

# ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

AÑO 7

NÚMERO 1

2009



Instituto Nacional de Innovación y  
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

**...Hacia una investigación comprometida**

# Proyecto

## Desarrollo de capacidades locales en tecnologías amigables con el ambiente por medio de procesos de gestión de conocimiento entre Bhutan y Costa Rica

El proyecto “Desarrollo de capacidades locales en tecnologías amigables con el ambiente por medio de procesos de gestión de conocimiento entre Bhutan y Costa Rica” se enmarca dentro de la Cooperación técnica Sur-Sur de los Países Bajos, como modalidad piloto de trabajo conjunto entre los países seleccionados Bhutan, Benin y Costa Rica. Los entes participantes en el proyecto fueron: Área de Comunicación e Información del Ministerio de Agricultura de Buthan-MoAF, Departamento de Transferencia e Información Tecnológica del INTA, Costa Rica, FAO como ente de Cooperación Técnica y Fundecooperación como ente administrador de los recursos de la Cooperación Sur-Sur. Este proyecto respondió a una iniciativa de Bhutan y Costa Rica en busca de la sostenibilidad de las dos plataformas de información y comunicación (PLATICAR y VERCON), las cuales contaron con el apoyo técnico de la FAO en sus etapas piloto.

A pesar de las diferencias geográficas, históricas y culturales, Bhutan y Costa Rica tienen en común varios problemas que fueron el tema de este proyecto: ambos países requerían tecnologías limpias que les permitiera no solo tener una producción rentable y sostenible si no que permitiera acceder a los mercados internacionales con estrictas regulaciones y a los mercados emergentes con grandes valores agregados. Un punto interesante es que los mercados naturales de ambos países no compiten entre sí, Buthán se encuentra en Asia y Costa Rica en América, este detalle permitió una cooperación sin desmedro de ninguno de los países. Ambos países comparten una franja altitudinal y un conjunto de productos agropecuarios comunes.

De la misma manera han desarrollado esfuerzos en implementar una estrategia común de transferencia de tecnología con el uso de las TIC y la comunicación para el desarrollo, en donde Bhutan implementó la Plataforma VERCON y Costa Rica PLATICAR.

### Objetivo General

Contribuir con la competitividad de las cadenas de producción agropecuaria, mediante el desarrollo de capacidades locales en la gestión de conocimiento para el intercambio de tecnologías entre Costa Rica y Bhutan.

### Objetivos específicos

1. Consolidar y extender los servicios de las plataformas VERCON Bhutan y PLATICAR Costa Rica, para lograr una mayor cobertura e impacto, a través de la internacionalización y componentización de los servicios de información y comunicación.
2. Desarrollar las capacidades locales en información, comunicación y metodologías de gestión de conocimiento, para mejorar la apropiación tecnológica agropecuaria y en prácticas amigables con el ambiente por parte de los productores y técnicos.
3. Promover el intercambio entre países para compartir tecnologías y conocimiento orientados a prácticas sostenibles en agricultura a través de pasantías y procesos de gestión de conocimiento.

### Beneficiarios

Los beneficiarios directos del proyecto han sido organizaciones de productores y productoras a nivel nacional, así como agentes de extensión e investigadores tanto para Costa Rica como Bhutan.





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 7 / Número 1 / 2009

**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**

Intercambio de tecnologías entre  
productores. Finca Génesis,  
El Sota-Pococí. Costa Rica.

**Fotografía de portada**

Ing. Laura Ramírez Msc.

**Diseño gráfico e impresión**

Guilá Imprenta y Litografía

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| Evaluación de la calidad y el costo del ensilaje.....   | 5  |
| de pulpa de naranja elaborado en bolsas de polietileno.<br><b>Jorge Morales González; Argerie Cruz Méndez;<br/>Vidal Acuña Redondo; Fernando Dobles Gutiérrez;<br/>José Luis Bolaños González</b>     |    |
| Validación de la respuesta del pasto Transvala ( <i>Digitaria....</i>   | 19 |
| <i>eriantha</i> ) en producción y calidad de heno bajo riego.<br><b>Jorge Morales González; Vidal Acuña Redondo</b>   |    |
| Evaluación de la sobrevivencia de .....   | 37 |
| <i>Steneotarsonemus spinki</i> en plantas hospedantes.<br><b>Jean Alexander Gamboa Tabares;<br/>Ruth León González; Víctor Manuel Cartín Leiva;<br/>Francisco Álvarez Bonilla; Israel Garita Cruz</b> |    |
| Determinación del daño del nematodo .....   | 51 |
| <i>Globodera pallida</i> (Stone) en variedad floresta de papa.<br><b>Ricardo Piedra Naranjo; Miguel Obregón Gómez;<br/>Cristina Vargas Chacón; Jeannete Avilés Chaves;<br/>Jorge Meckbel Campos</b>   |    |
| Eficacia biológica de hongos nematófagos .....  | 59 |
| para el combate del nematodo <i>Globodera pallida</i> (Stone) en<br>papa. <b>Ricardo Piedra Naranjo, R.; Miguel Obregón Gómez;<br/>Jorge Meckbel Campos</b>   |    |



# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y EL COSTO DEL ENSILAJE DE PULPA DE NARANJA ELABORADO EN BOLSAS DE POLIETILENO

*Jorge L. Morales González<sup>1</sup>, Argerie Cruz Méndez<sup>1</sup>, Vidal Acuña Redondo<sup>1</sup>,  
Fernando Dobles Gutiérrez<sup>1</sup>, José L. Bolaños González<sup>2</sup>*

## RESUMEN

En Costa Rica hay una gran disponibilidad de pulpa de naranja derivada de la industria extractora de jugo. Estos residuos se procesan y utilizan de diferentes maneras en la alimentación de rumiantes. El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar el procesamiento de la pulpa en forma de ensilaje y su potencial comerciable al ensilarse en bolsas de polietileno, en términos de calidad (% proteína cruda – PC) y caducidad (contenido de PC en el tiempo). También se determinó la concentración de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) del ensilaje. Se prepararon 54 fardos de ensilaje de pulpa de naranja en bolsas de polietileno, con un peso aproximado de 45,00 kg cada una. Las bolsas con la pulpa fueron tratadas con 0, 75 y 150 g de urea por bolsa; cada nivel de urea se replicó tres veces. El ensilaje se muestreó para análisis químico a los 30, 45, 60, 180, 360 y 540 días después de elaborado. Los datos fueron analizados en un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas. El ensilaje con el nivel de 150,00 g de urea por bolsa, resultó en un aumento de la PC de 6,98 a 11,10 % ( $P < 0,05$ ) y una disminución del 17,90 al 15,6 % de materia seca, con respecto al ensilaje sin urea. Los datos disponibles hasta 360 días indican un contenido de PC de 8,3 a 9,8 % y buenas características organolépticas, éstas últimas manteniéndose hasta los 540 días del estudio. Los valores y el mayor contenido de FAD, con respecto a FND en el ensilaje, confirma el alto contenido de pectina (fibra neutro detergente soluble) en la pulpa de naranja y su alta digestibilidad. Se concluye que la pulpa de naranja se puede ensilar directamente en bolsa de polietileno, obteniéndose un producto que se puede conservar en buen estado hasta por 1,50 años y cuya PC, se puede mejorar con la adición de 150 g de urea/ 45 kg de pulpa, lo cual aunado a las características de su fibra permiten comercializar un producto de excelente calidad para la alimentación animal.

**Palabras clave:** Residuos de naranja, comercialización, digestibilidad, subproducto.

## INTRODUCCIÓN

Existen diferentes alternativas tecnológicas que podrían mejorar la capacidad de carga de nuestros sistemas de producción de carne y leche bovina y la nutrición en general de nuestros hatos. Por ejemplo, a través de especies forrajeras mejoradas para pastoreo y corte, así como prácticas de manejo animal y de pasturas o a través de la alimentación suplementaria.

En los últimos años ha surgido un subproducto con gran potencial para la suplementación animal, que no está siendo utilizado

significativamente y que, por tanto, requiere atención inmediata. Este es la pulpa de naranja, la cual se está produciendo en grandes cantidades en el país, en las plantas extractoras de jugo de naranja (cerca de 200 mil toneladas anuales)<sup>3</sup>, todo esto producto del área creciente ocupada por el cultivo de la naranja, que cubre más de 30 000 ha (Araya 2001).

La pulpa de cítricos, está compuesta de 60-65 % de cáscara, 30-35 % de pulpa y 0-10 % semillas (Braddock 1999); es

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Costa Rica. Correo electrónico: jmorales@inta.go.cr.

<sup>2</sup> Exgerente de Producción del Grupo del Oro, Costa Rica. Actualmente Gerente General INARROZ, Costa Rica. Correo electrónico: jbolanos@inarroz.cr.com.

<sup>3</sup> Hernández, S. 2008. Producción de pulpa de naranja en plantas extractoras de jugo. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Comunicación Personal (q.d.D.g.).

considerada un concentrado voluminoso alto en energía (74 % de nutrientes digestibles totales), pero bajo en proteína (6 %). Los animales la consumen en su estado fresco sin procesar ó procesada como ensilaje, pulpa seca o pelets (Wing 2003). Es muy palatable y bien utilizada por los rumiantes cuando no excede el 30 % del total de la materia seca consumida. Además, es una buena fuente de calcio, pero muy baja en caroteno (Blezinger 2003). Como pulpa fresca tiene el inconveniente que su alto contenido de humedad (aproximadamente 80 %), la hace accesible únicamente para las explotaciones ganaderas cercanas a las plantas de extracción de jugo, ya que el transporte de tales cantidades de agua no sería rentable.

La cáscara contiene aceites, principalmente d-limonina y algunos otros flavones polimetolados como taninos, saponinas, phytatos, oxalatos, flavonoides, conocidos como factores anti-nutricionales los cuales pueden tener efectos negativos en los animales, pero que en el presente caso, por sus bajas concentraciones no representan ningún problema, al contrario se ha observado que por ejemplo, en dietas de rumiantes con contenidos del 2 al 3 % de taninos condensados, éstos ofrecen efectos benéficos porque reducen la degradación de la proteína en el rumen, mediante la formación de una proteína compleja (Oluremi *et al.* 2007).

La pulpa en forma de pelets y particularmente en forma de pulpa seca se utiliza mucho en la alimentación animal, precisamente porque es sometida a procesos de extracción de humedad, lográndose un producto final mucho más manejable desde el punto de vista de transporte, almacenamiento y para proveerla a los animales en mezcla o directamente en la canoa (Chapman *et al.* 2008). Sin embargo, fuera de que la peletización puede tener un efecto favorable en la tasa de pasaje ruminal, nutricionalmente no hay ninguna diferencia entre pulpa de naranja peleteada o no (Wing 2003). El alto costo del proceso de secado, podría eventualmente hacer más atractivo el uso de la pulpa húmeda en fresco (Blezinger 2003), ó conservada en forma de ensilaje. En

nuestro país también está siendo utilizada, para la alimentación animal en las tres presentaciones mencionadas anteriormente.

Su uso en la alimentación animal, permitirá además, reducir o eliminar, un subproducto que por sus características físico-químicas y por su volumen de producción, podría convertirse en un elemento contaminante. Pero más importante aún y precisamente por las características físico-químicas y de volumen disponible, este subproducto podría contribuir al aumento en la capacidad de carga animal y la nutrición de los sistemas de producción de leche y de carne.

El desarrollo y/o la validación de la tecnología existente, para el tratamiento y el uso de la pulpa de naranja en la alimentación animal es la base del presente estudio. Un método de procesar la pulpa de naranja fresca, que se está utilizando en pequeñísima escala y probablemente a un nivel técnico un poco rudimentario, por lo menos a nivel de Costa Rica, es el ensilaje de pulpa de naranja. Algunas experiencias de productores indican que se obtiene un buen ensilaje y que es una manera de almacenar esta materia prima en la época de excedentes para las épocas de baja disponibilidad de forraje en las fincas, y que se podría mejorar su contenido de proteína utilizando algunos aditivos al ensilar. Una de las empresas extractoras de jugo, ensila grandes cantidades de pulpa al final de la zafra, pero con fines ambientales y de conservación del producto, para continuar la elaboración de abono orgánico en la próxima estación seca.

Técnicamente, el ensilaje parece una forma viable de utilizar este subproducto, sin embargo, el procesamiento se está realizando mediante el silo de trinchera o de montón, lo cual no soluciona el problema del alto contenido de humedad para el transporte y por lo tanto su utilización se restringiría, igualmente, a las áreas aledañas a las plantas extractoras.

Usando el mismo principio del ensilaje, que permite el almacenamiento de alimentos para animales por largas temporadas y

manteniendo su contenido nutricional, utilizando otros medios diferentes al silo de trinchera y de montón, es el ensilado directo en bolsas de polietileno. Algunas de las ventajas sobre el método convencional son: calidades similares del producto, bajo costo, puede hacerse manualmente, fácil de manipular y de usar, transportable y no ocurren pérdidas nutricionales por efluentes (Ashbell and Weinberg *sf*; Fraser *et al.* 2004; Ashbell *et al.* 2001; Lane 2000; Moran 2005; Morales *et al.* 2001 y 2004).

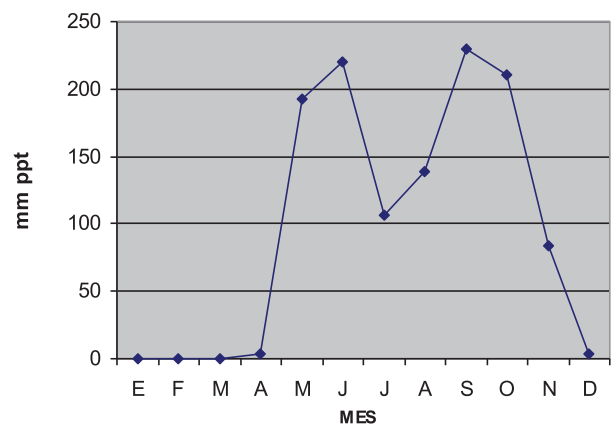
El proceso de ensilaje debería lograrse con iguales y hasta mejores resultados en una bolsa de polietileno cuidadosamente sellada; ya que permite añadir aditivos para mejorar la calidad del producto final. Pero más importante, es la manera viable de lograr transportar el alimento a cualquier lugar del país y almacenarlo por largas temporadas, siempre y cuando, las bolsas de polietileno reúnan algunas características mínimas de resistencia para el transporte y el almacenamiento y un tamaño adecuado para que de su contenido se puedan alimentar varios animales, pero que a la vez no sean tan grandes y pesadas que no puedan ser manipuladas por una persona. Basado en las anteriores consideraciones se propuso el presente estudio de investigación cuyo objetivo fue: evaluar la calidad, la caducidad y el costo del ensilaje de pulpa de naranja elaborado en bolsas de polietileno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo de mayo de 1999 a noviembre del 2000, en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez (E.E.E.J.N.), perteneciente al INTA, ubicada en San Miguel de Cañas, Guanacaste, 10 km al sureste del distrito central y 10 km al sur de la Carretera Panamericana, la cual se encuentra a una altura de 9 – 11 msnm.

Las condiciones agro-ecológicas de la localidad están relacionadas a la Zona de Vida de Bosque Húmedo, transición a Basal y Tropical, caracterizadas por fuertes vientos y un patrón climático bimodal, con

un periodo seco de diciembre a abril y un invierno intenso en lluvias, de setiembre a mediados de noviembre. Estos separados por un periodo que se ha manifestado errático en los últimos años, ligero de lluvias de mayo a mediados de julio y de aquí a agosto en que se reduce la precipitación significativamente, correspondiente al veranillo de San Juan y a la canícula. La Figura 1, muestra el comportamiento del clima en la zona (Hancock y Hargreaves 1977), la cual está basada en un periodo de seis años y con probabilidades de un 75 % de que este patrón de lluvias pueda ocurrir nuevamente.



**Figura 1.** Patrón de lluvias con 75 % probabilidades para el área de la E.E.E.J.N. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

La temperatura promedio de la zona ha sido de 24,60°C; la humedad relativa 91 %; precipitación máxima de 2 818 mm; precipitación mínima de 1 018 mm, durante el mismo periodo.

La materia prima, i.e., la pulpa de naranja, fue facilitada por la empresa “Del Oro”, ubicada en Santa Cecilia, del cantón de La Cruz en Guanacaste. El procesamiento se realizó en la propia planta extractora de jugo y el almacenaje y muestreo del producto se hizo en la E. E. E. J. N.

## Procesamiento

**Bolsas.** En esta prueba se utilizaron bolsas de polietileno de 60 cm de ancho por 110 cm de largo, de 5 micras de grosor en ambas caras. Se seleccionó este tipo de bolsa porque facilita la carga, transporte, almacenamiento y manipulación ulterior, de un fardo con un contenido de 45 kg de pulpa de naranja, cuyas características físicas de humedad y maleabilidad, hacen difícil su manipulación de otra manera. Esta es condición necesaria, además del valor nutricional, para que un producto para la alimentación animal como éste reúna las características para ser comercializado, como se pretendió en el presente estudio.

**Manejo.** La pulpa de naranja fresca, depositada por vagonetas en el suelo, cerca de la planta extractora de jugo, fue tomada con pala e introducida en la bolsa plástica que se calibró, al peso deseado de 45 kg. Simultáneamente con cada palada se aplicó, utilizando una botella plástica, la urea previamente disuelta en la menor cantidad de agua que permitió su disolución, para no aumentar más, el ya de por sí, alto contenido de humedad de esta materia prima.

Cada bolsa se agitó repetidamente, para lograr una compactación interna adecuada, extraer todo el aire posible y dar las condiciones anaeróbicas requeridas para un ensilado adecuado. Afortunadamente, las características naturales de la pulpa de naranja permiten esa condición fácilmente con la manipulación mencionada. Inmediatamente después, se procedió a retorcer la boca de la bolsa manualmente, hasta que quedó bien apretada y amarrarla con mecate plástico (piola). Luego, cada bolsa se identificó e introdujo en sacos de propileno, los cuales permiten reforzar aún más la capacidad de manipulación señalada anteriormente, i.e., sin dañar el fardo y deteriorar el producto.

En total se elaboraron 54 bolsas de 45 kg cada una, conformando tres grupos de 18, los cuales fueron tratados con: 0, 75 y 150 g de urea, respectivamente.

**Tratamientos.** Uno de los nutrientes básicos en la alimentación de rumiantes, es la proteína. Precisamente este nutriente es bajo en la pulpa de naranja, con sólo un 6 % en base seca, si se toma como referencia que el contenido de 6-8 % de proteína en pasturas, se considera el mínimo antes de que el consumo de forraje por el animal se reduzca drásticamente (Minson 1981).

En nutrición de rumiantes se habla de la proteína como proteína cruda (PC), ya que este tipo de animales herbívoros cuentan con un sistema digestivo complejo, del cual, uno de sus principales compartimientos es el rumen; que con sus características físicas, fisiológicas y de simbiosis con una rica microfauna y flora, hace posible la utilización, además de alimentos fibrosos, de fuentes no proteicas de nitrógeno (NNP), convertibles en fuentes de nutrientes energéticos y de proteína verdadera, respectivamente, para el animal.

Dado que la producción de ensilaje bajo las condiciones realizadas en el presente estudio, permiten agregar aditivos para mejorar su estatus nutricional, se optó por esta posibilidad mediante el tratamiento de la pulpa de naranja con urea, fuente de nitrógeno no proteico utilizable por los rumiantes. Se reconoce que la pulpa de cítricos puede contribuir a una mejor utilización del amonio y por tanto de fuentes proteicas y de nitrógeno no proteico como la urea a nivel del rumen (Wing 2003). Se considera que en el caso de leche, la máxima producción ocurre cuando la proteína degradable a nivel de rumen es del 12,2 % de la dieta en base seca (NRC 2001), i.e., el nivel máximo de nitrógeno no proteico utilizable a nivel ruminal es el de su valor convertido a un máximo de 12 % de proteína cruda, nivel después del cual se requiere proteína verdadera de baja degradabilidad ruminal, si se buscan respuestas mayores de producción de leche o carne, en animales con dicho potencial de respuesta.

Con base en los valores de conversión de nitrógeno a proteína cruda ( $PC=N \times 6,25$ ),



(NRC 2001), el contenido de nitrógeno de la urea (45 %), el nivel natural de PC de la pulpa de naranja (6 %) y el máximo de 12 % de PC basado principalmente en NNP (nitrógeno no proteico), aprovechable para la producción por el rumiante, se calculó que tratando los 45 kg de pulpa de naranja con 150 g de urea, se alcanzaría ese máximo de 12 % PC. Además y dado que entre las incógnitas estaba el efecto del proceso de ensilado sobre ese resultado esperado de 12 % de PC y que se preparaban cantidades mayores de ensilaje simultáneamente para pruebas con animales, lo cual aumentaba aún más la incógnita de resultados esperados, se optó por un rango amplio de niveles de 0, 75 y 150 g de urea para poder disponer de un margen amplio de contenidos de PC, que como tratamientos permitieran una mayor posibilidad de observar respuestas y generar conclusiones más precisas y prácticas.

Basado en las anteriores consideraciones, los tratamientos aplicados fueron, por tanto:

- 1.- Pulpa de naranja sin urea.
- 2.- Pulpa de naranja con 75 g de urea.
- 3.- Pulpa de naranja con 150 g de urea.

Con estos niveles de aplicación de urea, se esperaba obtener ensilajes con contenidos de 6, 9 y 12 % de proteína cruda, respectivamente.

**Fases de evaluación y muestreos.** Dentro del concepto de calidad de un ensilaje, también es importante determinar durante cuánto tiempo puede mantenerse dicha calidad, ya que ésta es una condición fundamental para la comercialización, transporte y almacenamiento, tanto en planta como en finca, de un producto como el que se desarrolló en este estudio. Por esto se realizaron, dos pruebas:

## 1. Procesamiento

Se determinó cual es el tiempo mínimo necesario para que el proceso anaeróbico produzca la mejor calidad de ensilaje. Se usaron como referencia los tiempos de

30, 45 y 60 días que requiere el ensilaje de otros materiales como el maíz, para aplicarlos en el tipo de ensilaje objeto del estudio.

## 2. Caducidad

Se determinó hasta cuándo podría utilizarse el producto sin tener pérdidas significativas en calidad. Para esto se asumió que si un producto como el presente durara año y medio sin perder sus características nutricionales, se rebasarían ampliamente los factores críticos de utilización y comercialización relacionados con el tiempo de almacenamiento, por lo que se aplicaron los siguientes tiempos: 180, 360 y 540 días.

## Diseño Experimental

El estudio incluyó tres tratamientos basados en tres niveles de urea y seis momentos de muestreo en el tiempo, con tres repeticiones. Las repeticiones utilizadas corresponden a los bloques, según la posición a nivel del suelo, de las pilas de tres bolsas que se hicieron en el almacenaje, para dar los periodos de fermentación anaeróbica ó caducidad. El arreglo de los bloques fue el siguiente:

- Bloque 1: Tratamientos a nivel del piso.
- Bloque 2: Tratamientos colocados sobre el bloque 1.
- Bloque 3: Tratamientos colocados sobre el bloque 2.

El diseño experimental utilizado fue de Bloques al Azar con arreglo de parcelas divididas, para ambas pruebas, i.e., procesamiento y caducidad, según el siguiente ANDEVA (Cuadro 1):

**Cuadro 1.** Análisis de varianza. Guanacaste, Costa Rica. 1999

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| BLQ                 | 3-1 = 2            |
| DP                  | 6-1 = 5            |
| BLQ*DP error a      | 5x2 = 10           |
| GRU                 | 3-1=2              |
| GRU*DP              | 10                 |
| Residuo error b     | 24                 |
| <b>Total</b>        | <b>54-1=53</b>     |

Parcela principal = días de procesamiento (DP) ó caducidad (CD)

Sub-parcela = niveles de urea (GRU)

### Variables dependientes

Las variables dependientes fueron los parámetros de calidad del ensilaje basados en porcentaje de: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD).

Se intentó analizar el contenido de nitrógeno amoniacal del ensilaje, el cual se considera como uno de los parámetros más adecuados para determinar la calidad de los ensilajes. Sin embargo no fue posible hacer la extracción de líquidos de la muestra, paso fundamental de la metodología, ya que la presión que se ejerce para hacer la extracción, por las características del ensilaje de pulpa de naranja, no produjo la separación de la parte líquida de la sólida, sino que ambas fases pasaron la malla que debería permitir tal separación.

### Muestreos

Al cumplirse los diferentes tiempos previstos para determinar calidad del ensilaje, se tomaron muestras compuestas de cada saco, utilizando un dispositivo de metal con punta afilada, diseñado con este propósito, que permitió muestrear la pulpa de cualquier sitio del saco. Se logró muestrear todos los tratamientos y sus repeticiones hasta el periodo de 360 días. De las muestras correspondientes al

periodo de 540 días (1,5 años), sólo se pudo muestrear una repetición del tratamiento de 150 g de urea, ya que el resto fue deteriorado por ratas, el cual es un problema a considerar durante el almacenamiento.

### Registro de costos

Todos los costos de la elaboración del ensilaje se registraron para determinar el costo del producto final.

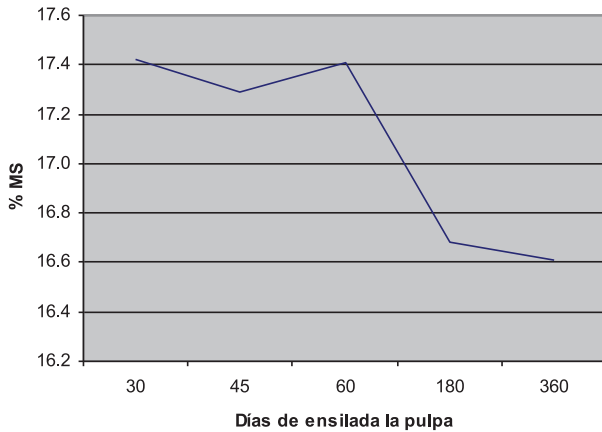
### Análisis de Laboratorio

En el laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA, muestras frescas de alrededor de 1 kg de ensilaje de pulpa, previamente pesadas en balanza granataria, e secaron en estufa a 60 °C durante 72 h, se tomaron los pesos secos y se molieron en molino de martillos utilizando malla de 2 mm. Posteriormente estas muestras se secaron en horno a 105 °C durante 24 horas, para determinar materia seca. Las muestras se analizaron para contenido de proteína (% PC), utilizando el método de micro-Kjeldahl, % de fibra ácido detergente (FAD), (AOAC 1980) y fibra neutro detergente % FND utilizando la metodología de Van Soest (Goering and Van Soest 1970).

## RESULTADOS

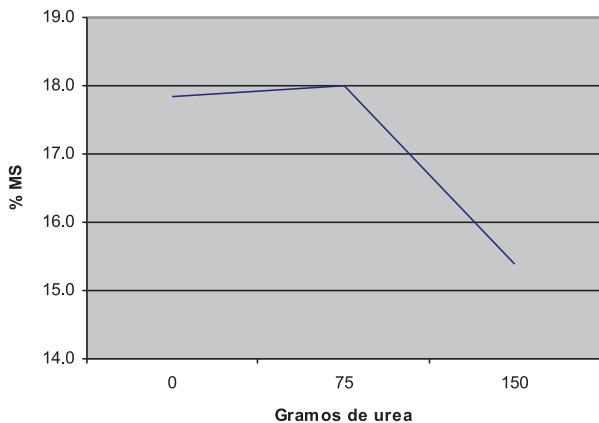
### Contenido de materia seca

La pulpa fresca de cítricos presenta contenidos de materia seca del 20 al 23 % (Wing 2003 y Moran 2005), sin embargo, en el ensilaje de pulpa de naranja, estos contenidos fueron aún más bajos, i.e de 17,40 hasta 16,60. Esto debido a la alta humedad natural de la pulpa de naranja y al periodo de almacenamiento, que después de un año alcanza su nivel más bajo ( $P < 0,10$ ) (Figura 1).



**Figura 2.** Contenido de materia seca del ensilaje de pulpa de naranja durante diferentes periodos de almacenamiento. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

La cantidad de urea aplicada fue un factor importante también en la reducción del contenido de materia seca del ensilaje ( $P < 0,001$ ). Hasta 75 g de urea aplicada el ensilaje mantuvo un 18 % de materia seca, posteriormente ésta se redujo significativamente, hasta cerca del 15 % cuando se aplicaron 150 g de urea (Figura 3).



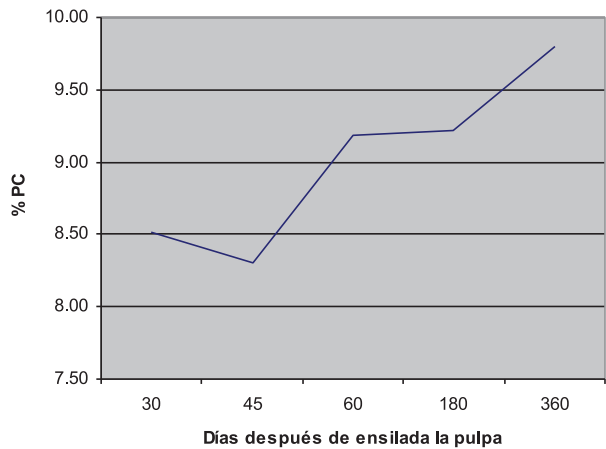
**Figura 3.** Contenido de materia seca del ensilaje de pulpa de naranja según cantidad de urea utilizada. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

Afortunadamente, el ensilado directo en bolsas plásticas, no permite, como sí es el caso en los sistemas tradicionales, la pérdida de nutrientes por efecto de drenado, particularmente cuando materiales con alta humedad se ensilan, como

ocurre con el ensilado de la pulpa de naranja en sistemas tradicionales con pérdidas de más de un 50 % de la materia seca, por los grandes volúmenes de efluentes (Ashbell y Weinberg sf). Por tanto, mediante este método de ensilaje se conserva mejor la calidad de la pulpa de naranja y también hay un impacto ambiental negativo que se soluciona con el ensilado directo en bolsas plásticas, las cuales además son reciclables.

### Contenido de proteína cruda

El ensilaje de pulpa de naranja presentó un aumento significativo ( $P < 0,05$ ) en su contenido de proteína cruda, en el tiempo. El aumento fue de más de una unidad porcentual de los 30 a los 360 días de ensilado (Figura 4). Este efecto debe estar relacionado, con la disolución y entrapamiento progresivo de la urea en todo el material ensilado conforme el periodo de almacenamiento se fue prolongando.



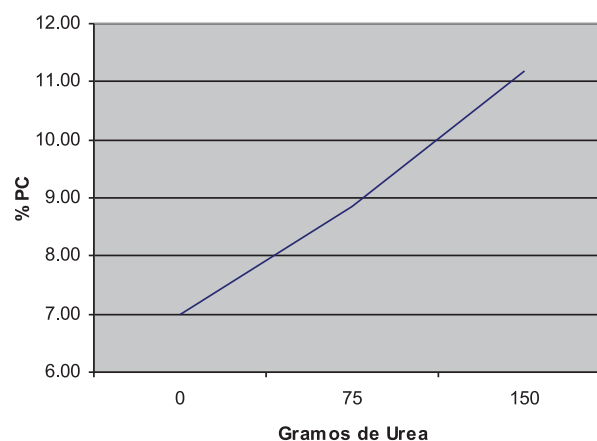
**Figura 4.** Contenido de proteína en el ensilaje de pulpa de naranja durante el periodo de almacenamiento. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

En un estudio similar en donde se aplicó urea, pero en maíz (Weiss 2008), por sus bajos niveles de proteína (8 % en base seca), se aplicaron entre 4,50 – 6,40 kg de urea/ t de forraje, niveles superiores al utilizado en el presente trabajo, se logró incrementar la PC del ensilaje en 2,60 unidades porcentuales. En el presente estudio (Figura 4), se lograron aumentos mayores, de

hasta cuatro unidades porcentuales, diferencia debida probablemente a que en el caso del maíz el silo permitía la pérdida de fluidos por drenaje, lo cual no sucede con el ensilaje en bolsa plástica.

Aunque se ha comparado el contenido de energía y proteína de la pulpa de naranja con el del maíz (Oluremi *et al.* 2007), el hecho es que la pulpa de naranja, es un subproducto agroindustrial alto en energía digestible para rumiantes, pero con un contenido natural de proteína bajo (Blezinger 2003). Con un contenido de alrededor del 7 % de proteína cruda según el presente estudio (Figura 5), este alimento apenas llena los requisitos mínimos que se consideran necesarios, para que un rumiante obtenga las necesidades mínimas nutricionales para la producción (Minson 1981). Aunque este no es un problema, pues este alimento sería apenas parte de una dieta más completa para alimentación de ganado semi o estabulado, en el caso de ser utilizada como suplemento en épocas críticas de escasos de forrajes en cantidad y calidad, el aditivo es esencial.

Por ello, es tarea obligada hacer uso de la ventaja del ensilado en bolsas de polietileno, para agregar urea y así mejorar el contenido de proteína del producto final. La adición de urea en el presente estudio, permitió que la pulpa de naranja ensilada aumentara su contenido de PC ( $P < 0,0001$ ) (Figura 5). Con 75 g de urea por cada 45 kg de pulpa se aumentó la PC de 6,98 a 8,85 %. Con 150 g de urea se logró alcanzar 11,20 % en el contenido de PC del ensilaje. Este último nivel es muy aceptable y está dentro del rango que podrían manejar los animales para producir, sin peligro de intoxicaciones por excesos de urea en la ingesta. Resultados similares fueron obtenidos en otros estudios, con pulpa de cítricos tratada con amonio líquido en donde los animales consumieron hasta en un 30 % los requerimientos de proteína cruda y en un 50 % las necesidades de energía, en ganado adulto, y en ganado joven, alimentados con pulpa con un 12 % de PC, produjo un crecimiento satisfactorio (Loosli; Mc Donald 1968).

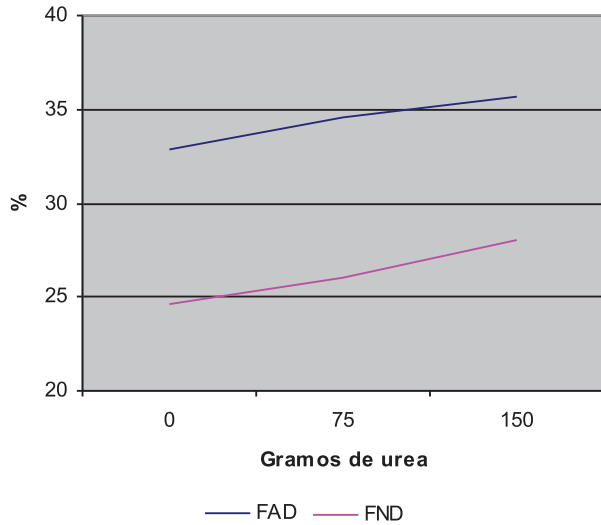


**Figura 5.** Contenido de proteína del ensilaje de pulpa de naranja según la cantidad de urea utilizada. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

### Contenido de fibra

El contenido de fibra de la pulpa de naranja ensilada presenta valores muy diferentes a los otros alimentos para rumiantes, particularmente de aquellos fibrosos como los forrajes. Por ejemplo, el contenido de FND en gramíneas anda sobre el 60 % (Morales *et al.* 2006 a y b) y en leguminosas sobre el 40 % (Morales 1989 y Morales *et al.* 2005), además de que éste es siempre mayor que la FAD (35 a 45 %), en éstos últimos alimentos mencionados, inclusive hasta en la pulpa de café (Getachew *et al.* 2005).

El contenido de FND aumentó con el incremento en urea ( $P < 0,05$ ), pasando de 24,60 a 28,10 %, cuando se aplican 0 y 150 g de urea, respectivamente (Figura 6).

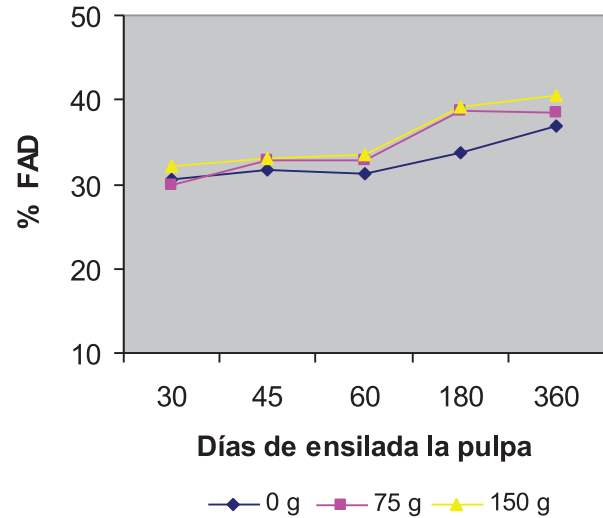


**Figura 6.** Contenido de fibra del ensilaje de pulpa de naranja según cantidad de urea utilizada. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

En el caso de la pulpa de naranja se presenta una situación contraria con un contenido mayor de FAD en relación a la FND (33 y 25 % promedio, respectivamente). Todos los valores de las fibras detergentes en la pulpa de naranja ensilada, en general, son menores a aquellos encontrados en los forrajes.

En el caso del contenido de FAD, se encontró una interacción entre el tiempo de ensilado y la cantidad de urea aplicada ( $P < 0,05$ ). Sin embargo, este efecto no parece ser de mayor importancia en el contenido de este tipo de fibra en el ensilaje de pulpa de naranja (Figura 7).

Los contenidos de fibra observados en el ensilaje de pulpa de naranja, probablemente estén relacionados con su composición y tipo de polisacáridos no almidonosos, la cual está compuesta principalmente por pectinas, mucilágenos, entre otros, de cadenas cortas y no de celulosas y hemicelulosas de cadena larga como es en el caso de las plantas forrajeras y a la metodología de extracción utilizada en el laboratorio (Van Soest *et al.* 1991), en la cual el detergente neutro diluye toda la pectina y el detergente ácido no diluye toda la pectina.



**Figura 7.** Contenido de fibra ácido detergente del ensilaje de pulpa de naranja a través del tiempo según el nivel de urea aplicada. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

Hay dos tipos de paredes celulares en las plantas, la primaria y la secundaria, ésta última generalmente lignificada. La pectina es una familia de polisacáridos complejos y son los principales componentes en las paredes celulares primarias de las plantas. Estas paredes celulares primarias son las primeras paredes en aparecer en todas las células en crecimiento y en división en las plantas. Estas estructuras rodean las células en las partes suaves y comestibles de las plantas y son el tipo de paredes predominantes en frutas y vegetales (Mohnen 2007). Los sólidos en la pulpa de naranja están compuestos por 40 % de azúcares y 50 % por polisacáridos, estos últimos representados principalmente por sustancias pécticas (Citrech 2008).

La pared celular primaria puede dividirse en dos tipos, tipo I que se encuentra en todas las plantas con inflorescencia con excepción de la familia de las gramíneas y el tipo II que se le encuentra sólo en la familia de las gramíneas (Poaceae). La composición fibrosa de las paredes del Tipo I es igual al del Tipo II, i.e., celulosa, hemicelulosa y pectina, pero con la diferencia de que la proporción de pectina en el Tipo I es del 30 al 35 % y en el Tipo II la proporción de la pectina es de alrededor del

10 %, así como el tipo de hemicelulosas y pectinas es diferente en una y otra (Mohnen D. sf.).

Por lo tanto, el resultado en el presente estudio indica que las determinaciones de fibra basados en detergentes como el FND y FAD originales (Van Soest 1963), no son comparables entre plantas diferentes como son las leguminosas y las gramíneas, o como en el presente caso entre subproductos de la industrialización de frutas y gramíneas. Este resultado concuerda con las observaciones hechas por Reed y Van Soest (1985), Jung 1997 y Mertens (2003).

La pectina en la pulpa de naranja queda incluida en la fracción soluble neutro detergente, con el método de determinación para FND. Esta fracción junto con los demás componentes solubles al detergente neutro, se estima que tienen una disponibilidad nutritiva uniforme, con una digestibilidad verdadera del 98,00 % (Reed y Van Soest 1985). Considerando que la FND fue de un 25 %, la pulpa de naranja contiene al menos un 75 % de sólidos digestibles ( $100 - \text{FND} = 100 - 25$ ), lo que la convierte en un alimento de alta calidad para los animales. La pulpa de cítricos consiste de pectina y celulosa; este material es aproximadamente un 45 % de fibra soluble, la cual representa el componente de pectina de toda la fibra, es decir la pectina es altamente degradada por la microflora ruminal. La desaparición de la materia orgánica, en orden de menor a mayor es según el siguiente orden: celulosa < pulpa de remolacha < pulpa de cítricos < pectina de cítricos, en promedio entre diferentes especies animales incluidos el humano, el ganado, el cerdo, el caballo, el perro y el gato (Sunvold *et al.* 1995)

De acuerdo con Van Soest *et al.* (1991), ha ocurrido un considerable desarrollo con los métodos de determinación de fibra en los alimentos, debido a la redefinición de la fibra dietética para el hombre y animales monogástricos, que incluye lignina y todos los polisacáridos resistentes a las enzimas digestivas de los mamíferos. Por ello las

publicaciones originales para la determinación de fibra (FND y FAD) están obsoletas. Además de FND, nuevos métodos mejorados para fibra dietética total y polisacáridos no almidonosos, incluidos la pectina y  $\beta$ -glucan están ahora disponibles. A diferencia del almidón, la fermentación de estos polisacáridos en el rumen, es como la de la celulosa, pero más rápida y no genera ácido láctico.

### **Análisis de costos**

La determinación de costos en el presente estudio se hizo sobre la base de 600 bolsas de 45 kg (27 t), elaboradas en su momento para dos experimentos, el presente de determinación de la calidad y otro para un estudio de respuesta animal. Para ello se necesitaron 5 jornales durante dos días, lo cual incluyó el enfardado, aplicación de la urea, carga y descarga de las bolsas; el costo del jornal actual es de ¢ 7 000,00. El costo de la pulpa es el del transporte de la planta en Santa Cecilia de la Cruz, Guanacaste, en este caso, a la Estación Experimental en Cañas, la planta no hace ningún cargo monetario por la pulpa. El costo de transporte de una traileta, con capacidad de 30 t de pulpa y puesta en Cañas, a precios de hoy, es de ¢275 000,00. Otros costos actualizados son el saco de urea de 46 kg es de ¢ 35 595,00; el de la bolsa de polietileno, cuyas dimensiones se mencionaron en el capítulo de materiales y métodos del presente estudio, la cual viene en bobinas de aproximadamente 700 bolsas, tiene un precio actualizado de ¢160 cada una; similar al que se consiguen los sacos de propileno cuando se compran pacas de 500 a más sacos. El rubro de otros incluye la piola, tarjetas y marcadores, mano de obra almacenamiento y otros, calculado sobre la base de un 9,2 % del costo de todo lo anterior.

Para la determinación del costo en base fresca o base seca se utilizaron los rubros enumerados en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Costos de producción en base seca y fresca del ensilaje de pulpa de naranja. Guanacaste, Costa Rica. 1999.

| Rubro                 | Costo ¢ Unitario |
|-----------------------|------------------|
| Bolsa de polietileno  | 160,00           |
| Saco propileno        | 160,00           |
| Urea 150 g            | 116,00           |
| Transporte            | 412,65           |
| Mano de obra          | 117,00           |
| Otros                 | 88,80            |
| Total                 | 1054,45          |
| Kg ensilaje fresco    | 23,43            |
| Kg ensilaje base seca | 137,84           |

Tasa cambio \$1= ¢ 515, 00

Como se puede observar en el cuadro anterior, el costo del kg de ensilaje de pulpa de naranja con 150 g de urea fue de ¢ 23,43 en base fresca y de ¢ 137,84 en base seca (17% promedio de materia seca); esto a precios actualizados a octubre del 2010.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procesamiento de ensilaje de pulpa de naranja en bolsas de polietileno, tal como se hizo en el presente estudio, resulta un método muy práctico y efectivo. Las características físicas y contenido de azúcares naturales de este subproducto de la industria extractora de jugo de cítricos, lo hacen un material muy fácil de ensilar, ya que no es problema alcanzar las condiciones anaeróbicas, ni el contenido necesario de carbohidratos, para que se active el proceso y se obtengan las condiciones, que hacen del ensilaje, un medio idóneo de conservación de alimentos para animales.

Esto queda demostrado, por el hecho de que hasta los 360 días, prácticamente se mantuvieron las características nutricionales que presentó el ensilaje a los 30 días. Lo anterior tiene dos significados, a los 30 días

el proceso de ensilado se ha alcanzado y se conserva así, por lo menos hasta el año, es decir podría ser utilizado por los animales aún a 360 días después de almacenado.

El ensilaje de pulpa de naranja, elaborado en bolsas de polietileno y al cual se le agrega urea en dosis de 150 g por cada 45 kg de pulpa, presentó contenidos de proteína cruda sobre el 11 % y características organolépticas relacionadas con el olor, color y textura deseables en un material conservado en buen estado, aún a 360 días de elaborado.

La bolsa plástica de 5 micras de grosor, 110 cm de largo y 60 cm de ancho resultó suficiente para obtener un buen ensilaje de pulpa de naranja, como se indicó anteriormente. Las características físicas y el tipo de carbohidratos de la pulpa, permitieron con simples sacudidas de la bolsa plástica, la compactación necesaria para alcanzar condiciones anaeróbicas mínimas para el ensilado. De tal manera que el cierre o amarre de la boca de las bolsas plásticas, aportó poco a este proceso y si mucho a mantener el contenido dentro de la bolsa. El saco de propileno contribuyó grandemente a la manipulación de los sacos y al mantenimiento de la bolsa plástica y su contenido en el tiempo, hasta los 360 días. A los 540 días de elaborado el ensilaje, las pérdidas por daños de ratas fueron casi totales, en donde tanto el saco, como la bolsa fueron rotos, por lo que el ensilaje sufrió el deterioro por efecto de la entrada de aire, pudriéndose todo el contenido.

A precios de octubre del 2010, el costo del proceso de ensilado de pulpa de naranja con 150,00 g de urea fue de ¢ 23,43 en base fresca y de ¢ 137,84 en base seca. Comparado con otros alimentos para bovinos de similar contenido nutricional, tal como el maíz que contiene 3,80 Mcal Energía Digestible (ED)/kg (MS), el cual tiene un precio aproximado de ¢ 60,00 en base fresca (Morales 2008), el ensilaje de pulpa de naranja se presenta como una opción para la alimentación de bovinos en Costa Rica, máxime que podría comercializarse y almacenarse como se indica en el estudio.

El bajo contenido de materia seca, tanto de la materia prima utilizada como del producto obtenido en el proceso del ensilaje, permanecen como las partes débiles de este producto. Sin embargo, quedan pendientes evaluaciones, que al igual que la adición de urea, puedan probar la adición de algunos materiales que aporten al mejoramiento del contenido de proteína cruda, pero también al contenido de materia seca (Gohl sf), tal como sería el caso de la adición de alguna leguminosa como, *Arachis pintoi*, *Cratylia argentea*, entre otras.

#### LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1980. Official methods of Analysis (13 edition). Assoc. Off. Anal. Chem.; Washington, D.C.
- Araya G., J. 2001. Acciones de prevención contra la leprosis de los cítricos en Costa Rica. Revista Manejo Integrado de Plagas. (62): 8.
- Ashbell G. and Weinberg Zwi G. sf. Silage production and utilization. Artículo en línea consultado el 15 de febrero 2008. Disponible en [http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/silage/silage\\_israel/silege\\_israel.htm](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/silage/silage_israel/silege_israel.htm). sp.
- Ashbell, G., T. Kipnis, M. Titterton, Y. Hen, A. Azrieli y Z. G. Wienberg. 2001. Examination of a technology for silage making in plastic bags. Animal Feed Science and Technology. The Netherlands. 91(3-4): 213-222.
- Blazinger, S.B. 2003. Cattle Today: feed supplements come in several different forms. Artículo en línea consultado el 17 de febrero del 2008. USA. Disponible en [http://www. Catle today.com/archive/2003/February/CT251.shtml-16ç-17feb2008](http://www.Catle today.com/archive/2003/February/CT251.shtml-16ç-17feb2008). 4 p.
- Braddock, R.I. 1999. Handbook of citrus by-products and processing Technology. Wiley and Sons Inc. NY. USA. 247 p.
- Chapman, H.L., C.B. Ammerman, F.S. Baker, J.F. Hentges, B.W. Hayes, T.J. sf. Cunha. Citrus Feeds for Beef Cattle. Anim Sci. Dep. Coop. Ext. Serv. IFAS. University of Florida. USA. Artículo en línea consultado el 19 de oct. 2007. Disponible en EDIS Web Site at <http://edis.ifas.ufl.edu> 6 p.
- Citrech. Sf. Structure of citrus fruits. 2008. Italy. Artículo en línea consultado el 11 de marzo del 2008. Disponible en [www.citrech.it/English/Information.htm](http://www.citrech.it/English/Information.htm).
- Fraser, M.D.; Fychan, R.; Jones, R. 2004. Evaluation of methods for storing small quantities of experimental silage. The Netherlands. Small Ruminant Research 54 (1-2): 141-146.
- Getachew Gebru, Beyene Chichaibelu and Jess D. Reed. 2005. Laboratory evaluation of the effects of processing methods, treatment and coffee cultivar on chemical composition and in vitro digestibility of coffee pulp. Disponible en <http://www.fao.org/Wairdocs/ILRI/x5536E/x5536e18.htm>. 11 p.
- Goering, H. K. and van Soest, P. J. 1970. Forage fibre analysis. Agricultural handbook N° 379. USDA, Washington, D.C.
- Gohl, B.I. sf. Citrus by-products for animal feed. In: FAO Ruminant nutrition: selected articles from the World Animal Review. 1978. Italy. Artículo en línea consultado el 19 de octubre. 2007. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/004/X6512E/X6512E08.htm>. 5 p.



- Jung, H. J. 1997. Analysis of forage fiber and cell walls in ruminant nutrition. *J. of Nutr.* 127 (5): 810S-813S. USA.
- Lane, I.R. 2000. Poster 5.1: Little bag silage – Ian R. Lane. In: Silage making in the tropics with particular emphasis on smallholders. Proceedings of the FAO Electronic Conference on tropical Silage 1999. L. t Mannetje (ed.) Rome. Italy. Artículo en línea consultado el 18 de febrero 2008. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/x8486e/x8486e0k.htm>.
- Loosli, J.K. and I.W. McDonald. 1968. Non-protein nitrogen in the nutrition of ruminants. FAO Agricultural Studies Nº 73. Rome, Italy. Localizado en internet [www.fao.org/docrep/004/ac149e/AC149E00.HTM](http://www.fao.org/docrep/004/ac149e/AC149E00.HTM) el 10/03/2008. 10 p.
- Mertens, D.R. 2003. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *J. Anim. Sci.* 81: 3233-3249. USA.
- Minson, D. J. 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: Nutritional limits to animal production from pastures. J.B. Hacker (Ed.) Commonwealth Agricultural Bureau. CSIRO. Australia. p 167 -182.
- Mohnen, D. sf. Plant Cell Walls. Artículo en línea consultado en febrero del 2008. USA. Disponible en [www.ccr.uga.edu/~dmohnen/bcmb8020/PlantWall-06.pdf](http://www.ccr.uga.edu/~dmohnen/bcmb8020/PlantWall-06.pdf) 26 p.
- Mohnen, D. 2007. Research on the plant cell wall polysaccharide pectin leads to the identification of a gene family that impacts plant biomass and plant based products. NRI Research Highlights. Nº 3, 10 p. USDA. Artículo en línea consultado en abril del 2008. Disponible en <http://www.csrees.usda.gov/nri>.
- Moran, J. 2005. Making quality silage. Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the tropics. UK. Lanlinks Press. p 83 -97
- Morales, J. L. 1989. Managing the plant-animal interface in tropical legume-grass pastures. Ph.D. Dissertation. USA. University of Florida, Florida.
- , R.; Bejarano, Acuña, V. y Castro, M.V.. 2005. Desarrollo de una curva de calibración para analizador de espectrofotometría infrarroja cercana (NIRS) del heno de maní forrajero INTA-Falconiana asociado a pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. *Transvala*) para la determinación rápida de su contenido nutricional, que servirá de base para la certificación en los procesos de mercadeo del producto. Informe. INTA, Costa Rica. 11 p.
- , J.L., Cruz, A. y Acuña, V.. 2006a. Efecto del estado de madurez y la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. *Transvala*) para henificación bajo condiciones de secano. Costa Rica. Alcances Tecnológicos. 4 (1): 37-44.
- , J.L., V. Acuña y A. Cruz. 2006b. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. *Transvala*) para henificación bajo condiciones de riego. Costa Rica. Alcances Tecnológicos. 4(1): 45-51.
- , J.L.; Cruz, A. y Acuña, V. 2001. Uso de la pulpa de naranja en ensilajes comerciales. San José, Costa Rica. Revista Montecillos. Año XVII. (111). 2 p.

- , J.L.; Acuña, V. y Cruz, A. 2004. El uso del ensilaje de pulpa de naranja en el engorde de toretes estabulados. Resúmenes XLLX Reunión. PCCMCA. El Salvador. 1 p.
- NRC. (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy cattle: Seventh Revised Edition. USA 157 p.
- Oluremi, I., Ngi, J. y Andrew, I. A. 2007. Phytonutrients in citrus fruit peel meal and nutritional implications for livestock production. Livestock Research for Rural Development 19(7). Colombia. 5 p. Artículo en línea consultado el 20 de febrero 2008. Disponible en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/7/olvr19089.htm>.
- Reed, J.D. and Van Soest, P.J. 1985. Estimating the nutritive value of crop residue and agro-industrial by-products in animal feeding by chemical methods. In: Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines 1. State of knowlage. FAO. Italy. 18 p.
- Sunvold, G.D.; Hussein, H.S.; Fahey Jr., G.C., Merchen, N.R. y Reinhart, G.A.. 1995. In Vitro fermentation of cellulose, beep pulp, citrus pulp and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans and pigs and ruminal fluid from cattle. USA. J. Anim. Sci. (73): 3639-3648.
- Van Soest, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. USA. J. Assoc. Office Anal. Chem. (46): 289.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J. B.; and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. USA. J. Dairy Science. 74(10): 3583-3597.
- Weiss, B. 2008. Silage additives. AGF-018-92. Agronomy Facts. Ohio State University. Documento en línea consultado el 15 de febrero del 2008. USA. Disponible en <http://ohioline.osu.edu/agf.fact/0018.htm>
- Wing, J.M (ed). 2003. Citrus feedstuffs for Dairy Cattle. Bul 829. Anim Sci. Dep. Coop. Ext. Serv. IFAS. 1982. Publication Reviewed 2003. USA. Artículo en línea consultado el 19 de octubre, 2007. Disponible en EDIS Web Site at <http://edis.ifas.ufl.edu>.

# VALIDACIÓN DE LA RESPUESTA DEL PASTO TRANSVALA (*DIGITARIA ERIANTHA*) EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE HENO BAJO RIEGO

*Jorge L. Morales González<sup>1</sup>, Vidal Acuña Redondo<sup>1</sup>*

## RESUMEN

El presente trabajo validó la tecnología para la producción de heno de pasto Transvala en sistemas bajo riego. Para esto se evaluó, a nivel de finca, el método de siembra del cultivo, el establecimiento hasta producción, y los procesos de manejo de lotes para henificación, costos y rentabilidad. Se validó también, la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada y al manejo de 45 a 50 días de rebrote. Se evaluó, como valor agregado a la tecnología original, la comparación entre dos fuentes de nitrógeno y su dosificación, así como, el número de riegos, según las condiciones físicas del suelo. Se corroboraron los resultados de la estación experimental plenamente en lo que se refiere a lo mencionado en este párrafo.

Los resultados de esta validación indicaron que la tecnología desarrollada en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, se aplica comercialmente con ligeras modificaciones. El método de establecimiento se mantiene igual, más bien reduciendo un poco la intensidad de ciertas labores, a causa de la oportunidad de este cultivo para utilizar la infraestructura del arroz sin mayores problemas, con una reducción favorable en costos de establecimiento. Se reproduce la observación, de que con esta tecnología se logra un autocontrol de malezas, al no tolerar éstas el corte frecuente del cultivo.

El proceso de validación permitió determinar que los niveles de fertilizante no deben sobrepasar los 200 kg de N/ha/corte ya que se evidencia la posibilidad de incrementar la concentración de sustancias contaminantes en el suelo, tales como los nitratos. Este resultado es consecuente con los niveles de respuesta biológica y económica indicados por la tecnología, donde previo al presente estudio se recomendaba entre 65 y 100 kg de N/ ha/ corte.

Se logró comprobar los rendimientos, calidad del producto, costos y rentabilidad de la actividad sobre el 80 %, lo que permitió concluir la factibilidad biológica, económica y ambiental para proceder a transferir esta tecnología.

**Palabras clave:** Riego, fertilizante nitrogenado, nitratos, costos, rendimiento, rentabilidad

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Costa Rica.  
Correo electrónico: jmorales@inta.go.cr

## INTRODUCCIÓN

Investigaciones realizadas en la estación experimental Enrique Jiménez Núñez (Morales et al. 2006 a y b) han demostrado el potencial del riego para la producción de heno de pasto Transvala de calidad superior al heno comercial, producido en condiciones de secano. Las características ideales que posee esta especie forrajera para la henificación, se ven potenciadas con el riego, la fertilización nitrogenada y el manejo del rebrote de 45 a 50 días.

La tecnología desarrollada indicó, que es posible obtener cuatro cortes de este pasto, para henificación. El primero, similar al de los sistemas de producción de secano, se obtiene a inicios del verano, entre la tercera semana de noviembre y la primera de diciembre, dependiendo de la fecha en que este cambio de estación climática ocurra.

En este primer corte se obtienen entre 300 a 700 pacas, dependiendo si durante el veranillo de San Juan y la canícula anterior se pudo henificar y si en el invierno se sacó o no, forraje para la venta de semilla.

En todo caso, 500 pacas es el promedio estimado entre ambos extremos mencionados, que se obtienen debido a la acumulación de forraje durante tres a siete meses en el invierno, según los factores mencionados anteriormente, además, de que se aplique o no, fertilizante nitrogenado, práctica ocasional, realizada por algunos productores.

Como tal, esta es una producción alta de forraje, pero que bajo las condiciones de secano en que se desarrolla, es de una calidad muy baja, que en términos del contenido de proteína cruda, en general, anda por debajo de 5,8 % y en algunas ocasiones, similar a la de paja de arroz de un 4,7 % (Morales 2003).

Los otros tres cortes son estrictamente, bajo el sistema de riego por gravedad existente y con el cual se han realizado los estudios base de la tecnología desarrollada, a un máximo de 50 días de rebrote, con una aplicación bianual

de cuatro sacos por hectárea, de una fórmula completa como 10-30-10, lo cual permite suministrar al suelo aproximadamente 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, para mantener la disponibilidad del fósforo en el suelo, ya que este nutriente es uno de los más limitantes en la zona (Gómez 2002).

La fertilización nitrogenada requerida, bajo las características de suelo de la estación experimental, tipo Mollisol (uno de los mejores, pero poco frecuente en el país), para lograr una producción rentable, de unas 300 pacas de 17 kg de peso cada una, es de 65 a 100 kg de nitrógeno por hectárea, dividida en tres aplicaciones iguales (Morales 2003). Se requieren además, tres riegos con lámina de agua de 10 cm, cada 15 días, que van del día cero (inmediatamente después de la henificación y levantado de las pacas), el día 15 y día 30 aproximadamente, para dejar de 10 a 15 días para la utilización satisfactoria del fertilizante y el oreo del forraje, antes del siguiente corte. Las aplicaciones del fertilizante se hacen después del riego, en el proceso de drenaje, cuando la lámina de agua se encuentra a media vida y antes de desaparecer.

Con esta tecnología, desarrollada en la estación experimental, es posible producir, en cuatro cortes (primera semana de diciembre, finales de enero, mediados de marzo y finales de abril-principio de mayo) al menos 1 400 pacas por hectárea, 500 de secano y 900 (300/ corte) de verano. No se considera el corte del veranillo de San Juan por lo errático, climatológicamente hablando, de este periodo. Esto significa que la producción de heno bajo riego triplica la cantidad y la calidad de la producción de secano. La calidad de este forraje en términos de proteína cruda es de aproximadamente 9 % (Morales et al. 2006 b).

Los mismos estudios mencionados indicaron, un costo de establecimiento de ¢155 400,00 por hectárea (incluyendo costos de diseño y construcción de curvas de nivel, costo que no es necesario hacerlo en áreas donde ya existe la infraestructura como en el DRAT). El costo

operativo total, en el ciclo de cuatro cortes, fue de ¢ 411 500,00. El ingreso por venta de 1 400 pacas, a precios del año 2000 (¢ 600/paca), en una actividad comercial tradicional que no considera la calidad del forraje, es de ¢ 840 000,00, para un ingreso neto de ¢ 428 500,00 por hectárea, por ciclo de verano. Más adelante, en el presente artículo se mencionan los valores actualizados al 2011 de costos y rentabilidad de la tecnología.

Considerando que las condiciones de producción de los estudios realizados y las condiciones de los productores del DRAT, para quienes van dirigidos los resultados obtenidos, pueden diferir, se debe realizar la validación de los resultados en fincas de productores, paso necesario del desarrollo tecnológico y que determinará la factibilidad comercial, para la transferencia de la tecnología.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue: validar la viabilidad biológica, económica y ambiental, de producir heno de alta calidad, de pasto Transvala, en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del Estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en El Asentamiento Campesino La Falconiana, perteneciente al cantón de Bagaces, Guanacaste y ubicado a 15 km de la ciudad con el mismo nombre, el cual forma parte del Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT). El periodo de ejecución fue de julio del 2000 a octubre del 2001.

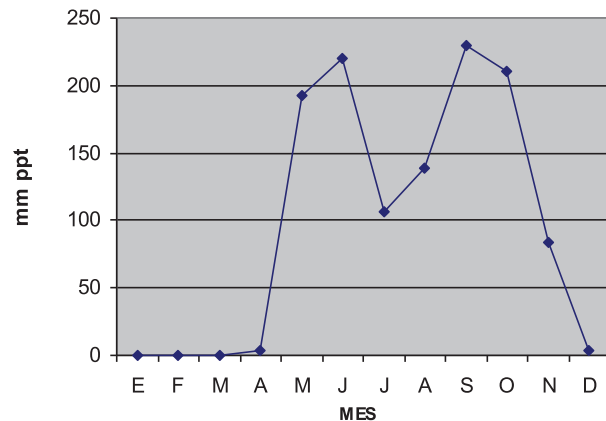
Específicamente el estudio se ejecutó en las parcelas N° 2 y 13, de Floriberto Esquivel (q.d.D.g.) y Olider Rojas, respectivamente. Las características de los suelos en ambas parcelas se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características de los suelos de las parcelas donde se desarrolló el estudio de validación. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Parcela | Cml(+)/l |      |     |     |      | mg/l | Textura *            |
|---------|----------|------|-----|-----|------|------|----------------------|
|         | pH       | Al   | Ca  | Mg  | K    | P    |                      |
| N° 2    | 7,5      | 0,10 | 6,5 | 1,5 | 0,70 | 2    | Franco-A<br>32-34-34 |
| N° 13   | 7,1      | 0,10 | 7,6 | 2,0 | 0,89 | 19   | Franco-A<br>28-36-36 |

• **Franco-A= franco arcilloso.**

La Figura 1 muestra el comportamiento del clima en la zona (Hancock y Hargreaves 1977), la cual se basó en un periodo de 6 años y en probabilidades de un 75 % de que este patrón de lluvias pueda ocurrir.



**Figura 1.** Patrón de lluvias con 75 % probabilidades para el área de la E.E.E.J.N. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

La temperatura promedio de la zona ha sido de 24,6° C, la humedad relativa 91 %, las precipitaciones: máxima 2 818 mm, y mínima 1 018 mm.

### Validación de los métodos y costos de establecimiento del pasto Transvala.

#### Establecimiento de las áreas del estudio.

Se procedió a establecer 5 ha en la finca N° 2 y 1 ha en la finca N° 13 respectivamente. Se

aplicó el método de siembra y establecimiento que se utilizó en la estación experimental (Morales *et al.* 2003), para validar tanto el método, como los costos del mismo. Estas áreas sirvieron también, para las demás actividades de validación que se plantearon en el presente estudio.

### **Validación de los niveles de producción, calidad y costos de producción de heno de pasto Transvala bajo riego.**

#### **Manejo de los lotes para henificación.**

El manejo de los lotes para henificación se siguió estrictamente según la tecnología que se desarrolló en estación experimental, aplicación de los riegos inmediatamente después de la henificación, fertilización de 100 kg de N/ ha en tres dosis iguales y edad de rebrote máxima de cincuenta días. Debido a que los suelos de las parcelas eran más livianos que los de la estación experimental, fue necesario variar el régimen a riegos semanales para mantener la humedad requerida. El último riego se hizo 10 días antes de la corta para el oreo suficiente del suelo. En total se realizaron cinco cortes, de noviembre del 2000 a agosto del 2001, incluidos el corte de secano del primer año y el del veranillo en julio del 2001.

#### **Análisis de la calidad del heno producido.**

Los diferentes lotes de heno que se produjeron fueron muestreados y enviados al laboratorio para la determinación de proteína cruda y fibra.

#### **Registro de costos e ingresos.**

Se llevó registro de actividades, insumos y costos, tanto del establecimiento de las áreas, como del manejo de los lotes para henificación y los procesos propiamente de henificación, que incluyeron servicio de maquinaria, mano de obra para levantar pacas y almacenarlas, número de pacas y precios de venta.

### **Validación de la respuesta del pasto a la fertilización nitrogenada, a 45 días de rebrote.**

#### **Establecimiento del experimento.**

Para realizar este estudio, se estableció un experimento en parcelas pequeñas de 6 m<sup>2</sup> (3 m x 2 m), sobre las áreas grandes establecidas para validar los resultados a nivel comercial. La parcela pequeña fue utilizada como unidad experimental, las cuales fueron marcadas el 14 de marzo del 2001. Para ello, se ubicaron dos bloques en la finca N° 2 y un bloque en la finca N° 13, estas fincas se encuentran, aproximadamente, a 1 km de distancia entre una y otra. Aunque ambas fincas cosecharon su tercer corte para heno el 6-03-01, no fue sino hasta el 14 de marzo que se hizo el primer riego, por lo que ésta última es la fecha utilizada para establecer la edad de rebrote, que fue de 43 días, al 26 de abril.

#### **Diseño Experimental.**

Para este estudio se utilizó un diseño experimental de bloques con parcelas subdivididas, en un arreglo factorial con tres repeticiones (bloques), dos tipos de fuente de nitrógeno, urea y nitrato de amonio, como parcela principal, las cuales se fueron aplicadas en tres dosis de dos tipos, una dosis en tres aplicaciones de iguales cantidades y la otra en tres aplicaciones incrementales (1/ 6, 2/ 6 y 3/ 6), como segunda sub-parcela, además, se utilizaron seis niveles de fertilización 0, 100, 200, 300, 400 y 500 kg de nitrógeno por hectárea, como tercera sub-parcela. No se aplicó fórmula completa porque ésta se hizo en octubre anterior, en la etapa de establecimiento de las áreas grandes.

Para el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS en un diseño en parcelas divididas. El análisis de varianza fue el siguiente:

**Cuadro 1.** ANDEVA. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| FUENTE DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD |
|---------------------|--------------------|
| BLOQUE (B)          | 3-1 = 2            |
| FUENTE N (FN)       | 2-1 = 1            |
| FNXB error a        | 2                  |
| DOSIS (D)           | 2-1 = 1            |
| DXFN                | 1                  |
| DXFNXB error b      | 4                  |
| NIVELES (N)         | 6-1 = 5            |
| NXFN                | 5                  |
| NXD                 | 5                  |
| NXFNXD              | 5                  |
| ERROR               | 40                 |
| <b>TOTAL</b>        | <b>72-1 = 71</b>   |

Este estudio de validación se aprovechó también, para investigar la respuesta del pasto, a fuentes diferentes de nitrógeno, lo cual no se había evaluado en los estudios anteriores. Considerando que, conforme la planta crece y tiene más biomasa, aumenta la necesidad y también la capacidad para aprovechar el fertilizante nitrogenado, se comparó la práctica, de dosificaciones en cantidades iguales, usual en cultivos, versus dosificaciones incrementales, esto con el fin de observar la posibilidad de mejorar la eficiencia en el uso del fertilizante nitrogenado, que es de alrededor de un 50 %, normalmente (Tisdale *et al.* 1985).

#### **Variables dependientes.**

Las variables dependientes fueron cuatro: producción de materia seca, porcentaje de materia seca, proteína cruda y fibra en el forraje.

#### **Muestreos.**

Se hizo un solo muestreo a los 43 días de rebrote (26-4-01). Para esto se cortó cada parcela a

nivel del suelo. Se pesó toda la biomasa verde de la parcela con romana de reloj de 50 kg. Posteriormente, se tomó una sub-muestra de aproximadamente 500 g de material fresco en bolsas de papel debidamente identificadas. Estas se llevaron a la oficina, donde fueron debidamente pesadas en romana granataria y se almacenaron en hieleras con hielo mientras se llevaron a laboratorio al cabo de dos días, en donde se sometieron a secado en horno a 60° C durante 72 horas y posteriormente se molieron en molino de martillo utilizando malla de 2 mm.

#### **Análisis de Laboratorio.**

En el laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA, las muestras se secaron en horno a 105° C durante 24 horas, para determinar materia seca. Las muestras se analizaron para contenido de proteína (% PC), mediante el método de micro Kjeldahl, % de fibra ácido detergente (FAD), (AOAC 1980) y fibra neutro detergente (FND) utilizando la metodología de Goering y Van Soest (1970).

#### **Distribución al azar de las edades de rebrote y niveles de fertilización, en los tres bloques.**

Los bloques ó repeticiones se ubicaron en sitios diferentes pero representativos de los campos de pasto Transvala disponibles. En cada bloque se asignaron las fuentes de nitrógeno al azar, luego se seleccionó al azar también, cada fuente de nitrógeno la cuál se aplicaría en dosis crecientes o dosis iguales, dentro de éstas últimas se asignaron al azar los niveles de nitrógeno a aplicar.

Las parcelas se separaron a lo largo y ancho entre sí, con callejones de 2 metros de ancho. La distribución de las parcelas con los tratamientos asignados en cada bloque se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Distribución de los tratamientos. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| BLOQUE 1 |     |     |     | BLOQUE 2 |     |     |     | BLOQUE 3 |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|-----|
| NA       | U   | NA  | U   | NA       | U   | NA  | U   | U        | U   | N   | N   |
| DIN      | DIN | DIG | DIG | DIG      | DIG | DIN | DIN | DIN      | DIG | DIG | DIN |
| 6        | 3   | 2   | 4   | 1        | 3   | 6   | 1   | 2        | 4   | 5   | 6   |
| 4        | 2   | 6   | 3   | 4        | 2   | 3   | 3   | 5        | 5   | 2   | 2   |
| 5        | 4   | 3   | 6   | 6        | 4   | 5   | 2   | 1        | 6   | 6   | 5   |
| 3        | 5   | 4   | 1   | 2        | 5   | 4   | 4   | 4        | 3   | 4   | 3   |
| 1        | 2   | 1   | 5   | 3        | 6   | 1   | 5   | 3        | 2   | 3   | 1   |
| 2        | 6   | 5   | 2   | 5        | 1   | 2   | 6   | 6        | 1   | 1   | 4   |

NA = nitrato de amonio, U = urea, DIN = dosis incrementales, DIG = dosis iguales, 1 = 0 nitrógeno, 2 = 100 kg N/ ha, 3 = 200 kg N/ ha, 4 = 300 kg N/ ha, 5 = 400 kg N/ ha, 6 = 500 kg N/ ha. Las parcelas en cada bloque mantuvieron el orden descrito en el cuadro, pero separadas entre sí por callejones de 2 m.

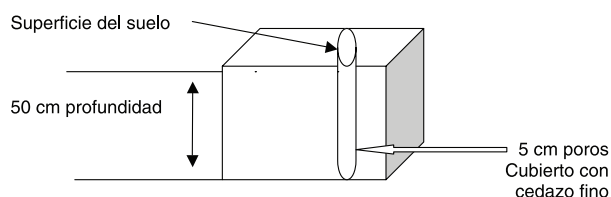
Los niveles de fertilizante aplicados a cada parcela, correspondientes a los niveles por ha planeados, se dividieron en tres aplicaciones, la primera el día 20 de marzo, después del segundo riego, la segunda el 4 de abril y la última el 20 de abril, es decir, a los 6, 21 y 37 días de rebrote, según se describe en el siguiente cuadro (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Dosis de fertilizante aplicadas y g por parcela de 6 m<sup>2</sup>. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Nitrato/ha en kg. | Nitrato de amonio/ parcela dosis iguales en g. | Nitrato de amonio/ parcela dosis incrementales | Urea/Parcela dosis iguales en g. | Urea/Parcela dosis incrementales en g. |
|-------------------|--|--|----------------------------------|--|
| 0                 | 0  | 0  | 0                                | 0                                      |
| 100               | 60   | 30/ 60/ 90                                     | 44                               | 22/ 44/ 65                             |
| 200               | 119  | 60/ 119/ 179                                   | 87                               | 44/ 87/ 130                            |
| 300               | 179  | 90/ 179/ 269                                   | 130                              | 65/ 130/ 196                           |
| 400               | 239  | 120/ 239/ 358                                  | 174                              | 87/ 174/ 261                           |
| 500               | 299  | 150/ 299/ 448                                  | 217                              | 109/ 217/ 326                          |

**Análisis de los niveles de nitritos y nitratos en las aguas de percolación, como consecuencia de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en la producción de heno bajo condiciones de riego.**

Los niveles de nitritos y nitratos en el suelo, son indicadores de contaminación por causa, principalmente, de excesos en la fertilización nitrogenada. Para medir su presencia en las aguas de percolación, se diseñaron unos dispositivos especiales para recoger las aguas a 50 cm de profundidad en el suelo. Estos dispositivos y su colocación en el suelo se presentan en la Figura 2.



**Figura 2.** Diseño y colocación en el suelo del dispositivo recolector de agua para determinación de contaminantes. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

Los dispositivos se diseñaron con tubos de pvc de 3/4", de 60 cm de largo con un tapón de hule en el fondo y una tapa plástica desmontable arriba. Debajo de la parte porosa quedaron 10 cm de tubo para el almacenaje del agua recolectada. El dispositivo fue colocado en un hueco delgado hecho a lo largo de los 50 cm de profundidad, con un barreno fabricado por el proyecto, con un tubo y manilla de hierro y punta de un taladro grueso para madera. Los tubos permanecieron en el suelo todo el tiempo de muestreo. El muestreo se realizó con una tripa corriente de plástico y succionando con una bomba de hule para mucosidades de bebe. Las muestras se vertieron en botellitas plásticas color ambar de 10 cc, debidamente rotuladas y mantenidas en refrigeración hasta su envío al laboratorio para su análisis.

Sobre las parcelas de validación que recibieron los tratamientos de dosis incrementales de nitrato de amonio, se estableció, el 27 de marzo del 2001, la evaluación para medir la



presencia de nitritos y nitratos en las aguas de percolación. En cada una de ellas se colocaron los dispositivos para muestrear las aguas de percolación y determinar el contenido de nitritos y nitratos y así valorar el impacto ambiental de la nueva tecnología.

Dependiendo del momento de aplicación de los fertilizantes y de los muestreos de las aguas, es posible encontrar diferencias en el contenido de nitritos, inmediatamente después de la aplicación de fertilizantes nitrogenados los niveles de nitritos pueden ser muy superiores a los niveles críticos. Por ello, para subsanar la posibilidad de error, se hicieron dos muestreos, a los 15 días (4 y 18 de abril) después de las aplicaciones de fertilizantes y uno último cuatro días después de la aplicación de la última dosis de fertilizante, que fue la mayor en el tratamiento con dosis incrementales. De esta manera, se podría tener una mayor posibilidad de observar y detectar mejor, contaminaciones con mayor permanencia.

## RESULTADOS

### Validación de los métodos y costos de establecimiento del pasto Transvala.

En las parcelas de Olider Rojas y de Floriberto Esquivel se siguieron los métodos probados en la estación experimental Enrique Jiménez Núñez para el establecimiento del pasto Transvala. Se sembraron un total de 6 hectáreas.

**Preparación del suelo.** El suelo se preparó de forma convencional durante el veranillo-canícula. El pase inicial de arado no fue necesario, pues estas parcelas se han sembrado continuamente de arroz, además, el tipo de suelos franco arcillosos, no requieren tal tratamiento. En el caso de la estación experimental si se requirió, porque se trataba de un área que tenía varios años sin cultivarse, era pastoreada y tenía una vegetación densa que a pesar de que se quemó con herbicidas, mantenía residuos radiculares densos y tallos, a nivel del subsuelo y suelo, respectivamente.

La infraestructura existente para el riego del cultivo del arroz, dividida en bancales con pendiente cero, bordos, canales regadores y de drenaje, se mantuvieron tales como estaban, ya que para la henificación con este tipo de pasto, se adecuan perfectamente. Se dieron los dos pases de rastra. La nivelación consistió solamente en un pase de rufa, ya que ésta no se requiere tan fina como en el cultivo del arroz.

**Siembra.** La siembra se hizo con semilla de pasto Transvala, procedente de los campos de la Estación Experimental E.E.J.N., con una edad de 90 días de rebrote, lo cual garantizó la pega del material. Se utilizaron, aproximadamente, 3,5 t de semilla por hectárea. La semilla se hizo regada en el campo, luego se dio una pasada de rastra para incorporarla. Para este momento ya habían retornado las lluvias de una forma ligera lo que permitió perfectamente el manejo de la siembra aún con maquinaria de forma convencional, por lo que no fue necesario el riego para el establecimiento.

**Manejo del establecimiento: fertilización y control de malezas.-** A los 22 días de la siembra, se hizo una aplicación de fertilizante fórmula completa 12-24-12, a una tasa de tres sacos por ha, para ayudar al enraizamiento y establecimiento de los lotes. A los 60 días se hizo una aplicación de Basagran M60, para el control de coyolillo y otras malezas de hoja ancha y posteriormente se utilizó el control manual de las mismas. Al momento de la primera cosecha el 23 de noviembre (ese año el verano entró el 10 de noviembre), el contenido de malezas era relativamente alto, aproximadamente un 50 %, principalmente arroz voluntario (*Oriza sativa*), echinocloa (*Echinocloa colonum*) y la cyperacea pelo chino (*Fimbristylis annua*). Aquí se demostró lo observado en la estación experimental, que aunque se debe controlar malezas, aún cuando haya una proporción importante de ellas, por lo menos herbáceas como las mencionadas, conforme los cortes de henificación en el verano van sucediendo, éstas van desapareciendo, porque no soportan

el régimen de corte del pasto Transvala. El método de establecimiento fue validado con éxito, ya que estos lotes estuvieron listos para entrar en producción a los 113 días de sembrados, en noviembre.

### Costos de establecimiento.

El costo del establecimiento de pasto Transvala en finca resultó menor al de la estación experimental. La razón principal fue que en finca ya existía toda una infraestructura para riego, la cual no requirió ninguna modificación para la producción de heno con pasto Transvala. También, no fue necesario dar el pase de arado por las condiciones de un suelo trabajado en el cultivo de arroz continuamente. De aquí que los costos en finca se distribuyeron de la siguiente manera, según se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Costos por hectárea de siembra y establecimiento de pasto Transvala para la producción comercial de heno bajo riego en finca, comparado con Estación Experimental. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Actividad                                 | Unidades         | Costo/ unidad ¢ | Costo Total<br>¢ en finca | Costo Total<br>¢ en Estación<br>Experimental |
|---|------------------|-----------------|---------------------------|--|
| TOPOGRAFIA Y<br>CONSTRUCCION<br>DE BORDOS |                  | 20 000          |                           | 20 000                                       |
| PASES DE ARADO                            |                  | 5 000           |                           | 2 = 10,000                                   |
| PASE DE RASTRA                            | 3                | 2 500           | 7 500                     | 4 = 10 000                                   |
| PASES DE RUFA                             | 1                | 7 000           | 7 000                     | 7 000  |
| SEMILLA<br>(más transporte)               | 3,5 t            | 19 425          | 68 000                    | 68 000                                       |
| MANO OBRA<br>SIEMBRA                      | 2 JORNALES       | 3 880           | 7 760                     | 7 760  |
| MANO OBRA<br>APLICACIONES                 | 3 JORNALES       | 3 880           | 11 640                    | 11 640                                       |
| FERTILIZANTES                             | 3 qq 12-24-12    | 4 200           | 12 600                    | 12 600                                       |
| HIERBICIDAS                               | 1 L Basagrán M60 | 6 000           | 6 000                     | 6 000  |
| <b>TOTAL</b>                              |                  |                 | <b>¢120 500,00 *</b>      | <b>¢153 000</b>                              |

\*Los costos por hectárea, actualizados al 2011, en finca, son de ¢ 592 220,00 (Cuadro 1 en el anexo), aumentando el costo casi en un 500 % en diez años. (Costos operativos al 2010 pueden observarse en cuadro 2 en el anexo).

### Validación de los niveles de producción, calidad y costos de producción de heno de pasto Transvala bajo riego.

La validación del comportamiento comercial de la tecnología de producción de heno de pasto Transvala se realizó sólo en la finca N° 2, ya que por el pequeño tamaño del área de Transvala de la otra finca, se dificultó encontrar servicio de maquinaria de henificación que lo hiciera con la puntualidad que se requería.

#### Producción

En el siguiente Cuadro 5 se muestran las fechas y número de cortes, niveles de fertilización utilizados y el resultado económico logrado en la finca.

**Cuadro 5.** Manejo y producción alcanzado por Floriberto Esquivel durante el primer ciclo de producción. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Fecha Siembra =<br>2 agosto 2000 |                        | Periodo Producción<br>= 9 meses |                  |
|----------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------|
| FECHA<br>COSECHAS                | PRODUCCION<br>N° PACAS | kg N/ ha                        | N° PACAS/ ha     |
| NOV. 23                          | 800                    |                                 | 160              |
| ENE. 3                           | 930                    | 99                              | 186              |
| FEB. 20                          | 1 070                  | 99                              | 214              |
| ABR. 10                          | 1 300                  | 99                              | 260              |
| MAY. 27                          | 1 485                  | 60                              | 297              |
| AGO 18                           | 975                    | 58                              | 195              |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>6 560</b>           | <b>415</b>                      | <b>1 312</b>     |
| <b>VALOR ¢ 600</b>               | <b>3 936 000*</b>      |                                 | <b>787 200**</b> |
| <b>/ PACA</b>                    |                        |                                 |                  |

\* A valores actualizados al 2011 el valor de esta producción (¢1 750/ paca) es de ¢11 515 000 total \* y de ¢2 296 000/ ha\*\*

Se logró hacer los cortes cada 45-50 días y se aplicaron los niveles de fertilización recomendados. Fue necesario, sin embargo, un riego semanal y en algún momento hasta dos riegos por semana, como se previó, dadas las características edafológicas más francas

de la zona que los suelos de la estación experimental. Como se puede observar en el Cuadro anterior, por obvias razones, las primeras cosechas después de la siembra del Transvala fueron de producción baja (y de baja calidad por el contenido alto de malezas). Conforme los cortes se fueron realizando, el cultivo se fue volviendo más denso y productivo. Para el caso en estudio, hasta en el quinto corte, se logró la meta de las 300 pacas/ ha. Estas pacas en promedio tuvieron un peso de 17 kg, tamaño deseable para su comercialización (15 a 20 kg).

Para que las comparaciones resulten adecuadas, deben hacerse a partir del momento que se logre estabilizar la producción en 300 pacas/ ha. Debe considerarse también que las estimaciones de comparación se hacen sobre la base de cuatro cortes, sin embargo, en el presente caso, a mayo ya se habían hecho cinco cortes, debido a que este fue un año bueno desde el punto de vista climático para la actividad de la henificación, donde el verano entró temprano en noviembre y el invierno entró tarde en mayo. Sin embargo, se produjeron 6 560 pacas, casi las 7 000 que de 5 ha en producción total, podrían lograrse según la tecnología bajo validación, aunque en finca, se lograron con menores tasas productivas, pero con más cortes.

**Cuadro 6.** Comparación de costos y rentabilidad real del productor Floriberto Esquivel y la E.E.E.J.N., durante el primer ciclo de producción. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| RUBRO                             | COSTO FINCA (¢)     | COSTO E.E.E.J.N. (¢) |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------|
| Fertilizantes *                   | 516 200,00          | 316 634,00           |
| Servicio de agua                  | 112 500,00          | 112 500,00           |
| Manejo de riegos                  | 22 500,00           | 22 500,00            |
| Servicio de henificación          | 1 312 000,00        | 1 400 000,00         |
| Almacenaje de pacas               | 30 000,00           | 32 000,00            |
| Control de malezas                | 90 000,00           | 90 000,00            |
| Establecimiento 10 años vida útil | 60 250,00           | 77 700,00            |
| <b>TOTAL</b>                      | <b>2 158.000,00</b> | <b>2 052 361,50</b>  |
| <b>Ingreso total neto</b>         | <b>1 778 000,00</b> | <b>2147 638,50</b>   |
| <b>Ingreso neto por hectárea</b>  | <b>355 600,00**</b> | <b>428 500,00</b>    |

\*Productor usó 5,2 qq y Estación experimental 4,0 qq de nitrato de amonio/ha/corte

\*\*A valores actualizados al 2011 el ingreso neto en finca sería de ¢2 296 000,00 - ¢592 220,00 = ¢1 703 780,00 (\$308).

Teniendo en cuenta las consideraciones apuntadas anteriormente y tomando los resultados de los cálculos comparativos como una buena aproximación, podemos decir, que los resultados a nivel de investigación en términos biológicos se pueden alcanzar en un 94 % (6 560/ 7 000 pacas) y en términos económicos en un 83 % (¢355 600,00/ ¢428 500,00).

Se puede concluir, por lo tanto, que los resultados obtenidos en la estación experimental son reproducibles, en más de un 80 %, a nivel de finca comercial, con lo cual esta tecnología se debe transferir a los pequeños productores del Distrito de Riego Arenal Tempisque.

Esta conclusión está reforzada por las consideraciones hechas en la introducción del presente documento, en donde se describe el tipo de mercado de heno para crisis por clima, existente en el país, y como el heno de riego podría abrir la posibilidad de un mercado de calidad para la producción animal y capturar el mercado actual existente de pacas de

mala calidad. El mercado podría ampliarse a clientes nuevos en fincas lecheras y ganado de engorde estabulado. Pero antes, para ello debe ponerse esta clase de producto en el mercado en cantidades apreciables para cambiar la cultura hacia un mercado por calidad.

#### **Validación de la producción y calidad, del heno de pasto Transvala, como respuesta a la edad de rebrote y a la fertilización nitrogenada, bajo condiciones de riego.**

#### **Contenido de materia seca del forraje.**

La fuente de nitrógeno, sea esta nitrato de amonio o urea y la aplicación en dosis iguales o incrementales, no afectaron el contenido materia seca del forraje, mientras que el nivel de fertilización de cualquiera de las fuentes de nitrógeno sí la afectó ( $P < 0,001$ ) como se observa en el Cuadro 7.

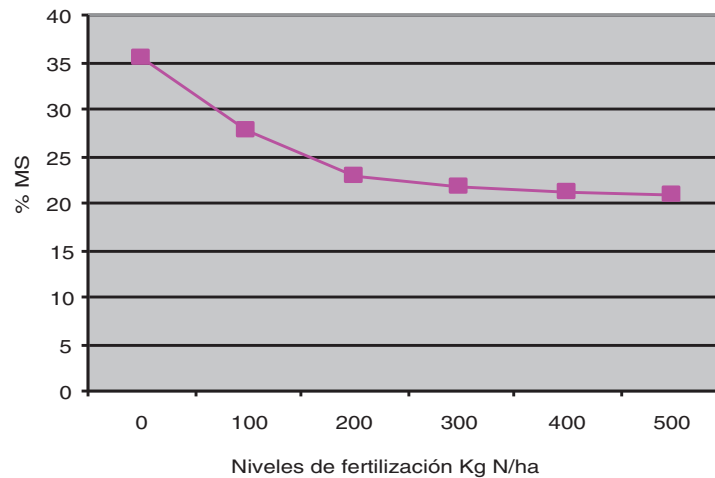
**Cuadro 7.** Contenido materia seca del forraje según niveles de fertilización. Guanacaste, Costa Rica.2000.

| Variables | NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA (kg/ ha) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-----------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|           | EEM*  | 0                 | 100               | 200               | 300               | 400               | 500               |
| % MS      | 2,91  | 35,4 <sub>a</sub> | 27,7 <sub>b</sub> | 22,8 <sub>c</sub> | 21,6 <sub>c</sub> | 21,2 <sub>c</sub> | 21,0 <sub>c</sub> |

\* EEM = error estándar de la media

Medias con letras diferentes son diferentes entre sí (P<0,001).

Este resultado concordó con las observaciones hechas en anteriores estudios a nivel de finca experimental (Morales *et al.* 2006 a y b). En el análisis de estos resultados por regresión múltiple se mostró un efecto cuadrático (R2 = 74 %) según la función  $y = 34,925 - 0,07956073x + 0,00010798x^2$ , (Figura 3).



**Figura 3.** Respuesta del pasto Transvala a la fertilización nitrogenada. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

A mayor nivel de fertilización, el contenido de materia seca del forraje disminuyó, entre 0 y 200 kg de N/ ha la tasa de reducción es particularmente alta.

### Producción de forraje.

Igual que en el punto anterior, la fuente y la dosificación del nitrógeno no afectaron la producción de forraje. El nivel de fertilización, por el contrario tuvo un fuerte efecto sobre este parámetro, (Cuadro 8).

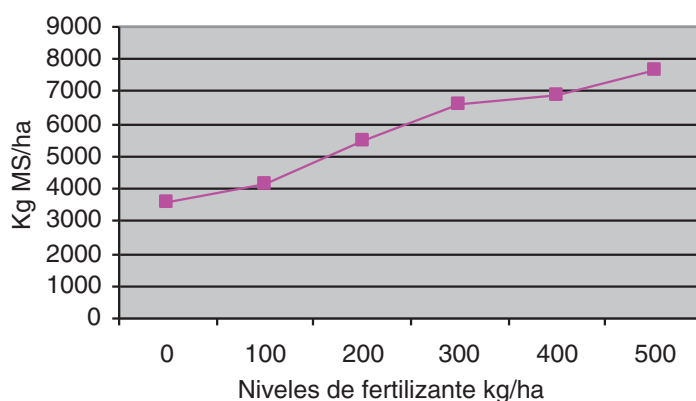
**Cuadro 8.** Producción de forraje en base seca según niveles de fertilización. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Variables | NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA (kg/ ha) |                      |                      |                      |                      |                       |                      |
|-----------|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|           | EEM*  | 0                    | 100                  | 200                  | 300                  | 400                   | 500                  |
| kg MS/ ha | 990,80  | 3560,40 <sub>d</sub> | 4155,60 <sub>d</sub> | 5511,10 <sub>c</sub> | 6643,10 <sub>b</sub> | 6873,60 <sub>ab</sub> | 7634,90 <sub>a</sub> |

\*EEM= error estandar de la media

Medias con letras diferentes son diferentes entre sí (P<0,001).

El aumento no fue significativo sino hasta el nivel de los 200 kg de N/ ha, mientras que en la estación experimental se observaron este tipo de diferencias desde el nivel de los 100 kg de N/ ha, como se puede observar más fácilmente en el gráfico siguiente, Figura 4.



**Figura 4.** Respuesta del pasto Transvala a la fertilización nitrogenada. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

En este estudio de validación en finca, aún a 500 kg de N/ ha no se lograron observar rendimientos decrecientes del fertilizante, que sí se pudieron notar bajo las condiciones de la estación experimental. Al contrario, se detectó una tendencia casi lineal en el comportamiento de este efecto ( $R^2 = 54,80 \%$ ), explicado por la función  $y = 3617,86 + 8,47x$ .

#### Contenido de proteína cruda del forraje.

La fuente y la dosificación del nitrógeno no afectaron el contenido de proteína del forraje. Como todas las observaciones de investigación anteriores (Morales et al. 2006 a y b), la proteína sí varió según el nivel de fertilización. Nada más que en este caso, el máximo contenido se alcanzó a los 200 kg N/ ha, nivelándose de aquí en adelante (Cuadro 9).

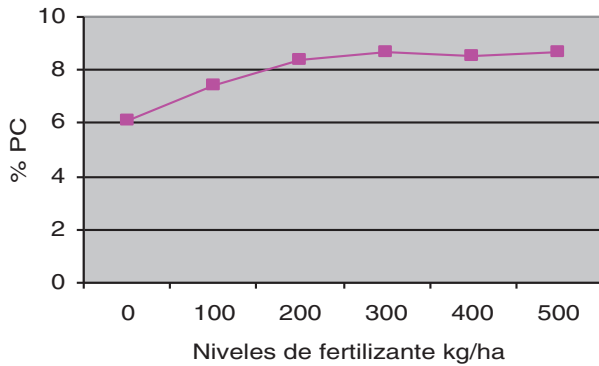
**Cuadro 9.** Contenido de proteína cruda del forraje según niveles de fertilización. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Variables | EEM* | NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA (kg/ ha) |        |        |        |        |        |
|-----------|------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|           |      | 0   | 100    | 200    | 400    | 500    | 300    |
| % PC      | 0,91 | 6,08 c  | 7.42 b | 8,41 a | 8,55 a | 8,64 a | 8,69 a |

\*EEM= error estandar de la media

Medias con letras diferentes son diferentes entre sí ( $P < 0,001$ ).

Lo cual se puede observar claramente en el gráfico siguiente (Figura 5).



**Figura 5.** Respuesta del pasto Transvala a la fertilización nitrogenada. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

#### Contenido de fibra del forraje.

El contenido de fibra neutro detergente no fue afectada por ninguna de las variables evaluadas, manteniéndose una media de 65,70 % en todas las muestras.

Por el contrario, la fibra ácido detergente sí se vio afectada por el nivel de fertilización ( $P < 0,001$ ). El comportamiento aparentemente lineal y positivo, sin embargo, no fue corroborado estadísticamente ( $R^2 = 32,5\%$ ).

**Cuadro 10.** Contenido de fibra ácido detergente del forraje según niveles de fertilización. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Variables | NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA (kg/ha) |         |         |         |          |          |         |
|-----------|--|---------|---------|---------|----------|----------|---------|
|           | EE   | 0       | 100     | 200     | 300      | 400      | 500     |
| % FAD     | 1,94   | 46,09 d | 48,32 c | 50,97 b | 51,63 ab | 52,67 ab | 52,97 a |

Medias con letras diferentes son diferentes entre sí ( $P < 0,001$ ). EE = error estándar.

#### Análisis de los niveles de nitritos y nitratos en las aguas de percolación,

Toda actividad productiva tiene que ser socio-económicamente viable, pero ante todo tiene que ser ambientalmente sostenible. Cuando se importan e incorporan insumos a la finca para mejorar la producción, se debe tener la certeza, de cuál debe ser el límite máximo de uso de ese insumo, para así mantenerse dentro de los límites inocuos para el ambiente y como consecuencia, para el ser humano y los animales. En este sentido, se debe ser aún más suspicaz cuando el insumo de que se trate, es de origen inorgánico como los agroquímicos, aunque las excretas de los animales y otras sustancias orgánicas podrían también aportar a la concentración de sustancias tóxicas en el medio.

Los fertilizantes inorgánicos y en particular los nitrogenados vinieron a revolucionar la agricultura moderna (la revolución verde). Como tales son de importancia capital, sin embargo, se reconocen los efectos contaminantes de su abuso. Los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) son los dos derivados más importantes de la aplicación de fertilizantes.

La aplicación de fertilizantes nitrogenados a pastos, toma varias direcciones, absorción

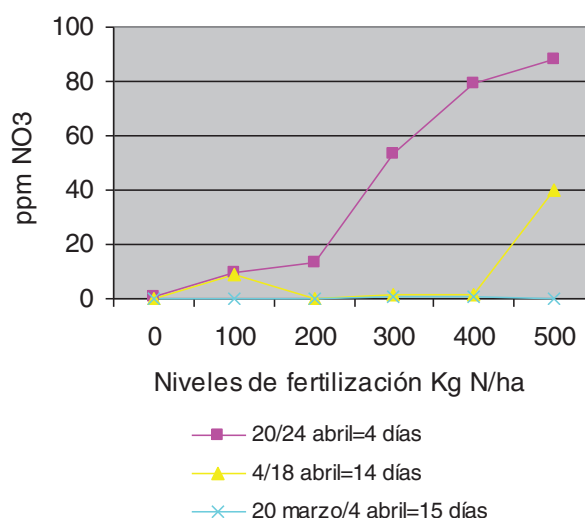
por las raíces de las plantas, inmovilizado en la materia orgánica del suelo o disperso al ambiente. Cuatro diferentes procesos juegan un rol en la pérdida de nitrógeno de la zona radicular: desnitrificación, resultando en emisiones de  $N_2$  y  $N_2O$  a la atmósfera, volatilización de  $NH_3$ , lixiviado como  $NO_3^-$  en el subsuelo ó perdido por escorrentía.

Los nitratos y nitritos son solubles en agua y por lo tanto se mueven con el agua. Los nitratos, menos tóxicos que los nitritos, se presentan en el agua o alimentos en concentraciones mucho más altas. El nitrato agregado al ó producido en el suelo, puede lixiviarse o lavarse por escorrentía. Los excesos de nitratos se les encuentran acumulados en las aguas del subsuelo en áreas bajas. La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos tiene dentro de los estándares de agua potable un máximo de 10 mg/ L de nitratos y 1 mg/ L de nitritos (Undersander 2001), como concentraciones seguras, tanto para humanos como para animales. Dentro de las fuentes de contaminación de aguas con este componente está la fertilización.

También pueden ocurrir altas concentraciones de nitratos en los forrajes a consecuencia de la aplicación de fertilizantes, así como a la cantidad de fertilizante aplicado, y a otros factores como temperatura y tiempo transcurrido entre la aplicación y el muestreo. En algunas especies de pastos en otros países se ha observado poca acumulación de nitratos cuando la tasa de fertilización es menor a 300 kg de N/ ha/ año. Sobre tasas de 450 kg de N/ ha/ año si se observan concentraciones críticas. Una concentración de cerca de 0,4 % (4 000 ppm) de N- $NO_3$  es considerado potencialmente tóxico para rumiantes (Whitehead 1995). Los métodos para valorar las cantidades de N lixiviado del suelo pueden ser mediante lisímetros, el muestreo de suelo o solución del suelo a varias profundidades (método utilizado en el presente estudio) ó el análisis de las aguas de drenajes en el campo (Whitehead 1995).

En el presente estudio, las muestras para determinar la concentración de nitratos en la

solución del suelo se tomaron a los 4, 14 y 15 días después de la aplicación del nitrato de amonio ( $NH_4NO_3$ ), durante tres aplicaciones continuas separadas 15 días entre sí (20 marzo, 4 abril y 20 abril). La idea fue la de tener la oportunidad de observar el comportamiento de los nitratos en esos rangos de tiempo. Aunque se encontraron efectos principales debido a fecha de muestreo y niveles de fertilización, estos quedaron relegados por la interacción entre fecha y nivel de fertilización ( $P < 0.01$ ), como se puede observar en la Figura 6.

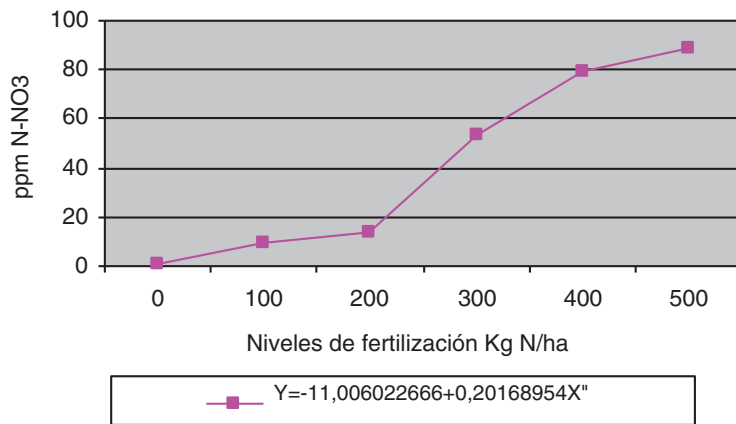


**Figura 6.** Interacción entre el intervalo de muestreo de los niveles de fertilización y el contenido de los nitratos del suelo. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

Cuatro días después de la aplicación del fertilizante, el efecto, particularmente de los niveles arriba de los 200 kg N/ ha, alcanzaron concentraciones muy altas de nitratos en la solución del suelo. Sin embargo, 14 días después de la aplicación del fertilizante, las concentraciones de nitratos en la solución del suelo vuelven a ser bajas, con excepción del nivel de 500 kg de N/ ha, que permaneció arriba de los rangos mínimos aceptados. Esta última observación no fue consistente, sin embargo, pues no se repitió en el otro muestreo de 15 días.



El resultado observado a los cuatro días del muestreo, indica un comportamiento casi lineal ( $R^2 = 62,60\%$ ) de los niveles de fertilización y la concentración de nitratos en la solución del suelo (Figura 7).



**Figura 7.** Concentración de nitratos en la solución del suelo cuatro días después de la aplicación de nitrógeno. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

También se debe considerar la posibilidad de que, en el muestreo a los cuatro días de aplicación del fertilizante, hubiera un efecto acumulativo ya que los muestreos se realizaron en el siguiente orden:

**Cuadro 11.** Características de los muestreos de solución del suelo. Guanacaste, Costa Rica. 2000.

| Fecha Aplicación N | Fecha de Muestreo  | Aplicaciones Acumuladas | Nivel Acumulado N (dosis crecientes) |
|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 20 marzo           | 4 abril = 15 días  | 1                       | 0, 17, 33, 50, 67, 83                |
| 4 abril            | 18 abril = 14 días | 2                       | 0, 50, 100, 150, 200, 250            |
| 20 abril           | 24 abril = 4 días  | 3                       | 0, 100, 200, 300, 400, 500           |

Más trabajos en esta materia se requieren, para dar un seguimiento de mediano plazo, al menos, y así ponerle los límites adecuados, para que esta sea una tecnología ambientalmente sostenible. Como medidas de precaución para la protección ambiental y según indican los resultados hasta aquí obtenidos, la tecnología del heno de pasto Transvala bajo riego y fertilizado, no debiera trabajar con niveles de fertilización nitrogenada arriba de los 100 kg de N/ ha/ corte.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El presente trabajo de validación de la tecnología, para la producción de heno de pasto Transvala de calidad superior, en sistemas bajo riego, abordó la evaluación a nivel de finca desde el método de siembra del cultivo y sus costos, el establecimiento hasta producción, y los procesos de manejo de lotes para henificación, costos y rentabilidad.

Se modificaron prácticas de preparación del suelo, acordes con la infraestructura existente en el Distrito de Riego.

También se validó la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada, al manejo de 45 a 50 días de rebrote, en términos de producción de forraje y valor nutritivo. Algunas variantes de la tecnología original también se incorporaron como fue la comparación entre dos fuentes de nitrógeno, urea y nitrato

de amonio, dosificación del fertilizante en tres aplicaciones iguales y en cantidades incrementales. También se adaptó el número de riegos a las condiciones físicas de los suelos. Se corroboraron los resultados de la Estación Experimental plenamente en lo que se refiere a lo mencionado en este párrafo.

Finalmente, se evaluó el efecto de las prácticas recomendadas por la tecnología en términos de su efecto en la concentración de sustancias contaminantes en la solución del suelo, particularmente en forma de nitratos. El trabajo tomo dos años en su ejecución 2000-2001.

Los resultados de este proceso de evaluación indicaron que la tecnología desarrollada en la estación Enrique Jiménez Núñez, para la Industrialización del heno de pasto Transvala en el Distrito de Riego, se aplicó comercialmente con ligeras modificaciones.

El método de establecimiento se mantuvo igual, más bien reduciendo un poco la intensidad de ciertas labores, a causa de la oportunidad de este cultivo para utilizar la infraestructura del arroz sin mayores problemas, lo cual causa una favorable reducción en costos de establecimiento. Se reproduce la observación de la estación experimental, de que la tecnología tiene naturalmente, un autocontrol de malezas debido al corte frecuente del cultivo, el cual las malezas comunes de la zona no soportan. Desde luego, deben existir unos controles mínimos, particularmente en invierno, cuando el cultivo está prácticamente inactivo.

Se logró comprobar los rendimientos, calidad del producto, costos y rentabilidad de la actividad sobre el 80 %, aún en conocimiento de que esta primera etapa en que se evaluó el sistema en finca comercial está en fase de consolidación y desarrollo.

Finalmente, el proceso de validación permitió una evaluación que no se había hecho antes y que consistió en determinar que los niveles de fertilizante a aplicar, no deben sobrepasar los 200 kg de N/ ha/ corte. Esto ya que se

evidenció la posibilidad de incrementar la concentración de sustancias contaminantes como los nitratos, a consecuencia de la fertilización sobre esas cantidades y que como precaución para la protección ambiental es recomendable quedarse, con los niveles de respuesta biológica y económica indicados por los estudios previos (Morales et al. 2006 a y b), al presente, que recomendaron tasas de fertilización nitrogenada entre 65 y 100 kg de N/ ha/ corte.

En conclusión el estudio mostró la factibilidad biológica, económica y ambiental para proceder a transferir esta tecnología. Es precisamente las necesidades de nuevas opciones tecnológicas de los pequeños productores del DRAT y el momento oportuno en que ésta se presenta, que la da la viabilidad social a la misma.

## LITERATURA CITADA

- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2003. Ruminant Livestock and the Global Environment. Disponible en: <http://www.epa.gov/rlep/sustain.htm>. 3 p.
- Goering, H. K., van Soest, P. J. 1970. Forage fibre analysis. Agricultural handbook N° 379. USDA, Washington, D.C.
- Gomez, V. O. 2002. Estudios semidetallados de suelos del DRAT, Guanacaste. San José, C.R. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. P 30.
- Hancock, J.R., Hargreaves, H.G. 1977. Precipitación, clima y potencial para producción agrícola en Costa Rica. International Irrigation Center. Agricultural and Irrigation Engineering Dept. Utah State University. P 160.
- Morales, J., Acuña, V. y Cruz, A. 2003. Industrialización del Heno de Calidad en Sistemas Bajo Riego en Costa Rica. INTA. Costa Rica. P 79.
- Morales, J, Cruz, A., Acuña, V, 2006.a Efecto del estado de madurez y la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. Transvala) para henificación bajo condiciones de secano. Alcances Tecnológicos. Año IV, N° 1. p 37-44

- Morales, J, Acuña, V, Cruz, A., 2006.b Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto transvala (*Digitaria decumbens* cv. Transvala) para henificación, bajo condiciones de riego. Alcances Tecnológicos. Año IV, N° 1. p 45-51.
- Morales, J, Acuña, V, Cruz, A. 2003. Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. Imprenta Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería). p 77.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D.. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4 ed. Nueva York, USA. Macmillan. P 560.
- Undersander, D. 2001. Does forage quality pay. Proceedings of the AMER. Forage and sGrasland. Council. Springdale, AR. Texas, USA. P120-125
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26:119.
- Whitehead, D.D. 1995. Grassland Nitrogen. CAB Intl. England. p397.

## ANEXO.

**CUADRO 1.** Costos de siembra y establecimiento de pasto Transvala (*Digitaria eriantha*) en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque. Bagaces, Guanacaste. 2011.

| Componentes                                    | Precios Ajustados  |
|--|--------------------|
| <b>1. Servicio de mecanización</b>             | <b>¢ 100 000,0</b> |
| • 1 pase rastra                                |                    |
| • 2 pases de fanguadora                        |                    |
| <b>2. Semilla</b>                              | <b>¢ 176 700,0</b> |
| • Semilla                                      | • 100 000,0*       |
| • Corte (4 peones X 8.7 hr X ¢ 1200)           | • 43 200,0         |
| • Transporte semilla                           | • 33 500,0         |
| <b>3. Siembra</b>                              | <b>¢ 181 500,0</b> |
| • Mano de obra (7 peones x 20 hr x ¢ 1066)     | • 168 000,0        |
| • Transporte peones                            | • 13 500,0         |
| <b>4. Fertilización</b>                        | <b>¢ 60 600,0</b>  |
| • Fertilizante (2.5 sacos 10-30-10 X ¢ 24.000) | • 47 500,0         |
| • Aplicación                                   | • 3 100,0          |
| <b>5. Control malezas</b>                      | <b>¢ 54 620,0</b>  |
| • Hierbidas (2,4-D+Ally+Pega+Round-up)         | • 20 820,0         |
| • Aplicación                                   | • 33 800,0         |
| <b>6. Limpia de bordos (chapia)</b>            | <b>¢ 18 800,0</b>  |
| <b>COSTO TOTAL / ha</b>                        | <b>¢ 592 220,0</b> |

No hay costos por hechura de bordos, rastra o rufa porque el establecimiento de este cultivo para heno utiliza la misma infraestructura existente para arroz y las siembras se recomiendan ahora hacerlas durante el invierno, porque hay mayor disponibilidad de semilla y el establecimiento es mucho más efectivo y seguro en este periodo pues la semilla es de mayor calidad y pega mejor. Precios : \* ¢2000/paca semilla, hora jornal ¢ 1200, saco 10-30-01 ¢19 000,0 mesulfuron methyl 15 gr/ha o Ally ¢ 1800, pega ¢3 000,0, 2,4-D ¢4.680/lt, Round-up ¢3.330/lt.

**Cuadro 2.** Costos operativos de producción de heno de pasto Transvala (*Digitaria eriantha*) solo bajo riego en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque. Bagaces, Guanacaste. 2011.

| Componentes  | Costos corte diciembre     | Costos cortes riego        |
|--|----------------------------|----------------------------|
| <b>1. Fertilización</b><br>• Transvala                               | ¢ 0,0                      | ¢ 81 400,0                 |
| <b>2. Canon SENARA por agua</b><br>• ¢ 20.000,0/ha /semestre         | ¢ 20 000,0                 | ¢ 20 000,0                 |
| <b>3. Mantenimiento de bordos</b><br>• Mano de obra ( 3 días peón)   | ¢ 21 000,0                 | ¢ 21 000,0                 |
| <b>4. Manejo de riegos</b><br>• Mano de obra                         | ¢ 0,0                      | ¢ 33 800,0                 |
| <b>5. Servicio de henificación</b><br>• ¢ 550.0 / paca               | 400 X 550 =<br>¢ 220 000,0 | 600 X 550 =<br>¢ 330 000,0 |
| <b>6. Almacenaje de pacas ¢150/paca</b>                              | ¢ 60 000,0                 | ¢ 90 000,0                 |
| <b>7. Control de malezas</b>   | ¢ 21 000,0                 | ¢ 7 000,0                  |
| <b>8. Inversión inicial (10%)</b>                                    | ¢ 29 610,0                 | ¢ 29 610,0                 |
| <b>COSTO TOTAL / ha/subsistema</b>                                   | <b>¢ 371 610,0</b>         | <b>¢ 612 810,0</b>         |
| <b>COSTO TOTAL/ha ciclo producción</b>                               | <b>¢ 984.420,0</b>         |                            |
| <b>Costo /paca</b>   | <b>¢ 929,0</b>             | <b>¢ 1 021.4</b>           |
| <b>Precio mínimo de mercado / (30 % utilidad)/paca <sup>1</sup></b>  | <b>¢ 1 327,0</b>           | <b>¢ 1 459,0</b>           |
| <b>Precio promedio ponderado para periodo (30 % utilidad mínima)</b> | <b>¢ 1406,2</b>            |                            |

<sup>1</sup>Costos sobre la base de 4 cortes (400 pacas secan en diciembre y 3 cortes – 200/corte - de verano con riego), 1000 pacas producidas en total durante el ciclo por hectárea, servicio de maquinaria por paca ¢550,0, fertilización por corte 4 sacos nitrato de amonio y bianual de 2 sacos de 10-30-10 , ¢21000 aplicación del fertilizante. Cálculos con base a producción mínima aceptable, la máxima alcanzable es de 1400 en transvala solo. Bajo estas condiciones de máxima producción el precio ponderado para una utilidad mínima del 30 % es de ¢ 1290,2, es decir el negocio aguantaría una reducción de precios de hasta un 10 %, comparado con la producción de 1000 pacas/ha y aún así la rentabilidad por ha aumentaría en un 28,5 % pasando de ¢ 421780 a ¢ 542.000,0 por hectárea. Hasta 2009 y particularmente el 2008 se pagaron precios en finca de hasta ¢ 2000/paca, es decir el negocio fue excelente, sin embargo, en el 2010 y a consecuencia de esos precios, muchos ganaderos no productores de heno, cosecharon heno, además de una finca grande que había entrado en el negocio en el 2007, crearon una sobreproducción trayéndose el precio de ¢ 1000.

# EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE *Steneotarsonemus spinki* EN PLANTAS HOSPEDANTES

Jean Alexander Gamboa Tabares<sup>1</sup>, Ruth León González<sup>2</sup>, Víctor Manuel Cartín Leiva<sup>3</sup>  
José Francisco Álvarez Bonilla<sup>4</sup>, Israel Garita Cruz<sup>5</sup>

## RESUMEN

El ácaro del arroz *Steneotarsonemus spinki* Smiley se encontró en Costa Rica en el año 2004, como parte del complejo de organismos causantes del vaneado de la panícula y la pudrición de la vaina de arroz. Con el fin de evaluar la sobrevivencia de este ácaro en las plantas hospedantes *Oryza sativa*, *Oryza latifolia* y *Echinochloa colona*, se desarrollaron dos estudios bajo condiciones de invernadero e in vitro durante los meses de octubre y noviembre de 2007, en la Hacienda La Ligia, ubicada en la región arrocera Pacífico Central de Costa Rica. Se estudió en invernadero la sobrevivencia, crecimiento poblacional y estructura poblacional a partir de infestaciones, directa y voluntaria del ácaro. En el ensayo de invernadero se realizaron muestreos durante 18 días cada 24 horas con ayuda de un estereoscopio, y se cuantificó el número de individuos de *S. spinki* encontrados por cada etapa de desarrollo en cada especie. El ácaro completó su ciclo de vida en *O. sativa* y *O. latifolia*, y en la especie arvense *E. colona* solo se observaron hembras, huevos y larvas móviles. Se obtuvieron tres tasas de sobrevivencia: TE (Tasa de establecimiento): 1,70 y 0,79; TFS (Tasa finita de sobrevivencia): 3,54 y 4,53; TIS (Tasa instantánea de sobrevivencia): 1,08 y 1,34; para *O. sativa* y *O. latifolia*, respectivamente; y dos tasas de crecimiento poblacional: r1 (Tasa media de crecimiento): 18,19 y 22,51; r2 (Tasa de crecimiento per capita): 0,60 y 0,69; para *O. sativa* y *O. latifolia*, respectivamente. El ácaro tuvo un crecimiento poblacional de tipo exponencial durante el período de evaluación. En el ensayo in vitro se realizaron muestreos cada 12 horas y se obtuvo una duración media del ciclo de vida de *S. spinki* desde huevo hasta adulto de siete días a temperatura de 25° C. La mortalidad durante el ciclo de vida fue de 62 %, 74 % y 100 %, para *O. sativa*, *O. latifolia* y *E. colona*, respectivamente. Se concluyó que *S. spinki* solo se presenta como planta hospedante alterna en los campos de arroz en Costa Rica, la especie arvense *O. latifolia*; y *E. colona* es una planta hospedante ocasional que permite el refugio transitorio por cortos períodos de tiempo.

**Palabras clave:** *Oryza sativa*, *Oryza latifolia*, *Echinochloa colona*, crecimiento, estructura poblacional, invernadero.

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

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigación e Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Correo electrónico: rleon@inta.com Dpto. Investigación e Innovación Teléfono: (506)2231- 5055.

<sup>3</sup> Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Teléfono: (506)2277-3298. Correo Electrónico: vcartin@una.ac.cr

<sup>4</sup> Equipo de Extensión Agrícola. Dirección Regional Chorotega. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Teléfono: (506)2666-0261

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

## INTRODUCCIÓN

El ácaro *Steneotarsonemus spinki* es una especie oriunda del sudeste asiático (Ramos y Rodríguez 1997) que se señaló por primera vez en Costa Rica en el año 2004 (Barquero 2004), como una plaga del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). Se encuentra asociado estrechamente al patógeno fúngico *Sarocladium oryzae* Sawada (Sandoval et al. 1998). Ambos organismos forman el complejo causante del vaneado de la panícula y la pudrición de la vaina de arroz, el cual ha provocado pérdidas en Costa Rica de hasta el 100 % en algunas áreas (Correa-Victoria 2006).

Las medidas de combate del ácaro implementadas en diferentes países, han sido dirigidas al manejo adecuado del cultivo y uso de variedades resistentes. El control biológico aunque potencialmente útil, no ha podido ser adoptado debido a diferentes problemas en el manejo y eficiencia de los productos utilizados, así como aspectos relacionados con el ciclo de vida del ácaro, su ubicación en la planta, y las altas poblaciones desarrolladas. Se ha informado que el combate químico sobre las poblaciones del ácaro es bajo, y la mayoría de los productos son altamente tóxicos a los enemigos naturales. En general, los ácaros desarrollan rápidamente resistencia a los acaricidas, por lo que se recomienda utilizar diferentes productos y de forma alterna. El manejo cultural sigue siendo el método más eficiente para el control del ácaro (Correa-Victoria 2006).

Dentro de las prácticas culturales eficientes en los programas de manejo del ácaro, se encuentran la eliminación de los residuos de cosecha y de plantas arvenses asociadas a los campos de arroz. En campos arroceros de Costa Rica, se ha determinado la presencia de *S. spinki* en las especies arvenses *Oryza latifolia*, *Echinochloa colona*, *Eleusine indica* y *Rottboellia cochinchinensis*. Hasta la fecha, no han sido realizados estudios similares que permitan determinar la relación de estas especies hospedantes, con respecto a la sobrevivencia del ácaro.

Con respecto a la biología y comportamiento poblacional de *S. spinki*, se sabe que el ciclo de vida incluye, al igual que en el resto de los tarsonémidos, la presencia de tres estadios: huevo, larva (comprendiendo un período de quiescencia) y adulto, así como la existencia de un mecanismo sexual haplo-diploide. Chen *et al.* (1979) plantean además que la duración del ciclo de vida en condiciones de laboratorio disminuye con el incremento de la temperatura, y que de igual forma ocurre para el período de puesta y la longevidad, la que es mayor en la hembra adulta. Santos et al. (1998) indicaron una duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de 5,1 días en condiciones ambientales de 29o C, la que debe ser similar bajo las condiciones de la región arrocerera Pacífico Central en Costa Rica.

Consideraciones de Almaguel *et al.* (2003), en cuanto a la estructura de población, incluyen que *S. spinki* en *O. sativa* presenta una tendencia similar para todas las edades. El aumento al final del ciclo del cultivo se explica por la relación nominal entre machos y hembras y con la población total; donde se observa que el incremento en la población adulta ocurre antes en las hembras (dos hembras por macho) y después en los machos (0,2 hembras por cada macho) y disminuyen los inmaduros. Esto reafirma el poder migratorio de las hembras y su fertilidad (arrenotoquia); máxima antes de ese intervalo, para además garantizar la reproducción sexual de los emigrantes como estrategia de sobrevivencia y perpetuación de la especie.

Teniendo en cuenta la necesidad de profundizar en aspectos relacionados con la biología del ácaro sobre posibles especies hospedantes alternas, se ha planteado como objetivo de investigación, evaluar la sobrevivencia, crecimiento y estructura poblacional de *S. spinki* en las plantas arvenses *O. latifolia* y *E. colona*; y la variedad de arroz comercial *O. sativa* var. Palmar 18. Lo anterior, permitirá determinar la relación de cada especie hospedante con los problemas provocados por el ácaro, bajo las condiciones agroecológicas de las zonas arroceras de Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de la sobrevivencia de *S. spinki* en tres plantas hospedantes (*O. sativa*, *O. latifolia* y *E. colona*) se realizó durante los meses de octubre (invernadero) y noviembre (in vitro) de 2007. Los experimentos se establecieron en la Hacienda La Ligia, ubicada en la provincia de Puntarenas, cantón Parrita, distrito La Julieta. La región arrocera Pacífico Central, presenta precipitación promedio de 3 000 mm anuales, altitud entre 0 – 100 m.s.n.m, temperatura de 25° C y humedad relativa de 85 %; ubicándose en la zona de vida bosque húmedo tropical transición a perhúmedo (Holdridge 1993).

### Sobrevivencia bajo condiciones de invernadero

El experimento se realizó en el invernadero de la Hacienda La Ligia bajo condiciones ambientales de humedad relativa (85 %) y temperatura (28° C) de la región. Se utilizaron 720 bolsas, con dimensiones de 15 cm de altura y 12 cm de diámetro, capacidad para 1,5 kg de sustrato, conteniendo las tres fuentes alimenticias (tratamientos) a evaluar: *Oryza sativa* L. var. Palmar 18, *Oryza latifolia* y *Echinochloa colona*.

Cada tratamiento consistió de 240 plantas en estado de primordio de la panícula (conocido como estado de embuchamiento), recolectadas en campos de arroz de la Hacienda La Ligia, verificados previamente sin presencia de *S. spinki*. El sustrato que se utilizó fue suelo extraído con cada planta de campos de arroz. El experimento tuvo un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Cada parcela experimental estuvo constituida por 60 plantas (seis plantas x 10 plantas) separadas entre parcelas a 1,4 m y entre bloques a 0,8 m, equivalente a una superficie de 33,3 m<sup>2</sup>. La unidad de muestreo fue de dos plantas contenidas en igual número de bolsas.

En el estudio se realizó infestación directa y voluntaria del ácaro, por lo que cada una de

las plantas fue objeto de dos procedimientos: 1) se tomaron plantas de arroz, se extrajeron vainas de hojas altamente infestadas por *S. spinki* y se colocaron a cada planta (en la lígula de la hoja bandera) del experimento, a tres centímetros de éstas (15 – 20 ácaros/ trozo vaina); 2) se colocaron al azar 10 plantas/ parcela experimental, altamente infestadas por *S. spinki*, para facilitar infestación voluntaria.

El riego fue realizado diariamente entre 6:00 y 8:00 am y entre 5:00 pm y 6:00 pm, con regadera manual. Se tuvo en cuenta durante cada riego, dejar las macetas inundadas para favorecer crecimiento de las plantas.

Se realizaron observaciones durante 18 días cada 24 horas (entre 10:00 am y 1:00 pm) con estereoscopio (Olympus Tokio Japan 219719) a 20X, y se hizo el conteo de individuos de *S. spinki* por cada etapa de desarrollo en dos plantas (tres secciones de vainas de hojas de tres centímetros a cada planta) por parcela experimental. Se cuantificó el número de individuos por estadio de desarrollo (huevos, estados inmaduros, adultos hembras y machos) en cada una de las plantas indicadas. La determinación de plantas hospedantes alternas de *S. spinki* se realizó de acuerdo con las condiciones óptimas de hábitat y alimentación ofrecidas por cada especie arvense, que permitió el desarrollo normal del ciclo de vida y la sobrevivencia del ácaro.

### Sobrevivencia

Para el análisis de la sobrevivencia de *S. spinki* en cada planta hospedante que se evaluó, se tuvieron en cuenta los siguientes estimadores:

**Tasa de establecimiento** (Kang-Chen y Chyi-Chen 1979)

$$TE = N_{hu} / N_{he}$$

Donde:

TE: Tasa de establecimiento

N<sub>hu</sub>: Número huevos en un período de tiempo dado

N<sub>he</sub>: Número hembras en un período de tiempo dado

**Tasa finita de sobrevivencia** (Anónimo 2005).

$$TFS = P_n / P_1$$

Donde:

TFS: Tasa finita de sobrevivencia

P<sub>n</sub>: Tamaño final de la población

P<sub>1</sub>: Tamaño inicial de la población

Tasa instantánea de sobrevivencia (Anónimo 2005)

$$TIS = \ln (P_n / P_1)$$

Donde:

TIS: Tasa instantánea de sobrevivencia

P<sub>n</sub>: Tamaño final de la población

P<sub>1</sub>: Tamaño inicial de la población

### **Crecimiento Poblacional**

El análisis de crecimiento poblacional de *S. spinki* en cada planta hospedante evaluada, incluyó los siguientes estimadores:

**Tasa media de crecimiento (%)** (FAO 2006)

La tasa de crecimiento, r (expresada en porcentaje), se calcula entre dos puntos de la serie cronológica usando la siguiente fórmula:

$$r_1 = [ \ln ( P_n / P_1 ) / n ] \times 100$$

Donde:

r<sub>1</sub>: Tasa de crecimiento

P<sub>n</sub>: Tamaño final de la población

P<sub>1</sub>: Tamaño inicial de la población

n: Número de días que compone el período

Tasa de crecimiento per cápita (FAO 2006)

$$r_2 = (P_n - P_1) / P_n$$

Donde:

r<sub>2</sub>: Tasa de crecimiento per cápita

P<sub>n</sub>: Tamaño final de la población

P<sub>1</sub>: Tamaño inicial de la población

### **Sobrevivencia *In Vitro***

El experimento se realizó *in vitro* bajo condiciones ambientales de humedad relativa (85 %) y temperatura (25° C) en la Hacienda La Ligia. Las unidades de cría fueron colocadas en una caja de cartón con 100 % de oscuridad, cuyo propósito fue simular las condiciones de oscuridad presentadas en las vainas de hojas de plantas de la familia Poaceae.

### **Recolecta y determinación de la especie**

Adultos del ácaro fitófago *S. spinki* fueron colectados en vainas de hojas de *Oryza sativa* variedad Palmar 18, en campos comerciales de la Hacienda La Ligia, ubicada en la región arrocera Pacífico Central. Las hojas se observaron bajo el microscopio estereoscópico para seleccionar los ácaros fitófagos, de los que fueron extraídos distintos ejemplares adultos para machos y hembras, y se colocó cada ejemplar en láminas microscópicas permanentes. La clave taxonómica de Smiley *et al.* (1993) fue utilizada para la identificación de la especie.

### **Ciclo de vida de *S. spinki***

La obtención de huevos del ácaro se realizó en diez cápsulas de Petri (8,9 cm de diámetro por 1,8 cm de alto), previamente se prepararon con algodón humedecido. Se colocaron 50 individuos (hembras y machos) en cada unidad de cría. Transcurridas 12 horas, las unidades de cría fueron observadas al estereoscopio para determinar el número de huevos/ unidad de cría, hasta obtener un total de 360 huevos.



El estudio del ciclo de vida de *S. spinki* se llevó a cabo en unidades de cría similares, con algodón de 0,5 cm de espesor, previamente humedecido para mantener la turgencia de las hojas. Sobre cada unidad de cría se colocó una sección de nudo y vaina de hojas de cada planta evaluada, con la cara interna hacia arriba y rodeado cada nudo por una banda de algodón humedecido. Para evitar el escape de los ácaros, se colocó en los bordes de cada vaina pequeñas porciones de vaselina.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, que consistió en tres tratamientos y cinco unidades de cría (repeticiones) para cada una de las fuentes alimenticias evaluadas. Se colocó en cada unidad experimental, diez huevos de *S. spinki*, y posteriormente fueron observados periódicamente cada 12 h para determinar el tiempo de duración de cada una de las etapas del ciclo de vida (huevo hasta adulto) del ácaro.

Las variables evaluadas en cada unidad experimental fueron: número de huevos, número de larvas móviles, número de larvas inactivas, machos adultos y hembras adultas. Igualmente se registró para cada etapa de desarrollo, el número de individuos muertos.

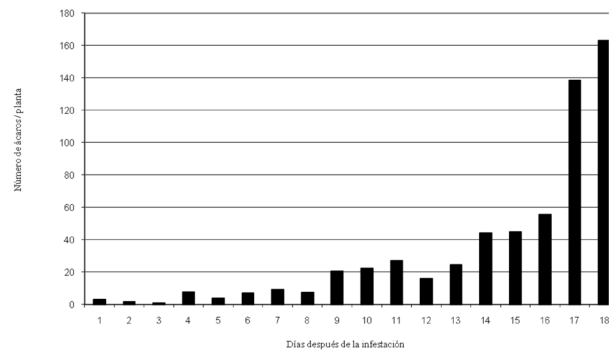
## RESULTADOS

### Sobrevivencia bajo condiciones de invernadero

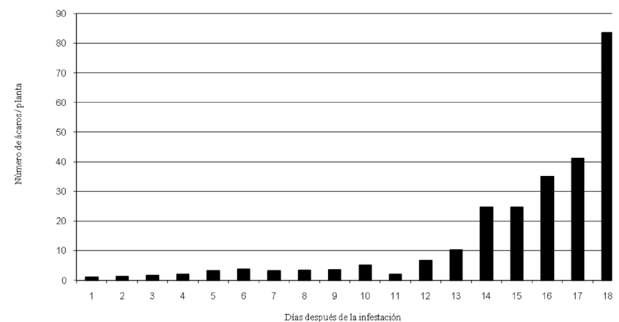
#### Sobrevivencia

Se evaluó durante 18 días la sobrevivencia de *S. spinki* y su crecimiento poblacional sobre *O. sativa*, *O. latifolia* y *E. colona*. Con respecto a la colonización por parte del ácaro, los resultados obtenidos para la especie *O. sativa*, indicaron que durante los primeros tres días se obtuvieron entre tres y seis ácaros por planta, los cuales correspondían a individuos adultos hembras. Se observó en el mismo período, menor número de hembras en *O. latifolia*, entre uno y cuatro individuos/ planta; y muy mínima la colonización en *E. colona* con promedio de una hembra por planta.

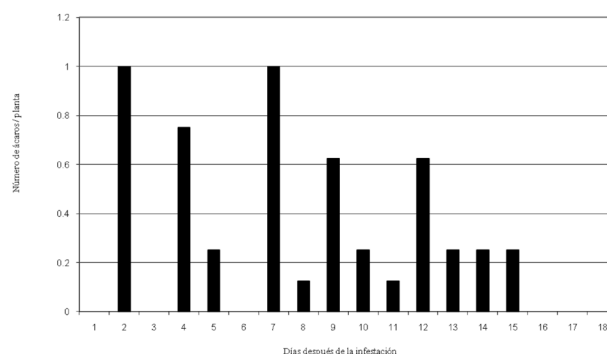
El aumento poblacional de *S. spinki* en las tres plantas evaluadas se muestra en las Figuras 1, 2 y 3. En *O. sativa* se contabilizaron durante todo el período de evaluación un total de 4 787 individuos, de los que corresponde el 44,1 % a huevos, 27,6 % a estados inmaduros, el 23,6 a hembras adultas y el 4,6 % a machos. La densidad máxima que se alcanzó para *S. spinki* fue de 163 ácaros/ planta en el día 18 de evaluación y la mínima de 1,1 ácaros/ planta en los primeros tres días donde se dio la colonización por parte del ácaro.



**Figura 1.** Densidad poblacional de *S. spinki* (número de individuos de todos los estadios/ planta) en plantas de *O. sativa* evaluadas bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.



**Figura 2.** Densidad poblacional de *S. spinki* (número de individuos de todos los estadios/ planta) en plantas de *O. latifolia* evaluadas bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.



**Figura 3.** Densidad poblacional de *S. spinki* (número de individuos de todos los estadios/ planta) en plantas de *E. colona* evaluadas bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Se contó un total de 2 050 individuos en la especie *O. latifolia*, de los que el 42,2 % correspondió a huevos, 29,9 % a hembras, 32,7 % a estados inmaduros y 4,2 % a machos. La densidad máxima alcanzada fue de 83,5 ácaros/ planta y la mínima de 1,13 ácaros/ planta.

En la especie *E. colona* se contabilizaron 44 individuos *S. spinki*, los que correspondieron a 29 hembras, 12 huevos y tres estados inmaduros en el estadio correspondiente a larva móvil. El mayor número de individuos observado fue de dos hembras y tres huevos en una planta.

Los resultados obtenidos con respecto a la calidad de las plantas evaluadas como hospedantes de *S. spinki*, indicaron que el ácaro solamente completa su ciclo de vida en las especies *O. sativa* y *O. latifolia*. Se presentaron diferencias en la densidad poblacional, donde *O. latifolia* solo hospedó el 42 % de la población total que se encontró en *O. sativa*. En la especie *E. colona* las hembras colonizaron en muy bajo número, colocaron pocos huevos, y las larvas móviles que emergieron no consiguieron llegar al estadio de larva inactiva.

Se obtuvieron tres tasas de sobrevivencia para *S. spinki* en las dos fuentes alimenticias *O. sativa* y *O. latifolia* (Cuadro 1). Es de mencionar que teniendo en cuenta el comportamiento poblacional de *S. spinki*, durante todo el ensayo, las tasas fueron calculadas para tres

períodos definidos de tiempo: 1-6, 7-12 y 13-18 días después de infestación.

La tasa de establecimiento fue una función de la reproducción y de la dispersión, y relacionó el número de huevos con el número de hembras presentes en una planta. Se observó que *S. spinki* presentó una menor tasa de establecimiento en *O. latifolia* que en *O. sativa*, lo que igualmente correspondió con la diferencia de la población acumulada encontrada en la planta arvensis.

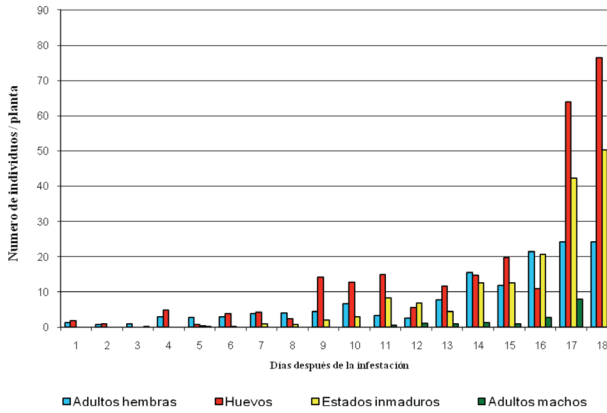
La tasa finita de sobrevivencia relacionó el tamaño final de la población con respecto al tamaño inicial, en períodos de tiempo dados. Esta relación indicó que aunque en *O. sativa* se observó en general una mayor población, el aumento proporcional de la población final con respecto a la inicial, fue mayor en *O. latifolia*. Similares resultados fueron obtenidos para la tasa instantánea de sobrevivencia.

**Cuadro 1.** Tasas de sobrevivencia de *S. spinki* en dos fuentes alimenticias bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

| Períodos de evaluación (días) | Tasa de establecimiento |                     | Tasa finita de sobrevivencia |                     | Tasa instantánea de sobrevivencia |                     |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
|                               | <i>O. sativa</i>        | <i>O. latifolia</i> | <i>O. sativa</i>             | <i>O. latifolia</i> | <i>O. sativa</i>                  | <i>O. latifolia</i> |
| 1 – 6                         | 1,0                     | 0,2                 | 2,3                          | 3,3                 | 0,8                               | 1,2                 |
| 7 – 12                        | 2,2                     | 0,3                 | 1,8                          | 2,1                 | 0,6                               | 0,8                 |
| 13 – 18                       | 1,9                     | 1,9                 | 6,6                          | 8,1                 | 1,9                               | 2,1                 |
| Media                         | 1,7                     | 0,8                 | 3,5                          | 4,5                 | 1,1                               | 1,3                 |
| DS*                           | 0,6                     | 1,0                 | 2,7                          | 3,2                 | 0,7                               | 0,7                 |

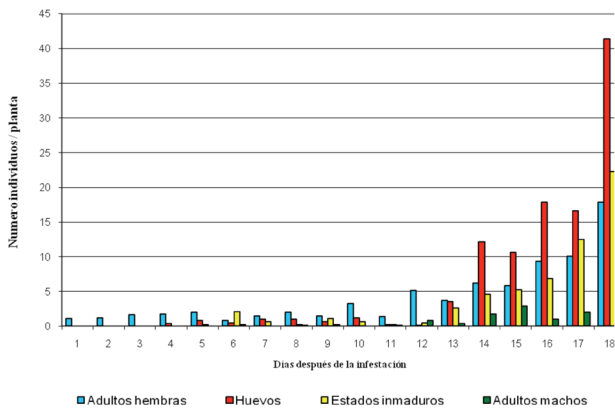
\*DS: Desviación estándar

Se obtuvo una población total acumulada de 598,4 individuos/ planta para *O. sativa* (Figura 4). El mayor número de individuos / planta se obtuvo al final del ensayo con promedio de 163,0, del que 46,9% corresponden a huevos, 30,8% estados inmaduros, 14,9% adultos hembras y 7,4% adultos machos. Las hembras y huevos aparecieron desde el primer día de muestreo, los estados inmaduros a partir del quinto día y adultos machos a partir del día 11 (Figura 4).



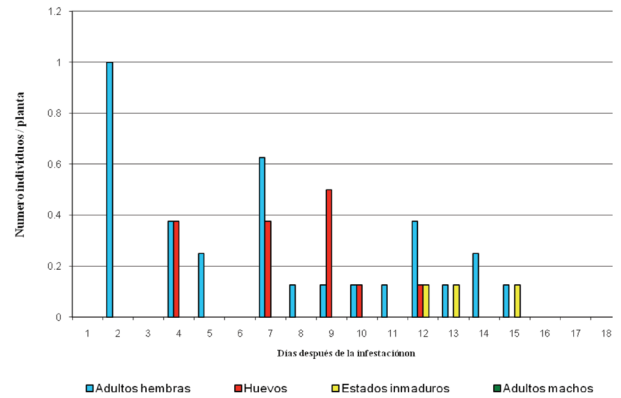
**Figura 4.** Densidad poblacional de adultos, estados inmaduros y huevos *S. spinki* en *O. sativa* bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Se cuantificó en la especie arvensis *O. latifolia*, una población acumulada de 256,3 individuos/planta y un promedio a los 18 días de muestreo de 83,5 individuos/planta (Figura 5). Al final del período la población que se encontraba estaba representada en un 49,6 % de huevos, 26,6 % estados inmaduros, 21,4 % hembras y 2,4 % machos. Las hembras colonizaron la especie en los primeros tres días. A partir del cuarto día empezaron a aparecer huevos; los estados inmaduros a partir del sexto día y alta presencia de machos solo fue observada a partir del día 12.



**Figura 5.** Densidad poblacional de adultos, estados inmaduros y huevos *S. spinki* en *O. latifolia* bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

En la planta arvensis *E. colona* la colonización por parte de las hembras de *S. spinki* presentó una densidad de un individuo/planta. Se observaron huevos a partir del cuarto día de colonización con promedio máximo de 0,4 huevos/planta, y en el décimo segundo día aparecieron escasos individuos en estado de larva móvil, los que finalmente murieron posiblemente por las insuficientes condiciones nutricionales ofrecidas por la especie arvensis al ácaro. Las larvas móviles que se observaron se movían rápidamente, empezaron a tener apariencia de desecación y finalmente murieron. La población total acumulada de ácaros observados en la especie fue de 44 individuos en 144 plantas evaluadas durante el período de muestreo (Figura 6).



**Figura 6.** Densidad poblacional de adultos, estados inmaduros y huevos *S. spinki* en *E. colona* bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Las plantas que se utilizaron de *O. sativa*, *O. latifolia* y *E. colona* para la evaluación de la supervivencia de *S. spinki*, se encontraban al momento de infestación en la etapa de primordio de la panícula. Se pudo observar que para el día 12, después de infestación, el 75 % de plantas de la especie *O. latifolia* habían alcanzado la etapa de llenado de grano. El 25 % de las plantas de las especies *O. sativa* y *E. colona* alcanzaron esta etapa el día 18 después de infestadas. El número de ácaros por planta cuantificados, indicaron que para el día 18, la especie *O. latifolia* alcanzó

el 51,2 % de la población encontrada para *O. sativa*.

Solo *O. sativa* y *O. latifolia* ofrecieron las condiciones de hábitat y alimenticias para la culminación del ciclo de vida del ácaro *S. spinki*. Es por lo anterior que los análisis de crecimiento y estructura poblacional se realizan solamente para estas dos especies.

### Crecimiento poblacional

Para el análisis del crecimiento poblacional, se tomaron como referencia tres períodos dentro de la evaluación total realizada. El primer período fue determinado entre los días uno y seis, el segundo entre los días 7 y 12 y el tercero entre los días 13 y 18 de muestreo. Las tasas de crecimiento que se obtuvieron en los tres períodos de análisis, para las dos fuentes alimenticias *O. sativa* y *O. latifolia*, fueron levemente mayores para la especie arvense (Cuadro 2).

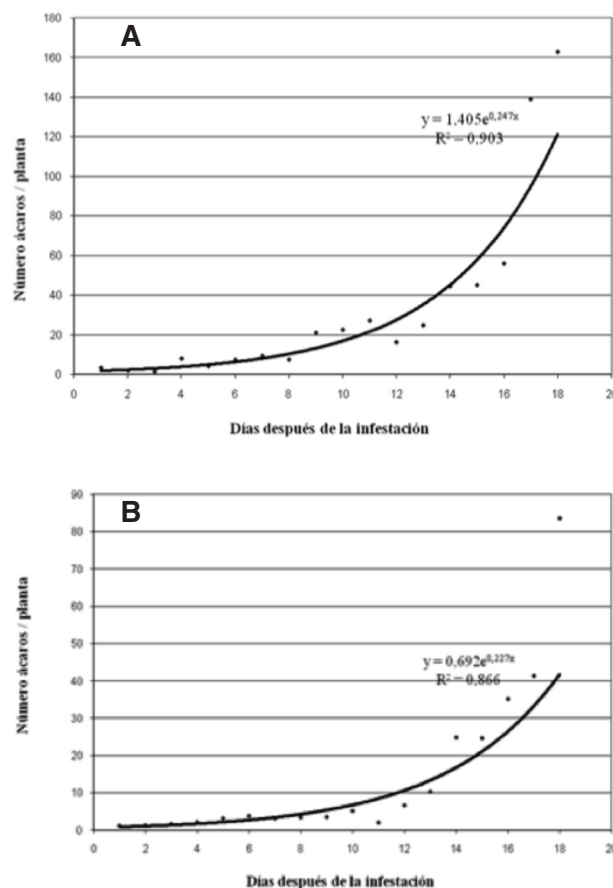
**Cuadro 2.** Tasas de crecimiento de *S. spinki* en dos fuentes alimenticias evaluadas bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

| Períodos de evaluación (días) | Tasa de crecimiento (%) |                     | Tasa de crecimiento per cápita |                     |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|
|                               | <i>O. sativa</i>        | <i>O. latifolia</i> | <i>O. sativa</i>               | <i>O. latifolia</i> |
| 1 – 6                         | 13,7                    | 20,1                | 0,6                            | 0,7                 |
| 7 – 12                        | 9,4                     | 12,5                | 0,4                            | 0,5                 |
| 13 – 18                       | 31,5                    | 35,0                | 0,8                            | 0,9                 |
| Media                         | 18,2                    | 22,5                | 0,6                            | 0,7                 |
| DS                            | 11,7                    | 11,4                | 0,2                            | 0,2                 |

La tasa media de crecimiento expresada en porcentaje, indicó que el período de mayor incremento poblacional en las dos especies evaluadas, se dio entre los días 13 y 18 después de la colonización. La población de *S. spinki* aumentó en *O. sativa* un 31,5 % con respecto a la población inicial que se tenía en cada planta; y en *O. latifolia* aumentó 35,0 %. En el mismo período, la tasa de crecimiento per cápita indicó que *O. sativa* por cada

individuo presente en la población inicial, hubo un incremento de 0,8 individuos, y en *O. latifolia* de 0,9 individuos.

Las figuras de dispersión poblacional (Figura 7) indicaron que *S. spinki* tuvo un crecimiento poblacional de tipo exponencial. Se observó en todos los momentos de muestreo, mayor número de individuos en *O. sativa*, y tasas de crecimiento levemente mayores para *O. latifolia* durante los períodos analizados.

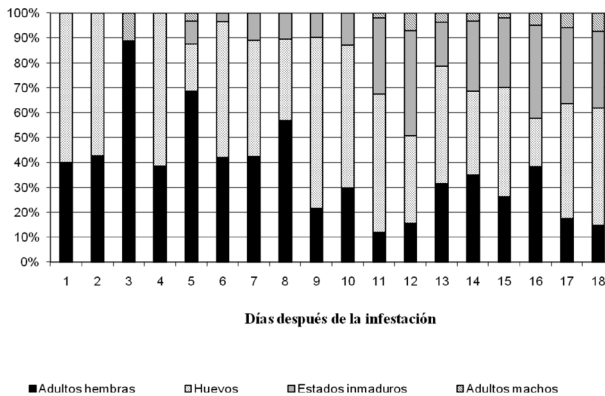


**Figura 7.** Crecimiento poblacional de *S. spinki*, en plantas arvenses (A) *O. sativa*), (B) *O. latifolia* bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

### ESTRUCTURA POBLACIONAL

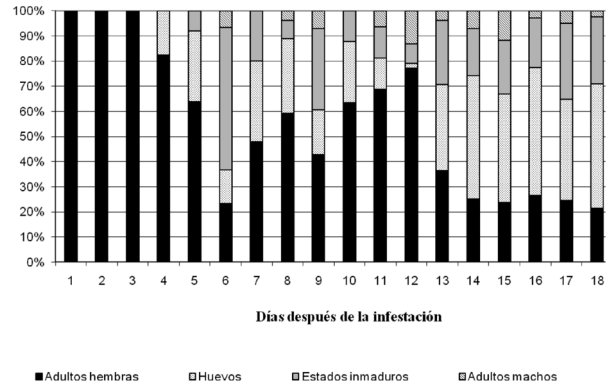
La estructura poblacional indicó que durante los tres primeros días de colonización de *S. spinki* en *O. sativa*, la presencia de hembras adultas representó hasta un 88,9 % del

número total de individuos/ planta (Figura 8) y el porcentaje restante correspondió a huevos. No hubo presencia de machos adultos, lo que indicó que la colonización de nuevas plantas fue realizada solamente por las hembras. La mayor proporción de huevos se obtuvo en el día noveno, con un 68,7 % con respecto a la población total encontrada. En el día 12 de muestreo, los estados inmaduros tuvieron el mayor porcentaje con respecto a la población total, con 42,2 %. Los machos adultos aparecen a partir del día 11, pero su mayor proporción poblacional ocurrió en el día 18, con el 7,4 %.



**Figura 8.** Estructura poblacional de *S. spinki* en *O. sativa* bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

En *O. latifolia* la estructura poblacional se caracterizó de la siguiente manera (Figura 9) durante los primeros tres días de muestreo, el 100 % de la población fueron hembras, en el día 18 la presencia de éstas solo representó el 21,4 % de la población total. En el día 7 se obtuvo que el 29,6 % de la población total eran huevos, y durante los días 14 a 18 hubo un aumento considerable de esta proporción hasta alcanzar el 50,9 %. El mayor porcentaje correspondiente a estados inmaduros fue de 30,3, y se obtuvo en el día 17 de muestreo. La aparición de machos adultos se dio a partir del día 6, y la mayor densidad y participación poblacional se presentó en el día 15 con 2,9 individuos/ planta, y 11,7 % de la población total encontrada.



**Figura 9.** Estructura poblacional de *S. spinki* en *O. latifolia* bajo condiciones de invernadero en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

La relación nominal entre machos y hembras de *S. spinki* encontrados, se muestra en el Cuadro 3. En el día 1 de evaluación se encontró que hubo un promedio 1,25 hembras/ planta, que colonizaron la especie *O. sativa*. Este valor fue superior a la colonización obtenida en *O. latifolia*. En el día 6 de muestreo en la especie *O. latifolia* se observó la aparición de machos que alcanzaron una densidad de 0,25 individuos/ planta, y una relación nominal de 1:3,52 (machos : hembras). La aparición de machos *S. spinki* en la especie *O. sativa*, se dio durante los días 12 al 18, con un máximo valor alcanzado de 2,2 hembras por cada macho observado. En la arvense *O. latifolia*, se evidenció que la cantidad de hembras con respecto a los individuos machos alcanzó valores de 9,0 hembras por cada macho observado, muy superior a lo hallado para *O. sativa*.

**Cuadro 3.** Proporción hembras: machos de *S. spinki* en dos fuentes alimenticias. Puntarenas. Costa Rica. 2007.

| Días de evaluación | Relación hembras : machos |                     |
|--------------------|---------------------------|---------------------|
|                    | <i>O. sativa</i>          | <i>O. latifolia</i> |
| 1                  | 1,3 : 0                   | 1,1 : 0             |
| 6                  | 3,0 : 0                   | 3,5 : 1             |
| 12                 | 2,2 : 1                   | 5,8 : 1             |
| 18                 | 2,0 : 1                   | 9,0 : 1             |

**SOBREVIVENCIA IN VITRO**Ciclo de vida de *S. spinki*

La duración media del ciclo de vida de *S. spinki* desde huevo hasta adulto fue de siete días a temperatura de 25° C. Se determinó que la duración mínima y máxima en el ciclo es de cuatro y diez días, respectivamente (Cuadro 4). Estos resultados representaron un paso inicial en los estudios de determinación del potencial reproductivo de esta importante plaga, pues constituyen los primeros que se obtuvieron para esta especie bajo las condiciones ambientales de Costa Rica.

**Cuadro 4.** Duración promedio (mínimos y máximos) en días del ciclo de vida de *S. spinki*, en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

| Instar         | Media      | Mínimo     | Máximo      |
|----------------|------------|------------|-------------|
| Huevo          | 2,5        | 1,5        | 3,5         |
| Larva móvil    | 2,5        | 1,5        | 3,5         |
| Larva inactiva | 2,0        | 1,0        | 3,0         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>7,0</b> | <b>4,0</b> | <b>10,0</b> |

Se observó para las tres fuentes alimenticias evaluadas, que la eclosión resultó notablemente afectada con pérdidas medias del 44 % de los huevos. Aunque son similares las condiciones de hábitat y alimentación ofrecidas por *O. sativa* y *O. latifolia*, se pudo determinar que la especie arvensis disminuyó en un 12 % el porcentaje de individuos que pudieron alcanzar el estado adulto (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Mortalidad (%) de *S. spinki* durante estadios del ciclo de vida evaluado en la Hacienda La Ligia, Puntarenas, Costa Rica. 2007.

| Instar         | Fuentes alimenticias |                     |                  |
|----------------|----------------------|---------------------|------------------|
|                | <i>O. sativa</i>     | <i>O. latifolia</i> | <i>E. colona</i> |
| Huevo          | 36,0                 | 38,0                | 58,0             |
| Larva móvil    | 18,0                 | 26,0                | 42,0             |
| Larva inactiva | 8,0                  | 10,0                | 0,0              |
| <b>TOTAL</b>   | <b>62,0</b>          | <b>74,0</b>         | <b>100,0</b>     |

La fuente alimenticia *O. sativa* evidenció menor mortalidad en los diferentes estadios de desarrollo de *S. spinki*. La especie *E. colona* afectó totalmente la eclosión de huevos y el instar de larva móvil con mortalidad del 58 % y 42 % de los individuos, respectivamente. Es decir, la arvensis no ofrece las condiciones mínimas de alimentación que pudieron permitir el desarrollo del ciclo de vida de *S. spinki*.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES****SOBREVIVENCIA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO****Sobrevivencia**

El ensayo se realizó con plantas de *O. sativa*, *O. latifolia* y *E. colona*, en etapa de floración, con el propósito que *S. spinki* se desarrollara de mejor manera en la etapa siguiente de llenado de granos. Lo anterior se determinó con base en investigaciones de Chen *et al.* (1979), que concluyeron que el pico de población del ácaro se alcanzó cuando la plantación de arroz se encontraba en la fase de grano lechoso, en la que ocurre el transporte de los nutrientes sintetizados. La metodología planteada tuvo como desventaja que no se realizaron estudios preliminares que determinen el momento fenológico que propicia el mejor desarrollo de las poblaciones de *S. spinki* en las arvenses evaluadas.

La colonización del ácaro en las tres plantas que se evaluaron, demostró la mayor

preferencia de éste por *O. sativa* y *O. latifolia*, e insuficiente en *E. colona*. El momento de colonización determinó las características de los resultados encontrados posteriormente, pues se observó que la oviposición dependió de este factor. Cabe resaltar que a pesar de utilizarse dos metodologías al momento de infestación, solo se obtuvo colonización por parte de las hembras, mientras que para los machos se verificó la muerte en el sitio donde eran colocados, en la medida que se secaba el tejido vegetal portante del que se obtuvo la población para la infestación artificial.

Informes realizados por Almaguel (1996), indicaron que para *S. spinki* y otros ácaros plaga en Cuba, se presentó una disminución drástica debida a la mortalidad directa que provocó la lluvia, por efecto del lavado de adultos y estados inmaduros. El presente experimento bajo invernadero disminuyó la influencia directa de las precipitaciones sobre la supervivencia y crecimiento poblacional de *S. spinki*. Al realizar el riego con regadera manual, permitió disminuir el golpe directo sobre las vainas de las hojas superiores de las especies, que fue donde se hospedó la mayor población de ácaros.

En *O. sativa* se presentó un mínimo de 1,13 ácaros/ planta en los tres primeros días, y se alcanzó un máximo de 163,0 ácaros/ planta para el día 18 después de infestación. Es de mencionar, que durante el desarrollo del experimento se disminuyó la colonización favorecida por elementos como el aire, el agua, insectos y maquinaria. Se supone que los resultados obtenidos de crecimiento poblacional, se debieron solamente a la reproducción alta del ácaro. Con respecto a lo anterior, Ramos y Rodríguez (2001) han considerado que la tasa de establecimiento estuvo en función de la reproducción y de la dispersión, y han reportado en campo abierto promedios de 480,0 ácaros/ planta en la fase de inflorescencias. El crecimiento poblacional de *S. spinki* pudo relacionarse con las condiciones óptimas de hábitat y alimento ofrecidas por cada una de las especies hospedantes, sin embargo, durante el presente estudio, no se pudo determinar con certeza la mencionada relación.

Durante la etapa de establecimiento de *S. spinki* sobre las vainas de las hojas de *O. sativa*, se observaron huevos desde el momento de la migración, mientras en *O. latifolia* fue necesario que transcurrieran aproximadamente 72 horas para que el ácaro encontrara condiciones adecuadas para la oviposición. Este aspecto disminuyó la densidad poblacional observada posteriormente.

Con respecto a *E. colona*, se observó migración del ácaro y presencia ocasional de bajo número de huevos. Se evidenció que de los huevos emergieron larvas móviles que no encuentran condiciones óptimas para su alimentación, probablemente por la dureza de los tejidos de la arvense.

Hasta el momento no existen trabajos que expliquen el comportamiento preciso del ácaro en la planta arvense hospedante *E. colona*. El presente trabajo permitió concluir que el ácaro solo utilizó a *E. colona* como planta hospedante para individuos hembras adultas, con el siguiente proceso: colonización, oviposición, eclosión de huevos y nacimiento de larva móvil. Lo anterior se concluyó por las condiciones físicas identificadas en algunas larvas encontradas, que se observaron delgadas y flácidas; y por el excesivo movimiento que indicaba la necesidad de escapar.

### **Crecimiento poblacional**

En la especie arvense *O. latifolia* el ácaro presentó durante los tres períodos de análisis, tasas de crecimiento superiores a las encontradas para *O. sativa*. Lo anterior se relacionó posiblemente con el tiempo en el cual las plantas que se utilizaron en el experimento, cambiaron de etapa fenológica. Al iniciar el experimento, las plantas de las tres especies evaluadas, en cada parcela y cada uno de los bloques establecidos, se encontraban en la fase de embuchamiento, pero al cabo de una semana se observó que el 60 % de las plantas de *O. latifolia* presentaron emersión de la panícula. Lo anterior permitió suponer que durante el ensayo la especie arvense brindó condiciones alimenticias

óptimas (transporte de nutrimentos), que se reflejaron en el crecimiento poblacional del ácaro. El análisis anterior se realizó con base en los resultados obtenidos por Chen *et al.* (1979), Lo y Ho (1979), quienes indicaron que el pico de la población del ácaro se obtuvo cuando las plantaciones alcanzan la fase de grano lechoso.

Las plantas arvenses utilizadas como hábitat para *S. pinki* durante el experimento fueron tomadas de campos arroceros un mes después de la cosecha, en los que han emergido plantas invasoras y se encontraban en desarrollo; y las de arroz comercial se extrajeron de un campo establecido hacía 45 días después de siembra. Durante la etapa experimental no se incluyó el plan de fertilización, por lo que se supone que este factor disminuyó la calidad nutricional de todas las plantas evaluadas y por lo tanto, provocó disminución en el potencial biótico que podría desarrollar el ácaro bajo condiciones ideales de alimentación.

En la actualidad no se tienen investigaciones en Costa Rica, que permitan determinar el grado de susceptibilidad de las variedades de *O. sativa* frente al ataque de *S. pinki*. En Cuba, la evaluación realizada por Botta *et al.* (2003) del comportamiento de *S. pinki* en diferentes variedades de arroz, concluyó que especies altamente susceptibles como Perla de Cuba, albergan hasta 78,3 ácaros/ planta. Las especies de mejor comportamiento como IACuba-28, presentaron medias de 1,0 ácaro/planta, y las variedades de comportamiento susceptible medio como Reforma y IACuba-27 presentaron densidades de entre 10,1 y 18,3 ácaros/ planta. De acuerdo con lo anterior, y al observar que se encontraron en promedio 163,0 ácaros/ planta a los 18 días después de infestación, pudo concluirse que *O. sativa* var. Palmar 18, presentó alta susceptibilidad al ser atacada por *S. pinki*.

La insuficiente información existente con respecto a la relación ácaro-variedades cultivadas en Costa Rica, hizo necesario el diseño de experimentos que permitieran

comparar la susceptibilidad de las distintas variedades cultivadas bajo las condiciones agroecológicas del país. La metodología experimental empleada en el presente trabajo pudo ser utilizada en los diseños de los estudios propuestos.

Teniendo en cuenta el análisis de sobrevivencia y crecimiento poblacional de *S. pinki*, se concluyó que esta solo presenta como planta hospedante alterna en los campos de arroz en Costa Rica, la especie arvense *O. latifolia*; y *E. colona* es una planta hospedante ocasional que permitió el refugio transitorio por cortos períodos de tiempo.

### Estructura poblacional

Bajo condiciones de laboratorio, Lo y Ho (1979) obtuvieron una relación sexual hembra-macho de 8 : 1 con temperaturas de 29 +/- 3<sup>o</sup> C. Al comparar los resultados obtenidos por estos autores y los obtenidos en la presente investigación, se pudo concluir que hubo diferencias considerables en cuanto a la relación nominal hembras : machos con respecto a la variedad comercial Palmar 18 que se utilizó en el experimento. Sin embargo, pudo observarse que la arvense *O. latifolia* en el día 18 de evaluación permitió determinar una relación similar a la informada en literatura. Este fenómeno se pudo explicar por el cambio ocurrido en la etapa fenológica de *O. latifolia*, en la que pudo observarse la formación de semillas; mientras *O. sativa* permaneció en etapa de embuchamiento durante todo el experimento. La etapa alcanzada por la planta arvense, posiblemente provocó una población final bien conformada de ácaros y un mayor número de machos.

### SOBREVIVENCIA IN VITRO

#### Ciclo de vida de *S. pinki*

Tseng (1985) informó para Taiwán que la duración del desarrollo de esta especie oscila entre 16 y 17 días a 25° C. Al comparar los resultados de este autor con los encontrados para las condiciones ambientales de la zona



arrocera Pacífico Central, se apreció que el ciclo de vida del ácaro presenta disminución de un 43,8 %, lo que lleva a concluir que *S. spinki* encontró en esta zona las condiciones óptimas de clima y que la variedad de arroz comercial Palmar 18 presentó alta susceptibilidad de ser atacada por la plaga.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se aproximan a los informados por Ramos y Rodríguez (2001) para las condiciones ambientales de Cuba, quienes informaron que la duración en el ciclo de vida varió entre 5 y 9 días desde huevo hasta adulto a 24,4° C +/- 1,1°.

La metodología que se empleó para la evaluación *in vitro* evidenció, una alta pérdida de huevos de *S. spinki*, por lo que se requirieron modificaciones para nuevos experimentos, pues fue evidente la desecación de los huevos al estar expuestos a las secciones de vainas de hojas. Durante los estadios de larva móvil, larva inactiva y adultos, fue necesario cambiar las secciones vegetales desecadas cada 12 horas, lo cual modificó el comportamiento natural del ácaro e influyó sobre la mortalidad evidenciada en el experimento.

Con respecto a las características nutricionales ofrecidas por cada especie vegetal evaluada, se concluyó que *E. colona* solo sirve de hospedante ocasional y no garantiza el éxito de las larvas móviles, por lo que las prácticas de manejo del ácaro en esta arvense deben diseñarse para combatir la presencia de hembras adultas. Por el contrario, la arvense *O. latifolia* ofreció condiciones nutricionales para la reproducción y desarrollo del ciclo de vida de *S. spinki*.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se pudo concluir que en aquellos campos arroceros con alta presencia de *O. latifolia*, el ácaro encuentra condiciones ideales para su reproducción durante todos los meses del año. Es por ello, que deben continuarse trabajos de investigación enfocados al manejo eficiente de esta planta arvense y a la planificación estratégica de las prácticas agrícolas, debido a la estrecha relación *O. latifolia* - *S. spinki*.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las instituciones costarricenses: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA), Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), y al personal administrativo y de campo de la Hacienda La Ligia, por su enorme contribución a las labores de establecimiento y muestreo durante el experimento.

## LITERATURA CITADA

- Almaguel, L.; Santos, A.; Torre, P.E. 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. 1996. Ácaros de importancia económica en Cuba. Boletín técnico no. 2. La Habana, CID-INISAV.
- Anónimo. 2005. Dinámica poblacional. Modelos de crecimiento. Disponible en: [http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2005840/lecciones/cap04/Lec4\\_2.htm](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2005840/lecciones/cap04/Lec4_2.htm). Consultado el 22 de noviembre de 2007. Hora: 8:00 a.m.
- Barquero S., M. 2004. Limón y Guanacaste: Severo ataque de ácaro del arroz. *La Nación*, San José, CR, agosto. 3.
- Botta, E.; Almaguel, L.; González, T.; Arteaga, I.; Hernández, J. 2003. Evaluación del comportamiento de *Steneotarsonemus spinki* en diferentes variedades de arroz durante los años 2000-2001. *Fitosanidad*. 7(2): 25-29.

- Correa-Victoria, F. 2006. Complejo acarohongo-bacteria del arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Disponible en: [http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/pdf/complejo\\_acaro\\_costa\\_rica.pdf](http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/pdf/complejo_acaro_costa_rica.pdf). Consultado el 23 de noviembre de 2007. Hora: 10:00 a.m.
- Chen, C.N.; Cheng, C.C., Hsiao, K.C. 1979. Bionomics of *Steneotarsonemus spinki* attacking Rice Plants on Taiwan. Recent Advances in Acarology. 1: 111-117.
- FAO. 2006. Compendio de indicadores relativos a la agricultura y la alimentación. Disponible en: [http://www.fao.org/es/ess/es/compendium\\_2006/technotes.asp](http://www.fao.org/es/ess/es/compendium_2006/technotes.asp). Consultado el 10 de noviembre de 2007. Hora: 5:00 pm.
- Holdridge, LR. 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).
- Kang-Chen, L.; Chyi-Chen, H. 1979. Screening of chemicals for the control of rice Tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki*. J. Agric. Res. China. 30(3): 303-307.
- Lo, Ch.K.; Ho, Ch.Ch. 1979. Ecological observations on Rice Tarsonemid Mite, *Steneotarsonemus spinki* (Acarina: Tarsonemidae). J. Agric. Res. China. 28(3): 181-192.
- Ramos, M.; Rodríguez, H. 2001. Identificación y bioecología de una nueva plaga en el arroz en Cuba. Revista MIP-CATIE. 61: 43-53.
- Ramos, M.; Rodríguez, H. 1997. *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acar: Tarsonemidae): nuevo informe para Cuba. Rev. Protección Veg. 13(1): 25-28.
- Sandoval, R. 1998. Consideraciones sobre la enfermedad de la pudrición de la vaina del arroz por *Sarocladium oryzae* (Sawada) Gams & Hawks. I Encuentro Internacional de arroz. Ciudad de la Habana, Cuba.
- Santos, A.; Almaguel, L.; Torre, P de la; Cortiñas, J.; Cáceres, I. 1998. Duración del ciclo de vida en condiciones controladas del ácaro *Steneotarsonemus spinki* (Acar: Tarsonemidae) en arroz (*Oryza sativa* L.) en Cuba. I Encuentro Internacional de Arroz. Palacio de Convenciones, La Habana. p. 187.
- Smiley, R.L.; Flechtmann, CH.W.; Ochoa, R. 1993. A new species of *Steneotarsonemus* (Acar: Tarsonemidae) and an illustrated key to grass-infesting species in the Western Hemisphere. Internat. J. Acarol. 19(1): 87-1993.
- Tseng, Y.H. 1985. Mites associated with weeds, paddy rice and upland rice fields in Taiwan. Acarology. VI (2): 770-780.

# DETERMINACIÓN DEL DAÑO DEL NEMATODO *Globodera pallida* (Stone) EN VARIEDAD FLORESTA DE PAPA

Ricardo Piedra Naranjo<sup>1</sup>, Miguel Obregón Gómez<sup>2</sup>, Cristina Vargas Chacon<sup>3</sup>  
Jeannette Avilés Chaves<sup>4</sup>, Jorge Meckbel Campos<sup>5</sup>

## RESUMEN

El estudio se realizó en las condiciones de invernadero en la localidad de San Juan de Chicué, 26 km al noreste del Cantón Central de Cartago, el lugar se localizó a 5 km del Volcán Irazú, con una altura de 2800 m s n m y con una temperatura de suelo promedio de 16,87° C durante la investigación. El objetivo fue determinar los umbrales de daño del nematodo *Globodera pallida* que afecta al cultivo de papa. La extracción de quistes se efectuó por el método de Fenwick Modificado, con una viabilidad por quiste de 260 huevos y larvas en 700 g de suelo esterilizado. Se inocularon de 5 a 45 quistes por tratamiento. Se determinó que las cantidades de 35, 40 y 45 quistes inoculadas presentaron síntomas de quistes en la raíz. Los potes inoculados con 35, 40 y 45 quistes mostraron un promedio de 13,00, 14,86 y 16,71 huevos y larvas de *Globodera pallida* (Stone), por g de suelo. El resultado evidenció una disminución de peso en tubérculos de 21,43; 30,93 y 42,86 % respectivamente. Hubo que considerar que a nivel de campo el umbral de daño pudo variar por aspectos del manejo agronómico, relaciones con otros organismos y factores como humedad, tipo de suelo, temperatura y época de siembra. Sin embargo, estos resultados ayudaron a tomar decisiones en aplicaciones de tratamientos químicos o naturales en fincas positivas sin control de la plaga.

**Palabras clave:** Extracción, viabilidad, quistes, raíz, peso, umbral de daño.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. (506)2231-5055. (506)8720-5372 INTA. Costa Rica. Estudiante Doctorado en Ciencias Naturales Para el Desarrollo (DOCINAE). rpiedra@inta.go.cr  
<sup>2</sup> Fitopatología. Doctorado en Ciencia Naturales Para el Desarrollo (DOCINAE). La Aurora de Heredia. Costa Rica. (506)8828-6382.  
<sup>3</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. (506)2231-5055. INTA. Costa Rica.  
<sup>4</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. (506)2250-1224. INTA. Costa Rica.  
<sup>5</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. (506)2231-5055. INTA. Costa Rica.

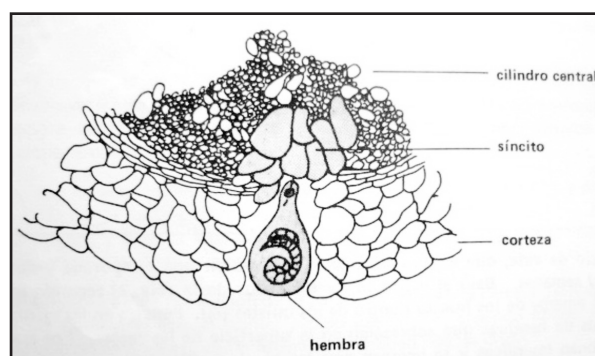
## INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) fue una actividad a la cual pequeños y medianos agricultores del país se dedicaron durante muchos años. Esta hortaliza fue y es de mucha importancia tanto para consumo directo como para comercialización industrial (Arias 2004). Según Alfaro (2009) este cultivo ocupó un papel preponderante en la canasta básica, la mayoría se consumía 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 ha, seguida por Zarcero que dedicó a este cultivo cerca de 300 ha. El rendimiento varió de 12 a 25 t/ ha. La demanda interna fue mayor a 5 000 toneladas mensuales, oscilando entre 60 000 y 70 000 toneladas anuales. La mayor parte de la producción se destinó a consumo en fresco, y solamente un 15 % se dedicó a uso industrial, principalmente para la producción de hojuelas y papas fritas.

Entre los parásitos que atacaron al cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en los últimos años estuvieron los nematodos fitoparásitos, por lo que han sido de gran importancia en muchos países del mundo. Setenta especies de nematodos se han señalado en el cultivo de la papa (ICTA 2002). Sin embargo, los formadores de quistes como *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens y *Globodera pallida* (Stone) Behrens, son considerados los más dañinos y afectaron el rendimiento de este cultivo en la mayoría de las zonas paperas del mundo (Greco 1992).

A nivel histológico el daño producido por *Globodera spp* estuvo representado por necrosis de las células de las raíces atravesadas por los juveniles de segundo estado. Cuando estos se detuvieron en el lugar definitivo de alimentación, las células alrededor de la cabeza del nematodo sufren una profunda transformación (Trudgill 1985).

Cuando se observó la Figura 1, al penetrar el nematodo a la raíz, de 3 a 10 células alrededor de la cabeza se fundieron, la pared celular engrosó, el citoplasma se tornó denso y se originó el sincitio multinucleado de alta actividad metabólica, el cual fue indispensable para la alimentación del nematodo (Noling 2001). La formación del sincitio (células modificadas) ocasionó una interrupción de los vasos cribosos y leñosos, presentaron crecimiento de células anormales, la senectud se anticipó y a veces en suelos muy infestados, el follaje presentó un ligero amarillamiento (CIP 1986).



**Figura 1.** Penetración de *Globodera spp* a nivel histológico. Fuente: CIP 1986.

Aunque la población de nematodos no se incrementó tan rápidamente como sucedió con los hongos o bacterias patógenos de la papa, una vez que se encontraron bien establecidos en las áreas de cultivo no se pudieron erradicar. Las condiciones ambientales que aseguraron el éxito de un cultivo comercial de papa, proporcionaron también las condiciones óptimas para la multiplicación y supervivencia de estos parásitos (Mai *et al.* 1980).

Las larvas de los nematodos de quiste de papa, se volvieron activas a 10° C y la máxima invasión de las raíces se realizó a 16° C. Temperaturas del suelo de 26° C por períodos prolongados limitaron el desarrollo del nematodo y redujeron su proporción. El efecto sobre el rendimiento varió de acuerdo a la densidad de individuos que estuvieron presentes en el suelo, de ser alta la población pudo causar el fracaso del cultivo. También se pudo incrementar la susceptibilidad a la marchitez causada por

*Verticillium alboatrum* y la maya causada por *Ralstonia solanacearum* (Mai *et al.* 1980).

El daño causado, principalmente referido al peso de los tubérculos, estuvo muy relacionado al número de huevos de nematodo por unidad de suelo; se estimó que aproximadamente 2 t/ha de papa se perdieron por cada 20 huevos/g de suelo, arriba del 80 % de pérdida del cultivo se pudo alcanzar cuando la población de nematodos alcanzaron niveles altos en cultivos sin rotación (Smith *et al.* 1997).

En el Reino Unido, donde las pérdidas en áreas infestadas fueron limitadas por la rotación de cultivos, aproximadamente 9 % de la cosecha de papa se perdió anualmente a causa de los nematodos del quiste. (Evans y Stone 1977). En Bielorrusia un umbral de patogenicidad >1 000 huevos y larvas/ 100 cm<sup>3</sup> de suelo, el rendimiento de variedades susceptibles se redujo de 17-20 % y a niveles de 25 000 huevos y larvas/ 100 cm<sup>3</sup> se redujo a 74 % (Gladkaya *et al.* 1985).

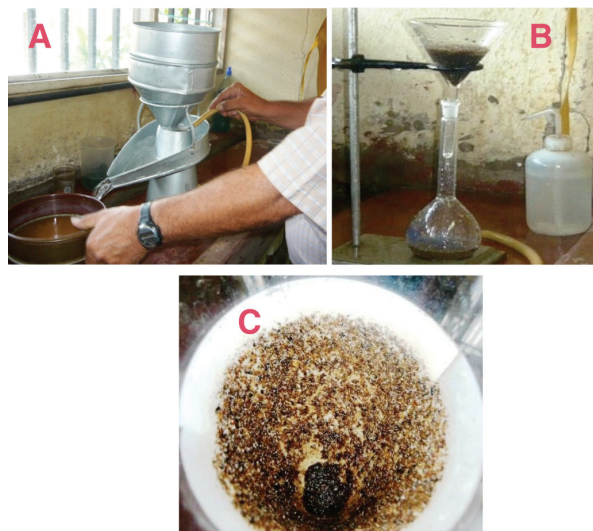
En Costa Rica el nematodo fue identificado en el Laboratorio de Nematología de la Universidad de Costa Rica, en raíces de plantas de papa de la variedad "Floresta", provenientes de una finca ubicada en San Juan de Chicué, Cartago (SFE 2005). De tal forma que el siguiente estudio determinó los umbrales de daño del nematodo *Globodera pallida* (Stone) basado en larvas y huevos por g de suelo inoculado, se analizaron quistes en raíces de las plantas inoculadas y el peso en g de tubérculos en cada tratamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en San Juan de Chicué de Oreamuno, provincia de Cartago, con una altitud de 2 800 msnm, predomina el bosque muy húmedo montano, el suelo era de origen volcánico del orden Andisol y la temperatura, precipitación y humedad relativa promedio anual fue de 15° C, 2 100 mm y 85 %, respectivamente. El invernadero se ubicó a 90 56.9871`latitud norte 83051.1316` longitud oeste en la misma localidad.

En la separación de quistes de suelo se utilizó el sistema de Fenwick (Fenwick 1940) modificado por Oostenbrink (Oostenbrink 1950). Este consistió de un embudo colocado sobre una especie de jarra, la cual en su parte ensanchada tenía un tamiz con poros de 1 mm de diámetro. El instrumento era de forma trapezoidal, en su parte inferior se encontraron los soportes del embudo y una aleta inclinada que bordea la jarra como collar, pero que terminó en su solo conducto. La jarra tenía en su parte interior, un tapón que se retiró para desaguar y limpiar (Figura 2).

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 y se mezcló la muestra y después se llenó el balón por completo con agua. Se dejó en reposo un minuto para que los quistes flotaran y el resto de materia orgánica precipitara, después se vaciaron los quistes sobre un papel filtro que fue colocado previamente en el embudo de forma que mientras se vaciara, estuviera rotando sobre el balón y de esta manera evitó que el material orgánico se pasara al filtro (Figura 2). La muestra se secó a temperatura ambiente de 24° C a 25° C, posteriormente se realizó la extracción, selección y conteo de quistes.



**Figura 2.** Fenwick modificado (A), balón aforado de 250ml (B) y filtro para la extracción de quistes (C). Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2007.

Para el daño y dinámica de esta plaga se estimó importante determinar la viabilidad de los quistes. Como se indicó en la literatura un quiste tiene entre 200 hasta 500 o más huevos o larvas, pero en inoculaciones no se supo cuanto puede tener una población de quistes, es por tal razón que se realizó la prueba de viabilidad de los quistes (Figura 3). La prueba de viabilidad se hizo tomando 25 quistes y se trituraron con un homogenizador de quistes. Luego se disolvieron en un volumen de agua de 50 cc, en una pipeta se tomaron 3 cc y se obtuvo el promedio de huevos y larvas por quiste. A continuación se describió la técnica.

Fórmula de viabilidad de quistes

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

Q

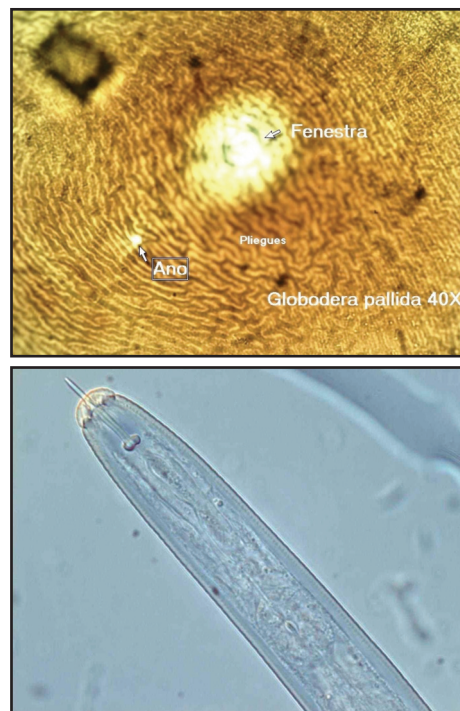
Donde:

VT= Viabilidad Total  
 Prom= Promedio de 3 alícuotas  
 Q= Número de quistes



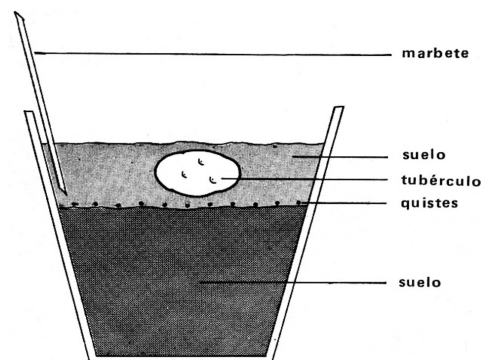
**Figura 3.** Homogenizador de quistes. Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2007.

Una vez que se obtuvieron los quistes para la inoculación se realizaron observaciones de cortes perineales y larvas al microscopio luz en 45x. Con esta acción se diagnosticó el género *Globodera pallida*, mismo que sirvió para la investigación en todos los tratamientos (Figura 4).



**Figura 4.** Identificación de *Globodera pallida* mediante corte perineal. Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2007.

Luego de la extracción de los quistes se precedió a la siembra de la semilla de papa macetas. El procedimiento para ejecutar la prueba de umbrales de daño del nematodo, se utilizó un pote lleno de suelo esterilizado a un 75 %, se inocularon los quistes, se sembró la semilla de papa y posteriormente se colocó una capa de suelo. Cada pote tuvo una identificación de tratamiento, (Figura 5).



**Figura 5.** Maceta con inoculación de quistes y siembra de papa. Fuente: CIP 1981

Una vez que se obtuvieron los quistes de *G. pallida* se seleccionaron los que presentaron mayor homogeneidad en cuanto a tamaño y color. La variedad de papa utilizada fue floresta, se inocularon 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 45 quistes en cada tratamiento y un testigo sin quistes. La prueba de viabilidad definió un promedio de 260 huevos y larvas por quiste. En cada pote de los tratamientos se utilizaron 700g de suelo. Se utilizó potes con medidas de 10x10 cm a los que se les agregó suelo arenoso y esterilizado. Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones (Cuadro 1). Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico Infostat (2008). En el análisis de varianza se usó la prueba de Tukey con un alfa de 0,05 para la separación de medias.

**Cuadro 1.** Distribución de tratamientos en el diseño experimental. San Juan de Chicué, Cartago, Costa Rica. 2007.

| TRATAMIENTO                    | REPETICIONES |    |     |
|--------------------------------|--------------|----|-----|
|                                | I            | II | III |
| Tratamiento 1<br>( 0 quistes)  | 1            | 10 | 7   |
| Tratamiento 2<br>(5 quistes)   | 6            | 7  | 5   |
| Tratamiento 3<br>(10 quistes)  | 3            | 6  | 9   |
| Tratamiento 4<br>(15 quistes)  | 4            | 3  | 8   |
| Tratamiento 5<br>(20 Quistes)  | 5            | 4  | 1   |
| Tratamiento 6<br>( 25quistes)  | 2            | 2  | 10  |
| Tratamiento 7<br>(30 quistes)  | 7            | 1  | 6   |
| Tratamiento 8<br>(35 quistes)  | 9            | 5  | 4   |
| Tratamiento 9<br>(40 quistes)  | 10           | 8  | 3   |
| Tratamiento 10<br>(45 quistes) | 8            | 9  | 2   |

Las variables que se analizaron fueron: Peso de tubérculos por pote, síntomas de marchitez en las plantas, número de quistes en raíz. Las plantas en el invernadero duraron 80 días desde la siembra, tiempo suficiente donde el nematodo cumplió su ciclo de vida, lo cual sirvió para hacer los respectivos análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la investigación se obtuvo una humedad de suelo adecuada para el desarrollo del ciclo de vida de la plaga. En otras consideraciones en cada maceta sembrada e inoculada la temperatura presentó un rango de 4,44° C como temperatura mínima y 29,30° C como máxima, para un promedio total durante la investigación de 16,87° C (Cuadro 2). Esto se consideró óptimo para el desarrollo del ciclo de *G. pallida* en los tratamientos.

**Cuadro 2.** Temperatura de suelo durante la investigación. San Juan de Chicué. Cartago. Costa Rica. 2007.

|                        | °C mínima   | °C máxima    | Promedio mensual |
|------------------------|-------------|--------------|------------------|
| Octubre                | 5,28        | 27,17        | 16,23            |
| Noviembre              | 4,44        | 29,56        | 17,00            |
| Diciembre              | 3,61        | 31,17        | 17,39            |
| <b>Promedio Total.</b> | <b>4,44</b> | <b>29,30</b> | <b>16,87</b>     |

Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2007.

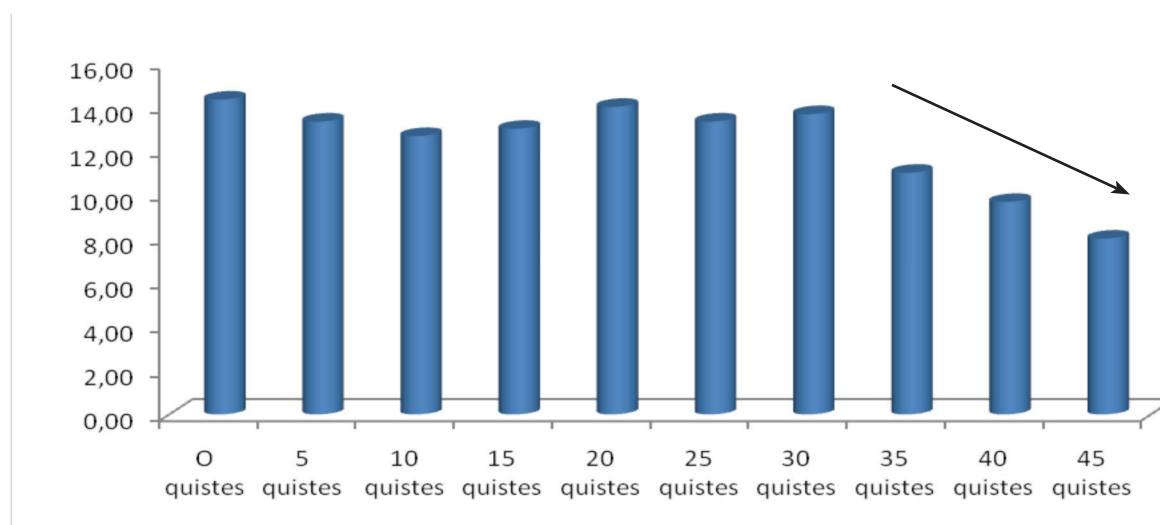
En el Cuadro 3 y Figura 6, se observó la evaluación de peso en gramos (g) de tubérculos en cada tratamiento. Fue importante analizar que el peso empezó a disminuir a partir de la inoculaciones de 35, 40 y 45 quistes. Basado en el tratamiento donde no se inoculó (cero quistes), se analizó el porcentaje de peso del rendimiento en cada tratamiento y se obtuvo un porcentaje de disminución del peso para cada tratamiento. Aunque no se dieron diferencias estadísticas entre las medias la disminución en g de tubérculos fue de 21,43; 30,93 y 42,86 en los tratamientos de 35, 40 y 45 quistes

respectivamente y esto se evidenció en Figura 6 (ver flecha). Este análisis se complementó con observaciones de los síntomas de daño en las plantas y quistes adheridos en raíz.

**Cuadro 3.** Rendimiento de peso en gramos de tubérculos de papa obtenidos de la investigación. San Juan de Chicué. Cartago. 2007.

| Tratamientos | Medias de tratamientos | Peso dado en g | Disminución de peso dado en g |
|--------------|------------------------|----------------|-------------------------------|
| 0 quistes    | 14,00 a                | 100,00         | 0,00                          |
| 5 quistes    | 13,33 a                | 95,21          | 4,79                          |
| 10 quistes   | 12,67 a                | 90,50          | 9,50                          |
| 15 quistes   | 13,00 a                | 92,86          | 7,14                          |
| 20 quistes   | 14,00 a                | 100,00         | 0,00                          |
| 25 quistes   | 13,33 a                | 95,21          | 4,79                          |
| 30 quistes   | 13,67 a                | 97,64          | 2,36                          |
| 35 quistes   | 11,67 a                | 78,57          | 21,43                         |
| 40 quistes   | 9,67 a                 | 69,07          | 30,93                         |
| 45 quistes   | 8,00 a                 | 57,14          | 42,86                         |

Medias con igual letra indican no hay diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 6.** Peso en g de tubérculos en cada tratamiento. San Juan Chicué. Cartago. 2007.

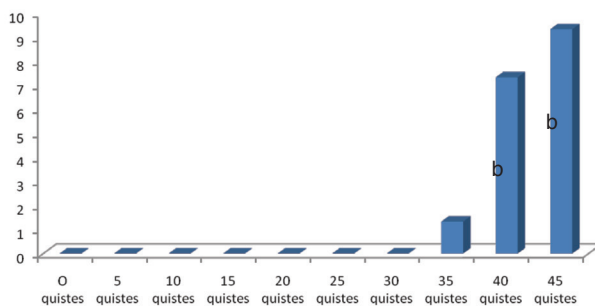
El análisis de varianza en quistes adheridos en raíz evidenció diferencias significativas en las inoculaciones de 40 y 45 quistes según separación de medias Tukey  $p \leq 0,05$ . Este resultado se observó en Cuadro 4 y Figura 7.



**Cuadro 4.** Cantidad de quistes en raíz del tubérculo observados al estereoscopio de luz. San Juan de Chichuá, Cartago. 2007.

| TRATAMIENTO                    | REPETICIONES |    |     | MEDIAS TRATAMIENTOS |
|--------------------------------|--------------|----|-----|---------------------|
|                                | I            | II | III |                     |
| Tratamiento 1<br>( 0 quistes)  | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 2<br>(5 quistes)   | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 3<br>(10 quistes)  | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 4<br>(15 quistes)  | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 5<br>(20 Quistes)  | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 6<br>( 25quistes)  | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 7<br>(30 quistes)  | 0            | 0  | 0   | 0 a                 |
| Tratamiento 8<br>(35 quistes)  | 2            | 1  | 1   | 1,33 a              |
| Tratamiento 9<br>(40 quistes)  | 10           | 9  | 3   | 7,33 b              |
| Tratamiento 10<br>(45 quistes) | 12           | 11 | 5   | 9,33 b              |

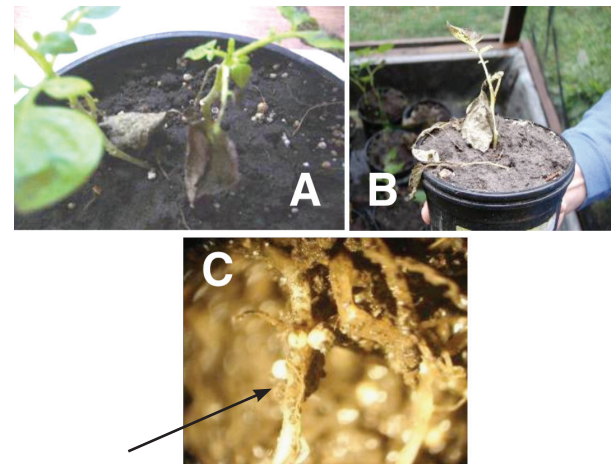
Medias con distinta letra indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 7.** Efecto de inoculaciones de quistes vs. reproducción de quistes adheridos en raíz variedad floresta de papa (*Solanum tuberosum*). San Juan de Chichuá. Cartago .2007.

En la Figura 8, se observaron síntomas y presencia de *Globodera pallida* en plantas a

los 80 días de la siembra en los tratamientos de 35, 40 y 45 quistes. También se diagnosticó el daño en el tallo, hojas y raíces con quistes adheridos.



**Figura 8.** Planta con síntoma en 35 quistes (A), destrucción total en 40 quistes (B) y quistes adheridos a raíz en 45 quistes (C). San Juan de Chichuá. Cartago 2007. Fuente: Piedra Naranjo, R.

Para la obtención de los niveles de daño de acuerdo a la cantidad de quistes inoculados se tomó como referencia los tratamientos que presentaron quistes en raíz, síntomas en las plantas y reducción de peso en tubérculos. Posteriormente se realizó el cálculo basado en los 700 g de suelo en los tratamientos y la viabilidad de 260 huevos y larvas. El resultado mostró que las cantidades de 13,00; 14,86 y 16,71 huevos y larvas por g de suelo, respectivamente, fueron una densidad poblacional importante para producir daño en las plantas de esta variedad de papa (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Umbrales de daño establecidos a partir de 35, 40 y 45 quistes inoculados, San Juan de Chichuá. Cartago. 2007.

| Quistes daño en la planta | Huevos y con por quiste y larvas suelo | Total de larvas huevo/ 700 g de suelo | Huevos y larvas por g |
|---------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------|
| 35                        | 260                                    | 9 100                                 | <b>13,0</b>           |
| 40                        | 260                                    | 10 400                                | <b>14,86</b>          |
| 45                        | 260                                    | 11 700                                | <b>16,71</b>          |

La variable de peso en g de tubérculos no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, si hubo una disminución en peso de tubérculos de 21,43; 30,93 y 42,86 gramos a partir de las inoculaciones de 35, 40 y 45 quistes respectivamente. Este análisis fundamentó las inoculaciones a partir de los síntomas en las plantas y quistes adheridos en raíz.

Con la viabilidad de 260 huevos y larvas por quiste la inoculación de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 quistes no evidenció síntomas en las raíces en plantas de la variedad floresta a los 80 días de la siembra. Esto concluyó que la densidad poblacional no fue suficiente para tener una reproducción del nematodo *Globodera pallida* en raíces de la plantas inoculadas.

La investigación presentó un umbral de daño con una densidad poblacional inicial de 13,00; 14,86 y 16,71 de huevos o larvas por g de suelo en plantas de la variedad floresta.

Las densidades poblaciones en estos resultados pudieron variar a nivel de campo al interactuar con otros factores como el clima, suelo, manejo del cultivo, época de siembra, variedad de papa y otros.

Finalmente se consideró que los niveles de daño pudieron incrementarse en algunos casos cuando el nematodo favorece la entrada de otros organismos patógenos de suelo, como la bacteria *Ralstonia solanacearum* y otros hongos que en interacción, limitando el rendimiento del cultivo de papa y por ende la reducción de la producción de tubérculos.

## LITERATURA CITADA

- Arias H Karen. 2004. Subgerencia de Desarrollo Agropecuario. Dirección Mercadeo y Agroindustria. Servicio de Información de Mercados, Consejo Nacional Producción, Boletín Semanal SIM/CNP/ s.p.
- Alfaro R, C. 2009. Dirección de Programas Nacionales, Programa Nacional Sectorial de Papa. Disponible en: [gerencias-mag@mag.go.cr](mailto:gerencias-mag@mag.go.cr). [www.mag.go.cr/prog-nac-papa-anteceentes.html](http://www.mag.go.cr/prog-nac-papa-anteceentes.html). Consultado el 5 noviembre 2009.
- Centro Internacional de la Papa. 1981. Evaluación de la Resistencia en Papa a los Nematodos del Quiste. Boletín de Información Técnica 10. p 11.
- Centro Internacional de la Papa. 1986. Nematodo de Quiste de la Papa. Boletín de Información Técnica 9. p 12.
- Evans, K. & A.R. Stone. 1977. A Review of the Distribution and Biology of the Cyst Nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. PANS 23 (2): 178-189.
- Fenwick, D. W. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. J. Helminth. 18: 155 - 172.
- Gladkaya. R. M. et al. 1985. The Potato Nematode. En: CAB. 1984-1986. Abstracts on CD-ROM. Silver Plate Information. vol I. CAB Internacional. UK. S.p.
- Greco, N.; Moreno, I.L. 1992. Development of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. Nematropica 22: pp. 175- 181.
- Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Agrícolas, GT (ICTA). 2002. Catálogo de variedades de papa. Guatemala. P 22.
- InfoStat. 2008. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. Sp.
- Mai, W.F., Brodie, B.B., Harrison, M.B, Jatala, P. 1980. Nematodo de la pudrición de la papa. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa. W.J.Hooker editor. Con autorización de The American Phytopathological Society. USA. pp. 131-134.
- Noling, JW. 2001. Nematodes and their management. University of Florida, USA. UF/IFAS.
- Oostenbrink, M. Het aardappelaaltje 1950. (*Heterodera rostochiensis* Wollenweber) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige sardappelcultuur. Versl. Meded. plziektenk. Dienst. Wageningen 115: 230.
- SFE (Servicio Fitosanitario del Estado). 2005. Actualidad fitosanitaria. Centro de Información y Notificaciones. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Barreal de Heredia, Costa Rica. Sp.
- Smith, I.M., McNamara, D.G., Scott, P.R., Holderness, M. 1997. *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* Data Sheets on Quarantine Pests. pp. 601-606. En: Quarantine Pest for Europe. Second ed. CAB International & EPPO.UK 1425 p.
- Trudgill, DL. 1985 Potato cyst nematodes: a critical review of the current pathotyping scheme. EPPO Bulletin 15: 273-279.

# EFICACIA BIOLÓGICA DE HONGOS NEMATÓFAGOS PARA EL COMBATE DEL NEMATODO *Globodera pallida* (Stone) EN PAPA

Ricardo Piedra Naranjo<sup>1</sup>, Miguel Obregón Gómez<sup>2</sup>, Jorge Meckbel Campos<sup>3</sup>

## RESUMEN

El estudio se realizó en la localidad de San Juan de Chicué provincia de Cartago, el lugar se localizó a 5 km del Volcán Irazú, con una altura de 2 800 msnm, a 26 kilómetros al noreste de la provincia de Cartago. Predominó el bosque húmedo, el suelo era de origen volcánico del orden Andisol y la temperatura, precipitación y humedad relativa promedio anual fue de 15° C, 2 100 mm y 85 %, respectivamente. Se utilizó un diseño irrestricto al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Las cepas de hongos que se evaluaron fueron: *Beauveria* sp (JV), *Paecilomyces lilacinus* (CFI), *Pochonia* sp (Mog 08H), *Lecanicillium lecanii*, (BOS), *Trichoderma* sp (hongo nativo de la estación Carlos Durán) y un testigo absoluto. Se utilizaron 700 g de suelo esterilizado en cada tratamiento y una viabilidad infectiva promedio de 180 larvas y huevos por quiste. En la inoculación de quistes se usó una tela tipo muselina para determinar la eclosión de quistes y la recuperación del suelo al final de la investigación. El objetivo del estudio fue evaluar la eficacia de los microorganismos nematófagos. Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos, *Trichoderma* sp y *Beauveria* sp (JV), con respecto a los hongos *Lecanicillium lecanii*, *Pochonia* sp (BOS), *Paecilomyces* sp y el testigo absoluto en la variable de recuperación de quistes en el suelo. El tratamiento *Trichoderma* spp. fue el mejor, tanto en la no recuperación de quistes de suelo como un mayor peso de tubérculos de papa. Se debió validar y dar seguimiento a estos resultados obtenidos en condiciones de campo, los cuales son importantes como un elemento dentro de un manejo integrado de la plaga en las prácticas agronómicas del cultivo de papa en Costa Rica.

**Palabras clave:** Control biológico; viabilidad, eclosión, recuperación de quistes, eficacia.

<sup>1</sup> Investigador Nematólogo Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. 2231-5055. INTA. Costa Rica. Estudiante Doctorado en Ciencias Naturales Para el Desarrollo (DOCINAE).

<sup>2</sup> Fitopatólogo, Profesor de Doctorado en Ciencia Naturales Para el Desarrollo (DOCINAE). San Francisco de Heredia. Costa Rica 8828-6382

<sup>3</sup> Investigador Nematólogo Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. 2231-5055. INTA. Costa Rica

## INTRODUCCION

Entre los parásitos que atacan al cultivo de papa (*Solanun tuberosum L.*), los nematodos fitoparásitos fueron de gran importancia en muchos países del mundo. Setenta especies de nematodos se señalaron en el cultivo de la papa (ICTA 2002). Sin embargo, los formadores de quistes, *Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens y *G. pallida* (Stone) Behrens, se consideraron como los más dañinos y afectaron el rendimiento de este cultivo (Greco 1992). Con el fin de realizar la investigación, fue necesario conocer el género y especie de *Globodera spp* para lo cual de utilizó la preparación de cortes perineales de los quistes y con el microscopio se realizó el conteo de las estrías cuniculares que se presentaron entre el ano y la vulva, Una forma de poder trabajar con *Globodera spp* y poder saber cual género y especie se iba a utilizar en la investigaciones fue, mediante la preparación de los cortes perineales de los quistes y a nivel de microscopio el conteo de las estrías cuniculares que se presentaron entre el ano y la vulva, *G. rostochiensis* poseía un promedio de 21,60 estrías y *G. pallida* 12,00 estrías (Greco 1993). El rango de huevos de cada quiste joven fue de 200-500 huevos, cuando se sembró el tubérculo de papa y creció el sistema radicular, estos produjeron exudados radicadles que estimuló la eclosión de los huevos, de los cuales emergieron los juveniles de segundo estadio (Greco 1992).

Las plagas agrícolas como *Globodera spp* se han tratado de controlar durante años mediante el empleo de plaguicidas químicos de fuerte impacto y negativos sobre los organismos benéficos que estaban presentes en el suelo, medio ambiente y ser humano, pero hoy día, se conoce que existen muchas actividades como el uso de hongos y organismos en el control de plagas en muchos cultivos como la papa (Crozzoli 1994). En la naturaleza, los hongos entomopatógenos pudieron ser eliminados o mantenidas las plagas bajo niveles que no ocasionaron daños económicos a los cultivos agrícolas (Azevedo, Melo 1998).

Una de las alternativas que existieron para reducir la utilización de nematicidas químicos fue utilizando organismos vivos para controlar los nematodos fitoparásitos (*S. tuberosun*). El manejo biológico de nematodos fitoparásitos es un componente esencial, tanto en el control integrado de plagas, como en la agricultura ecológica sostenible (Carballo y Guaharay 2004). El estudio del potencial de las bacterias y los hongos endofíticos para el control biológico de nematodos fitoparásitos fue adquiriendo gran importancia durante los últimos años, debido a la necesidad creciente de disminuir el uso de plaguicidas en los sistemas de producción agrícola (Marín 2003; Mena *et al.* 2003).

En el control de nematodos fitoparásitos, los hongos nematófagos fueron microorganismos con la capacidad de atacar, matar y digerir los nematodos (adultos, juveniles y huevos), aparte de su habilidad nematófaga muchos de esos hongos pudieron también vivir saprofiticamente en materia orgánica muerta, atacar a otros hongos (micoparásitos) y colonizaron raíces de plantas como endófitos. Hay más de 300 especies de hongos nematófagos que fueron descritos y encontrados por todo el mundo, incluyendo las regiones polares. Los hongos, habitantes del suelo, son generalmente más frecuentes en suelos con elevado contenido en materia orgánica. La mayoría de los nematodos fitopatógenos vivían en el suelo y atacaron las raíces de plantas, de manera que la posibilidad de usar hongos nematófagos para el control biológico de nematodos fitopatógenos fue utilizado e investigado en los últimos años con algún grado de importancia (Barron 2005).

Para la mayoría de los hongos endoparásitos se utilizaron sus esporas para infectar nematodos. Estos hongos fueron a menudo parásitos obligados de nematodos y fuera del cuerpo infectado del nematodo aparecieron sólo como estructuras de diseminación. Las esporas de estos hongos pudieron ser zoósporas móviles, como las de *Catenaria spp.* que se enquistaron sobre el nematodo adhiriéndose a él y penetrándole la cutícula

con sus conidios adhesivos ([www.ua.es/dpto/dcmba/botanica/gefpv\\_inv1.html](http://www.ua.es/dpto/dcmba/botanica/gefpv_inv1.html)).

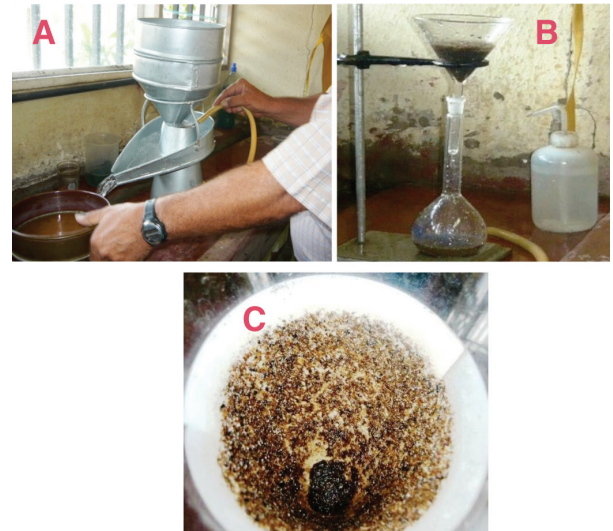
Conforme se conoció más de la ecología de los microorganismos con potencial para el combate biológico y sus relaciones con los patógenos y las plantas, el desarrollo comercial del combate biológico se incrementó aceleradamente (Arauz 1998).

De tal forma que el siguiente estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia hongos nematófagos contra el nematodo *Globodera pallida* (Stone). Analizando las variables de peso en g de cada tratamiento, número de quistes sin eclosionar, número de quistes eclosionados y cantidad de quistes recuperados en el suelo en cada tratamiento. Además, se observaron al microscopio de luz el parasitismo en los quistes tanto externa como internamente del mismo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en San Juan de Chicué de Oreamuno, provincia de Cartago, con una altitud de 2 800 msnm, donde predominó el bosque muy húmedo montano, el suelo era de origen volcánico del orden Andisol y la temperatura, precipitación y humedad relativa promedio anual fueron de 15° C, 2 100 mm y 85 %, respectivamente. El invernadero se ubicó a 90 56.9871`latitud norte 83051.1316` longitud oeste en la misma localidad.

En la separación de quistes de suelo se utilizó el sistema de Fenwick (Fenwick 1940) modificado por Oostenbrink (Oostenbrink 1950). Este estaba conformado por un embudo colocado sobre una especie de jarra, el cuál en su parte ensanchada tenía un tamiz con poros de 1 mm de diámetro. El instrumento era de forma trapezoidal, en parte inferior se colocó un tamiz con poros de 1 mm de diámetro. El instrumento era de forma trapezoidal, y, en su parte inferior se encontraban los soportes del embudo y una aleta inclinada que bordeó la jarra como collar, pero que terminó en su solo conducto. La jarra tenía en su parte interior un tapón que se retiraba para desaguar y limpiar como se observó en la Figura 1.



**Figura 1.** Fenwick modificado (A), balón aforado de 250 ml (B) y filtro para la extracción de quistes (C). Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2007.

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 y se mezcló la muestra y después se llenó el balón por completo con agua. Se dejó en reposo un minuto para que los quistes flotaran y el resto de materia orgánica precipitara, después se vaciaron los quistes sobre un papel filtro que fue colocado previamente en el embudo de manera que mientras se vaciara estuviera rotando sobre el balón y de esta manera se evitó que el material orgánico se pasara al filtro (Figura 1). La muestra se secó a temperatura ambiente de 24° C a 25° C, posteriormente se realizó la extracción, selección y conteo de quistes.

Como se indicó en la literatura, un quiste tenía entre 200 hasta 500 o más huevos o larvas, pero en inoculaciones no se supo cuánto podía tener una población de quistes, es por tal razón que se realizó la prueba de viabilidad de los quistes (Figura 2). La viabilidad se hizo tomando 25 quistes, los cuales se trituraron con un homogenizador. 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. Esta técnica se realizó como se indica a continuación:

**Fórmula de viabilidad de quistes**

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

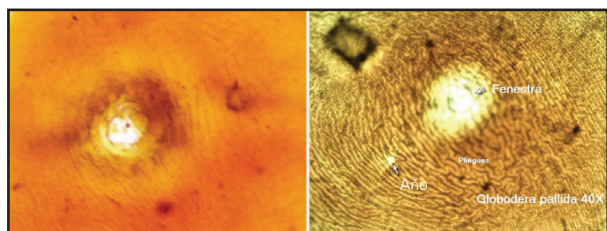
Donde:

- VT= Viabilidad Total
- Prom= Promedio de 3 alícuotas
- Q= Número de quistes



**Figura 2.** Homogenizador de quistes.

Una vez que se obtuvo la viabilidad de quistes para la inoculación, se realizó observaciones de cortes perineales y larvas al microscopio luz en 45x. Con esta acción se diagnosticó el género *Globodera pallida* (Stone), mismo que sirvió para la investigación en todos los tratamientos (Figura 3).



**Figura 3.** Identificación de *Globodera pallida* mediante cortes perineales. Fuente: Naranjo Piedra, R. 2008.

Luego de la extracción de los quistes, se procedió a inocular y sembrar los tratamientos en macetas. Se utilizó un pote o maceta de 10x10 centímetros, se inocularon quistes sin eclosionar, número de quistes eclosionados, cantidad de quistes recuperados en el

suelo en cada tratamiento y observación al estereoscopio, de quistes sin eclosionar recuperados de la malla. La cantidad de producto de cada hongo nematófago aplicado fue de 50 g en mezcla con arroz 80 % de pureza. La concentración de los hongos fue de 1x10<sup>9</sup> conidias por g de suelo Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Tratamientos utilizando cepas de hongos nativos de Costa Rica. San Juan de Chicué. Cartago. 2008.

| Tratamiento                      | Concentración (conidias/g) | Código de Cepas | Producto en g | Quistes por pote |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| 1. <i>Beauveria</i> sp           | 1x10 <sup>9</sup>          | JV              | 50            | 50               |
| 2. <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 1x10 <sup>9</sup>          | CFI             | 50            | 50               |
| 3. <i>Pochonia</i> sp            | 1x10 <sup>9</sup>          | Mog 08H         | 50            | 50               |
| 4. <i>Lecanicillium lecanii</i>  | 1x10 <sup>9</sup>          | BOS             | 50            | 50               |
| 5. <i>Trichoderma</i> sp         | 1x10 <sup>9</sup>          | Carlos Durán    | 50            | 50               |
| 6. Testigo absoluto              | —                          | —               | —             | 50               |

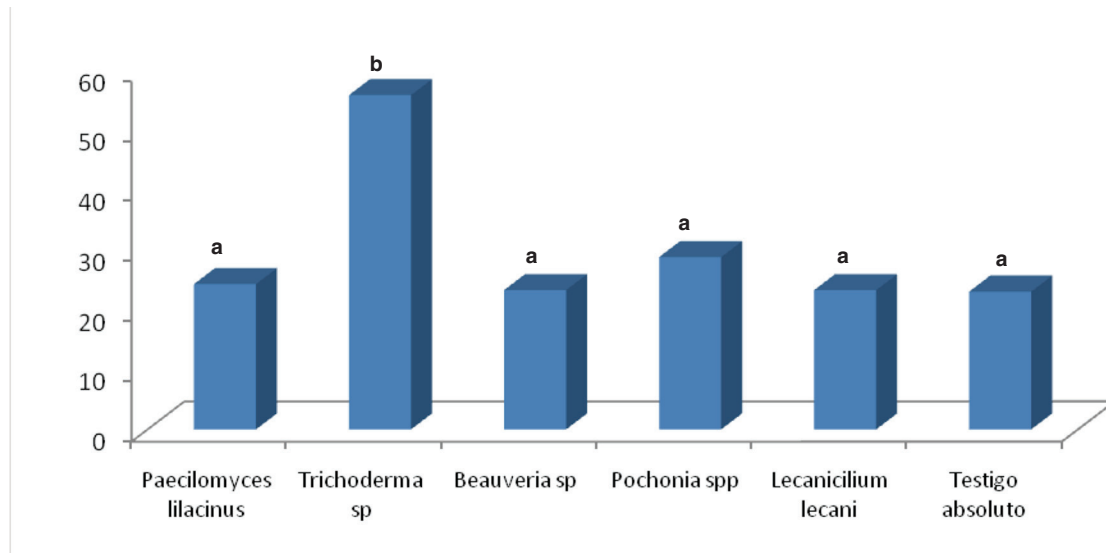
Las cepas de los hongos nematófagos que se utilizaron eran nativas de diferentes zonas de Costa Rica. Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones (Cuadro 2). El análisis de varianza y la separación de medias de los tratamientos, se utilizó el software estadístico (Infostat 2008) con una prueba separación de medias Tukey alfa: 0,05.

**Cuadro 2.** Diseño experimental y distribución de los tratamientos. San José, Costa Rica. 2008.

| Tratamientos                     | Repeticiones |    |     |    |
|----------------------------------|--------------|----|-----|----|
|                                  | I            | II | III | IV |
| 1. <i>Beauveria</i> sp           | 1            | 2  | 6   | 2  |
| 2. <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 3            | 4  | 4   | 4  |
| 3. <i>Pochonia</i> sp            | 4            | 5  | 5   | 5  |
| 4. <i>Lecanicillium lecanii</i>  | 5            | 3  | 3   | 3  |
| 5. <i>Trichoderma</i> sp         | 2            | 6  | 1   | 1  |
| 6. Testigo absoluto              | 6            | 1  | 2   | 6  |

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación se evidenciaron en el Cuadro 3. La variable peso en g presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que destacó a *Trichoderma sp* con un peso mucho mayor que los demás tratamientos, Figura 4. La variable quistes sin eclosionar, y quistes eclosionados no demostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. En la extracción y recuperación de quistes de suelo tanto *Trichoderma sp* como *Beauveria sp*, mostraron similitud en su análisis estadístico; pero diferentes con los demás tratamientos, siendo en esta variable los dos tratamientos mejores.



**Figura 4.** Efecto de los tratamientos con referencia al peso en g de tubérculos. Cartago. San Juan Chicuá. Cartago, Costa Rica. 2008.

Fue importante el análisis del testigo absoluto, ya que los quistes inoculados, eclosionaron de forma normal con los exudados radicales de las plantas, además, existió la presencia de humedad en la maceta. La eclosión de quistes y la formación de los mismos en raíces se pudo verificar cuando se hizo la extracción y recuperación de quistes del suelo al final de la investigación y este análisis reflejó una gran diferencia con lo demás tratamientos en su análisis estadístico.

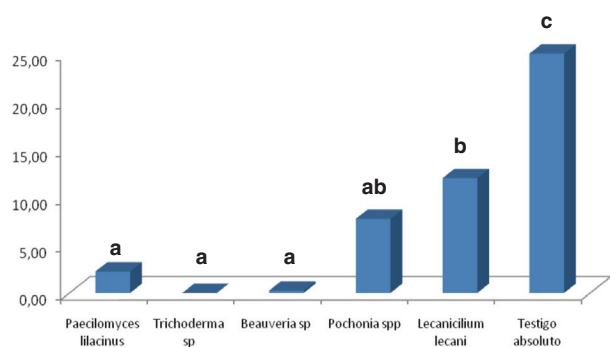
En forma general, tanto en la variable de peso en g como en la extracción y recuperación de quistes del suelo el tratamiento *Trichoderma sp*, presentó un mejor resultado, Cuadro 3 y Figura 4.

**Cuadro. 3.** Resultados y separación de medias de los tratamientos de hongos nematófagos. San Juan de Chicuá. Cartago, Costa Rica. 2008.

| Tratamientos                  | Peso en g      | Quistes sin eclosionar | Quistes eclosionados | Quistes reuperados |
|-------------------------------|----------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 24,25 a        | 24,5 a                 | 25,50 a              | 2,25 ab            |
| <i>Trichoderma sp</i>         | <b>55,75 b</b> | 27,75 a                | 22,25 a              | <b>0,0 a</b>       |
| <i>Beauveria sp</i>           | 23,25 a        | 31,00 a                | 19,00 a              | <b>0,25 a</b>      |
| <i>Pochonia spp</i>           | 28,75 a        | 33,75 a                | 16,25 a              | 7,75 ab            |
| <i>Lecanicilium lecani</i>    | 23,25 a        | 35,00 a                | 15,00 a              | 12,00 b            |
| Testigo absoluto              | 23,00 a        | 36,00 a                | 14,00 a              | 25,00 c            |

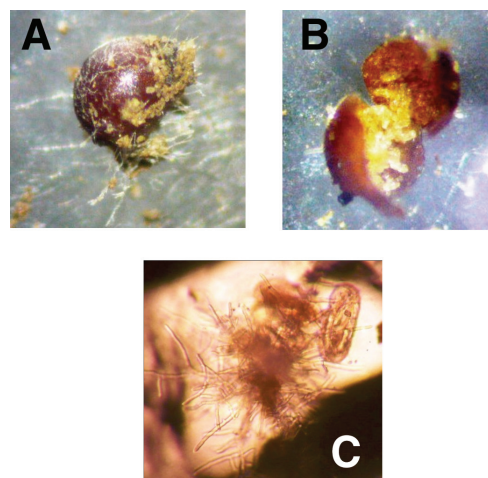
Letras distintas entre columnas indicaron diferencias significativas según Tukey ( $p <= 0,05$ )

En la Figura 5 y cuando se analizó un poco más el resultado de la recuperación de quistes fue quizá la prueba más notoria del efecto sobre todo cuando se constató que el hongo *Trichoderma sp*, el cual se inoculó, funcionó y éste cuando se comparó con el testigo absoluto, mostró una gran diferencia. Por otro lado con respecto al tratamiento *Beauveria sp* hubo que destacar que al haber encontrado semejanzas con el tratamiento *Trichoderma sp*. pudo ser un tratamiento promisorio en otras investigaciones; sin embargo, el mismo tratamiento no evidenció datos importantes en el peso de los tubérculos por lo que tuvo un comportamiento parecido a los demás.



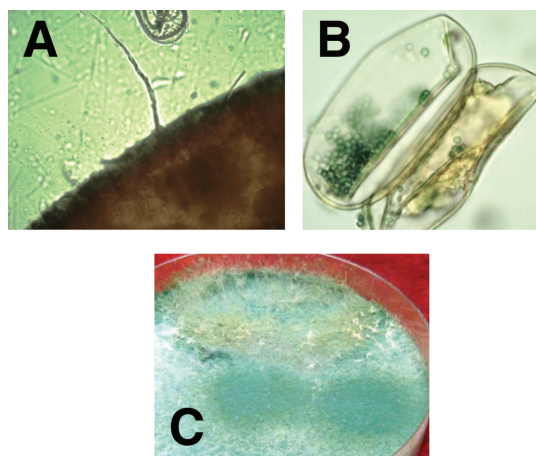
**Figura 5.** Efecto de tratamientos en la recuperación de quistes (*Globodera pallida* Stone) de suelo. Cartago. San Juan de Chicué. Cartago, Costa Rica. 2008.

Los quistes recuperados de la malla (misma que se usó para inocular los tratamientos) de la cepa de *Trichoderma sp*, se realizó observación de quistes al estereoscopio de luz, es decir los quistes que no eclosionaron. Exceptuando *Trichoderma sp*, los demás tratamientos no se observó algún hongo o enemigo natural que afectó a los quistes. En el tratamiento con *Trichoderma sp*. se pudo observar al microscopio de luz, por medio del cual se tomaron fotografías que demostraron los síntomas de micelio del hongo tanto en el quiste como en larvas y huevos, Figura 6.



**Figura 6.** Quiste afectados con hongo (A), huevos desechos y afectados dentro de quistes (B) y huevos afectados con hongo (C), todo observado en tratamiento *Trichoderma sp*. Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2008.

También se observó micelio en la parte externa del quiste y dentro del mismo, conidias de *Trichoderma sp*. Se aislaron algunos quistes en medio de cultivo PDA y este demostró crecimiento en el medio de cultivo, lo que evidenció que el hongo *Trichoderma sp* penetró al quiste e invadió afectando larvas y huevo, Figura 7.



**Figura 7.** Parte externa de quiste con micelio (A), conidias de *Trichoderma sp*, dentro huevos (B) y crecimiento de *Trichoderma sp* en medio de cultivo PDA (C). Fuente: Piedra Naranjo, R. San José, Costa Rica. 2008.



## CONCLUSIONES

El efecto de los mecanismos de acción en la cepa de *Trichoderma spp* como agente biológico quedó demostrado en esta investigación contra *Globodera pallida* (Stone). Los resultados de la eficacia y control del nematodo de quiste *G. pallida* fue demostrado con análisis estadísticos, recuperación de quistes del suelo, peso en g de tubérculos de papa y observaciones al estereoscopio de luz los quistes atacados por *Trichoderma sp*.

La acción de *Trichoderma sp* favoreció el desarrollo del sistema radicular de la planta, esto lo demostró la mayor cantidad de peso en los tubérculos de papa que indudablemente indujo a que la planta aumentara la producción.

El efecto del hongo *Beauveria sp* en la recuperación de quistes del suelo dio diferencias estadísticas muy semejantes al tratamiento *Trichoderma sp*, pero no así en el peso en gramos de tubérculos de papa. Sin embargo; esta cepa de hongo no se debió descartar y seguir investigando debido a que es un microorganismo con historial de nematófago en otros géneros de nematodos fitoparásitos.

Es importante evaluar la cepa *Trichoderma sp* (Carlos Durán) contra otros patógenos como *Rhizoctonia solani*, esto por ser un patógeno de importancia en la mayoría de fincas productoras de papa y que está muy relacionada con nematodos formadores de quistes como *G. pallida*. De igual forma investigar esta cepa de *Trichoderma sp*, y caracterizar molecularmente su especie y valorar entre otras aspectos su compatibilidad con productos químicos como nematicidas y fungicidas utilizados en el cultivo de papa, en especial la zona norte de Cartago.

Los resultados son importantes para considerar el manejo integrado de esta plaga y en prácticas agronómicas en fincas productoras de papa en Costa Rica.

Se debió dar un seguimiento y validar las cepas de *Trichoderma spp.* y *Beauveria sp.* bajo condiciones de campo. Entre otros aspectos, estos hongos debieron tener una prueba de calidad antes de ser aplicados y así poder tener certeza que indique la concentración de conidias o esporas de los hongos por gramos de suelo.

## LITERATURA CITADA

- Arauz, I.F. 1998. Fitopatología: Un enfoque agroecológico. San José, Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. P 467.
- Azevedo, J.L; Melo, I.S. (1998) Control microbiano de insectos - plagas en mejoramiento genético. Controle Biológico 1: 69-93
- Barron, G.L. 1977. Actualizado 2005. The Nematode-Destroying Fungi. Topics In Mycobiology No.1. Canadian Biological Publications Ltd., Guelph. Sp.
- Carballo, M.; Guaharay, F. 2004. Control biológico de plagas agrícolas. Serie Técnica manual técnico . Managua: Centro Agronómico Internacional de Agricultura Tropical y Enseñanza (CATIE) No. 53. pp-186-199.
- Cozzoli. P.; Renato. 1994. Temas de nematología Agrícola I. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Comisión de información pp. 8-9.
- InfoStat. 2008. InfoStat, versión 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Greco, N.; Moreno, I.L. 1992 Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sowed potato in Chile. Nematropica 22:165-173.
- Greco, N.; D'addabbo, T.; Brandonisio, A.; Elia, F. 1993. Damage to Italian crops caused by cyst-forming nematodes. J. Nematol. 25(4S):836-842.
- Marín, D.H. 2003. Research in progress and future perspectives on the root system management (abstract). In Turner, DW; Rosales, FE. eds. Banana root system: towards a better understanding for its productive management. Proceedings of an international symposium held in San José, Costa Rica, 3-5 November 2003. National Banana Corporation (CORBANA). p. 23.



## Resultados y Logros del Proyecto

- Se logró el intercambio de las siguientes tecnologías amigables con el ambiente entre Costa Rica y Bhutan: Ensilaje, biodigestores, hidroponía, agricultura de bajos insumos, sistemas de fincas integradas, rescate de semillas locales, agricultura orgánica, mejoramiento genético en ganadería, industrialización de productos lácteos, sistemas sostenibles de producción de café, manejo de sistemas de raíces tropicales (yuca), manejo de recursos naturales, entre otros. En total se beneficiaron directamente 700 personas en Costa Rica y Bhutan.
- Se dispone de 40 servicios de información y comunicación en las Plataformas PLATICAR y VERCON.
- Se logró para Costa Rica la elaboración de 11 documentos en buenas prácticas agrícolas y materiales didácticos para la gestión de conocimiento, a continuación el detalle de los documentos publicados y que se han distribuido entre los beneficiarios del proyecto, universidades, ONG, instituciones del sector agropecuario en general. Se logró un tiraje de al menos 500 ejemplares de cada uno para un total de 5.000 ejemplares impresos y 500 ejemplares en formato digital. Documentos publicados:
  - Manual: Agricultura Orgánica de Bajo Costo.
  - Manual: Producción de diferente tipos de abonos, repelentes y fungicidas orgánicos. Experiencias de productores en la zona Sur de Costa Rica.
  - Manual: Conservación y producción de Semillas Comunitarias.
  - Manual: Alternativas productivas en cultivos hidropónicos.
  - Manual: Identificación, control de plagas y enfermedades en hortalizas con el uso de extractos naturales, hongos antagonistas y entomopatógenos.
  - Manual: Producción de energía en la finca: El Biodigestor.
  - Manual: Manual del Usuario PLATICAR-Costa Rica.
  - Manual para Facilitadores: gestión de conocimiento
  - Brochure: Ensilaje en bolsa. Producción y Calidad.
  - Brochure: Rescate de conocimiento local en ganadería sostenible como recursos de información para compartir conocimientos con organizaciones afines y público en general.
  - Brochure: Finca Orgánica Integral Didáctica Génesis
- Se atendieron 10 pasantías de funcionarios de Bhutan a Costa Rica y 6 pasantías de Costa Rica a Bhutan en el marco de intercambios de metodologías y tecnologías amigables con el ambiente.
- Se implementaron 4 módulos para capacitación y producción en Hidroponía que beneficia a 150 familias (mujeres jefas de hogar) en la Región Huetar Atlántica. Se logró además capacitar a capacitadoras que hoy en día tienen a cargo las capacitaciones a estos grupos.





- Se apoyó en la capacitación de productores para el rescate de semillas locales en la Región Brunca del país y se dispone de una estrategia.
- Actualmente en el servicio INFOTECA del portal Web de PLATICAR se cuenta con más de 100 documentos generados por el INTA que están a disposición de todo público, de Costa Rica y de Bhutan.
- Actualmente se está desarrollando con el apoyo de Costa Rica, un servicio para poder sistematizar el “Proceso de mejoramiento genético en Bhutan”, se está desarrollando para Bhutan y se trasladará y validará en Costa Rica también.
- Se logró democratizar el acceso a la información tecnológica por parte de productores, investigadores y extensionistas (500 personas que han dinamizado la información tecnológica).
- Se logró el desarrollo de capacidades en técnicos y profesionales (100 personas) en metodologías de comunicación, gestión de información. Gestión de conocimiento, mediación pedagógica, facilitación y gestores de conocimiento.
- Los logros en el marco de este proyecto han sido posibles gracias al trabajo coordinado con alianzas de: organizaciones de productores, universidades (UNED-EARTH-UCR), ONG’s (FICOSA-FUNDAOSA), MINAET, Fundación Pro-Humano 21, Colegios Técnicos Agropecuarios, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Municipalidades, Canales de Televisión local, entre otras.
- Productores, técnicos, extensionistas, investigadores y profesionales han participado en los procesos de capacitación y en procesos de Gestión de Conocimiento local: a) Gestión de Conocimiento Local en Ganadería Sostenible Finca Miguel Navarro Carranza y Familia; b) Gestión de Conocimiento Local en Agricultura Orgánica 10 fincas del Área de Conservación

Tortuguero (APOC); c) Gestión de conocimiento local en Agricultura de Bajo Costo 100 Productores de 25 comunidades Aledañas al Parque Nacional Tortuguero; d) Gestión de conocimiento local en Mediación Pedagógica en Finca Génesis, prácticas de control de plagas y producción orgánica; e) Gestión de conocimiento local en el Manejo y uso de las Técnicas de información y Comunicación Agropecuaria y Rural, 15 líderes de 12 comunidades aledañas al Parque Nacional Tortuguero y 5 profesionales del Centro Experimental Los Diamantes en Guápiles Pococí; f) Gestión de conocimiento local en el manejo de la computadora; g) Gestión de conocimiento local en Cultivos Hidropónicos 150 familias de 12 comunidades del Área de Conservación Tortuguero.

El valor agregado del proyecto fue consolidar ambas plataformas VERCON y PLATICAR y en el caso de Costa Rica, ampliar su área de cobertura e internacionalizarla, para poner a disposición del sector productivo nacional las opciones tecnológicas y buenas prácticas ambientales que fortalezcan los niveles de competitividad del sector agropecuario.

Ha habido una replicabilidad de las tecnologías, apropiación y ajuste a cada contexto ambiental y socio económico en cada país. Se logró la democratización del conocimiento, el cierre de brecha digital y la creación y dinamización de comunidades de práctica.

La tercera “Annual Global South-South Development Expo (GSSD Expo)” concluyó en Ginebra en noviembre 2010. Muy orgullosos nos sentimos los participantes de los proyectos de Costa Rica, Bhutan y Benin del Programa de Cooperación Sur-Sur por haber ganado el Premio 2010 como “Socios” y un reconocimiento especial por ser una de las soluciones más innovadoras en el Foro de Cambio Climático y Ambiente.

