), cantón Pococí, provincia de Limón, Costa Rica. Según Holdridge la zona tiene un Bosque Tropical Húmedo, con una precipitación de 4.000 mm anuales, una altura de 249 msnm, un promedio de temperatura mínima de 24 °C, una máxima de 29 °C, un suelo fértil, suelto y profundo. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con cinco repeticiones y cinco tratamientos. En el análisis de los datos se aplicó el programa SAS versión 6,11, con una separación de medias de Tuckey al 5 %. Los tratamientos nematocidas utilizados fueron: Extractos naturales de algas (*Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Mucus serratus* y *Ascohyllum nodosum*, Citoquininas), Bacteria *Burkholderia* tipo Wisconsin, y hongos *Arthrobotris oligospora*, *A. botryospora* y *Dactyllela brochophaga*, el hongo *Paecilomyces lilacinus* y Testigo Absoluto, sin nematocida. Los nematocidas biológicos se aplicaron con una bomba de espalda marca Carpi, sin boquilla y sin presión dirigida hacia el suelo, junto con la semilla al momento de la siembra y la segunda aplicación se realizó a los cuatro meses aplicando los nematocidas a la base del tallo de la planta en cada tratamiento. Se realizaron cuatro muestreos durante el ciclo del cultivo.

Se determinó en 100 g de raíz, suelo y cáscara del tubérculo, la presencia de tres géneros importantes de nematodos fitoparásitos en el cultivo de ñame, *Meloidogyne sp*, *Helicotylenchus sp* y *Pratylenchus sp*, este último el de mayor número de larvas en los 100 g de cáscara evaluados al final de la cosecha. La menor cantidad de larvas del género *Meloidogyne sp* se obtuvo en los tratamientos con extractos naturales de algas y de la bacteria *Burkholderia* tipo Wisconsin, con una población menor a 7.000/ 100 g de cáscara del tubérculo. En la evaluación de *Pratylenchus sp.* en 100 g de raíz se observaron diferencias estadísticas con el respecto a los demás tratamiento. La variable de peso en gramos de cuatro plantas de ñame por cada tratamiento, no presentó diferencias significativas. El porcentaje de sanidad del tubérculo presentó diferencias estadísticas según análisis de Tukey al 5 %, donde los tratamientos con extractos Sincocin 0,55 SL y Nemaout 0,67 PM mostraron una mejor sanidad.

Palabras claves: *Pratylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, nematocidas biológicos, nematodos fitoparásitos, saprófitos, *Dioscorea*.

¹ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA. Costa Rica. Estudiante Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINAE). Teléfono: (506)2231-5055.

² Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. INTA. Costa Rica. Técnico en Nematología. Teléfono: (506)2231-5055.

³ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Pococí INTA. Costa Rica. Investigador Ñame. Teléfono(506)2710-6086.

⁴ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Pococí. INTA. Costa Rica. Asistente. Teléfono (506)2710-6086.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de ñame pertenece al orden *Dioscoreales*, a familia *Dioscoreaceae* la cuál contiene seis géneros pero *Dioscorea* es el más importante con 600 especies identificadas, solamente 12 especies son comestibles (Melgar 2006). Este cultivo es una de las raíces comestibles de mayor potencial económico y alimenticio que produce Costa Rica. Se cultiva tanto para consumo nacional como para la exportación a mercados como New York y Florida. Dentro de las especies, la que más se cultiva es la variedad *Dioscorea trifida*. Esta especie es originaria de la zona Tropical de América, sus hojas son divididas entre tres o cinco lóbulos, el tallo es anguloso y alado, produce varios tubérculos como la papa. También se cultiva la especie *Dioscorea alata*, con fines de exportación, aunque en menor grado que la especie *D. trifida*. Relativamente se tiene poco conocimiento sobre el cultivo de ñame y es quizá lo que ha impedido el aumento de áreas en Costa Rica; no obstante, sus rendimientos son altos y puede generar fuertes ganancias si se tiene un seguimiento agronómico durante el ciclo del cultivo (Aguilar 1991).

El cultivo de ñame no escapa al ataque de plagas y enfermedades; donde se destaca el nematodo fitoparásito *Pratylenchus sp.* Los nematodos producen en la cáscara del tubérculo, agrietamiento y apariencia carbonosa así como daños físicos tales como: deformaciones, agallas; que lo hacen inaceptable para la exportación (Aguilar 1991). Las heridas provocadas por estos nematodos en los tubérculos son puntos de entrada de una serie de enfermedades secundarias, que aceleran su deterioro (Aguilar 1992). En el caso de ñame (*Dioscorea sp.*), la diseminación de *Pratylenchus sp.*, está muy ligada al incremento de las actividades culturales; preparación de terreno y al constante paso de la gente que hacen que la plaga se propague rápidamente abarcando gran parte del cultivo. El otro género reportado y de importancia en el cultivo de ñame (*Dioscorea sp.*) es precisamente *Meloidogyne sp.* Este género en

cultivos como café afecta el sistema radicular produciendo nodulaciones; que llegan a afectar las cosechas, reduciéndolas hasta en un 40 %, provocando gran impacto en la producción (Ramírez 1994).

Una forma de control de nematodos es a través del control biológico o sea organismos que controlan nematodos. Dentro de los enemigos naturales de los nematodos fitoparásitos se encuentran: **Hongos atrapadores:** Capturan los nematodos por medio de redes adhesivas, hifas y anillos. **Endoparásitos de nematodos:** Son hongos que tienen esporas que se adhieren a la cutícula y luego germinan, formando tubos que penetran al cuerpo por las aberturas naturales. Los endoparásitos se caracterizan por tener pequeños conidios y los predadores tienen conidios e hifas atrapadoras, que hacen bastante efectivo su accionar en nematodos fitoparásitos. **Parásitos de huevos, hembras y quistes:** Los hongos que atacan huevos pueden reducir la multiplicación de los nematodos y la mayoría de los estudios con estos hongos han sido con nematodos enquistadores y agalladores. Pueden ser parásitos obligados, como *Cateneria auxiliaris*, *Nematophthora gynophila*, parásitos facultativos como *Verticillium sp.*, *chlamydosporium*, *Dactylella oviparasitica* y *Paecilomyces lilacinus*. Bacterias: Actúan en dos formas, una acción parasítica y otra química. Nematodos Depredadores: Existen nematodos que controlan nematodos fitoparásitos. Entre estos se pueden citar: *Aphelchidae*, *Diplogasteridae*, *Dorylaimidae* y *Monochidae* (Carballo y Guaharay 2004).

En el tubérculo de ñame (*Dioscorea sp.*) aparecen larvas de varios estadios de los géneros *Pratylenchus sp.* y *Meloidogyne sp.* Los huevos de estos géneros pueden sobrevivir en el suelo en forma latente o reproducirse con la presencia de raíces de otras plantas o malezas, que siempre se encuentran luego de una cosecha y esto hace que prevalezca como fuente de inóculo dispuesto a incrementarse en la siguiente siembra del cultivo (Crozzoli 1994). Estudios

han revelado los efectos de la infección por nematodos y la interacción con hongos de suelo, especialmente algunos causantes de marchiteces como *Fusarium sp* y *Verticillium sp* y ha quedado establecido que muchos nematodos pueden ocasionar problemas fitopatológicos de manera independiente, al igual que ocurre con los hongos, bacterias y virus patógenos en muchos cultivos (Sanabria 1994).

Por muchos años se asumió que la herida causada por el nematodo al momento de penetrar es la causal principal de la enfermedad, pero hoy día se sabe que mecanismos más complejos están involucrados, tomando la infección del nematodo como el papel primario de la creación de la enfermedad. Dentro de estos complejos se ven envueltos nematodos y hongos como *Fusarium* y *Verticillium* causantes de marchiteces en las plantas (Beckman 1987).

Las lesiones provocadas por los nematodos fitoparásitos se convierten en vía de acceso a bacterias y hongos, que provocan la muerte del tejido radical. Esto interfiere con la translocación de agua y nutrientes por lo que la sintomatología expresada por la planta asemeja deficiencias nutricionales. Los daños causados por los nematodos fitoparásitos en las raíces reducen el peso de los racimos, provocan el volcamiento de plantas y afectan los retoños imposibilitando su venta o uso para siembras nuevas (Agrios 1997).

El ñame (*Dioscorea sp.*) es un cultivo de exportación en el cual no se permite aplicaciones de nematicidas químicos para el control de los nematodos fitoparásitos; por ello fue necesario evaluar el efecto de algunos bionematicidas por medio de análisis de muestras (suelo, raíz y cáscara de tubérculo) en el área experimental e incluyendo el diagnóstico de nematodos de vida libre.

Por lo tanto, surge la necesidad de ejecutar esta investigación con el objetivo de evaluar la eficacia de cuatro productos biológicos de origen microbiano como una alternativa de manejo sostenible para los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se ubicó en la provincia de Limón, Costa Rica, cantón de Pocosí, en la Estación Experimental los Diamantes, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Según Holdridge, la zona tiene un bosque tropical húmedo, con una precipitación de 4.000 mm anuales, una altura de 249 msnm, un promedio de temperatura mínima de 24 °C, una máxima de 29 °C, un suelo fértil, suelto y profundo. La siembra se realizó con semilla de ñame Cv. *Dioscorea rotundata*, la aplicación de los nematicidas biológicos se ejecutó utilizando bomba de espalda marca Carpi, sin boquilla dirigida hacia el suelo junto con la semilla al momento de la siembra y la segunda aplicación se realizó a los cuatro meses luego de la siembra a la base del tallo de la planta. El ensayo se ejecutó desde mes de Octubre 2004 hasta Diciembre 2005.

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con cinco repeticiones y cinco tratamientos. En el análisis de los datos se utilizó el programa SAS versión 6,11, con una separación de medias de Tukey al 5 %. Los tratamientos nematicidas utilizados fueron: extractos naturales de algas (*Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Mucus serratus* y *Ascohyllum nodosum*) Citoquininas, Bacteria *Burkholderia* tipo Wisconsin, y hongos *Arthrobotris oligospora*, *A. botryospora* y *Dactyllela brochophaga*, el hongo *Paecilomyces lilacinus* y Testigo Absoluto sin nematicida.

Aplicación de productos

Los nematicidas se aplicaron con una bomba de espalda marca Carpi, sin boquilla y sin presión dirigida hacia el suelo, junto con la semilla al momento de la siembra y la segunda aplicación se realizó a los cuatro meses aplicando los nematicidas a la base del tallo de la planta en cada tratamiento. Se realizaron cuatro muestreos durante el ciclo del cultivo. Se determinó en 100 g de raíz, suelo y cáscara del tubérculo la presencia

de tres géneros importantes de nematodos fitoparásitos en el cultivo de ñame, *Meloidogyne sp*, *Helicotylenchus sp* y *Pratylenchus sp*, este último el de mayor número de larvas en los 100 gramos de cáscara evaluados al final de la cosecha.

Muestreos, Procesamiento

Se realizó un análisis de 100 g de suelo en el área experimental al inicio y a los treinta días después de la siembra en todos los tratamientos. Las muestras de suelo se analizaron por el método de flotación en azúcar en 100 g. Las muestras de raíz y cáscara de los tubérculos se procesaron y diagnosticaron por tamizado y licuado utilizando 100 g de raíz y cáscara del tubérculo. La variable de la cáscara se efectuó al final del ciclo del cultivo, con una muestra de cuatro plantas de ñame y obteniendo el peso en gramos. Todas las muestras fueron observadas en microscopio de luz a 45X (Taylor 1963). El diagnóstico identificó poblaciones de nematodos de todos los géneros que se encontraron tanto en raíz y suelo como en cáscara del tubérculo.

Análisis de las variables

Para la evaluación de los bionematicidas se utilizó un diseño de bloques completos al azar

con cinco tratamientos y cinco repeticiones (Cuadro 1). El análisis estadístico de las medias se llevó a cabo por medio del Análisis de Varianza con una prueba de separación de medias Tuckey al 5 %. Las variables analizadas fueron: cantidad de nematodos en 100 ml de suelo y 100 g de raíz y cáscara. También se estimó un porcentaje de sanidad del tubérculo. Se analizó el comportamiento de los nematodos saprófitos o de vida libre con relación al efecto de los bionematicidas. Para evaluar el porcentaje de sanidad del tubérculo se utilizó una escala de severidad de 0 a 100 %.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos y repeticiones en el campo. Diamantes, Guápiles. Costa Rica. 2004.

Tratamientos	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
1. Sincocin 0,55 SL	2	5	1	3	4
2. Microp 0,40 SL	4	3	5	1	2
3. Nemout 0,67 PM	3	2	2	2	1
4. Biostat 50 WP	5	4	4	4	3
5. Testigo Absoluto	1	1	3	5	5

Cuadro 2. Tratamientos, ingrediente activo y dosis producto comercial por hectárea. Diamantes, Costa Rica. 2004.

Tratamientos	Ingrediente Activo	Dosis PC/ l/ ha
1. Sincocin 0,55 SL	Extractos naturales de algas (<i>Laminaria digitata</i> , <i>Laminaria hyperborea</i> , <i>Mucus serratus</i> y <i>Ascohyllum nodosum</i>) Citoquininas	2 l
2. Microp 0,40 SL	Bacteria Burkholderia (<i>Pseudomonas</i>) tipo Wisconsin	2 l
3. Nemout 0,67 PM	Hongos <i>Hipomyces</i> <i>Arthrotrix oligospora</i> , <i>A. botryospora</i> y <i>Dactyllela brochophaga</i>	227 g
4. Biostat 50 WP	Hongos Deuteromycete <i>Paecilomyces lilacinus</i>	400 g
5. Testigo Absoluto	---	--

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de suelo previo a la siembra se observaron los géneros *Meloidogyne sp* y *Pratylenchus sp.* los cuales son considerados los más importantes en el cultivo de ñame y es indicador de daño producido en la formación del tubérculo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Población de nematodos en 100 g de suelo, 30 días después de la siembra (DDS). Estación Experimental Diamantes. Guápiles, Costa Rica. Octubre 2004.

# Muestras	<i>Helicotylenchus sp.</i>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus sp.</i>	<i>Cricone-moides sp.</i>	<i>Tylenchus sp.</i>	Vida libre
1	400	200	50	25	100	225
2	450	175	75	25	75	300
3	375	425	150	50	75	375
4	425	450	100	38	75	325

En el Cuadro 4, a los 30 días después de la siembra y de la primera aplicación, se realizó un muestreo de suelo en todas las parcelas. Los principales nematodos fitoparásitos encontrados en los muestreos fueron *Meloidogyne sp.*, *Helicotylenchus sp.* y *Pratylenchus sp.*. La presencia de estos géneros de nematodos fitoparásitos hace prever que en el desarrollo del cultivo de ñame, tuvo o indujo a presentar problemas, no sólo por el daño que pudo ocasionar estos géneros por sí mismos, sino por la interacción que pudieron tener con otros patógenos del suelo como bacterias y hongos. Es muy normal, que en cultivos donde su producto final es el tubérculo, éste tenga la relación con otros organismos presentes en el suelo.

Cuadro 4. Resultado del análisis de 100 g de suelo 30 días después de la siembra. Guápiles, Costa Rica. Noviembre 2004.

Tratamientos	<i>Meloidogyne sp.</i>	<i>Helicotylenchus sp.</i>	<i>Pratylenchus sp.</i>	Saprófitos	<i>Cricone-moides sp.</i>
1.Sincocin 0,55 SL	150	100	50	475	50
2.Microp 0,40 SL	175	150	75	450	75
3.Nemout 0,67 PM	75	250	50	250	125
4.Biostat 50 WP	75	125	75	650	75
5.Testigo Absoluto	125	175	50	575	125

El muestreo en 100 g de raíz, realizado a los 90 días después de la siembra, diagnosticó géneros de nematodos fitoparásitos que pudieron ya iniciado su ciclo de vida infectar así las raíces del ñame (Cuadro 5). En este análisis se observaron dos géneros importantes (de nematodos fitoparásitos): *Meloidogyne sp.* y *Pratylenchus sp.*

Los tratamientos Nemout 0,67 y Sincocin 0,55 SL presentaron una menor población de nematodos fitoparásitos en las raíces de ñame. Las poblaciones más bajas del género *Pratylenchus sp.* ocurrieron con los tratamientos Sincocin 0,55 SL y Nemout 0,67 PM. Por el equilibrio de organismos del suelo las poblaciones de nematodos no tuvieron una cantidad similar entre géneros y esto es tomado como un proceso normal por la convivencia de organismos en el suelo.

Cuadro 5. Población de nematodos de 100 g de raíz de ñame a los 90 días después de la aplicación. Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, Costa Rica. Enero 2005.

Tratamientos	<i>Meloidogyne sp.</i>	<i>Pratylenchus sp.</i>
1.Cincosin 0,55 SL	1.500	3.000
2.Microp 0,40 SL	4.000	30.000
3.Nemout 0,67 PM	2.000	1.000
4.Biostat 50 WP	4.000	35.000
5.Testigo Absoluto	15.000	5.000

En el Cuadro 6, se muestran los promedios del peso de cuatro plantas en cada tratamiento en el período de cosecha, así como el análisis estadístico. La variable de peso de tubérculos tiende a ser muy similar entre los tratamientos; y en la separación de medias no hay diferencias estadísticas según Tuckey al 5 %. Sin embargo, destacaron los tratamientos Microp 0,4 SL y Biostat 50 WP, con un mayor peso. Hay que considerar que el peso en los tubérculos no es importante en la exportación y semilla, en este caso, los productores, consideran la sanidad como característica más sobresaliente.

Cuadro 6. Peso promedio en g de 4 plantas de ñame en el momento de la cosecha para cada tratamiento. Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, Costa Rica. Diciembre 2005.

Tratamientos	REPETICIONES					Medias
	I	II	III	IV	V	
1.Sincocin 0,55 SL	1.697	4.200	1.320	1.725	2.763	2.341,00 (a)
2.Microp 0,40 SL	4.547	1.278	3.211	2.173	3.625	2.966,80 (a)
3.Nemout 0,67 PM	2.090	1.686	4.350	1.560	2.732	2.483,60 (a)
4.Biostat 50 WP	3.762	3.400	1.064	2.445	3.600	2.854,20 (a)
5.Testigo Absoluto.	2.650	2.832	2.316	2.788	2.252	2.567,60 (a)

Letras iguales no tienen diferencias estadísticas entre tratamientos en la separación de medias según Tuckey al 5 %.

El cuadro 7, muestra los porcentajes de sanidad. En la sanidad del tubérculo intervinieron factores relacionados con la presencia de hongos, bacterias y los mismos nematodos fitoparásitos. Esto es muy importante porque la apariencia y sanidad de los tubérculos afectan su comercialización, tanto para el mercado local, así como para la exportación. En este cuadro resaltó el nematicida biológico Biostat 50 WP con diferencias estadísticas entre tratamientos, lo que demostró ser el mejor.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de sanidad de ñame (*D. rotundata*) según tratamiento aplicado. Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, Costa Rica. Diciembre 2005.

Tratamientos	REPETICIONES					Medias
	I	II	III	IV	V	
1.Sincocin 0,55 SL	30	25	25	20	30	26 (ab)
2.Microp 0,40 SL	20	15	15	25	30	21 (b)
3.Nemout 0,67 PM	28	30	20	35	35	29,6 (ab)
4.Biostat 50 WP	42	40	15	40	35	34,4 (a)*
5.Testigo Absoluto	35	30	10	15	20	22 (b)

*Letras diferentes tienen diferencias estadísticas entre tratamientos en la separación de medias según Tuckey al 5 %.

En el Cuadro 8 se observaron poblaciones del género *Meloidogyne sp* en los tubérculos de ñame, el tratamiento Microp 0,4 SL mostró una tendencia a presentar menos larvas; esta cantidad pudo no afectar al tubérculo directamente; pero si pudo afectar con la interacción con otros patógenos de suelo como hongos y bacterias.

Cuadro 8. Cantidad de nematodos del género *Meloidogyne sp.* en 100 g de cáscara de ñame (*D. rotundata*). Estación Experimental Los Diamantes Guápiles, Costa Rica, Diciembre 2005.

Tratamientos	REPETICIONES					Medias
	I	II	III	IV	V	
1.Sincocin 0,55 SL	2.000	6.000	4.000	7.000	5.000	4.800 (a)
2.Microp 0,40 SL	1.000	1.000	3.000	3.500	3.000	2.300 (a)
3.Nemout 0,67 PM	17.000	3.000	8.000	4.000	2.000	6.800 (a)
4.Biostat 50 WP	2.000	8.000	9.000	6.000	4.500	5.900 (a)
5.Testigo Absoluto	4.000	2.000	2.000	4.500	4.000	3.300 (a)

Letras iguales no tienen diferencias estadísticas entre tratamientos en la separación de medias según Tuckey al 5 %.

En el Cuadro 9 se mostró la cantidad de nematodos obtenidos en el análisis del laboratorio en 100 g de cáscara. Las medias del análisis estadístico evidenciaron un número bajo para el tratamiento Nemout 0,67 PM. Comparado con los otros tratamientos; se encontraron grandes diferencias. Es importante tomar en cuenta que poblaciones altas de larvas en los 100 g de cáscara de los tubérculos, el daño al cultivo es de una forma directa, considerando la interacción con otros patógenos del suelo. Los hongos nematófagos del producto Nemout 0,67 PM, lograron un efecto de control contra el género *Pratylenchus sp.* en este ensayo.

Cuadro 9. Cantidad de nematodos del género *Pratylenchus sp* en 100 g de cáscara de ñame (*D. rotundata*) Estación Experimental Los Diamantes Guápiles, Costa Rica, Diciembre 2005.

Tratamientos	REPETICIONES					Medias
	I	II	III	IV	V	
1.Sincocin 0,55 SL	46.000	11.000	62.000	2.000	27.000	29.600 (ab)
2.Microp 0,40 SL	51.000	6.000	28.000	2.000	26.000	22.600 (ab)
3.Nemout 0,67 PM	0	8.000	0	0	15.000	4.600 (b)
4.Biostat 50 WP	150.000	32.000	17.500	1.000	24.000	44.900 (a)
5.Testigo Absoluto	61.000	35.000	30.000	6.000	58.000	38.000 (ab)

*Letras diferentes tienen diferencias estadísticas entre tratamientos en la separación de medias según Tuckey al 5 %

En el análisis de nematodos del suelo (Cuadro 10), se observó la presencia de los géneros fitoparásitos *Meloidogyne sp.* y *Pratylenchus sp.* Se destacó la presencia de larvas de *Helicotylenchus sp.* en el suelo y no en el tubérculo, esto es debido por ser un género ectoparásito, es decir su alimentación y ciclo de vida lo realiza no en las raíces de la planta.

Cuadro 10. Muestreo de 100 g de suelo en cada tratamiento en la cosecha Diamantes, Estación Experimental, Los Diamantes Guápiles. Costa Rica, Diciembre, 2005.

Tratamientos	<i>Meloidogyne sp.</i>	<i>Helicotylenchus sp.</i>	<i>Pratylenchus sp.</i>	Saprófitos	<i>Cricone-moides sp.</i>
1.Sincocin 0,55 SL	150	100	50	475	50
2.Microp 0,40 SL	175	150	75	450	75
3.Nemout 0,67 PM	75	250	50	250	125
4.Biostat 50 WP	75	125	75	650	75
5.Testigo Absoluto	125	175	50	575	125

En la Figura 1 se demostró, en la variable de nematodos en cáscara, que las poblaciones de *Meloidogyne sp* son bajas en tratamiento Microp 0,40 SL y altas en el tratamiento Nemout 0,67 PM.

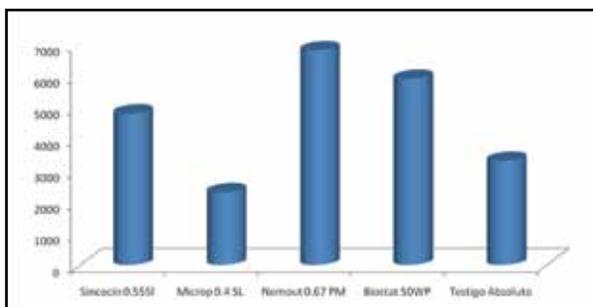


Figura 1. Población de *Meloidogyne sp* en muestra de 100 g de cáscara de ñame (*Dioscorea rotundata*). Guápiles, Costa Rica. 2005.

En la Figura 2 el tratamiento Nemout 0,67 PM, con poblaciones bajas del género *Pratylenchus sp* y altas en el tratamiento Biostat 50 WP. Esto es tomado como importante por ser dos géneros de importancia fitoparásito y también por la interacción con otros organismos que afectan la calidad y sanidad del tubérculo.

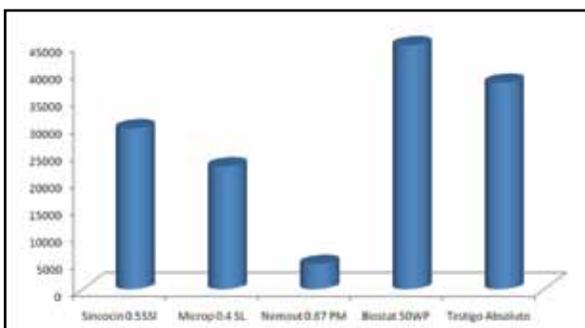


Figura 2. Población de *Pratylenchus sp* en muestra de 100 g de cáscara de ñame (*Dioscorea rotundata*). Guápiles, Costa Rica. 2005.

En el análisis de la cáscara de tubérculos de ñame se observó necrosis en su tejido (Figura 3), además, con tendencia a tener una podredumbre que dificultó la calidad del tubérculo, ya sea para comercialización o para la semilla en futuras siembras. Estos síntomas se observaron en todos los tratamientos, siendo el testigo absoluto más severo en su apariencia. El género de nematodo fitoparásito *Pratylenchus sp*, demostró, que produce en la cáscara del tubérculo agrietamiento y apariencia carbonosa, lo cual

hace al tubérculo no aceptable en la siembra y la exportación.

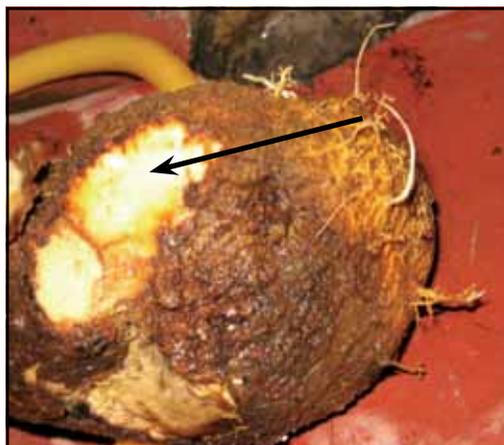


Figura 3. Tubérculos del testigo absoluto con daño de la interacción de nematodos fitoparásitos con otros microorganismos que afectaron el ñame (*D. rotundata*). Costa Rica. Diamantes. 2005. Fuente: INTA, Nematología.

CONCLUSIONES

Se determinó la presencia de tres géneros importantes de nematodos fitoparásitos en el cultivo de ñame, *Meloidogyne sp.*, *Helicotylenchus sp.* y *Pratylenchus sp.*; este último es el más importante y el de mayor número de larvas en los 100 g de cáscara de ñame observados en tubérculos a la cosecha.

El género *Meloidogyne sp.* presentó larvas en menor cantidad en los tratamientos Sincocin 0,55 SL y Microp 0,40 SL.

Se observó una población de *Pratylenchus sp* más baja en los 100 g de cáscara de ñame en el tratamiento Nemout 0,67 PM, mientras que los demás tratamientos alcanzaron números mayores en la cáscara del tubérculo. Lo anterior indica que sí hubo eficacia biológica del nematicida Nemout 0,67 PM contra el género de nematodo fitoparásito *Pratylenchus sp.*

En el análisis estadístico, la variable peso en gramos de 4 plantas de ñame no se encontró diferencias significativas según Tukey al 5 %. Los tratamientos presentaron un peso muy similar entre sí. El peso del tubérculo puede estar definido por varios factores entre los cuales puede existir disponibilidad de elementos nutricionales del suelo, concentración de minerales en el tubérculo y otros.

En el porcentaje de sanidad del tubérculo sí hubo diferencias estadísticas según Tukey al 5 % en donde los mejores tratamientos fueron Sincocin 0,55 SL, Nemout 0,67 PM y Biostat 50 WP, por lo que estos tuvieron mejor sanidad, siendo éste último el que produjo más tubérculos sanos. Aunque existan diferencias estadísticas la sanidad del tubérculo puede estar definida por varios factores como: características de la variedad del tubérculo, elementos nutricionales del suelo, así como microorganismos tales como hongos y bacterias presentes en el suelo que han tenido un contacto con los tubérculos y afectan su apariencia.

En el análisis de nematodos de vida libre o saprófitos, las poblaciones encontradas tanto a la siembra como al final de la cosecha presentaron poblaciones importantes, por lo que estos organismos no fueron afectadas por los nematicidas biológicos. También esta importancia radica en que los nematodos de vida libre mantienen un equilibrio biológico y una buena relación de microorganismos, así

como una buena distribución y descomposición de materiales minerales del suelo. Este aspecto hay que tomarlo en cuenta, ya que los nematicidas químicos generalmente bajan, o eliminan estas poblaciones, las cuales tienden a reponerse con el pasar del tiempo, provocando un desequilibrio de microorganismos.

Esta investigación evidenció que el problema de los nematodos fitoparásitos, *Pratylenchus sp* y *Meloidogyne sp.* en el tubérculo de ñame requiere un manejo integrado del cultivo, donde no sólo se utilice un nematicida antes de la siembra; si no que, para su control, incluya todo el manejo de semilla y prácticas agronómicas del cultivo.

RECOMENDACIONES

Realizar muestreos de suelo antes de sembrar ñame (*Dioscorea sp*) para determinar la presencia de nematodos fitoparásitos. Esto ayudaría a tomar acciones en cuanto a tener o no que realizar una aplicación de nematicidas antes de la siembra.

Investigar y validar el nematicida Nemout 0,67 PM en parcelas con siembra de ñame para comprobar su efecto nematicida contra los géneros de nematodos fitoparásito *Pratylenchus sp.* y *Meloidogyne sp.*

En los muestreos de suelo valorar los nematodos de vida libre o saprófitos de suelo como un componente importante en el equilibrio de los microorganismos del suelo.

Analizar y valorar las causas de la interacción de los géneros *Pratylenchus sp* y *Meloidogyne sp* con otros organismos patógenos del suelo y la relación con el efecto de la apariencia en la cáscara del tubérculo, tomando en cuenta si es para consumo interno o para la exportación.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology. Fourth Edition. Academic Press. EUA. 635 p.
- Aguilar, E. 1991. Aspectos Técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Investigación y Extensión Agropecuaria. San José, Costa Rica. 485 p.
- Beckman, C.H..1987. The Nature of Wilt Disease of plant. APS. The American Phytopathological St. Paul Minnesota. EUA. 58 p.
- Melgar, C. M.. 2006. Guía del Cultivo de Ñame CV. Diamantes 22 Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/tecnologia/tuberculos/name.htm>
- Carballo M, G. 2004. Control Biológico de Plagas Agrícolas. CATIE, Turrialba, Cartago. Costa Rica. p. 186-195.
- Crozzoli P, R. 1994. Temas de Nematología Agrícola. Universidad Central de Venezuela Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 15 p.
- Pinochet, J. 1978. Histopathology of the root lesion nematode, *Pratylenchus coffeae* on plantains, *Musa* AAB. Nematológica. 24 p.
- Ramírez, Álvaro. 1994. Gran Impacto de nematodos en el cultivo de café. Periódico la Nación p. 23-24.
- Sanabria de Albarracín, N, 1994. Interacción entre nematodos y hongos causantes de Marchiteces. Instituto Botánico, Sección de Fitopatología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 57 p.
- Institute. Cary, NC, 1989-1995. Statistical Analysis System. Version 6.11 New Carolina, EUA.
- Taylor, A. L.; Loegering, W. Q. 1963. Nematodes associated with root lesions in abaca. Turrialba 3(1-3): 8-13.

IDENTIFICACIÓN DE RAZAS DEL NEMATODO DE QUISTE DE PAPA (*Globodera pallida* (Stone)) CON DIFERENCIALES O CLONES DE PAPA

Ricardo Piedra Naranjo¹, Miguel Obregón Gómez², Cristina Vargas Chacón³,
Jeannette Avilés Chaves⁴, Jorge Meckbel Campos⁵

RESUMEN

El estudio se realizó en la localidad de San Juan de Chicué, provincia de Cartago, a 5 kilómetros del Volcán Irazú, con una altura de 2.800 metros sobre el nivel del mar y a 26 kilómetros al noreste de la provincia de Cartago. Utilizando diferenciales o clones de papa se ejecutó la investigación para determinar razas del nematodo *Globodera pallida* (Stone) en el cultivo. La identificación de los patotipos se hizo basado en la tasa de reproducción de las distintas poblaciones en una serie standard de clones de *Solanum spp*. Con una viabilidad de 260 huevos o larvas por quiste, fue inoculado cada diferencial, con un número de 35, 40 y 45 quistes por pote. Se tomó temperatura y humedad de suelo. Los clones de papa o diferenciales utilizados fueron: Floresta (*Solanum tuberosum*), 800286 (Multidissectum híbrido P55/ 7(H₂), 800289 (KTT, 60.21.19), 800290 (GLK 58.1642.4), 800291(VTn 62.33.3), 800944 (65.346.19). Se observó que los clones positivos presentaron reacciones importantes a la raza P3A de *Globodera pallida* Stone. Los diferenciales o clones 800289, 800290 y 800 291 mostraron resistencia a la plaga. Las razas de esta plaga pueden cambiar por evolución de la misma, al someterse a otras variedades o nuevos huéspedes, sin embargo, el estudio es importante para crear un programa con variedades tolerantes o resistentes y esto contribuye sin duda dentro de elementos para un manejo integrado de la plaga dentro de las buenas prácticas agronómicas del cultivo de papa en Costa Rica.

Palabras claves: Biotipo o raza, diferenciales o clones de papa, resistencia o tolerancia

¹ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (506)2231-5055. INTA. Costa Rica. Estudiante Doctorado en Ciencias Naturales Para el Desarrollo (DOCINAE).

² Profesor de Doctorado en Ciencia Naturales Para el Desarrollo (DOCINAE). La Aurora de Heredia. Costa Rica (506)8828-6382.

³ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (506)2231-5055. INTA. Costa Rica

⁴ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (506)2250-1224. INTA. Costa Rica.

⁵ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (506)2231-5055. INTA. Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, se siembran aproximadamente 3.000 hectáreas de papa, ubicadas principalmente en la zona norte de Cartago y Zarcero. De este cultivo dependen aproximadamente 1.200 agricultores. La papa en Costa Rica ocupa un papel preponderante en la canasta básica, la mayoría se consume en forma fresca, aunque en los últimos años ha aumentado la necesidad de producir papa para la industria. La principal zona productora de papa en Costa Rica se encuentra en la provincia de Cartago, donde se cultivan alrededor de 2.800 hectáreas, seguida por Zarcero que dedica a este cultivo cerca de 300 hectáreas. El rendimiento varía de 12 a 25 toneladas por hectárea. La demanda interna es mayor a 5.000 toneladas mensuales, oscilando entre 60.000 y 70.000 toneladas anuales. La mayor parte de la producción se destina a consumo en fresco, y solamente un 15 % se destina a uso industrial, principalmente para la producción de hojuelas y papas fritas (Alfaro 2009).

Al igual que otros cultivos, la papa no escapa al ataque de plagas y enfermedades. El manejo de estos inconvenientes hace que en los sistemas agrícolas, sea uno de los problemas prioritarios por resolver para una producción competitiva. Esto debido a que la papa es uno de los principales cultivos en Costa Rica, es de vital importancia proveer a los productores de manejo adecuado en cuanto a las principales enfermedades y plagas del cultivo (Brenes *et al.* 2002). Dentro de esas limitantes de las plagas y enfermedades, el nematodo de quiste de la papa *Globodera pallida* spp, constituye uno de los problemas más importantes del cultivo en el mundo. Afecta el rendimiento, eleva los costos de producción y en consecuencia ocasiona escasez del tubérculo que tiene vital importancia en la alimentación humana (Franco *et al.* 1993).

Las reducciones de rendimiento dependen del nivel poblacional del nematodo al momento de la siembra. Ensayos realizados en Europa y Chile han determinado que el límite

de tolerancia de la papa a los nematodos formadores de quistes es de aproximadamente 1,90 huevos/ g de suelo. El rendimiento de la papa puede ser reducido entre 20 y 50 % cuando el nivel poblacional del nematodo en el suelo alcanza 16 y 32 huevos/ g de suelo, respectivamente. El cultivo puede ser destruido completamente cuando la población inicial del nematodo es de 64 huevos/ g de suelo. La magnitud del daño ocasionado por estos patógenos también depende del patotipo. A nivel mundial han sido identificados cinco patotipos de *G. rostochiensis* (Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Ro5), y seis de *G. pallida*: tres en Europa (PAa1, PAa2, PAa3) y tres en la zona andina (PA4A, PA5A, PA6A). La identificación de los patotipos se hace basándose en la tasa de reproducción de las distintas poblaciones en una serie Standard de clones de *Solanum* spp. (Schots 1987). Métodos basados en separaciones de proteínas, enzimas y pruebas de ADN, hasta ahora, no han dado resultados satisfactorios. (Crozzoli 1993).

En la formación de quistes, aun cuando la coloración amarilla de las hembras indica claramente la presencia de *G. rostochiensis*, la ausencia de hembras con esta coloración en las raíces no garantiza que se trate de *G. pallida*, a menos que se observe el desarrollo del nematodo a lo largo de su ciclo biológico (Greco *et al* 1982). Una técnica utilizada y que tiene validez ha sido la preparación de los cortes perineales de los quistes, colectados en las raíces de la planta de papa, y el conteo de las estrías cuniculares presentes entre el ano y la vulva, constituyen una manera simple de diferenciar las dos especies. *G. rostochiensis* posee un promedio de 21,60 estrías y *G. pallida* 12,00 (Greco 1993).

Las variedades de papa resistentes al nematodo de quiste de la papa, son una buena alternativa para controlar esta plaga, dado que impiden que el nematodo se reproduzca en las raíces de la papa. El uso de variedades con tolerancia o resistencia no significa costos adicionales para el agricultor y evitan o reducen el uso de nematicidas, los cuales influyen negativamente sobre el ambiente y el ser humano (Huijsman 1960).

Como parte inicial e importante de conocer esta plaga en Costa Rica; es por tal razón, que se ejecutó la siguiente investigación para determinar mediante clones o diferenciales de papa, la raza o razas del nematodo *Globodera pallida* Stone. Se evaluó peso en gramos de los tubérculos y la cantidad de quistes en raíz en cada diferencial inoculado. Se utilizó, para identificar las razas, una tabla de esquema latino para *Globodera pallida* (Stone).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en San Juan de Chicú de Oreamuno , provincia de Cartago, con una altitud de 2.800 msnm, predomina el bosque muy húmedo montano, el suelo es de origen volcánico del orden Andisol, la temperatura, precipitación y humedad relativa promedio anual es de 15 °C, 2.100 mm y 85 %, respectivamente.

Para la investigación en los potes o macetas sembrados por los clones, se tomó los datos de promedio de temperatura mínima y máxima (Figura 1). Lo anterior fue importante para el desarrollo de la plaga. Se utilizaron potes con medidas de 10x10 cm. El suelo para la investigación fue arenoso y esterilizado con buenas condiciones tanto para la planta y el desarrollo del ciclo del nematodo *Globodera pallida* (Stone).



Figura 1. Ubicación de estación meteorológica para la toma de temperatura de suelo. San Juan de Chicú, Cartago. Costa Rica. 2008.

Se usaron potes con medidas de 10x10 cm. Se obtuvo un estricto control en la manipulación del ensayo para evitar la contaminación en la finca. Se utilizó suelo arenoso y esterilizado para un mejor desarrollo de la planta y el ciclo del nematodo *Globodera pallida* (Stone). De los quistes seleccionados se identificó *Globodera pallida* (Stone) mediante corte perineal (Figura 2).

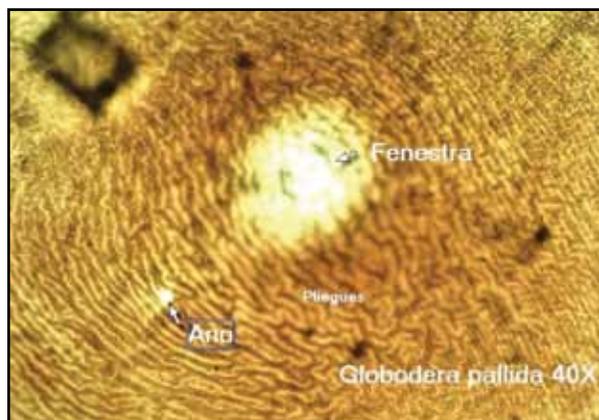


Figura 2. Identificación de *Globodera pallida* Stone mediante corte perineal. Fuente. Piedra Naranjo, R. 2008.

Se obtuvo quistes de *G. pallida* para la inoculación en forma homogénea (características en tamaño y color parecidas) de manera que se utilizó cada quiste una cantidad de huevos uniforme en cada tratamiento. La variedad de papa de referencia susceptible fue Floresta (*Solanum tuberosum ssp tuberosum*). Tanto Floresta como a los demás diferenciales se les inoculó la cantidad de 40, 45 y 50 quistes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clones o diferenciales de papa inoculados con diferentes cantidades de quistes. San Juan de Chicué. Cartago. 2008

Diferenciales	No. Quistes	No. Quistes	No. Quistes
Floresta (<i>Solanum tuberosum ssp tuberosum</i>)	40	45	50
800286 (<i>Multidissectum</i> híbrido P55/7) (H2)	40	45	50
800289 (KTT 60.21.19)	40	45	50
800290 (GLKS 58.1642.4)	40	45	50
800291 (VTn 62.33.3)	40	45	50
800944 (65.346.19)	40	45	50

El procedimiento que se utilizó para obtener las razas del nematodo *Globodera pallida* (Stone) fue; un pote con llenado de suelo esterilizado a un 75 %, se inocularon los quistes, luego se sembró la semilla de papa y posteriormente se cubrió con una capa de suelo, cada pote tuvo una identificación de tratamiento (Figura 3).

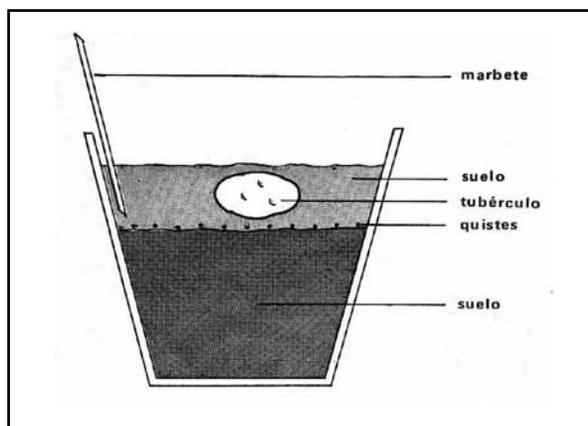


Figura 3: Maceta de inoculación y siembra de tubérculos. Fuente. CIP 1986.

Canto y Scurrach en 1977 elaboraron una tabla de Esquema Latino con el fin de interpretar los resultados de razas o biotipos de *Globodera pallida*. Dicha tabla se utilizó en la clasificación de razas del nematodo de quiste de papa *Globodera spp.* La misma incluye el diferencial 800944 (65.346.19) el cual cuando es inoculado, la reacción positiva (+) determina la presencia de *Globodera pallida* (Stone) y la reacción negativa (-) presencia de *Globodera rostochiensis* (Canto y Scurrach 1977) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tabla con Esquema Latino para identificar razas de *Globodera pallida*. CIP. Elaborada por Canto y Scurrach 1977.

Diferenciales	Razas de <i>Globodera pallida</i> (Stone)					
	P1A	P1B	P2A	P3A	P4A	P5A
Floresta (<i>Solanum tuberosum ssp tuberosum</i>)	+	+	+	+	+	+
800286 (<i>Multidissectum</i> híbrido P55/ 7) (H2)	-	-	+	+	+	+
800289 (KTT 60.21.19)	-	-	-	-	+	+
800290 (GLKS 58.1642.4)	+	+	+	-	+	+
800291 (VTn 62.33.3)	-	+	-	-	-	+
800944 (65.346.19)	+	+	+	+	+	+

Al inocular, fue importante tener una población de larvas y huevos por cada quiste, por tal razón se realizó la prueba de viabilidad de los quistes. La viabilidad se hizo tomando 25 quistes y se trituraron con un homegizador o triturador de quistes (Figura 4). Luego se disolvió en un volumen de agua de 50 cc. En una pipeta se tomó 3 cc y se obtuvo el promedio de huevos y larvas por quiste, para este caso la viabilidad fue de 260 huevos y

larvas por quiste. Esta técnica se hizo con el cálculo de la siguiente fórmula:

Fórmula de viabilidad de quistes

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

Q

Donde:

VT= Viabilidad Total

Prom= Promedio de 3 alícuotas

Q= Número de quistes

En la Figura 4, se observa un homogenizador de quistes. La función es la de triturar los quistes para obtener las larvas y huevos.



Figura 4. Homogenizador de quistes.

Extracción de quistes

Método fenwick modificado

Para poder obtener la separación de quistes de suelo, se logró con los siguientes materiales: 200 ml de suelo seco, equipo de Fenwick. Tamiz de 100 mesh, papel filtro o papel facial, balón aforado de 250 ml de capacidad y platos de Petri. El equipo Fenwick, consiste en un embudo colocado sobre una especie de jarra. El embudo tiene en la base en su parte

ensanchada un tamiz de 1 mm de tamaño de poro. La jarra tiene forma trapezoidal, en su parte inferior presenta los soportes del embudo y una aleta inclinada que bordea la jarra como collar, pero que termina en su solo conducto. La jarra tiene su parte interior un tapón que se retira para desaguar y limpiar.

Los quistes recogidos en el tamiz de 100 mesh fueron transferidos a un balón aforado de 250 ml y llenado hasta la mitad con agua, se agitó bien para mezclar la muestra y después se llenó el balón por completo con agua. Se dejó en reposo un minuto para que los quistes floten y el resto de materia orgánica precipite, después se vaciaron los quistes sobre un papel filtro que fue colocado previamente en el embudo de manera que mientras vaciaba estuvo rotando sobre el balón y evitando que el material orgánico se pase al filtro. Luego una vez secada la muestra se realizó la escogencia y el conteo de quistes en el estereoscopio para posterior inoculación (Figura 5).

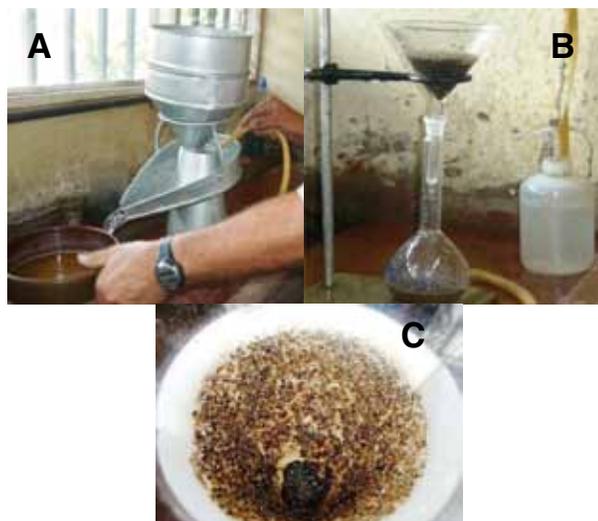


Figura 5. Fenwick Modificado (A), balón aforado de 250 ml (B) y filtro para la extracción de quistes (C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 3, mostró los datos de temperatura del suelo, condición muy importante para la plaga, y este evidenció un promedio de una

temperatura mínima de 9,17 °C y una máxima de 30,10 °C, para un promedio general de 16,92 °C. Lo anterior es considerado como una condición favorable para la planta y la plaga en estudio.

Cuadro 3. Temperatura de suelo durante la investigación. San Juan de Chicué, Cartago. Costa Rica. 2008.

Meses	°C Mínima	°C Máxima	°C Promedio
Abril	2,30	29,90	12,37
Mayo	4,50	29,50	12,48
Junio	4,00	33,20	14,04
Julio	19,00	27,60	24,25
Promedio	9,17	30,10	16,92

En el Cuadro 4 y Figura 6 se observó que los clones 800289 *Solanum kurtzianum* KTT 60.21.19, 800290 *Solanum vernei* GLKS, 800291 Vernei VTn. no fueron infectados, lo que se manifestó como resistencia al nematodo, porque no se observó ningún quiste en las raíces de la planta, dando negativa la reacción ante la inoculación de los quistes (-).

Los clones Floresta, 800286 y 800944 se observaron como susceptibles dando una respuesta positiva (+). También, en el Cuadro 4, se determinó que el diferencial 800290, además que resultó negativo, obtuvo el mayor peso que los demás clones. Se resaltó que la variedad floresta obtuvo el menor rendimiento en peso de papa y con quistes adheridos a la raíz.

Cuadro 4. Resultados de peso en gramos y quistes adheridos a la raíz en diferenciales de papa. San Juan de Chicué. Cartago. Costa Rica. 2008.

Diferencial o clon	Peso (g)	Quistes en raíz	Reacción + o -
Floresta	83,43	4,00	+
800286	101,82	6,00	+
800289	105,00	0,00	-
800291	97,10	0,00	-
800290	141,82	0,00	-
800944	112,55	3,00	+

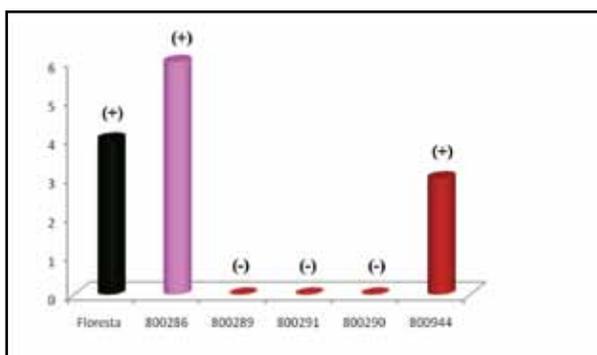


Figura 6. Efecto de las inoculaciones de quistes vrs. reproducción en raíces en cada diferencial o clon de papa. San Juan de Chicué. Cartago, Costa Rica. 2008.

El Cuadro 5 muestra la columna del resultado de la reacción de los diferenciales y esta es idéntica a la columna donde se visualizó la raza o patotipo P3A (color rojo). Esta interpretación se basó por la metodología descrita anteriormente y sirvió para visualizar las diferentes razas de *Globodera pallida* (Stone). Cabe destacar que los diferenciales 800289 *Solanum Kurtzianum* KTT 60.21.19, 800290 *Solanum vernei* GLKS, 800291 vernei VTn, mostraron resistencia hacia el nematodo, porque ninguno de los clones se infectó al realizar el diagnóstico en la raíz. Lo anterior, no significa que puedan en algún momento ser susceptibles, porque se sabe que la plaga puede cambiar constantemente en su ciclo de vida, pero genéticamente la planta no, por lo

tanto esta puede ser invadida por *Globodera pallida* (Stone) en algún momento si se siembra sucesivamente.

Cuadro 5. Resultado de clones o diferenciales inoculados con esquema latino a reacción de razas de *Globodera pallida* (Stone). San Juan de Chicué. Cartago. Costa Rica. 2008

Diferenciales	Razas de <i>Globodera pallida</i>						Resultado
	P1A	P1B	P2A	P3A	P4A	P5A	
Floresta (<i>Solanum tuberosum</i> ssp <i>tuberosum</i>)	+	+	+	(+)	+	+	(+)
800286 (<i>Multidissectum</i> híbrido P55/ 7) (H2)	-	-	+	(+)	+	+	(+)
800289 (KTT 60.21.19)	-	-	-	(-)	+	+	(-)
800290 (GLKS 58.1642.4)	+	+	+	(-)	+	+	(-)
800291 (VTn 62.33.3)	-	+	-	(-)	-	+	(-)
800944 (65.346.19)	+	+	+	(+)	+	+	(+)

Estos resultados son importantes para trabajar con algunas líneas de tolerancia al nematodo y también con variedades que puedan excluirse para su reproducción, tomando en cuenta evitar la multiplicación por ser variedades susceptibles. Lo interesante es que tenemos clones con tolerancia o resistencia a la plaga y así se puede empezar a utilizar variedades contra la plaga en el futuro.

CONCLUSIONES

Se concluye que el clon 800286 de gen H2 Híbrido *Multidissetum* es susceptible, seguido del 800944. Este último ha sido considerado

como susceptible a *Globodera pallida* (Stone), lo mismo que la variedad Floresta (*S. tuberosum*). De acuerdo con la metodología descrita, el ensayo presentó reacciones importantes a la raza o biotipo P3A para *Globodera pallida* Stone encontrada en la zona en estudio.

Las líneas o clones resistentes al nematodo son: 800289 *Solanum kurtzianum* KTT 60.21.19, 800290 *Solanum vernei* GLKS, 800291 *Vernei VTn*. Lo anterior sirve para implementar un sistema de producción integral que incluya rotación de cultivos y el uso de nematicidas químicos y biológicos.

Se debe seguir investigando y realizando pruebas de identificación de razas o patotipos debido a que la plaga se identificó en Costa Rica hace pocos años. Es posible que se encuentren más razas o patotipos en un futuro no muy lejano.

Hay que considerar que aunque se ejecute un plan de manejo, no existe la posibilidad de eliminar la plaga, debido a que los índices de multiplicación y por ende la persistencia del mismo en el suelo se debe a su constante ciclo de vida, cuando sus condiciones de clima y huésped es apropiado.

Crozzoli P.; R. 1994. Temas de nematología Agrícola I. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Comisión de información p. 8-9.

Franco, J.; González, A.; Matos, A. 1993. Manejo integrado del nematodo de quiste de papa. Centro Internacional de la Papa. Programa de investigación de la Papa (PROINPA) 30 p.

Greco, N. Di Vito, M. Brondonisio, A, Giordano, L, De Marins, G. 1982. The effect of *Globodera pallida* and *G. rostochiensis* on potato yield. *Nematologica* (28): 379-386

Greco, N. 1993. Nematodo problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematropica* (23): 213-220.

Huijsman , C. A. 1960. The Influence of resistant potato varieties in soil populations *Heterodera rostochiensis*. *Nematologica* (6): 177-180.

LITERATURA CITADA

Alfaro R, C. 2009. Dirección de Programas Nacionales, Programa Nacional Sectorial de papa. Disponible: gerencias-mag@mag.go.cr. www.mag.go.cr/prog-nac-papa-anteceentes.html.

Brenes, A., Rivera C.; Vásquez V. 2002. Cultivo de papa en Costa Rica. San José, Costa Rica. EUNED. 2002. 120 p.

Canto, M.; Scurrach, M. 1977. Races and the potato cyst nematode in the Andean region and new system of classification. *Nematologica*. (23): 340-349.

Nota Técnica

CAMBIO CLIMÁTICO: CUANTIFICACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CLIMA EN TURRIALBA EN EL ÚLTIMO MEDIO SIGLO

*Sergio Abarca Monge*¹

RESUMEN

Este trabajo se realizó con los datos de la Estación Meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) situado a 602 msnm, 9° 53' latitud Norte y 83° 38' longitud Oeste. De acuerdo con el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida Ecológicas de L. Holdridge (1978) se ubica en Bosque Húmedo Premotano Tropical. Se analizaron cuatro variables climáticas, precipitación en un periodo de 67 años, temperatura y humedad relativa en 51 años y radiación solar en 41 años, todas en forma consecutiva hasta el 2008. La temperatura media diaria año-1 aumentó en 0,005 °C a-1, para un incremento de 0,25 °C entre 1958 y 2008. Los valores anuales de temperatura máxima y mínima absolutas, confirman que hubo un incremento significativo en las temperaturas extremas, y que el incremento mayor se dio en las temperaturas máximas (0,043 °C a-1), mientras para las mínimas absolutas se encontraron valores de 0,028 °C a-1. En cuanto a la precipitación, no se observó una tendencia sostenida y definida. No obstante, se obtuvo que entre 1942 y 1970 el promedio se situó muy cercano al promedio general histórico, con fluctuaciones entre años bastante grandes. Entre 1971 y 1995 fue menor la precipitación, con una reducción considerable de la variación interanual, y el último intervalo (1996-2008) significativamente diferente ($P \leq 0,05$) a los otros dos, se presentó una precipitación sobre el promedio general y con variaciones interanuales aun más pequeñas. Con relación a la humedad relativa promedio, mínima promedio y mínima absoluta se observó tasas de incremento medio anual significativo ($P \leq 0,05$) para el periodo analizado. En conclusión, a medida que los años se hicieron más calientes, la radiación solar disminuyó y la humedad relativa aumentó en forma significativa, apoyando la hipótesis de una mayor nubosidad. La precipitación anual se incrementó en 13,50 % en los últimos 13 años con respecto al promedio histórico, y los meses que contribuyeron a ese incremento fueron enero, mayo, agosto y noviembre.

¹ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Turrialba, Convenio MAG/ UCR (Ministerio de Agricultura y Ganadería/ Universidad de Costa Rica)

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno que está produciendo variaciones en la biosfera y afecta a los seres vivos. La agricultura no escapa a sus efectos, y se ha sugerido el monitoreo y seguimiento de este fenómeno, lo que permite medir los cambios en el clima, y los efectos que éstos traerán a los ecosistemas, y a las actividades del hombre.

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) indica que el calentamiento global llevará a una intensificación del ciclo hidrológico global (IPCC 2003). En las regiones tropicales, los efectos del cambio climático, aparte del incremento de la temperatura, tendrán una mayor nubosidad y por consiguiente una mayor precipitación (Mazza y Roth 1999). Los modelos de simulación sobre los escenarios climáticos y su impacto sugieren una reducción en la producción agrícola más severa en las regiones tropicales (IPCC 2001). Lo anterior se debe a que, de acuerdo a los modelos, los cultivos pueden absorber hasta incrementos entre 2 - 3 grados de temperatura antes de presentar signos de stress térmico. Sin embargo, en los trópicos los cultivos exhiben una mayor susceptibilidad al aumento de temperatura, dado que crecen bajo condiciones cercanas a la máxima temperatura tolerable (Easterling y Apps 2005). En la mayoría de los casos el cambio climático, tiene influencia directa adversa en la producción agrícola y su calidad; por lo tanto, las estrategias agro-meteorológicas para enfrentar los cambios de clima, son esenciales para prevenir impactos negativos en la sociedad y el desarrollo económico (Cerri *et al.* 2007). A manera de ejemplo, se ha considerado que, por efectos del clima, está cambiando la zonificación agroclimática del café arábigo en Brasil (Silva *et al.* 2006). Uno de los puntos más sensibles para la agricultura, con relación a las variaciones del clima, los es el comportamiento de las plagas, enfermedades y malezas. En consecuencia, se prevé un incremento en la incidencia, acortamiento del ciclo biológico, aumento de la virulencia de las plagas, y susceptibilidad de los cultivos (Bordon *et al.* 2006)

En este sentido se podría esperar que el efecto combinado de cambios en la temperatura, los patrones de lluvia, tasas de evapotranspiración y concentración de CO₂, puedan afectar las interacciones biológicas de los seres vivos que habitan en los diferentes ecosistemas de la faja tropical. Por lo tanto, los agro-ecosistemas serán afectados, tanto en las entradas y salidas como en las relaciones y procesos entre los componentes del sistema. Dado que las cantidades y distribución de elementos climáticos como lluvia, temperatura, humedad relativa y radiación solar son vistos conceptualmente como ingresos al sistema cultivo, y no podemos controlar aspectos relacionados con la forma, la cantidad y la distribución del ingreso, es necesario buscar mecanismos de adaptación de los sistemas agrícolas ante los cambios que se están sucediendo en el clima.

Entre más nos acerquemos de los polos hacia el ecuador, mayor importancia tienen los factores biológicos en la producción de los cultivos, la cantidad de especies que interactúan en el agro-ecosistema se incrementan, y los factores que afectan los rendimientos de las cosechas son más difíciles de manejar (Ewel 1971). En el caso de Costa Rica, donde hay gran diversidad de microclimas es posible que las prácticas agrícolas y el manejo de los cultivos con relación al cambio climático presenten variaciones.

Respecto a la región de Turrialba, en los últimos años se han reportado varios eventos de carácter climático a los que se les atribuyen pérdidas de cosechas, y menoscabo de la producción animal (Convenio MAG/UCR 2005). Por otro lado, Turrialba cuenta con un número adecuado de estaciones meteorológicas dispersas y aisladas, no obstante es una de las regiones agrícolas con más cantidad de datos meteorológicos de buena calidad en el país. Especialmente los que suministra desde 1942 la Estación Meteorológica del CATIE en precipitación y después de 1958 en otras variables.

El objetivo del presente estudio fue hacer una revisión de los datos meteorológicos de

Turrialba, con el fin de observar las tendencias de las variables climáticas que afectan la agricultura, e iniciar la medición cuantitativa de los efectos del cambio climático en la región, a fin de realizar los ajustes en los modelos de producción agropecuaria que procuren un aceptable grado de adaptación y a la vez mitiguen los efectos futuros del mismo cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se tomaron los datos de la Estación Meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) situado a 602 msnm, 9°53' latitud Norte y 83°38' longitud Oeste. De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida ecológicas de L. Holdridge (1978), el estudio se ubicó en una zona de vida de Bosque Húmedo Premontano Tropical.

Los datos de precipitación que sirvieron de base son del periodo comprendido entre enero de 1942 y diciembre de 2008, con un acumulado de 67 años. Los datos de temperatura y humedad relativa comprenden el periodo entre enero de 1958 y diciembre de 2008, para un total de 51 años. Con relación a los datos de radiación solar éstos abarcaron de enero de 1968 a diciembre de 2008, un periodo de 41 años.

Las variables evaluadas fueron: temperatura diaria en grados Celsius: media, media máxima, media mínima, máxima absoluta, y mínima absoluta. Precipitación promedio diaria en milímetros de lluvia. Humedad relativa promedio diaria en porcentaje. Radiación solar promedio diario en $\text{mJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (mega julios por metro cuadrado por día).

Para el análisis se utilizaron los valores promedio anuales y mensuales por día para temperatura, humedad relativa y radiación solar. Para precipitación se utilizaron los totales anuales y mensuales. Se corrieron dos modelos estadísticos, el primero por año para el conjunto de datos de cada variable, y el segundo por periodos de décadas; en

el caso de la precipitación, adicionalmente se corrió un modelo por intervalos. Los datos entre años se analizaron por medio de regresión, utilizando en forma bivariante los promedios mensuales y anuales. Cuando se utilizaron décadas e intervalos como fuente de variación, se realizaron pruebas de diferencias de medias de Tukey para décadas y Student para intervalos de precipitación respectivamente, siguiendo una metodología similar a la utilizada por Power y Mills (2005). El paquete estadístico que se utilizó fue JMP7.

Para la definición de intervalos, en el caso de la precipitación, estos se establecieron de la siguiente forma. Primer intervalo: desde el primer año de toma de datos (1942) hasta el primer evento climatológico de mayor impacto, por efecto de las lluvias (1970), catalogado por personas de más de 60 años de edad como de importancia; el segundo comprendido entre el año posterior al primer evento climatológico de importancia (1971) al segundo catalogado de importancia por personas de más de cuarenta años (1996). El tercero los años restantes entre el último evento hasta diciembre de 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

La temperatura es la principal variable meteorológica en el monitoreo del cambio climático, dado que es la forma de expresión mejor entendible del aumento del calor en la biosfera, desencadenante de una serie de cambios en el clima y los ecosistemas. En el siglo pasado se experimentó un aumento en la temperatura del planeta de $0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con un incremento mayor en los últimos años. Por lo tanto es necesario conocer la magnitud de las variaciones de la temperatura en las diferentes regiones agroecológicas, para entender mejor los cambios que experimentarán los sistemas naturales y los productivos ante la variación de las condiciones de los microclimas. En ese sentido es importante conocer las variaciones de la temperatura en la región de Turrialba.

En los datos de temperatura media diaria año-1 se observó una tendencia no significativa a incrementar (Figura 1). El incremento anual fue de 0,005 °C a-1, para un aumento de 0,25 °C entre 1958 y 2008. No obstante, al hacer el análisis de los promedios por décadas, se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0003$) entre las diferentes décadas. En el Cuadro 1 se presentan los valores de temperatura promedio por década, de esta forma se muestra que el promedio de la temperatura media diaria en la década 1960-69 fue de 21,8 °C d-1a-1, mientras el valor obtenido para el periodo 2000-08 fue de 22,3 °C d-1a-1. Al analizar la variación interanual de la temperatura máxima, se obtuvo un incremento significativo ($P \geq 0,0061$) de 0,04 °C a-1, lo cual es considerable, ya que para el periodo 1958-2008 alcanzó los 2 °C.

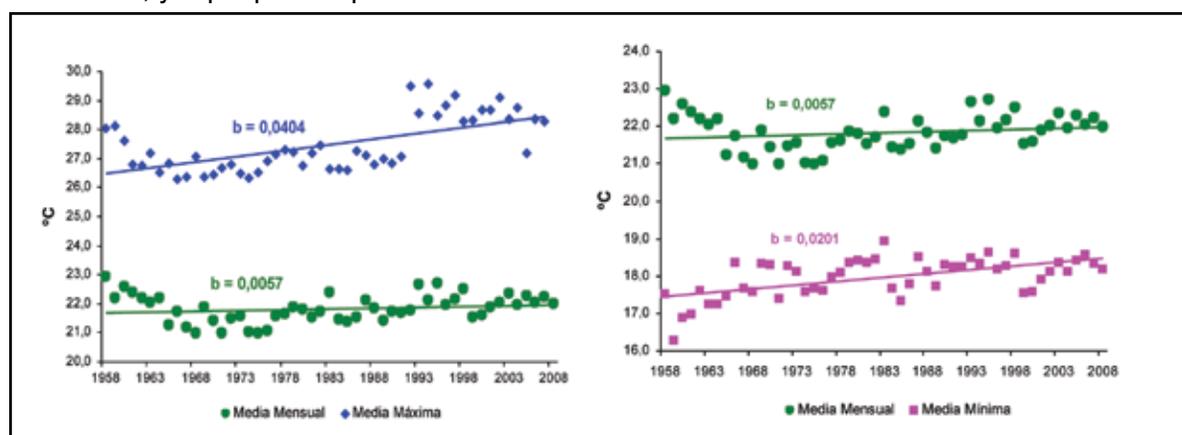


Figura 1. Temperatura media, media máxima y media mínima mensual por año. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1958-2008. 2008.

Cuadro 1. Temperatura promedio diaria anual, por década. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1958-2008.

Periodo	Media	Media Máxima	Media Mínima	Media Máxima Absoluta	Media Mínima Absoluta
			°C d-1a-1		
2000-08	22,03 ^a	28,40 ^a	18,18 ^a	30,83 ^a	15,71 ^a
1990-99	22,11 ^{ab}	28,34 ^a	18,27 ^a	30,65 ^a	15,80 ^a
1980-89	21,70 ^{abc}	26,97 ^a	18,13 ^a	29,13 ^b	15,16 ^a
1970-79	21,36 ^{bc}	26,96 ^{ab}	17,93 ^{ab}	28,79 ^b	15,20 ^{ab}
1960-69	21,84 ^b	26,68 ^{bc}	17,53 ^{bc}	29,13 ^b	14,83 ^{bc}
1958-59	22,55 ^a	28,40 ^c	16,90 ^c	30,30 ^{ab}	13,90 ^c

Media en la misma columna con diferente letra, difieren significativamente ($\infty \leq 0,05$) LSM Tukey.

Con relación (Figura 1) a la temperatura mínima promedio diaria año-1 también se observó un incremento significativo ($P \geq 0,0001$) de 0,02 °C a-1, para una variación de 1,00 °C en el periodo en estudio. El hecho de que el ritmo de incremento de la temperatura promedio diaria año-1 no fuera significativa, posiblemente radique en la diferencia entre los valores para máxima y mínima, ya que el aumento promedio anual de la temperatura máxima fue el doble del aumento promedio anual de la temperatura mínima.

Los valores anuales de temperatura máxima y mínima absolutas (Figura 2), confirmaron que hubo un incremento significativo en las temperaturas extremas, y que el aumento mayor se dio en las temperaturas máximas (0,043 °C a-1), mientras para las mínimas absolutas se encontró un valor de 0,028 °C a-1. Con los valores para las diferentes mediciones de temperatura diaria año -1 y sus tasas de incrementos, se interpretó que la zona de Turrialba fue más caliente en los últimos años que cuatro décadas atrás.

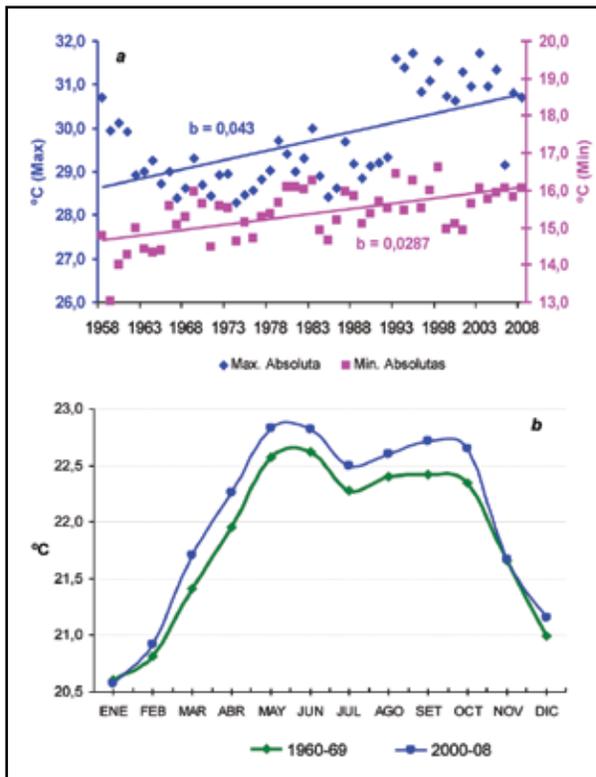


Figura 2. a) Temperatura máxima y mínima absoluta promedio anual, b) Temperatura promedio anual en dos décadas diferentes. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1950-2008.

Por lo tanto, los mecanismos fisiológicos y anatómicos de los organismos que componen los ecosistemas naturales y los agro-ecosistemas en la región se exigieron más, especialmente con relación a procesos como: fotosíntesis, respiración, transpiración y la formación de carbohidratos estructurales. Shibles y Villalobos (2001) indicaron las

relaciones metabólicas en los procesos fotosintéticos con respecto al aumento de temperatura, en términos de la asimilación de CO₂. Describieron una curva en forma de campana, situando la temperatura óptima para la fotosíntesis en las especies C₄ entre los 35 a 40 °C, mientras para las plantas C₃ entre 15 a 30 °C, para luego decender en forma pronunciada. En cuanto a la respiración se considera que incrementos en el ámbito de 10 a 30 °C indujeron un aumento exponencial de la respiración de mantenimiento, mientras que la respiración de crecimiento manifestó un incremento lineal y poco significativo en respuesta a este cambio de temperatura. En general, la temperatura óptima para respiración fue más alta que la temperatura óptima de fotosíntesis, este concepto cobró importancia en agricultura cuando se trata de introducir germoplasma a regiones con temperaturas más altas que aquellas de sus lugares de origen. Dado la insensibilidad de las plantas a incrementos de temperatura para mejorar su respiración con fines productivos y de crecimiento, y, al estar expuestas a una condición que favoreció la eliminación de CO₂ en detrimento de su incorporación, éstas no pueden producir la energía suficiente para llenar frutos y semillas, lo que trae como consecuencia la absorción reproductiva en muchos casos (Romero 2001). Con relación a la transpiración, se pudo indicar que el potencial hídrico de los cultivos no se vió fuertemente afectado, mientras las cantidades de agua en el suelo fueron adecuadas y la humedad relativa fue alta, apreciación que concuerda con los conceptos de Villalobos (2001).

En cuanto a la distribución de los cambios de temperatura por mes en el año, para el periodo comprendido entre 1958 y 2008, se observó una leve tendencia a incrementar en al menos 10 meses (Figura 3). En el Cuadro 2, se observan los valores de temperatura promedio máxima para las pendientes de curvas de modelos lineales, las cuales todas son positivas y estadísticamente significativas. De lo anterior se interpretó que para el periodo de tiempo comprendido en el estudio,

independiente del mes, conforme avanzaron los años, los momentos más calientes del día fueron aún más calientes, así mismo que los momentos menos calientes del día no fueron tan fríos como 50 años atrás. Esto confirmó, que tanto los valores de temperatura máxima como mínima diaria se elevaron en el periodo analizado en la zona de Turrialba.

Cuadro 2. Coeficientes de estimación lineal, para temperatura máxima y mínima mensual. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1958-2008. 2008.

Mes	Temperatura media máxima		Temperatura media mínima	
	m	b	m	b
Enero	0,029	-31,60	0,020	-23,45
Febrero	0,032	-36,85	0,021	-24,94
Marzo	0,031	-32,18	0,017	-17,51
Abril	0,037	-42,77	0,022	-26,95
Mayo	0,030	-31,67	0,024	-29,54
Junio	0,034	-38,88	0,017	-15,39
Julio	0,043	-57,50	0,018	-16,86
Agosto	0,045	-60,96	0,018	-16,39
Septiembre	0,048	-66,01	0,019	-18,83
Octubre	0,039	-50,10	0,019	-18,83
Noviembre	0,027	-27,63	0,021	-23,50
Diciembre	0,032	-38,03	0,021	-23,49

$y = m (\text{año}) - b$

En general, el periodo del año que presentó un mayor incremento de los valores de temperatura fue de marzo a octubre (Figuras 2b, 3a, 3b) los meses de septiembre y octubre presentaron los incrementos más fuertes al comparar los valores promedios de las décadas 1960-69 y 2000-08. Es posible que el incremento de temperatura estuviera relacionado a que la porción del día despejada fue más caliente aunque posiblemente más corta, luego la nubosidad se incrementó y no permitió el enfriamiento por las noches y madrugadas, cuando por lo general se presentaron las temperaturas mínimas.

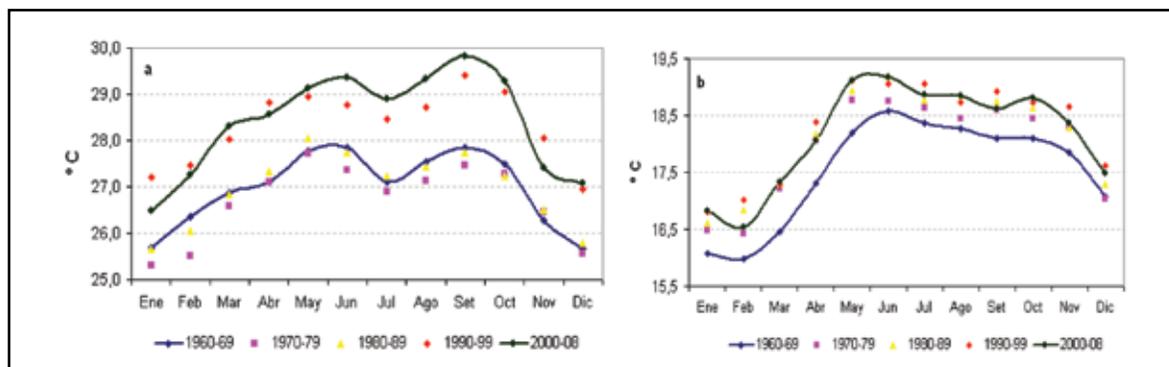


Figura 3 (a) y 3 (b). Temperatura a) máxima y b) mínima, diaria mensual promedio por década. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1960 – 2008. 2008.

De acuerdo con los datos obtenidos se concluye que la temperatura de Turrialba se incrementó para el periodo estudiado, especialmente en las últimas dos décadas, donde las variaciones tanto entre años como entre meses; así como entre las temperaturas máximas y mínimas se hicieron menores.

Precipitación

Normalmente se esperaría que la variación de precipitación fuera aparejada con la variación de la temperatura, sin embargo, no se observó una tendencia sostenida y definida de la precipitación anual (Figura 4). No obstante, los periodos de penuria agropecuaria en la zona por causa de las lluvias indicaron que la precipitación fue un factor ambiental de relevancia en la producción vegetal y animal, sobre todo en los últimos años. Lo anterior obligó a revisar de una manera apropiada los valores históricos de precipitación; por lo tanto, adicionalmente al análisis por año y por década, se realizó también un análisis en intervalos de tiempo definidos entre eventos climatológicos catalogados por la comunidad de gran magnitud. En general, se observó claramente, tres intervalos de años bien definidos. Estos tuvieron dos características básicas que los distinguieron entre sí, que fueron: el promedio, y las variaciones interanuales. Se observó que para el primer intervalo 1942-70 el promedio se situó muy cercano al promedio general histórico del periodo en análisis, con una fluctuación entre años bastante grande; el segundo intervalo (1971-95) fue de menos precipitación con una reducción considerable de la variación interanual, seguido del tercer y último intervalo (1996-2008) significativamente diferente ($P \leq 0,05$) a los otros dos, con precipitaciones sobre el promedio general y con variaciones interanuales aun más pequeñas. De esta manera, se sugiere que antes de 1970 lo normal eran las variaciones grandes entre años, no obstante en los últimos años ocurrió una variación mucho menor, y en los últimos 13 años adicionalmente un incremento de la precipitación anual.

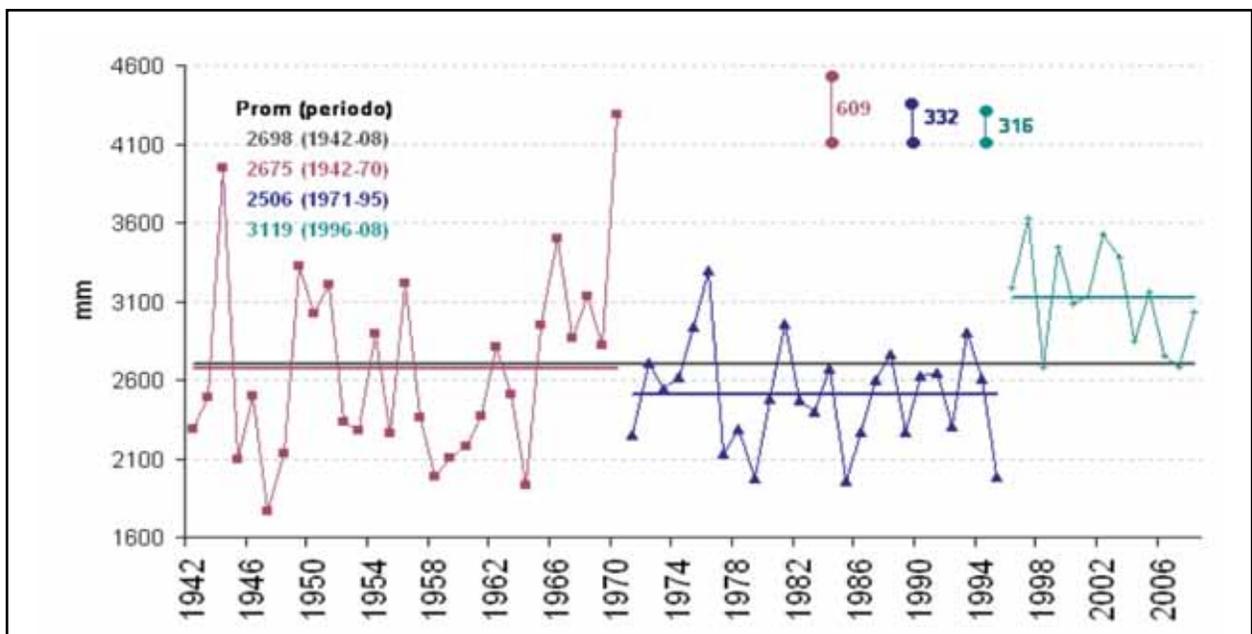


Figura 4. Precipitación promedio en tres periodos, desde 1942 hasta el 2006. Turrialba. Costa Rica. 2008.

Con respecto a la distribución mensual se observaron tres aspectos relevantes; el primero, al analizar las variaciones mensuales entre años, en los 67 años de datos para esta variable, se obtuvo un incremento significativo de la precipitación en el mes de agosto, que representó una diferencia en promedio de 100 mm entre los años 1942 y 2008 (Figuras 5). Así mismo, los datos mostraron una dispersión mayor en los últimos años con respecto a los primeros, lo que sugirió precipitaciones más variables para el mes analizado (Figura 5).

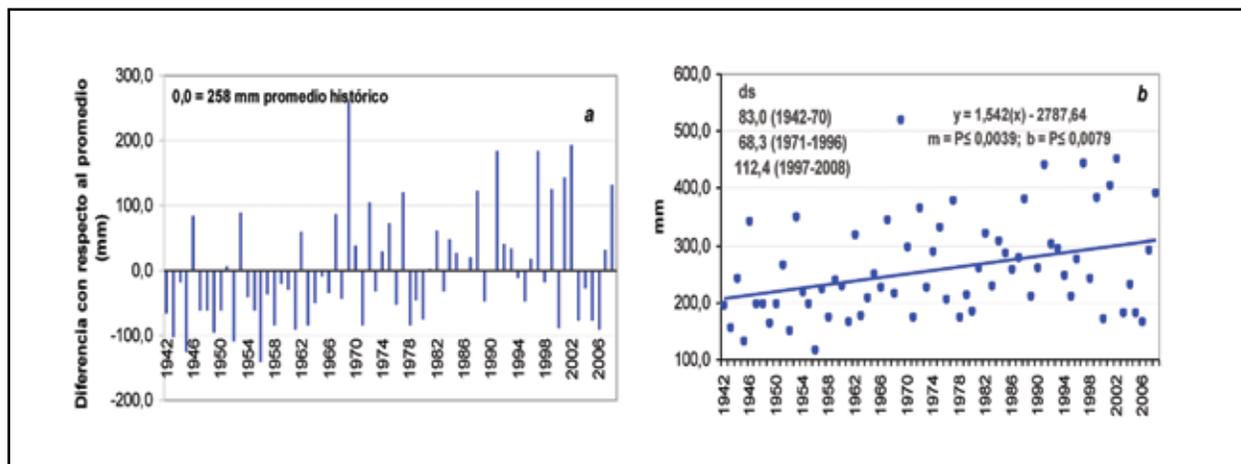


Figura 5. Variación de la precipitación del mes de agosto, a) con relación al promedio histórico del mes; b) en el periodo de 67 años. Turrialba, Costa Rica. 2008.

El segundo aspecto importante, fue la precipitación por décadas, donde se observó un incremento significativo ($P \leq 0,0173$) para el mes de enero. Haciendo una comparación, se pudo observar que el incremento para enero en periodo 2000 – 08 con respecto a periodos similares entre 1942 y 1999 fue de 48,00 a 68,20 %. En el Cuadro 3 se observan los valores promedio para los periodos analizados.

Cuadro 3. Promedio de precipitación por década para el mes de enero. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1942-2008.

Periodo	1942-49	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
Prom. (mm)	164,10 ^{ab}	185,90 ^{ab}	174,85 ^{ab}	174,90 ^{ab}	112,90 ^b	3551,00 ^a

Media en la misma fila con diferente letra, difieren significativamente ($\infty \leq 0,05$) LSM Tukey.

El tercer aspecto, fue que el análisis de los tres intervalos, confirmó el incremento de lluvia en el mes de enero en los últimos años; en este caso para el promedio de los últimos 13 años. Adicionalmente, se observó un incremento significativo ($P \leq 0,03$) para los meses de mayo y noviembre. Se vió un incremento no significativo para los meses de febrero y abril, que de seguir la tendencia de aumento de la precipitación, en pocos años podría confirmarse como significativos.

Los datos sobre la distribución sugirieron, que durante el periodo comprendido entre 1942 y 2008, hubo cambios en el patrón de las lluvias durante el año, con un incremento de la precipitación en los meses de enero, mayo, agosto y noviembre. Lo anterior trajo como consecuencia que en los últimos años los periodos de humedad fueron más largos e intensos; lo que provocó mayor posibilidad de encharcamiento en terrenos de pastizales, más escorrentía en suelos descubiertos

o con poca vegetación, e inundaciones de corta duración en otros cultivos. Por lo tanto, es posible que los periodos de hipoxia e inclusive anoxia de los sistemas radicales de las coberturas vegetales fueron mayores a los que se daban décadas atrás. Lo anterior sugiere la posibilidad de que ocurriera una elevación del nivel freático, ya que pudo existir la posibilidad que se presentara una elevación del nivel freático en unos casos, en otros, la compactación producida por el arado y pesuña del ganado, a unos centímetros de la superficie de los suelos causó compactación, así como, en algunos casos la compactación se presentó debido a la exposición de capas de suelos de material parental; más arcillosos e impermeables producto de la escorrentía, el manejo de los suelos o por condiciones del cultivo.

Esto es de importancia en especies de pastos exóticos de origen de sabana sub-húmeda como *Brachiaria sp*, los cuales tienen poca plasticidad para adaptarse a suelos saturados de humedad; como las condiciones que prevalecen en algunos meses en Turrialba y la Zona Atlántica de Costa Rica (Casasola 1998). Otros cultivos de la familia musaceae, como el banano, donde además de detener el crecimiento radicular en periodos iniciales de hipoxia, se puede aumentar la susceptibilidad a enfermedades como *Fusarium oxysporum* (Aguilar et al. 2001).

Humedad relativa

Con relación a la humedad relativa promedio, mínima promedio y mínima absoluta se observó un incremento anual significativo ($P \leq 0,05$) para el periodo analizado (Figura 6). Al observar los periodos correspondientes a décadas, se confirmó la tendencia a incrementar la humedad relativa promedio mínima y mínima absoluta, de acuerdo con el Cuadro 4.

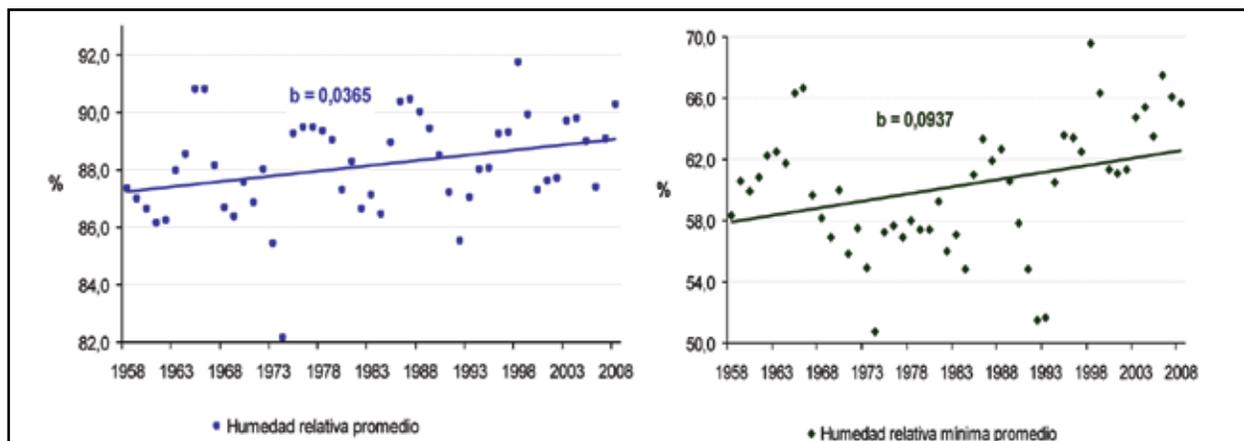


Figura 6. Humedad relativa promedio y mínima promedio anual. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1958 – 2008. 2008.

Cuadro 4. Humedad relativa mínima promedio y mínima absoluta por década. Turrialba, Costa Rica. Periodo. 1960-2008.

Periodo		1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
HR _{mím} prom	%	61,08 ab	56,62 b	59,12 ab	61,16 ab	64,08 a
HR _{mím} Abs		46,29 ab	41,03 c	43,92 bc	45,59 abc	49,80 a

Media en la misma fila con diferente letra, difieren significativamente ($\alpha \leq 0,05$) LSM Tukey.

En general, la humedad relativa observó un incremento en los últimos 38 años, no obstante es importante destacar el aumento de aproximadamente un 5 % anual de humedad relativa mínima, con respecto a los valores del periodo 60-69.

La distribución de la variación de la humedad relativa en los diferentes meses del año también tuvo cambios en el periodo estudiado. Se notaron incrementos significativos en los valores de humedad relativa promedio diaria para los meses de enero y mayo, solamente. Sin embargo, los valores de humedad relativa promedio mínima y mínima absoluta se incrementaron ($P \leq 0,05$) para cinco meses (enero, abril, marzo, mayo y noviembre) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficientes de estimación lineal, para humedad relativa promedio mínima y mínima absoluta diaria, en los meses con incrementos anuales sostenidos. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1958-2008. 2008.

Mes	Humedad Relativa (%)			
	Promedio Mínima		Mínima Absoluta	
	m	b	m	b
Enero	0,113	-164,51	0,158	-271,75
Marzo	0,148	-236,50	0,176	-310,22
Abril	0,134	-208,05	0,113	-182,80
Mayo	0,142	-222,38	0,187	-182,8
Noviembre	0,111	-156,70	0,166	325,10

$$y = m (\text{año}) - b \quad (m, P \leq 0,05)$$

Con respecto al análisis para las variaciones de la humedad relativa, en los meses del año por décadas, no se obtuvo diferencia para la humedad relativa promedio diaria. No obstante, los valores de humedad mínima siguieron presentando incrementos para la última década, en este caso la humedad promedio mínima varió para los meses de enero, mayo, agosto, octubre, noviembre y diciembre. Mientras la humedad relativa mínima absoluta varió en los meses de: enero, marzo, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre como se observa en el cuadro 6.

Cuadro 6. Meses con diferencias entre periodos (décadas), para humedad relativa mínima. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1960-2008. 2008.

Variable	Humedad Relativa (%)									
	Promedio Mínima					Mínima Absoluta				
Periodo	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08	1960-69	1970-79	1980-89	1990-98	2000-08
Enero	61,76ab	57,01b	59,04b	58,85b	66,94a	43,90ab	37,10b	40,30b	43,40ab	47,00a
Marzo	ns	ns	ns	ns	ns	37,50ab	38,50ab	39,90ab	44,55a	44,55a
Mayo	60,13ab	55,68b	58,87ab	60,62ab	64,71a	44,00ab	42,70b	42,00b	45,80ab	52,22a
Julio	ns	ns	ns	ns	ns	51,60ab	44,40b	45,90b	48,00ab	54,67a
Agosto	62,49a	56,92b	59,86ab	60,18ab	63,99a	ns	ns	ns	ns	ns
Octubre	63,06ab	56,90b	60,76ab	58,96ab	63,71a	50,50ab	43,80b	46,60ab	48,70ab	52,78a
Noviembre	65,30ab	56,83b	62,61ab	62,81ab	68,78a	47,70ab	42,20b	46,40ab	48,30ab	53,22a
Diciembre	65,85ab	57,51b	61,58ab	62,98ab	66,92a	47,20ab	38,00b	42,90ab	44,00ab	50,33a

Medias para cada variable, en la misma fila con diferente letra, difieren significativamente ($\infty \leq 0,05$) LSM Tukey. ns = no significativa.

El incremento de los valores mínimos de la humedad relativa en buena parte del año, especialmente en los meses considerados de época seca, es de importancia en la incidencia de plagas y enfermedades, tanto de los cultivos como de las especies forestales, flora y fauna silvestres. Por lo tanto, es importante establecer los umbrales económicos de plagas y enfermedades de los cultivos de la zona, con los ajustes requeridos de los nuevos parámetros de humedad, precipitación y temperatura para adaptar las estrategias de control; además los umbrales de sobrevivencia al ataque de las especies silvestres, especialmente de las especies en vías de extinción o amenazadas, como el caso de algunos anfibios.

Radiación Solar

La energía de un ecosistema se origina en la radiación solar, por lo que se puede considerar como un factor ecológico imprescindible, ya que afecta los procesos fisiológicos de la planta, determinan la cantidad de energía capturada y la eficiencia de transformación por parte de la vegetación que la recibe. Entre los procesos fotoinducidos de la radiación están entre otros: la germinación, floración, abscisión de hojas, y en algunas plantas los estados activos y de reposo, controlado por el sistema de fotocromos. Además, controla procesos como fototropismo, y fotoperiodismo, mediante receptores de luz azul de la flavo proteínas y carotenos, de esta manera las plantas se adaptan a diferentes condiciones de calidad y cantidad de luz (Larcher 1975).

Con relación a los datos de radiación solar analizados para el periodo 1958-2008, se obtuvo un decrecimiento del promedio diario anual ($P \leq 0,0001$), como se aprecia en la Figura 7.

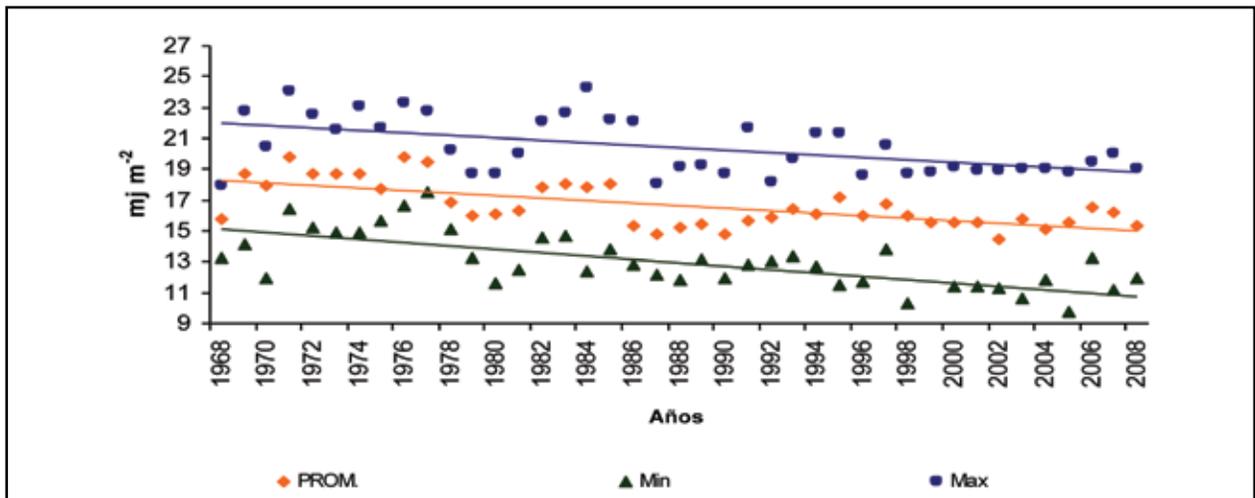


Figura 7. Radiación solar promedio, máxima y mínima promedio anual. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1968 – 2008. 2008

De acuerdo con el análisis de la variación mensual para años, el único mes que no presentó diferencias significativas, en la disminución de radiación solar fue febrero. Los mayores decrecimientos los experimentaron los meses de enero y mayo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Coeficientes de estimación lineal, para Radiación Solar Promedio Máxima y Mínima diaria, para los once meses con decrecimientos anuales sostenidos. Turrialba. Periodo 1968-2008. 2008.

Mes	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
m	-0,112	-0,068	-0,099	-0,134	-0,066	-0,019	-0,069	-0,034	-0,091	-0,010	-0,091
b	238,08	155,04	215,04	284,87	148,65	100,85	153,28	86,89	197,09	211,44	194,92

$$y = m (\text{año}) - b \quad (m, P \leq 0,05)$$

Los valores para meses por décadas de radiación solar promedio diario refuerzan la tendencia observada anteriormente, donde ocho meses presentaron variaciones importantes ($P \leq 0,025$), como se observa en el Cuadro 8. Por lo tanto, es de suponer que un factor que ha influido en las variaciones de la eficiencia energética de las plantas que conforman los diferentes sistemas tanto naturales como agrícolas en las últimas décadas, ha sido la radiación solar.

Cuadro 8. Meses con diferencias entre periodos (décadas), para radiación solar. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1960-2008.

Radiación Solar Promedio (MJ d ⁻¹)					
Periodo	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
Enero	17,60 ^a	17,70 ^a	15,49 ^a	15,00 ^{ab}	13,00 ^b
Mayo	23,30 ^{ab}	20,24 ^a	17,82 ^{ab}	16,47 ^b	16,20 ^b
Junio	17,84 ^{ab}	17,94 ^a	15,82 ^{ab}	16,12 ^{ab}	15,58 ^b
Julio	13,75 ^{ab}	16,70 ^a	15,39 ^{ab}	14,80 ^b	14,87 ^b
Octubre	17,80 ^{ab}	19,19 ^a	16,36 ^b	16,43 ^b	16,18 ^b
Noviembre	14,20 ^{ab}	16,63 ^a	14,65 ^{ab}	14,06 ^b	13,03 ^b
Diciembre	15,20 ^{ab}	16,01 ^a	13,64 ^b	12,53 ^b	13,19 ^b

Medias en la misma fila con diferente letra, difieren significativamente ($\infty \leq 0,05$) LSM Tukey.

Tomando como válido, que un decrecimiento de la radiación solar es proporcional a un incremento en la nubosidad, en regiones con una biosfera poco contaminada por gases y partículas en suspensión producto de la producción industrial como el caso de Turrialba, se puede indicar que en los últimos años hubo un incremento de la nubosidad, que no necesariamente propició más precipitación.

Por otra parte, es posible que la mayor afectación producto de la variación climática con relación a los agro-ecosistemas, sea la reducción de la radiación solar. En consecuencia los cultivos de plantas C4 como la caña de azúcar y los forrajes, pudieron tener bajas sensibles en sus producciones de biomasa.

Discusión General

Partiendo del hecho que la temperatura es el disparador de los cambios en las otras variables climáticas analizadas, se observó que a medida que los años se hicieron más calientes, la radiación solar disminuyó y la humedad relativa aumentó en forma significativa, apoyando la hipótesis de

una mayor nubosidad. La precipitación anual se incrementó en 13,50 % en los últimos 13 años con respecto al promedio histórico, y los meses que contribuyeron a ese incremento fueron enero, mayo, agosto y noviembre.

Aunque no se tuvieron datos de nubosidad en forma indirecta, este fenómeno es de importancia para explicar una disminución de la radiación solar, y el incremento de la humedad relativa (Figura 8). Las condiciones ambientales de alta humedad relativa, precipitación y temperatura hacen que la piel, mucosas, corteza, y cutícula de los seres vivos que habitan en estos ambientes experimenten un mayor grado de stress. Este efecto combinado produce una sensación denominada “temperatura de bochorno”, o índice de calor; que combina la temperatura del aire con la humedad relativa, y determina la sensación que el cuerpo humano percibe producto de la poca diferencia existente entre el sudor o la humedad de transpiración y la humedad del medio.

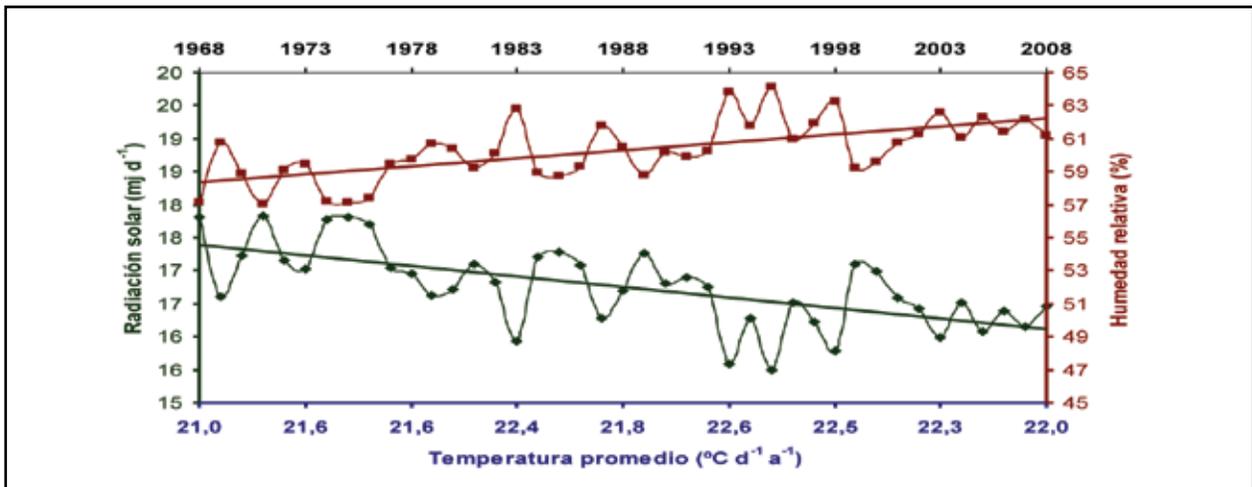


Figura 8. Variación de la radiación solar y la humedad relativa con respecto a la temperatura promedio diaria anual. Turrialba, Costa Rica. Periodo 1968 – 2008. 2008.

CONCLUSIÓN

Las tendencias en los datos de las variables climáticas analizadas, sugirieron que las condiciones de clima bajo las cuales crecieron los cultivos, la flora y fauna natural en los últimos años estudiados, fueron diferentes que 50 años atrás. Lo cual supone cambios en las interrelaciones de los seres vivos de los diferentes ecosistemas. En particular los agro-ecosistemas se podrían haber afectado, por una menor radiación solar sobre los cultivos con la consecuente reducción de la productividad neta, en términos energéticos y de producción de biomasa. Un incremento de stress hídrico causado por exceso de agua en el suelo por periodos más prolongados, y un incremento de la humedad relativa y la temperatura que favorecieron la incidencia de las plagas y enfermedades, y la competencia de malezas en los cultivos; así mismo que hace más difícil su control.

Desde el punto de vista agroecológico con los datos analizados, se pudo concluir que al final del periodo de estudio, se observaron años con un periodo seco (de menor precipitación) reducido a febrero y marzo, y, un periodo de lluvia intenso y estable. La desaparición del “veranillo de San Juan” caracterizado por una disminución de las lluvias entre los meses de julio y agosto, el incremento de la precipitación en los meses de enero y noviembre, son la principal característica de un periodo de lluvia más crudo para la agricultura, especialmente para los cultivos de ciclo corto, como el cultivo de frijol.

LITERATURA CITADA

- 1.000 p.
- Aguilar, E. A.; Tuner, D. W.; Sivasithamparam, K. 2001. Possible Mechanisms by which Hypoxia Predisposes Cavendish Banana to *Fusarium* Wilt. In *Banana Fusarium wilt Management: Towards Sustainable Cultivation. Proceeding International Workshop on Banana Fusarium wilt Disease*. Los Baños, Filipinas. INIBAP-ASPNET. p: 282-290.
- Burdon, J. J.; Thrall, P. H.; Ericsson, L. 2006. The current and future dynamics of disease in plant communities. *Annual Review of Phytopathology*. 44: 19-39.
- Casasola, F. R. 1998. Efecto de la humedad del suelo sobre la anatomía y morfología de cuatro introducciones de *Brachiaria spp.* Tesis. Presentada ante la Universidad de Costa Rica para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica con Énfasis en Zootecnia. 34 p.
- Cerri, C.; Sparovek, G.; Bernoux, M.; Easterling, W.; Melillo, M.; Clemente, C. 2007. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Science Agriculture*. (Piracicaba, Braz.), 64 (1): 83-99.
- Easterling, W.E.; Apps, M. 2005. Assessing the Consequences of Climate Change for food and forest resources: a view from the IPCC, climatic change. *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria*. 70: 165-189.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Internacional de Cooperación Agrícola. San José, Costa Rica. 261 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate change: impacts, adaptation & vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa. 675 p.
- Ewel, J. J. 1971. Experiments in arresting succession with cutting and herbicides in five tropical environments. Thesis Ph, D. Department of Botany, University of North Carolina, Chapel Hill, USA. 248 p.
- Larcher, W. 2003. *Physiological Plant Ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 4ta ed. New York, USA. 513 p.
- Loomis, R. S.; Connor, D. J. 2002. *Ecología de los cultivos: productividad y manejo en sistemas agrarios*. Mundi-Prensa. México. 591 p.
- MAG-UCR (Ministerio de Agricultura y Ganadería – Universidad de Costa Rica). 2005. Informe sobre la evaluación productiva de las fincas del proyecto de reconversión productiva. (ASOPROA). Santa Cruz de Turrialba, Cartago, Costa Rica. 42 p.
- Mazza, P., Roth, R. 1999. Global warming is here: the scientific evidence. *Earth Island Journal*. 14(3): 14.
- NASA (National, Aeronautics and Space Administration). 2005. *Global temperature trends: 2005 summation*. (en línea). USA. Consultado: 16 abril 2009. Disponible en: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>.
- Odum, E., Barret, G. 2006. *Fundamentos de Ecología*. 5ta ed. Thomsom, México D.F., México. 589 p.
- Power, H. C.; Mills, D. M. 2005. Solar radiation climate change over Southern Africa and an assessment of the radiative impact of volcanic eruptions.

International Journal Climatology 25:
295–318.

- Romero, R. 2001. Respiración. *In*: Fisiología de la Producción de Cultivos Tropicales. (Fascículo 1. Procesos Fisiológicos Básicos). Villalobos Rodríguez, Enrique. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. p: 55-80.
- Shibles, R.; Villalobos, E. 2001. Fotosíntesis. *In*: Fisiología de la Producción de Cultivos Tropicales. (Fascículo 1. Procesos Fisiológicos Básicos). Villalobos Rodríguez, Enrique. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. p: 15-51.
- Silva, A. L.; Roveratti, R.; Reichart, K.; Bacchi, O.O.S.; Timm, L. C.; Bruno, I. P.; Oliveira, J. C. M.; Dourado Neto, D. 2006. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. *Scientia Agricola* 63: 105-114.
- Villalobos, E. 2001. Fisiología de la Producción de Cultivos Tropicales (Fascículo 1. Procesos Fisiológicos Básicos). Villalobos Rodríguez, Enrique. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 228 p.

Nota Técnica

CAMBIO CLIMÁTICO: VARIACIÓN AGROECOLÓGICA DE TURRIALBA

Sergio Abarca Monge¹

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ecológicos, las comunidades y asociaciones están definidos por las condiciones climáticas y edáficas, donde han evolucionado a lo largo del tiempo las especies que los componen. En los agroecosistemas, o sistemas artificiales, independientemente de los cultivos o especies que se utilicen, las condiciones se mantienen y definirán el grado de éxito del sistema productivo.

Para relacionar las condiciones climáticas y edáficas con las comunidades vegetales que se desarrollan en un área geográfica definida, se han establecido diferentes sistemas de clasificación ecológica (Odum y Barret, 2006). No obstante, en Costa Rica, el sistema de clasificación más utilizado por los profesionales de las ciencias agropecuarias y forestales es el de Zonas de Vida desarrollado por Leslie R. Holdridge (1967). Es precisamente Turrialba, la zona que se utilizó para la validación del sistema, cuyo cultivo de importancia es el café, y donde Holdridge en 1967 hizo su estudio. De acuerdo con Watson y Tosi (2000), en Costa Rica, una muestra de la validez del sistema, la constituye la correspondencia de la vegetación e incluso el uso predominante en café, de las tierras ubicadas en las zonas de vida de Bosque Húmedo Premontano y Muy Húmedo Premontano. Estas zonas de vida se localizan en sitios distantes entre sí como: la parte alta de Nicoya, serranía de Tilarán, San Ramón, San Isidro del General, Turrialba, Orosí, San Vito de Coto Brus, Los Santos; cuando se pasa a Bosque Pluvial Premontano ya no se produce café, lo mismo sucede por encima de los 24 °C de temperatura promedio

anual. En la década de los años 70, el Instituto Costarricense de Electricidad, realizó cálculos de los movimientos de agua mediante el sistema de ecuaciones del monograma de Holdridge en las cuencas donde no había aforo. De esta manera se estimó la escorrentía para la construcción de la represa hidroeléctrica Arenal, que años después se midió, consignando una desviación del 2 % entre la estimación inicial y el dato real (Jiménez Saa 2005).

En los sistemas terrestres y especialmente los situados en regiones húmedas, los flujos de nutrientes como: potasio, calcio y magnesio entre otros, y su reciclaje, están muy relacionados con la redistribución del agua de lluvia entre ellos (Likens y Bormann 1995). En los cafetales se ha observado que el reciclaje de potasio a través del agua de lavado foliar y de escorrentía en el agroecosistema es importante, siendo mejor en cafetales con árboles de *Inga sp.* (Jaramillo-Robledo 2003).

Se espera que con el cambio climático, la distribución geográfica, el vigor, la virulencia y el impacto de las malezas, plagas y enfermedades de las plantas se afecte. La interacción de competencia planta: maleza puede ser alterada, principalmente con relación a las especies de diferentes rutas fotosintéticas (C3 y C4). Es posible que en un principio se favorezcan las plantas C3 por el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera. Así mismo, los cambios fisiológicos y bioquímicos inducidos en las plantas huésped puedan afectar los patrones de consumo de los insectos. La epidemiología de las enfermedades de las plantas también

¹ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Turrialba, Convenio MAG/ UCR (Ministerio de Agricultura y Ganadería/ Universidad de Costa Rica)

se afectaría, pudiendo ser más difícil el control, especialmente en períodos de cambios rápidos de clima, y de inestabilidad de las condiciones del tiempo (Patterson *et al* 1999). Es posible que las cadenas tróficas se alteren y los hábitos de consumo de los predadores cambien (Lewis y Gripenberg 2008).

La variación ecológica causada por la acción directa del hombre o por el efecto indirecto del cambio global que pueda haber ocurrido en una región o localidad, es caracterizada por una zona de vida original. Esto puede ser mejor entendida midiendo el grado de desplazamiento en el tiempo de las relaciones biológicas con las variables climáticas y sus efectos en los ecosistemas. En el caso de la agricultura, aspectos como la evolución acelerada de las interacciones entre plagas y hospederos, competencia de plantas invasivas, variaciones de productividad y los rendimientos de los cultivos pueden correlacionarse mejor con el ambiente donde se desarrollan los cultivos, mediante el esquema de zonas de vida (Lugo y Morris 1982).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la zona de Turrialba, con los datos de la Estación Meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), situado a 602 msnm, 9° 53' latitud Norte y 83° 38' longitud Oeste. De acuerdo con el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida Ecológicas de L. Holdridge (1968), esta zona se ubica en Bosque Muy Húmedo Premontano Tropical.

Los datos de precipitación que sirvieron de base son del período comprendido entre enero de 1942 y diciembre de 2008, con un acumulado de 67 años para la determinación del período seco, y de 1958 a 2008 para la determinación de la zona de vida. Los datos de temperatura y humedad relativa comprenden el período entre enero de 1958 y diciembre de 2008, para un total de 51 años. Con relación a los datos de radiación solar, éstos son de Enero de 1968 a Diciembre de 2008, abarcando un período de 41 años. Los datos de evaporación fueron de 1968 a 1992 y del año 2006.

De acuerdo con Holdridge, la zona de vida es una región bioclimática que está limitada por la bio-temperatura. La bio-temperatura (t_{bio}) se definió asignándole valores de cero a las temperaturas diarias promedio mensual superiores de 30 °C e inferiores de 0 °C, y luego dividiendo el resultado entre 12, se utilizó la formula:

$$t_{bio} = t - [(3 - \text{grados de latitud}) / 100] * (t - 24)^2 \quad (f1) \quad (\text{Holdridge 1978})$$

Se estimó la evapotranspiración potencial como base del movimiento del agua en el sistema (E_{tp}), mediante la formula:

$$E_{tp} = 58,93 * t_{bio} \quad (f2) \quad (\text{Holdridge 1963})$$

El resultado de la formula anterior (f2) se tomó como 100 %, luego se estimaron los otros valores como % de evaporación real (E_{vr}) y evapotranspiración real (E_{tr}), mediante el diagrama del movimiento de agua en las asociaciones climáticas (figura 1).

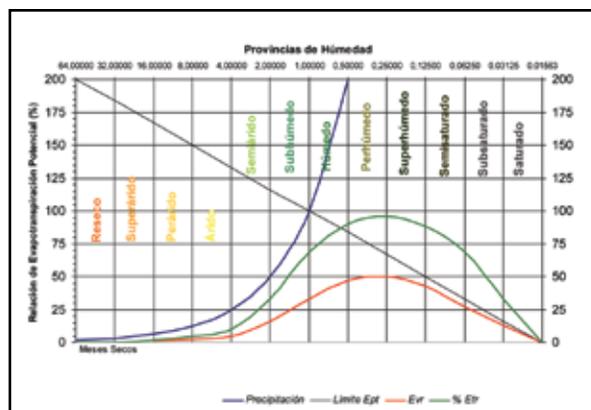


Figura 1. Diagrama de movimiento de agua en asociaciones climáticas (Holdridge 1963)

La determinación de la zona de vida se realizó con los datos de t_{bio} promedio anual, precipitación promedio anual, y la elevación sobre el nivel del mar mediante el diagrama de la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Figura 2).

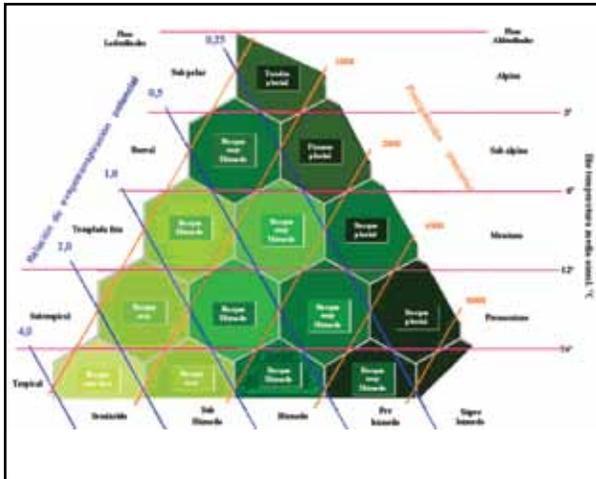


Figura 2. Diagrama parcial para la clasificación de zonas de vida. (Holdridge 1967).

Para el análisis, se utilizaron los valores promedio anuales y mensuales por día para temperatura y precipitación, y se analizaron mediante el sistema propuesto por Holdridge (1963, 1967, 1978), para la determinación de la zona de vida de acuerdo con los datos climáticos (Watson y Tosi 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el establecimiento de las provincias de humedad, Holdridge utilizó la relación entre la evapotranspiración potencial, calculada a partir de la temperatura media y la precipitación total anual (Ept/p) (Holdridge 1963).

El distrito Central del Cantón de Turrialba normalmente se ha estado clasificando en el hexágono de Bosque Muy Húmedo Premontano en transición a Bosque Húmedo del Diagrama de Zonas de Vida (Holdridge 1978). Precisamente, dicha transición se debe a que el límite de las provincias de humedad ($Ept/p = 0,5$) parte una porción del hexágono de Bosque Muy Húmedo Premontano, quedando Turrialba en el lado izquierdo del límite de humedad. De esta forma se aceptó como correcto que en la descripción de la ubicación de muchas investigaciones y trabajos técnicos llevados a cabo en Turrialba en años anteriores, se indicó como Bosque Húmedo Premontano. No obstante, al calcular la relación de evaporación potencial

en diferentes períodos de tiempo, en los 51 años sujetos a estudio, se pudo observar que desde la década 1990-99, Turrialba pasó el límite de provincia de húmeda a per-húmeda (Figura 3). En términos prácticos significó que el ambiente local se volvió más húmedo en los últimos 19 años.

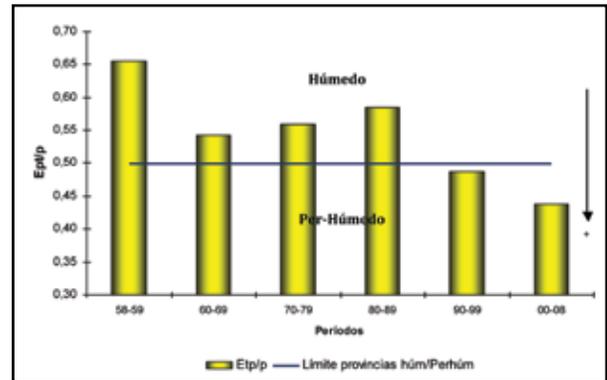


Figura 3. Evaporación potencial en diferentes períodos y límites de provincias de humedad, de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1978). Turrialba: 1958-2008. 2008.

En términos del esquema de zonas de vida de Holdridge, lo anterior indicó un desplazamiento hacia el interior del hexágono, saliendo de la zona de transición de Bosque Húmedo a Muy Húmedo y quedando al lado derecho de la línea que demarca la relación de evapotranspiración potencial (Figura 4).

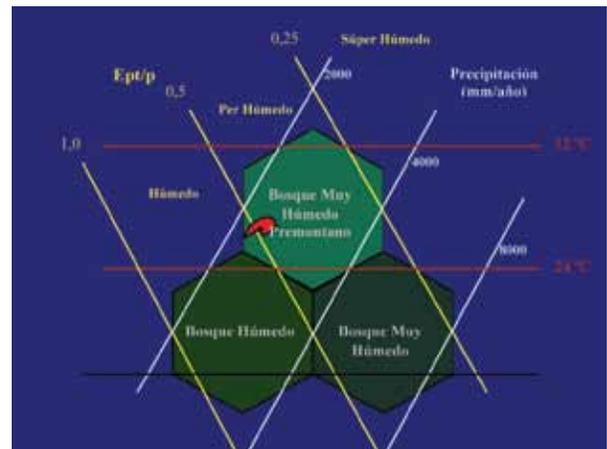


Figura 4. Desplazamiento de Turrialba en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Pre montano Tropical. Turrialba, Costa Rica. 2008.

En el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, la precipitación es fundamental en la dinámica del flujo de agua en el ecosistema, y forma parte estructural del esquema de clasificación. Al seccionar en períodos de 10 años, los datos obtenidos por CATIE en su estación meteorológica para precipitación acumulada anual, se observó un incremento de la precipitación promedio para las últimas dos décadas (Figura 4), situando a la localidad en el centro del hexágono para esta variable y empujando también a lo interno del mismo.

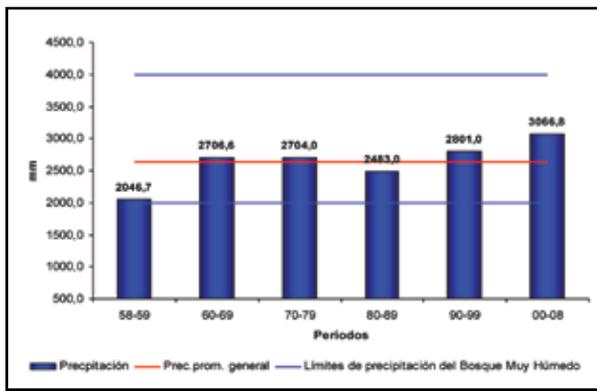


Figura 5. Precipitación anual promedio por período, con relación al rango establecido para la zona de vida de Holdridge (1978) de Bosque Muy Húmedo. Turrialba 1959-2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

El incremento de precipitación explica en parte el decrecimiento de la relación de evapotranspiración, que en consecuencia se traduce en un ambiente más húmedo. No obstante, si se hace una simulación sencilla con relación a la fisonomía de bosque natural no se observó ningún cambio. De hecho, se entró al esquema de movimientos de agua en asociaciones (Figura 1), y se partió de una evapotranspiración real de 85 % para

los períodos mayores de 0,50 de relación de evapotranspiración potencial (Etp/p) y 90 % para los períodos menores de 0,50; y se utilizó la fórmula de estimación de la altura (en metros) de los árboles dominantes en la asociación climática ($Altura=2^{*tbio}*\%Et_{preal}$), en ambos casos es de aproximadamente 41,00 metros. Bajo el enfoque de Holdridge, lo anterior indicó que la estructura de bosque original podría haber tenido la capacidad de resistir el incremento de precipitación. En términos agroecológicos reforzó la tendencia de que el sistema agroforestal presentó una mejor fisonomía que los monocultivos y tubo una mayor flexibilidad biológica ante el incremento de la lluvia, lo que permitió una mejor adaptación bajo las condiciones actuales de clima (Virgilio y Abarca 2008). En términos de monocultivo, es posible que especies de ambientes más húmedos como el arroz comiencen a ser cultivadas en la zona con buen suceso agronómico², no obstante con limitaciones topográficas para ello en grandes áreas.

El promedio histórico de Turrialba es de 23,50 °C, no obstante se observó un descenso de la bio temperatura promedio por década (Figura 6) para los últimos dos períodos, por lo que se reforzó la hipótesis del desplazamiento hacia el centro del hexágono de la zona de vida Muy Húmeda, y típica de Premontano, donde la nubosidad comienza a jugar un papel importante en términos de la radiación incidente afectando los procesos de evapotranspiración. En este sentido, es posible que la evaporación tuviera alguna variación, sin embargo, los pocos datos para los años noventa y el único dato del 2006 para el período siguiente, no permiten hacer conclusiones sobre una reducción que apoyó la tendencia a una mayor humedad. Sin embargo, el incremento en precipitación, la reducción de la relación de evaporación potencial y de bio-temperatura son indicadores que refuerzan dicha tendencia.

² Brenes, S. 2009. Observaciones preliminares sobre rendimientos de variedades de arroz en finca experimental. Universidad de Costa Rica, Turrialba.

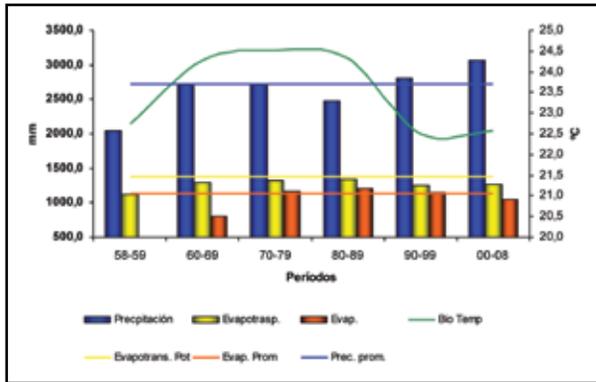


Figura 6. Precipitación, evaporación, bio temperatura y evapotranspiración estimada, de acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967). Turrialba: 1958 – 2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

En términos prácticos sobre el movimiento del agua en un ecosistema, se observó que la evapotranspiración tendió a disminuir, mientras la precipitación a aumentar. La diferencia entre éstas se denomina ecológicamente escurrimiento, y en este caso se incrementó.

El escurrimiento desde el punto de vista agronómico, se divide en infiltración y escorrentía. La tasa de infiltración está relacionada con el tipo de suelo, especialmente con aspectos físicos tales como la densidad aparente, dependiente de la estructura y la textura, y que en suelos agrícolas se resume en el grado de compactación y su profundidad. Por otra parte, la escorrentía está muy relacionada con la cobertura vegetal del suelo y fisonomía de esa cobertura, la pendiente, la intensidad de la lluvia, y la capacidad de infiltración del suelo. Es de esperar que en los agroecosistemas con climas más húmedos, esas variables sean más sensibles a efectos detrimentales por el exceso de agua en el suelo: como inundación, anegamiento, encharcamiento, escorrentía y erosión. Dado lo anterior, los fenómenos de hipoxia, anoxia, y lixiviación de nutrientes causan desbalances fisiológicos; y la saturación de agua hace más vulnerables las plantas a las enfermedades de la raíz.

Lo anterior es de importancia en la conservación, fertilidad y salud del suelo. Estudios realizados en la zona Atlántica Norte de Costa Rica, con precipitaciones altas, dan cuenta de una disminución de los contenidos de carbono después de 40 años de deforestados y convertidos en suelos de cultivo inicialmente y después en pasturas (Veldkamp 1994). En las condiciones de Turrialba, es posible que se deba ajustar las formas y las épocas de fertilización y enmiendas al suelo, especialmente cuando es fertilización nitrogenada, elemento fácilmente lixiviable, y desdoblado a compuestos volátiles, muy dependiente de los contenidos de materia orgánica para ser incorporado a la planta (Montenegro y Abarca 2001).

Delineación de la época seca

Uno de los aspectos que caracterizan a una eco-región y sus comunidades vegetales es la distribución de las lluvias. Como se observó en los últimos años, se experimentó un incremento de la precipitación acumulada anual en la región de Turrialba. La diferencia entre la precipitación promedio histórica (2,698 mm) y la del período 1996-08 es de 421mm. En términos agrícolas es importante conocer como se distribuyó el incremento. Estudios previos indicaron que los meses en que se incrementó la precipitación eran: enero, mayo, agosto y noviembre; y se estimó que el 86 % del incremento de la precipitación anual con respecto al promedio histórico se explicó por el incremento de la precipitación en los cuatro meses en cuestión de acuerdo con el Cuadro 1.

Cuadro 1. Precipitación Promedio Mensual en los Períodos 1942-08 y 1996-08, para cuatro meses en la Región de Turrialba.

Período	42-08	96-08	Diferencia	
Mes	mm			%
Enero	138,80	286,80	148,00	51,60
Mayo	246,50	338,80	92,30	27,20
Agosto	258,40	293,00	34,60	11,80
Noviembre	279,30	365,00	85,70	23,50
Total	923,00	1.283,60	360,60	28,10

En términos de los calendarios agrícolas, que normalmente recomiendan las diferentes labores de cultivo en el transcurso del año, es de poca importancia el incremento de las lluvias que se observó en los meses de mayo y agosto, pues normalmente han sido meses catalogados como lluviosos. Mientras noviembre es un mes importante para algunas actividades en la región y anteriormente marcaba el inicio de la transición del período lluvioso a seco, en café, normalmente se está terminando la cosecha. En producción bovina se está en el límite de la utilización de las áreas

de forraje de corte y en la más baja condición corporal de los animales. No obstante, de acuerdo con los datos analizados, el mes que acarreó una mayor distorsión en los calendarios agrícolas de los diferentes cultivos de la región fue enero, pues no solo duplicó la precipitación, sino que aumentó los días de lluvia (Cuadro 2), prolongando la época lluviosa. En este caso posiblemente afectó las labores agrícolas en el café, tales como el inicio de la poda y la fertilización nitrogenada, causó penuria nutricional en las explotaciones bovinas, y retardó el inicio de la zafra en caña. Además, otros procesos relacionados con la fisiología de los cultivos pudieron causar decrecimiento de los rendimientos, como por ejemplo: inducir a un mayor número de floraciones en las plantaciones de café (Arcila-Pulgarín *et al.* 2001), lo que tendría como consecuencia una maduración no homogénea ni concentrada, produciendo el efecto conocido como “granea” que extendió el período de cosecha, e incrementó los costos de producción. En los pastos de piso, la mortalidad de raíces y el retardo del crecimiento por el “fangueo” producido por el pisoteo de los animales en áreas encharcadas, y en caña de azúcar el decrecimiento de la concentración de azúcares previo a la cosecha.

Cuadro 2. Días de lluvia promedio mensual para tres períodos, en cuatro meses en la región de Turrialba. Desde 1942 hasta 2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Período	1942-2008		1996-08		2000-08		
	Días de lluvia	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.	Promedio	Desv. Est.
Enero		18,10	5,10	19,00	4,70	21,20	2,70
Mayo		22,80	4,00	23,60	5,20	23,70	5,00
Agosto		24,60	3,10	24,20	3,40	24,20	3,80
Noviembre		22,50	3,10	23,20	3,40	23,30	3,90

Con base en la información analizada, se puede concluir que de acuerdo a los datos de los últimos ocho años, el período de lluvias se extendió para la región en estudio, iniciando en mayo como el primer mes de la época lluviosa, y extendiéndose hasta enero del siguiente año. Aunque se discutió anteriormente sobre el desplazamiento de la región hacia un ambiente más húmedo, es importante recalcar que al extenderse el período de lluvia, se extiende el período de mayor humedad relativa y el punto de rocío; y la probabilidad de que éste se mantenga a niveles altos durante más tiempo en el período seco. Este hecho fue de importancia agronómica, pues normalmente, en condiciones como la de la región de Turrialba, el período seco marca en la mayoría de los casos el umbral crítico inferior de sobrevivencia de plagas y enfermedades en los cultivos, estableciendo las

poblaciones mínimas iniciales de inóculo. Lo anterior indicó, que si partimos de poblaciones de plagas más altas al final del período seco, el nivel de infestación y grado de severidad fueron mayores en el período lluvioso. Enfermedades como el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) a nivel foliar en las localidades más altas de la zona (Borbón *et al.* 1998), y otras de suelo como *Rosellina sp.*, pudieron tener un grado de importancia mayor en un ambiente más húmedo y marginal para el cultivo de café³. En musáceas pueden estar asociadas a este fenómeno un posible aumento de la infestación de *Fusarium* por encharcamiento (Aguilar *et al.* 2001) y severidad de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) por días con condensación de agua en las hojas durante la mayor parte del año⁴. En otros cultivos se ha observado el surgimiento de plagas como el caracol (*Succinea costarricana*) en plantas ornamentales, y el chinche del culantro coyote (*Miridae sp.*)⁵.

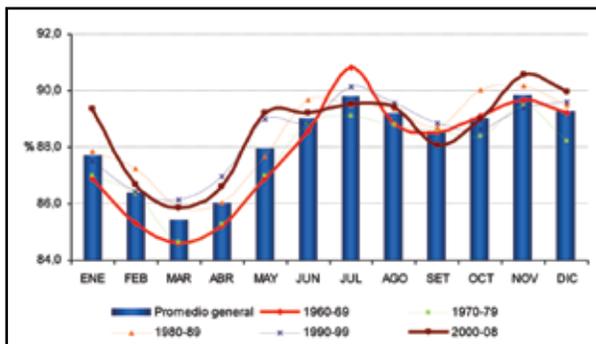


Figura 7. Humedad relativa promedio anual por período. Turrialba 1960 – 2008. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Partiendo desde un punto de vista estrictamente agroecológico y tomando como base un punto crítico de 100 mm de precipitación para que se presente stress hídrico en los agroecosistemas de la región de Turrialba, se puede delinear un período seco mucho más corto y menos intenso entre los meses de febrero y abril. Lo anterior se deduce del análisis del Cuadro 3, donde se indican las veces en que la precipitación ha sido menor de 100 mm. Se observó claramente que los meses de diciembre y enero fueron de transición entre la época lluviosa a la seca, donde en algunos años se dieron precipitaciones menores a 100 mm, incluso durante la década de los noventa, enero fue un mes seco, y en las décadas anteriores fue ligeramente húmedo. Para el período 2000-08, enero no ha presentado precipitaciones inferiores a 100 mm, y adicionalmente febrero y abril tendieron a tener precipitaciones mayores de 100 mm. De esta forma se pudo concluir que de acuerdo con los datos bajo estudio, para Turrialba la distribución de precipitación tendió a cambiar, especialmente en lo relativo a un período seco más corto. Un período seco corto tiene implicaciones fenológicas en las especies de plantas tanto en cultivos como en bosques, posiblemente en cultivos como café, la época de floración se vea alterada. En términos de las labores y prácticas de cultivo, las podas de árboles de sombra en café, cercas vivas, pasturas y la zafra de caña de azúcar, podrían ser concentradas en los meses de febrero y marzo.

³ T Obando, J. J. Comunicación Personal. 2009. Turrialba, Cabiria, Turrialba (ICAFE)

⁴ Tapia, A. Comunicación Personal. 2009. Observaciones realizadas en pruebas semi-comerciales para el establecimiento de plantaciones de high land banana, en Florencia de Turrialba en 2006 UCR (Universidad de Costa Rica)

⁵ Servicio Fitosanitario del Estado. Departamento de Exportaciones. 2009. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Intercepciones reportadas en país de destino APHIS (USA). Período enero 2006-mayo 2009.

Cuadro 3. Meses con menos de 100 mm de precipitación, en varios períodos, entre 1942 y 2008 para la región de Turrialba.

Mes	Período							
	1942-2008	1942-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
<i>% de veces con períodos de lluvia \leq 100 mm</i>								
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	10,40	0,00	0,00	10,00	20,00	20,00	10,00	11,10
Enero	11,10	25,00	20,00	30,00	20,00	20,00	60,00	0,00
Febrero	47,80	40,00	40,00	70,00	50,00	40,00	50,00	33,30
Marzo	71,60	60,00	80,00	60,00	90,00	70,00	60,00	66,70
Abril	46,30	30,00	50,00	50,00	40,00	60,00	50,00	33,30
Mayo	6,00	10,00	0,00	0,00	20,00	0,00	10,00	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	1,50	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Para fines prácticos, con la información anterior (Cuadro 3), se puede establecer una escala arbitraria cualitativa sobre la distribución de las lluvias para cada mes (Cuadro 4), de acuerdo a rangos de precipitación, partiendo de una condición húmeda cuando menos del 10 % de las veces para el período indicado el mes alcanzó 100 mm o menos de precipitación, y llegando a una condición seca cuando alcanzó un 50 % o más de las veces. Hay que recordar que bajo las condiciones tropicales, donde el período de luz permaneció casi constante durante el día a través del año y la poca variación de temperatura por estaciones en el año no es trascendente, en aspectos fenológicos como la inducción de la floración, el estrés hídrico jugó un papel importante en la estimulación de la misma, como sucede en el cultivo del café (Arcila Pulgarín *et al.* 2001)

Cuadro 4. Escala de clasificación de los meses de acuerdo con la distribución de la precipitación. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Porcentaje de veces en que el mes llegó a una precipitación mínima 100 mm o menos					
9-0	19-10	29-20	39-30	49-40	\geq 50
Húmedo	Húmedo moderado	Ligeramente húmedo	Ligeramente seco	Seco moderado	Seco

De acuerdo con la escala anterior, fue posible elaborar un calendario de distribución de lluvias en los diferentes períodos de estudio, el cual se puede convertir en un instrumento práctico para ser utilizado en la planificación las diferentes actividades agropecuarias de la zona. El hecho de presentar los diferentes períodos fue con el fin de que en forma visual se muestre el ámbito de posibilidades para cada mes, y así, valorar la planificación de las actividades y labores de cultivo de acuerdo a cada ciclo productivo.

Se observó que desde el período 1950-59 hasta 1990-99 los períodos secos fueron prolongados, donde al menos dos meses se clasificaron como secos y dos un poco menos secos, mientras que para el período 2000-08 se redujo a un mes seco y dos ligeramente secos. Al comparar el período 1942-08 que englobó la totalidad de los datos, y el período 2000-08, se observó que la intensidad de la época seca disminuyó para este último período, visto en términos de precipitaciones menores de 100 mm/ mes. Es importante realizar estudios con el fin de observar los efectos fenológicos en los cultivos, y otras especies de importancia económica con el fin de determinar los posibles cambios, la flexibilidad para la adaptación, y la variación que deben sufrir las explotaciones agropecuarias, de continuar esta tendencia.

Cuadro 5. Clasificación de los meses con relación a la precipitación menor a 100 mm y determinación del período seco por período. Turrialba, Costa Rica. 2008.

Mes	Período							
	1942-2008	1942-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-08
	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Diciembre	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo	Húmedo Moderado	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo Moderado
Enero	Húmedo Moderado	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Seco	Ligeramente Húmedo	Ligeramente Húmedo	Seco	Húmedo
Febrero	Seco Moderado	Seco Moderado	Seco Moderado	Seco	Seco	Seco Moderado	Seco	Ligeramente seco
Marzo	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
Abril	Seco Moderado	Ligeramente seco	Seco	Seco	Seco Moderado	Seco	Seco	Ligeramente seco
Mayo	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo	Húmedo	Ligeramente Húmedo	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo
Junio	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Julio	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Agosto	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Setiembre	Húmedo	Húmedo	Húmedo Moderado	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Octubre	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo

Según la clasificación de Zonas de Vida y con base al análisis de la información disponible, se concluyó que la región de Turrialba tendió a ser más húmeda en el período 2000-2008 con veranos más cortos y menos intensos. Por lo tanto, la Zona de Vida se alteró, y fue posible que los agroecosistemas que no hayan ajustado sus prácticas de manejo, estuvieran llegando a niveles altos de insostenibilidad productiva.

Es necesario realizar investigaciones a fin de ajustar las prácticas agrícolas, variedades, cultivos y sistemas de producción agropecuaria a las condiciones actuales del ambiente biofísico donde se desarrollan. Aspectos tales como: tolerancia a la humedad del suelo, fenología, consideraciones físicas y de fertilidad del suelo y su relación con la nutrición de la planta, eficiencia energética y fotosintética, producción de biomasa, dinámica de las plagas existentes y emergentes deben ser evaluados a la mayor brevedad.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, E. A.; Tuner, D. W.; Sivasithamparam, K. 2001. Possible Mechanisms by which Hypoxia Predisposes Cavendish Banana to Fusarium Wilt. *In* Banana *Fusarium* wilt Management: Towards Sustainable Cultivation. Proceeding International Workshop on Banana *Fusarium* wilt disease. Los Baños, Filipinas. INIBAP-ASPNET. p: 282-290.
- Arcila Pulgarín, J.; Buhr, L.; Bleiholder, H.; Hack, H.; Wicke, H. 2001. Aplicación de la "Escala BBCH ampliada" para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café (*Coffea sp.*) CENICAFE, Colombia. Boletín técnico, nº 23. 32p.
- Borbón, O. 1998. Manejo Integrado de Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) en diferentes zonas de Costa Rica (en línea). Costa Rica, Infoagro . Consultado 2 de julio 2009. Disponible en Infoagro.go.cr/Agrícola/tecnología/café98/café2.htm.
- Virgilo Filho, E de M.; Abarca, S. 2008. Cafetales para servicios ecosistémicos, con énfasis en el potencial de sumideros de carbono. El caso de las cooperativas afiliadas a COOCAFE. Costa Rica. CATIE Costa Rica. 49 p.
- Holdridge L. 1963. The Determination of atmospheric water movements. *Ecology* 43: 1-9.
- Holdridge L. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 216 p.
- Holdridge L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- Jaramillo-Robledo, A. 2003. La lluvia y el transporte de nutrientes dentro de ecosistemas de bosque y cafetales. Colombia. *Cenicafé*, 54(2): 134-144.
- Jiménez Saa, H. 2005. Dr. Leslie R. Holdridge: la capacidad de crear a partir de lo cotidiano. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecológica*. 75: 1-6.
- Lewis, O. T.; Gripenberg, S. 2008. Insect seed predators and environmental change. *Journal of Applied Ecology* 45: 1593-1599.
- Likens, G. E.; Bormann, F.H. 1995. Biogeochemistry of a forested ecosystem. New York, Springer. 159 p.
- Lugo, A.; Morris, G. 1982. Lo sistemas ecológicos y la humanidad. Organización de Estados Americanos. (Serie de Biología. Monografía No. 23). 82 p.
- Montenegro, J.; Abarca, S. 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del calentamiento global. San José. Costa Rica. MAG/ IMN. 135 p.
- Odum, E., Barret, G. 2006. Fundamentos de Ecología. 5ta ed. México D.F., México. Thomson. 589 p.
- Patterson, D.T.; Westbrook, J. K.; Joyce, R.J.; Lingren, P.D.; Rodasik, J. 1999. Weeds, insects and diseases. *Climatic Change*. 43: 711-727.
- Ramírez, C. 2001. Nutrición Nitrogenada. *In* Fisiología de la Producción de Cultivos Tropicales. (Fascículo 1. Procesos Fisiológicos Básicos). Villalobos Rodríguez, Enrique. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. p: 199-224.
- Todeo, F. R. 2000. Fisiología de las plantas y el estrés. *In* J Azcón-Bieto, M Tolon. Fundamentos de Fisiología Vegetal. España, Mc Graw-Hill. P. 481-498.
- Veldkamp, E. 1994. Organic carbon turnover in three tropical soil under pasture after deforestation. In soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropic of Costa Rica. Ph. D Thesis. Wageningen University. p 117.
- Watson, V.; Tosi, J. 2000. El Sistema de Zonas de Vida. *Biocenosis* 13(1/ 2).

b. Opciones tecnológicas por medio de capacitación y transferencia de tecnología a productores y técnicos:

- Se logró capacitar y transferir tecnologías a 2.199 productores y 1019 técnicos, para un total de 3.218 personas en 42 eventos diferentes.

Capacitación y Transferencia de Tecnología para el periodo Setiembre 2008-Noviembre 2010

ELEMENTO	2008	2009	2010	TOTAL
N. de eventos realizados	8 (1 día de campo, 7 talleres)	15 (3 talleres, 7 días de campo, 5 giras de intercambio)	19 (8 días de campo, 11 talleres)	42
N. Técnicos y profesionales capacitados	214	427	378	1019
N. Productores capacitados	200	1382	617	2199

Los temas abordados en las capacitaciones y tecnologías transferidas fueron: manejo de variedades de arroz, maíz y frijol; manejo agronómico de arroz, frijol, maíz; producción sostenible; manejo y conservación de suelos. Para el año 2009 se ampliaron los temas a ganadería y en el año 2010 se incluyeron temas en manejo de hortalizas en ambientes protegidos y raíces y tubérculos.

Cabe resaltar la participación coordinada de todos los técnicos de las Instituciones que trabajaron bajo el convenio. Otra elemento importante que hay que rescatar es el desarrollo de un programa de actualización de conocimientos a técnicos y a productores. Además se cuenta con publicaciones de alta calidad y adaptadas a nuestras condiciones de campo, con información propia del país producida a lo largo de muchos años de investigación.

- En el año 2009 se implementaron al menos una Parcela Demostrativa por Región (8), utilizando variedades criollas y otras producidas por el INTA, las cuales se utilizaron como módulos de capacitación y transferencia de tecnología.
- Se logró un tiraje de 34.000 ejemplares impresos y 2.000 en formato digital. De estos, 8000 ejemplares (2000 ejemplares de cada documento) corresponden a 3 Manuales de Recomendaciones Técnicas de Cultivo en Maíz, Frijol y Arroz y una reproducción del Manual de Manejo de Semilla de Maíz, los cuales han sido distribuidos a técnicos y productores líderes. Además la reproducción digital de los cuatro manuales. Se publicaron 13 brochures de los cuales 7 eran

reproducciones y 6 nuevas publicaciones sobre arroz, maíz, frijol, agricultura orgánica, buenas prácticas agrícolas y variedades de granos. El tiraje fue de 2000 ejemplares de cada brochure para un total de 26.000 ejemplares. Estas fueron publicaciones adaptadas al contexto nacional y de contenido relevante para productores y técnicos.

- Se logró la dinamización de la Plataforma PLATICAR, más de 50 documentos sobre granos básicos están disponibles en texto completo y en línea desde el portal Web PLATICAR (www.platicar.go.cr). PLATICAR es una herramienta para dinamizar la gestión de conocimiento, fortalece las capacidades y genera nuevo conocimiento.



Portal web de la Plataforma PLATICAR: www.platicar.go.cr

c. Realizar estudios de base y de aptitud de tierras en las diferentes zonas agroecológicas:

- 1698 muestras de suelos analizadas. El logro fue mejorar el uso y manejo de fertilizantes, el medio ambiente y una disminución en los costos de producción.
- Las muestras de laboratorio en otras áreas como fitoprotección se realizaron según demanda del IDA. Aproximadamente 20 muestras en fitopatología principalmente.

El Convenio Marco y Proyecto Específico IDA-INTA a la fecha han cumplido con su cometido en relación al mandato gubernamental de paliar los efectos de la crisis mundial de alimentos mediante la implementación del Plan Nacional de Alimentos, dentro del cual el IDA y el INTA mantienen un rol relevante, como es la disponibilidad de semilla, el fortalecimiento institucional, la capacitación y transferencia de tecnología agropecuaria en atención al pequeño y mediano productor nacional.



Día de campo en maíz y frijol en Pejibaye de Pérez Zeledón, 2009.



Día de campo en arroz, Cañas Guanacaste, 2009.



Día de campo en La Gloria de Puriscal. Fuente: Morales Gómez, A. (2009)



Cursos de capacitación en arroz, maíz, frijol dirigido a técnicos del sector agropecuario, 2009



CD y boletines impresos en el marco del Proyecto IDA-INTA



Cuatro manuales de granos básicos publicados en el marco del Proyecto IDA-INTA

