

ISSN-1659-0538

# ALCANCES TECNOLÓGICOS

REVISTA DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA

VOLUMEN 10

NÚMERO 1

AÑO 2014



Instituto Nacional de Innovación y  
Transferencia en Tecnología Agropecuaria

ISSN: 1659-0538

# ALCANCES TECNOLÓGICOS

VOLUMEN 10

NÚMERO 1

AÑO 2014

Revista bienal del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en  
Tecnología Agropecuaria  
INTA-Costa Rica

**Directora:**

Laura Ramírez Cartín, INTA-Costa Rica.

**Editora:**

María Mesén Villalobos, INTA-Costa Rica.

**Biometrista:**

Beatriz Sandoval Carvajal, INTA-Costa Rica.

**Comité Editorial:**

Alfredo Bolaños Herrera, INTA-Costa Rica.

Carlos Cordero Jiménez, INTA-Costa Rica.

Juan Mora Montero, INTA-Costa Rica.

Laura Ramírez Cartín, INTA-Costa Rica.

María Mesén Villalobos, INTA-Costa Rica.

Nevio Bonilla Morales, INTA-Costa Rica.

**Comité Asesor:**

Alexis Vásquez Morera,  
Trabajador independiente-Costa Rica.

Carlos Chaves Villalobos, EARTH-Costa Rica.

Danilo Pezo Quevedo, ILRI-Uganda.

Flor Araya Sandí, Agronomía Mesoamericana.

José Alberto Torres Moreira,  
Trabajador independiente-Costa Rica.

Luis Villegas Zamora, MAG-Costa Rica.

Olman Quirós Madrigal, UCR-Costa Rica.

Oscar Bonilla Bolaños, UNED-Costa Rica.

Pedro Argel Montalvo,  
Trabajador independiente-Colombia.

Ricardo Guillén Montero, MAG-Costa Rica.

Rodolfo Araya Villalobos,  
Agronomía Mesoamericana.

Walter Peraza Padilla, UNA-Costa Rica.

Walter Ruíz Valverde, UCR-Costa Rica.

630

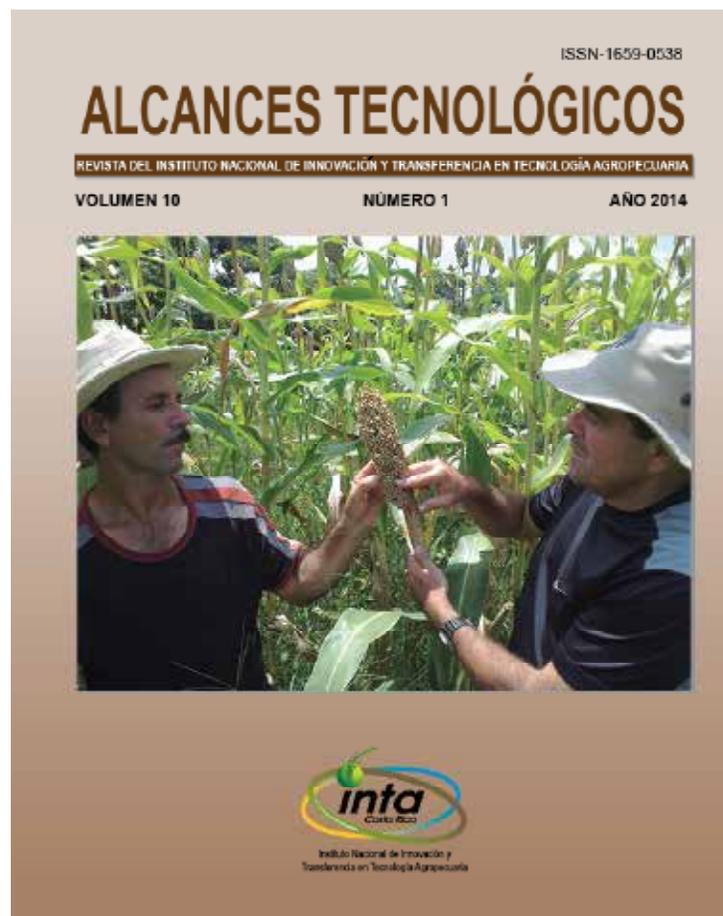
A Alcances Tecnológicos / Instituto Nacional de Innovación  
y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. --  
Vol. 1, no.1 (2003-). -- San José, C.R.: INTA, 2003 -

ISSN 1659-0538

1. AGRICULTURA. 2. INVESTIGACION. 3. COSTA RICA

Foto de portada: Edwin Orozco Barrantes, INTA-Costa Rica. En relación con el artículo, "Evaluación de sorgos para alimentación bovina en el Pacífico Central de Costa Rica".

Diseño gráfico y diagramado:  
Publicidad Progresiva, S.A.



ISSN: 1659-0538

# ALCANCES TECNOLÓGICOS

VOLUMEN 10

NÚMERO 1

AÑO 2014

Evaluación de sorgos para alimentación bovina en el Pacífico Central de Costa Rica  
*Edwin Orozco Barrantes, Víctor Salazar Moreno*..... 5-12

Adaptación de variedades de ryegrass y kikuyo en la zona alta lechera de Cartago  
*William Sánchez Ledezma, Carlos Hidalgo Ardón, María Mesén Villalobos*..... 13-20

## NOTAS TÉCNICAS

Presencia de hongos nematófagos en tres fincas cafetaleras de Costa Rica  
*Walter Peraza Padilla, Tatiana Zamora Araya*..... 21-27

Reducción de poblaciones de *Globodera pallida* al cultivar avena después de papa  
*Ricardo Piedra Naranjo, Jeannette Avilés Chaves*..... 29-33

## INFORMACIONES TÉCNICAS

San Lucas: una isla con suelos para ser protegida  
*Carlomagno Salazar Calvo*..... 35-44

Rol de los forrajes y los suplementos en la producción de leche bajo pastoreo  
*Jorge Morales González*..... 45-54



## EVALUACIÓN DE SORGOS PARA ALIMENTACIÓN BOVINA EN EL PACÍFICO CENTRAL DE COSTA RICA

Edwin Orozco Barrantes<sup>1</sup>, Víctor Salazar Moreno<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Evaluación de sorgos para alimentación bovina en el Pacífico Central de Costa Rica.** La investigación se estableció en cinco fincas ubicadas a diferentes altitudes en la provincia de Puntarenas, el objetivo fue identificar materiales de uso potencial en sistemas de producción bovina. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: URJA, CENTA S-2, CENTA S-3, RCV, VG-146, Tortillero, Pinolero y Eskameca. Las variables evaluadas fueron: cantidad de hojas, peso de hojas, peso de panojas, peso de tallos, diámetro de los tallos, producción de materia verde, altura de planta, contenido de materia seca (%MS), proteína cruda (%PC), fibra neutro detergente (%FND) y fibra ácido detergente (%FAD). Se realizó un análisis de varianza y en los casos en que la fuente de variación fue significativa ( $p \leq 0,05$ ), se aplicó la prueba de Duncan al 5%. Los promedios de producción de materia seca de las variedades oscilaron entre 3,67 y 7,58 t/ha/corte. El contenido de proteína cruda de la materia seca varió entre 9,26 y 11,52%. El contenido promedio de fibra neutro detergente fue de 69,09% y el de fibra ácido detergente de 44,66%. Las variedades que sobresalieron en cuanto a producción de forraje y valor nutritivo fueron Tortillero, CENTA S-2 y VG 146. Sin embargo, la que presentó un mejor balance fue la variedad CENTA S-2, por lo que se concluyó que es una variedad con potencial forrajero para ser validado en la zona.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, producción de forraje, fenología.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de manejo de ganadería de cría y doble propósito son las actividades económicas más importantes de varios cantones de la provincia de Puntarenas, no solo por su extensión en área, sino por la generación de ingresos para la población rural (Barrantes 2011).

Los forrajes de piso constituyen la principal fuente de nutrientes para el ganado. No obstante, su disponibilidad y calidad son afectadas por las variaciones climáticas de precipitación. El comportamiento alterno en la producción de forrajes genera problemas de sobre pastoreo, disminución del rendimiento, pérdida de peso de los animales, retraso en el crecimiento, reducción de la fertilidad en la hembras, incremento de los costos de producción y un menor ingreso económico familiar (Barrantes 2011).

Para superar estas limitantes, se requiere una estrategia de alimentación del ganado que

permita trabajar en forma sostenida a través del año, con forrajes de corte con alto potencial productivo de buena calidad y de bajo costo (Orozco 2008).

En el año 2008 el INTA de Costa Rica introdujo nuevas variedades de sorgo para ser evaluadas desde el punto de vista de producción de alcohol, como parte del programa bioenergético del país. Las evaluaciones fueron orientadas principalmente a determinar los contenidos de azúcares y la producción de grano.

Durante el proceso de evaluación, se observó que algunos de los materiales manifestaban un alto potencial de producción forrajera, por lo que se consideró necesario realizar investigaciones para la cuantificación de ese potencial, con el objetivo de ser utilizadas en la alimentación animal.

El propósito de esta investigación, fue identificar cultivares con potencial de producción y características nutritivas apropiadas para la

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica. eorozco@inta.go.cr. Sede central del MAG-Pacífico Central. Esparza, Puntarenas.

<sup>2</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. Costa Rica. vsalazar@mag.go.cr. Sede central del MAG-Pacífico Central. Esparza, Puntarenas. Recepción: 16-04-2013. Aceptación: 12-11-2014.

alimentación bovina mediante la obtención de información fenológica y bromatológica de ocho variedades de sorgo, bajo las condiciones de Bosque Húmedo Tropical de la Región Pacífico Central de Costa Rica, según la definición de Bolaños y Watson (1993).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en cinco fincas de la región Pacífico Central, ubicadas entre 16 y 1310 msnm, según se aprecia en el Cuadro 1. La siembra se realizó durante la cuarta semana del mes de junio del año 2010. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron las variedades de sorgo.

Las variedades evaluadas fueron URJA, CENTAS-2, CENTAS-3, RCV, VG-146, Tortillero, Pinolero y Eskameca, todas proporcionadas por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal de El Salvador (CENTA), pertenecientes al Programa Colaborativo y de Apoyo a la Investigación del Sorgo, el Mijo y otros Granos, INTSORMIL, CRSP.

Se preparó el terreno con mínima labranza y se realizó una aplicación de herbicida sistémico (glifosato) sobre el terreno a sembrar. Quince días después, se trazaron surcos espaciados a 70 cm. Se utilizó una cantidad de semilla equivalente a 20 kg por hectárea, esparcida a chorro seguido en los surcos.

Se fertilizó a razón 97,5 kg de nitrógeno, 19,6 kg de fósforo y 12,5 kg de potasio por hectárea, mediante una primera aplicación de fórmula completa (10-30-10), 10 días después de la siembra. Se llevó a cabo una segunda aplicación de nutrán (nitrato de amonio al 33%), 30 días después de la siembra.

El área de cada parcela fue de 5,6 m<sup>2</sup> y la unidad muestral fue de 2,1 m<sup>2</sup>, ubicada en el centro de cada parcela y conformada por tres surcos de un metro lineal cada uno. El área restante de la parcela se dejó libre con el objetivo de evitar el efecto de borde.

Se evaluaron las variables: cantidad de hojas, producción de materia verde, altura de planta, contenido de materia seca, expresado en porcentaje (%MS), porcentaje de proteína cruda (%PC), porcentaje de fibra neutro detergente (%FND), porcentaje de fibra ácido detergente (%FAD) y se calculó la digestibilidad de la materia seca (DMS) mediante la fórmula:  $DMS\% = 88,9 (0,779 \times FAD\%)$  (García *et al.* 2005).

La relación tallo-hoja-panoja se calculó obteniendo el peso de las hojas, los tallos y las panojas de 10 plantas de cada variedad y en cada localidad.

Las evaluaciones se realizaron a los 75 días de establecido el experimento. La variable altura se midió en centímetros, desde la base del suelo hasta la parte más alta de la planta, tomando en cuenta la inflorescencia.

La materia seca y la proteína cruda se determinaron mediante el método descrito por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC 1960). Para determinar el contenido de FND y FAD se utilizó el sistema de análisis para la evaluación de alimentos fibrosos de Van Soest *et al.* (1991).

Se efectuó un análisis de varianza con los efectos principales y en los casos en que la fuente de variación resultó significativa ( $p \leq 0,05$ ), se procedió a aplicar la prueba de Duncan para la comparación de medias (Balzarini *et al.* 2008).

Cuadro 1. Ubicación y altitud de las fincas en las que se estableció el experimento. Región Pacífico Central de Costa Rica. 2010.

Lugar	Altitud, msnm
Salinas II	16
San Jerónimo de Esparza	280
Sardinal de Puntarenas	363
Peñas Blancas de San Jerónimo de Esparza	760
Cañitas de Monteverde	1310

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Régimen de precipitaciones

La localidad de Esparza es el único sitio con estación meteorológica. Durante el lapso que duró el experimento se reportó una precipitación de 508,4 mm para el mes de junio, siendo el tercer mes menos lluvioso del año 2010. Sin embargo, luego de sembradas las primeras parcelas, se incrementaron considerablemente las lluvias, llegando a alcanzar 868,8 mm de lluvia durante el mes de julio. El exceso de lluvias ocurridas en la zona, durante la primera semana de establecidas las parcelas, ocasionó pérdidas por ahogamiento de semillas, en todos los sitios; lo cual obligó a repetir la siembra hasta tres veces en algunas localidades (Figura 1).

### Características agronómicas

#### Cantidad de hojas por planta

Se determinó la cantidad promedio de hojas por planta en cada variedad. Las variedades RCV y URJA fueron las que presentaron el mayor número de hojas promedio por planta, seguidas de las variedades Pinolero, CENTA S3 y CENTA S2. La variedad Eskameca fue la que presentó el menor número de hojas por planta (Cuadro 2). Este parámetro es importante desde el punto de vista de nutrición animal, dado que existe una relación directa entre la cantidad de hojas y el valor nutritivo de la planta (Vargas y Boschini 2011).

Cuadro 2. Cantidad promedio de hojas por planta por variedad. Puntarenas, Costa Rica. 2010.

Variedad	Cantidad de hojas	
RCV	9	a
URJA	9	ab
Pinolero	8	bc
CENTA S-3	8	bc
CENTA S-2	8	bc
VG 146	7	bc
Tortillero	7	bc
Eskameca	6	c

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

#### Composición estructural (relación hoja-tallo-panoja)

La relación hoja/tallo en un forraje, es un parámetro indicador de calidad. Es importante por el aporte que cada parte hace a la calidad nutricional de la biomasa. Lo deseable es que la cantidad de hojas sea lo más alta posible, ya que éstas son más digestibles y tienen un mayor contenido de nutrientes (Sánchez 2014<sup>3</sup>, Vargas y Boschini 2011).

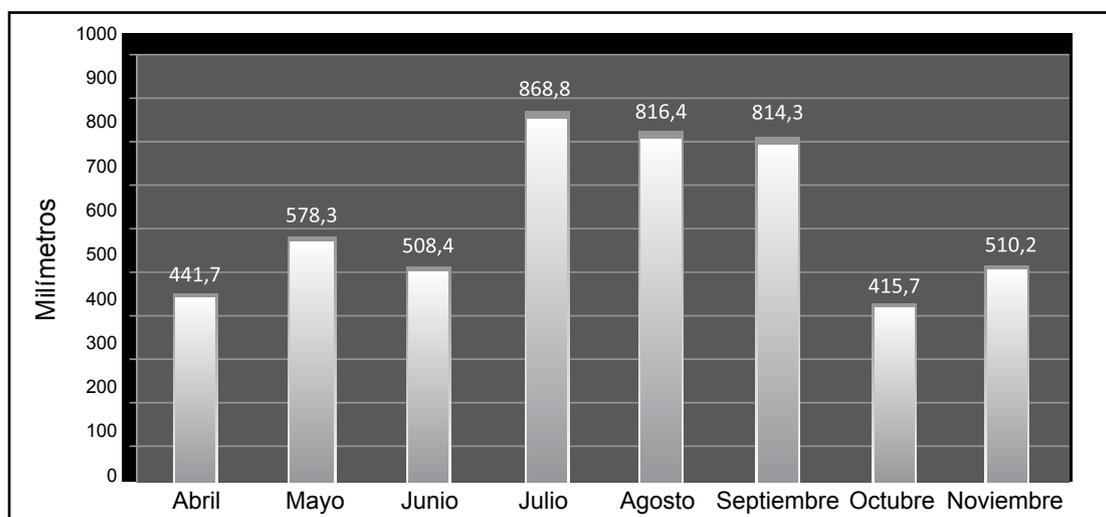


Figura 1. Precipitaciones reportadas para el cantón de Esparza. Costa Rica. 2010.

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional.

3 Sánchez, W. 2014. Relación hoja/tallo. Entrevista. INTA-Costa Rica. Comunicación personal.

En el presente estudio, los valores porcentuales de hoja y tallo de las diferentes variedades fueron muy similares; el rango de variación fue relativamente escaso. En el caso de la panoja, los resultados indicaron algo similar: seis de las variedades se encontraron en un rango de 251 a 361 g, quedando excluidas de este grupo y presentando diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) las variedades VG 146 y URJA con pesos de 458 y 105 g respectivamente. La variedad URJA es considerada forrajera y efectivamente presenta menor peso de panojas, sin embargo, no presenta diferencias significativas con Eskameca y RCV variedades consideradas productoras de grano. Además éstas presentan diferencias significativas solamente con VG 146 (Cuadro 3).

Diámetro del tallo

De las ocho variedades estudiadas, la variedad VG-146 es la que presenta tallos de

mayor diámetro y los más delgados son de la variedad URJA (Figura 2). La variedad VG-146 produjo además, pesos promedio de planta más elevados (Cuadro 3), aunado al hecho de que el peso de las panojas es el más elevado también. De lo anterior se puede deducir que las dos variables, % tallo y diámetro del tallo tienen una importante influencia en el peso promedio total de plantas de cada variedad.

**Rendimiento y calidad**

Producción de forraje verde

La producción promedio de forraje verde varió entre 15,15 y 33,77 t/ha, siendo la variedad CENTA S-2 la que alcanzó las mayores producciones. Mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) solamente con Eskameca, la cual presentó la menor producción del grupo evaluado (Figura 3).

Cuadro 3. Relación proporcional hoja-tallo-panoja por variedad de sorgo. Región Pacífico Central. Puntarenas, Costa Rica. 2010.

	Peso hoja, g	Peso tallo, g	Peso panoja, g	Peso total, g	Hoja, %	Tallo, %	Panoja, %
VG 146	563 a	2572 a	458 a	3593	15,7	71,6	12,7
Tortillero	539 a	2392 a	361 ab	3292	16,4	72,7	11,0
CENTA S-3	427 b	2027 ab	302 ab	2756	15,5	73,5	10,9
Pinolero	376 bc	1538 b	345 ab	2258	16,7	68,1	15,3
RCV	388 bc	1579 b	265 bc	2232	17,4	70,7	11,9
CENTA S-2	299 bcd	1478 b	302 ab	2079	14,4	71,1	14,5
URJA	214 d	1407 bc	105 c	1726	12,4	81,5	6,1
Eskameca	190 d	745 c	251 bc	1185	16,0	62,9	21,1

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

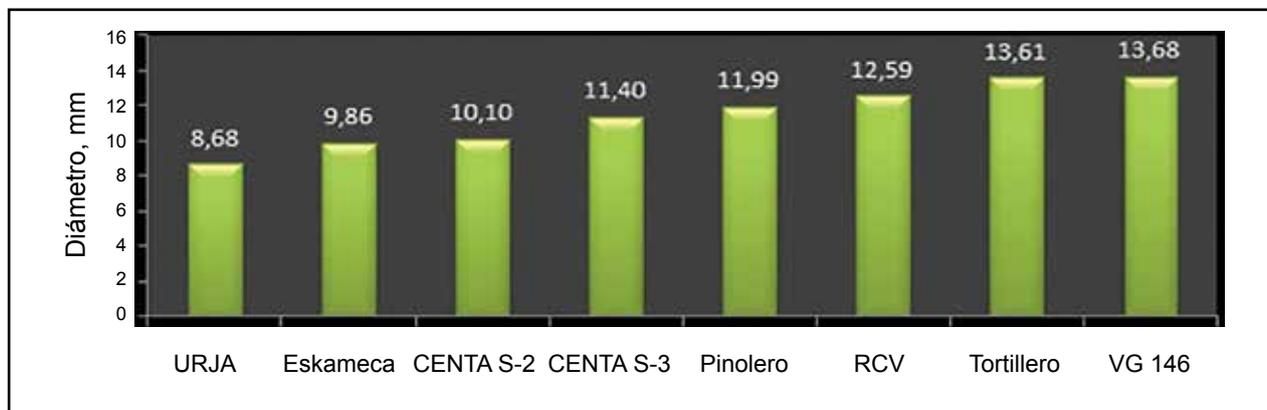
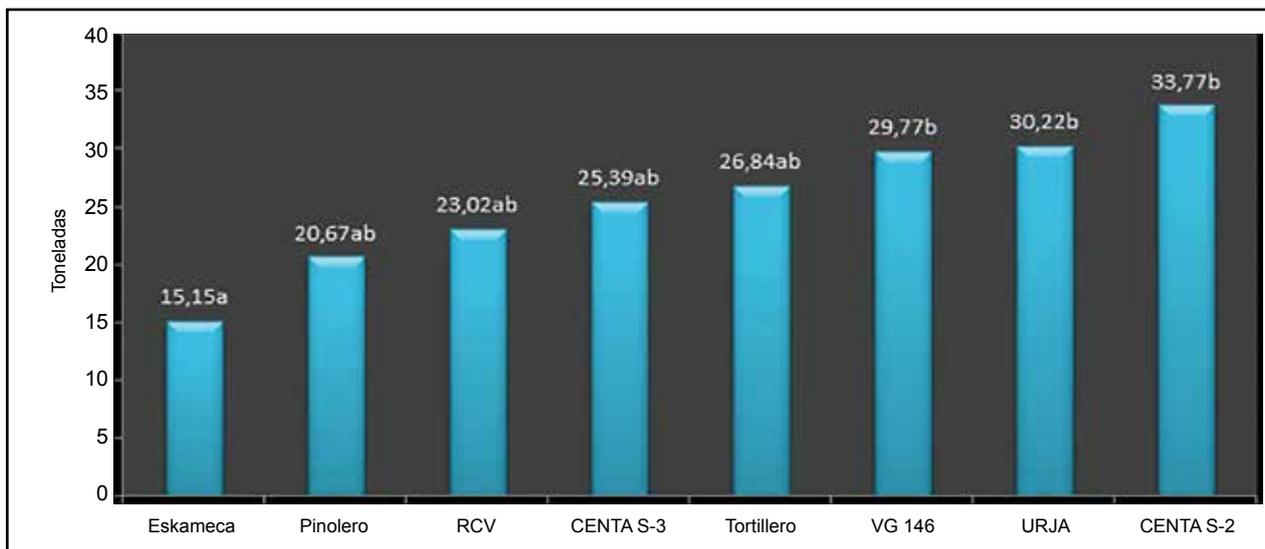


Figura 2. Diámetro promedio del tallo de las diferentes variedades de sorgo a 75 días de crecimiento. Puntarenas, Costa Rica. 2010.



Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 3. Producción promedio de forraje verde (t/ha/corte) de las diferentes variedades de sorgo a 75 días de crecimiento. Puntarenas, Costa Rica. 2010.

#### Altura de plantas

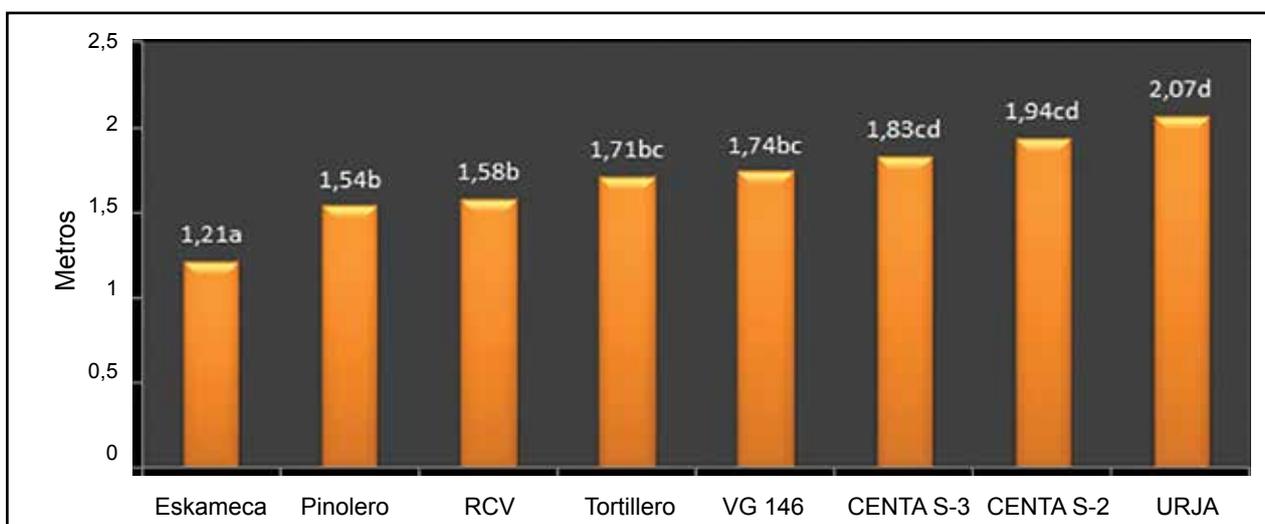
Se considera que la variable altura tiene una influencia directa sobre la producción de forraje verde, ya que si observamos los datos de altura promedio de planta (Figura 4), así como los datos de producción de forraje (Figura 3), se nota como las variedades de menor o mayor altura, son las que evidencian menor o mayor producción de forraje respectivamente.

La Figura 4 muestra que hay un subgrupo de tres variedades que presentan mayor altura ( $p \leq 0,05$ ). Entre esas variedades se encuentra

la CENTA S-2 que fue señalada anteriormente como variedad sobresaliente.

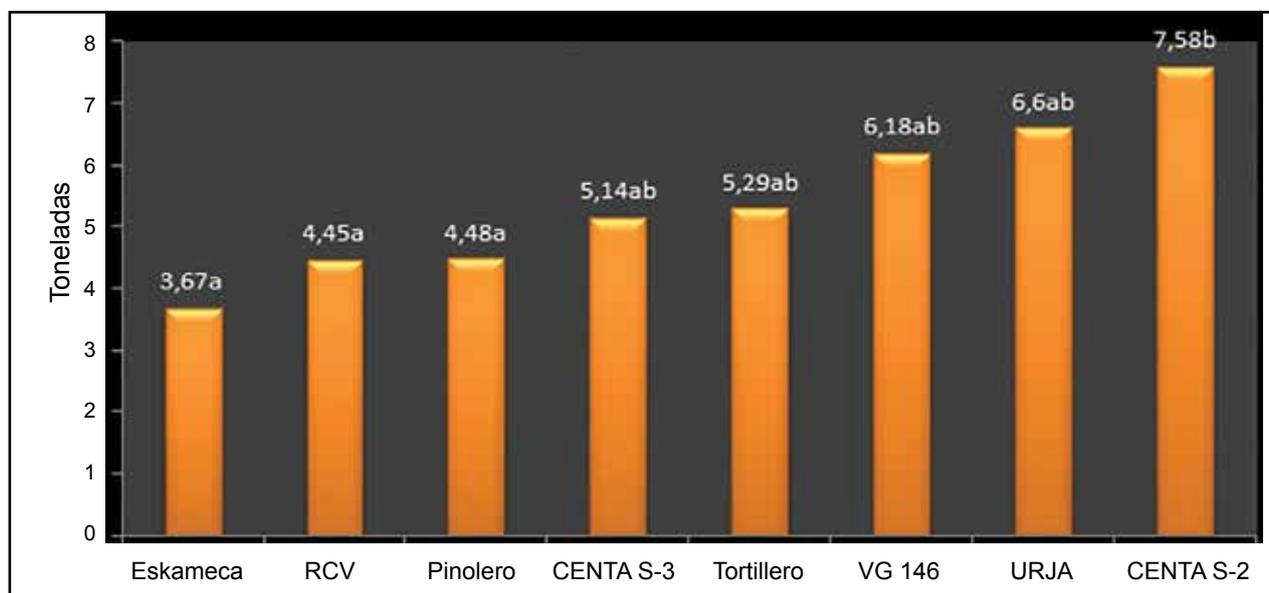
#### Producción de materia seca

Los promedios de producción de materia seca variaron entre 3,67 y 7,58 t/ha/corte. La prueba de Duncan indicó que hubo un subgrupo formado por las variedades CENTA S2, URJA, VB146, Tortillero y CENTA S-3 que mostraron mayor potencial productivo, encontrándose diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con las demás variedades. La variedad Eskameca, del mismo modo que en el parámetro anterior, fue la que mostró menor rendimiento (Figura 5).



Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 4. Altura promedio de plantas de cinco variedades de sorgo a 75 días de crecimiento. Puntarenas, Costa Rica. 2010.



Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

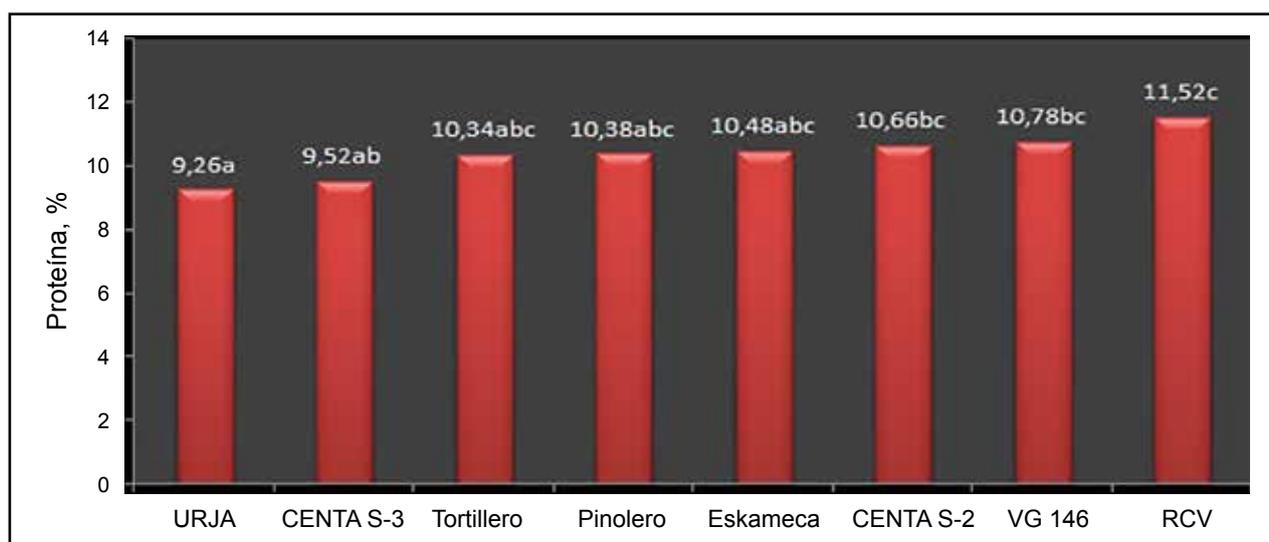
Figura 5. Producción promedio de materia seca (t/ha/corte) de cinco variedades de sorgo a 75 días de crecimiento. Puntarenas, Costa Rica. 2010.

#### Contenido de proteína cruda (%)

Esta variable presenta similitud entre las variedades. Varió entre 9,26 y 11,52%, siendo el promedio 10,37% (Figura 6). Las variedades Tortillero, CENTA S-2 y VG 146 pertenecen al subgrupo con mayor contenido de proteína cruda ( $p \leq 0,05$ ) y también al subgrupo con mayor rendimiento de materia seca ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 5); con lo cual se pueden identificar como variedades de uso potencial en los sistemas de producción de la zona.

#### Digestibilidad de la materia seca

La digestibilidad de la materia seca de las diferentes variedades varió entre 52,3 y 56,0%, siendo el promedio 54,11% (Figura 7). Las variedades CENTA S-2 y VG 146 pertenecen al subgrupo de mayor digestibilidad de la materia seca, ( $p \leq 0,05$ ) y también a los subgrupos con mayor rendimiento de materia seca (Figura 5) y contenido de proteína cruda (Figura 6).



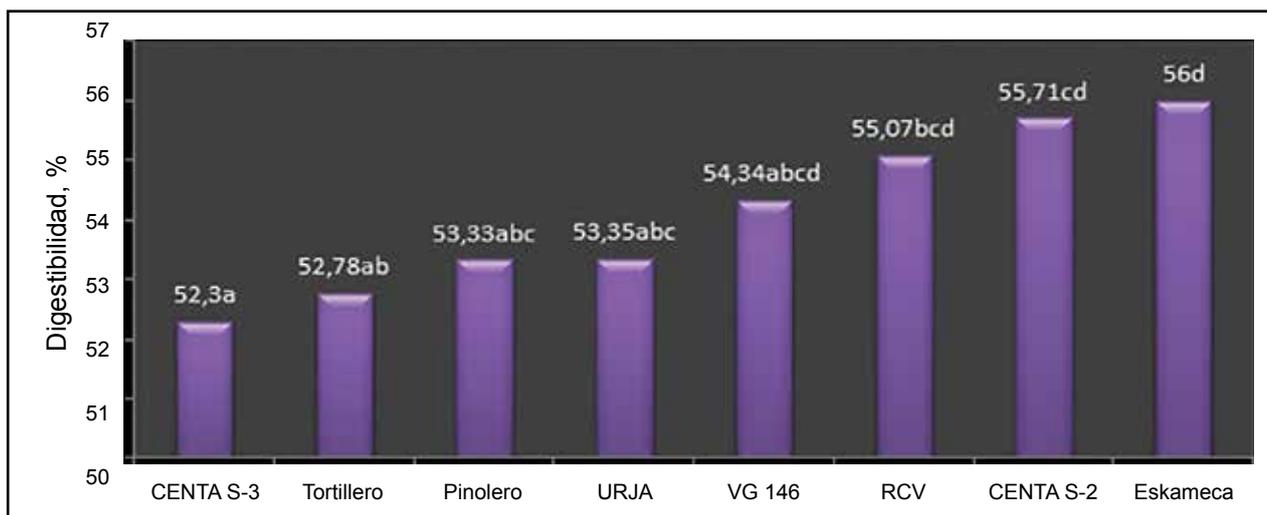
Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 6. Contenido promedio de proteína cruda de cinco variedades de sorgo a 75 días de crecimiento. Puntarenas, Costa Rica. 2010.

### Fibra ácido detergente

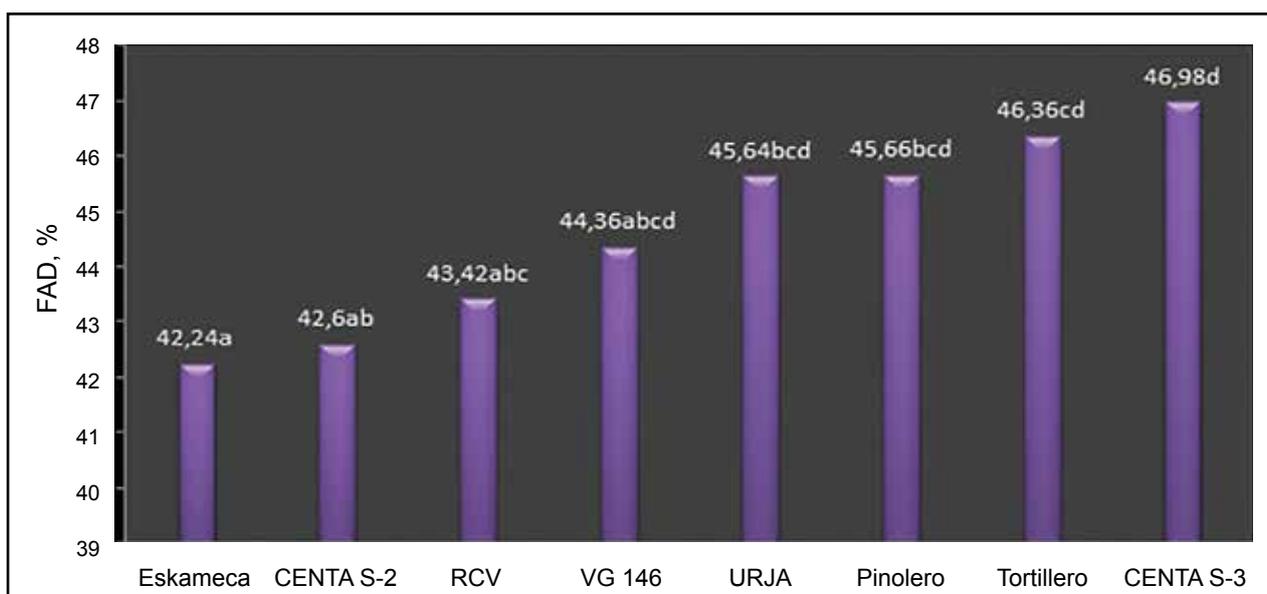
En cuanto al porcentaje de fibra ácido detergente (FAD), se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre las variedades; en el grupo con menor cantidad de FAD se encuentran la VG-146, RCV, CENTA S-2 y Escameca (Figura 8). Tomando en cuenta que el contenido de FAD está inversamente correlacionado con la digestibilidad del forraje y que el consumo

de alimento depende del contenido de material fibroso que consume el animal (Chacón y Vargas 2009), se identifica a la variedad CENTA S-2 como una variedad con potencial forrajero para ser validado en la zona en estudio, ya que pertenece al subgrupo de menor cantidad de FAD y mayor digestibilidad de la materia seca. Además pertenece a los subgrupos con mayor rendimiento de materia seca y contenido de proteína cruda.



Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 7. Digestibilidad promedio de la materia seca de cinco variedades de sorgo a 75 días de crecimiento Puntarenas, Costa Rica. 2010.



Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

Figura 8. Porcentaje de fibra ácido detergente de cinco variedades de sorgo a 75 días de crecimiento. Puntarenas, Costa Rica. 2010.

En síntesis todos los valores de producción y calidad encontrados en este estudio tienen niveles similares a los reportados por Boschini y Elizondo (2005) y Vargas (2005) para sorgos forrajeros con 77 días de crecimiento.

La calidad de la materia seca de todas las variedades, definida por las variables evaluadas en laboratorio, se encuentra dentro de rangos de aceptabilidad para forrajes que pueden ser utilizados en balance de dietas para bovinos bajo sistemas de producción de ganadería semi intensiva. Esto concuerda con Meza (2004), quien además menciona que los sorgos como forraje tienen un alto valor energético y dan buenos resultados como ensilaje. Asimismo, Orozco (2008) menciona que la utilización de sorgos como parte de una dieta balanceada para animales en producción, han demostrado que permiten alcanzar mejores índices productivos.

Para cada una de las variables analizadas, las variedades que sobresalieron con mayor frecuencia fueron Tortillero, CENTAS-2 y VG 146. Sin embargo, la que presentó un mejor balance en el conjunto de las variables analizadas fue la variedad CENTA S-2, por lo que se puede concluir que esta es una variedad con potencial forrajero para ser validada en la zona en estudio, ya que pertenece al subgrupo de menor cantidad de FAD y mayor digestibilidad de la materia seca, también pertenece a los subgrupos con mayor rendimiento de materia seca y contenido de proteína cruda.

## LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, EEUU) 1960. Official methods of analysis. Washington, D.C. 18 ed. 2005. AOAC International.
- Balzarini, MG.; González, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, JA.; Robledo, CW. 2008. InfoStat: Manual del Usuario. Córdoba, Argentina. Editorial Brujas. 326 p.
- Barrantes, J. 2011. Caracterización de la Agrocadena de Ganadería de Carne Bovina, Región Pacífico Central. Esparza, Puntarenas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 52 p.
- Bolaños, R.A.; Watson, V. 1993. Mapa Ecológico De Costa Rica. Según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Escala 1:200.000.
- Boschini, C.; Elizondo, J. 2005. Determinación de la calidad y la producción de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en edades para ensilar. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):29-36.
- Chacón, P.; Vargas, C. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* CV. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*. 20(2):399-408.
- García, Á.; Thiex, N.; Kalscheur, Kenneth; Tjardes, Kent. 2005. Interpretación de los análisis de henos y henilajes. College of Agriculture and Biological Sciences. South Dakota State University. USDA. 4 p.
- Meza, J. 2004, Comparación de la Morfología y Producción del Sorgo Negro (*Sorghum almum*) con dos Cultivares de Sorgo Blanco. Honduras. El Zamorano. 15 p.
- Orozco, E. 2008. Evaluación de cuatro variedades y tres híbridos de sorgo forrajero bajo las condiciones de la zona de bosque húmedo Tropical de la Península de Nicoya. Archivos Técnicos. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 15 p.
- Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.
- Vargas, C. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp). *Agronomía Mesoamericana*. 16(2):215-223.
- Vargas, C.; Boschini, C. 2011. Producción forrajera del *Trypsacum laxum*, fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio. *Agronomía Mesoamericana*. 22(1):99-108.

## ADAPTACIÓN DE VARIEDADES DE RYEGRASS Y KIKUYO EN LA ZONA ALTA LECHERA DE CARTAGO

William Sánchez Ledezma<sup>1</sup>, Carlos Hidalgo Ardón<sup>1</sup>, María Mesén Villalobos<sup>1</sup>

### RESUMEN

**Adaptación de variedades de ryegrass y kikuyo en la zona alta lechera de Cartago.** El objetivo de esta investigación fue comparar la adaptación de las variedades de ryegrass Tetralite (*Lolium hybridum*) y Conquistador (*Lolium perenne*) con el pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) como testigo, en dos fincas de producción de leche de la zona alta de Cartago, Costa Rica. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. Se evaluó la altura de la planta, cobertura del suelo, producción de materia seca, densidad volumétrica, porcentaje de proteína cruda, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente. Se realizó un análisis de varianza y en caso de significancia ( $p \leq 0,05$ ), se aplicó una comparación de medias. En el sitio de menor altitud (1750 m) el kikuyo alcanzó la mayor producción de materia seca ( $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ ), mientras que en el sitio localizado a mayor altitud (2500 m), el Tetralite fue el más productivo ( $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) pero no difirió significativamente ( $p > 0,05$ ) de los demás forrajes. El kikuyo redujo su producción (28%) en la época seca con respecto a la lluviosa, mientras que en promedio las variedades de ryegrass redujeron el 35%. La proteína cruda no fue afectada por la altitud ni la época, sin embargo, el kikuyo y el Tetralite, fueron superiores al Conquistador. El Tetralite y el Conquistador no se adaptaron a las condiciones de menor altitud, por lo que no se recomiendan para zonas climatológicamente semejantes. En cuanto al sitio localizado a mayor altitud, el Tetralite fue superior al Conquistador, pero semejante al kikuyo según sus datos de rendimiento y calidad.

Palabras clave: *Lolium*, *Pennisetum*, *Kikuyuocloa*, pastos y forrajes.

### INTRODUCCIÓN

La producción de leche depende en gran medida de la disponibilidad y la calidad de la alimentación suministrada a las vacas durante todo el año. En la zona alta de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, la alimentación del ganado vacuno depende principalmente del pastoreo de kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). Sin embargo, durante la época seca la disponibilidad de pasto disminuye considerablemente, dado que es muy susceptible a las condiciones ocasionadas por las bajas temperaturas, a pesar de que tolera la sequía moderada (Bernal 1991). En Costa Rica esta situación se presenta principalmente durante los primeros meses de la época seca especialmente en altitudes superiores a los 2500 m (Sánchez y Mesén 2010).

Ante esta situación, y aunado a los altos requerimientos nutricionales de las vacas lecheras de alto potencial genético ( $9000 \text{ kg lactancia}^{-1}$ ) que se utilizan en esta zona (Vargas 2008), los productores se ven obligados a utilizar hasta  $10 \text{ kg vaca}^{-1}\text{día}^{-1}$  de concentrado (Vargas *et al.* 2011), pero la demanda creciente de los granos para la alimentación humana, de monogástricos, y el alto costo de los mismos, dejan en duda el beneficio económico y la sostenibilidad de esta práctica de alimentación (MAG 1993 y Villegas 1993).

Otra alternativa para contrarrestar la crisis de forraje durante la época seca es la introducción de pasturas de clima templado como los del género *Lolium* con metabolismo  $C_3$ , que toleran la escarcha y son más digestibles que los pastos tropicales con metabolismo  $C_4$  (Bernal 1992). Existen tres especies del género *Lolium* que se utilizan con fines forrajeros: *Lolium perenne* (ryegrass perenne), *Lolium multiflorum* (ryegrass anual) y *Lolium hybridum*, este último producto del cruce entre ryegrass perenne y anual (Bernal 1991 y Argüelles 1992).

En la última década se han introducido a Costa Rica más de 15 variedades de ryegrass con fines comerciales, sin previa prueba de adaptación, lo que expone a los productores a posibles pérdidas. Dos de las variedades más distribuidas y ofrecidas por el mercado son el ryegrass Tetralite (*Lolium hybridum*) y el Conquistador (*Lolium perenne*). El primero se ha evaluado y utilizado con excelentes resultados a alturas superiores a 2500 msnm. Además de su alto valor nutritivo y rendimiento semejante al kikuyo, no es susceptible a la escarcha (Sánchez y Mesén 2004 y Villalobos y Sánchez 2010). El Conquistador es una de las variedades de ryegrass que no se ha evaluado en Costa Rica, sin embargo, las empresas comerciales lo recomiendan para altitudes superiores a los 1750 m.

Por lo anterior, se realizó la presente investigación con el objetivo de comparar la adaptación, producción y composición química del ryegrass Tetralite y el Conquistador con el pasto kikuyo como testigo local, en dos sitios localizados a diferentes altitudes de la zona alta de Cartago.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos fincas productoras de leche ubicadas en la microcuenca Plantón-Pacayas, en los cantones de Oreamuno y Alvarado de la provincia de Cartago (9°93 Latitud Norte; 83°34 Longitud Oeste), donde predomina el bosque húmedo, muy húmedo y pluvial (Bolaños y Watson 1993).

La primera finca se ubica en el sitio de menor altitud (1780 m) en la localidad de Santa Rosa y la segunda se sitúa en el sitio de mayor altitud (2500 m), en la localidad de San Pablo. Durante el periodo de evaluación, la precipitación osciló entre 1686 y 2175 mm año<sup>-1</sup>, mientras que la temperatura varió entre 3,7 y 22,1 °C (IMN 2008 y 2009).

En ambas fincas el suelo es de origen volcánico del orden de los Andisoles (Bertsch 1993), y según el análisis químico, el porcentaje de saturación de acidez del sitio bajo (3,4%) y del alto (12,1%) son aceptables (Bertsch 1987), lo que no afecta el crecimiento de las gramíneas debido a que esta familia de plantas soportan hasta un 25% de saturación (Borel 1981).

En cada sitio se evaluaron las variedades de ryegrass: Tetralite y Conquistador y el pasto kikuyo como testigo local.

La siembra se realizó a mínima labranza en un terreno recién desocupado por el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). El kikuyo se sembró en surcos distanciados a 0,50 m entre sí, utilizando semilla vegetativa (estolones). Las variedades de ryegrass se sembraron con semilla sexual, distribuyendo 25 kg ha<sup>-1</sup> al voleo. Tres meses después del establecimiento (agosto del 2008), se realizó un corte de nivelación y a partir de ese momento, se realizaron evaluaciones cada 30 días durante un periodo de dos años.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo y las recomendaciones de Toledo y Schultze-Kraft (1982) para pastos tropicales, se aplicó 200, 50, 30, 10 y 10 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg y S, respectivamente. Durante el primer año, las dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mg y S se aplicaron al momento de la siembra, mientras que el K<sub>2</sub>O se distribuyó en fracciones, la mitad de la dosis a la siembra y el resto tres meses después, seguido del corte de nivelación. El nitrógeno se aplicó en fracciones iguales después de

cada cosecha durante la época lluviosa. Durante el segundo año, la dosis completa de fósforo, magnesio y azufre, y la mitad del potasio, se aplicaron al inicio de las lluvias y la otra mitad del potasio tres meses después. El nitrógeno se aplicó con la misma frecuencia utilizada durante el primer año.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, donde el factor principal fue la altitud (1870 y 2500 m), a la vez dividida en dos sub-parcelas (época lluviosa y seca) luego se asignaron al azar las tres variedades de pasto. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 9 m<sup>2</sup> y la unidad muestral por un área de 1 m<sup>2</sup>.

En cada tratamiento se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, cobertura, producción de materia seca (MS), densidad volumétrica (DV), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD).

La variable altura de planta se midió en centímetros (cm) desde el suelo hasta el punto más alto de la planta sin estirla y no considerando la inflorescencia. La cobertura se evaluó como porcentaje de área cubierta por la pastura. En ambos casos se utilizó la metodología propuesta por la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), según Toledo y Schultze-Kraft (1982).

La cosecha de los forrajes se realizó a 10 cm de altura, utilizando un metro cuadrado en el centro de la unidad experimental para evitar el efecto de borde (Roig 1989). A cada muestra colectada se le determinó el porcentaje de MS y PC (AOAC 1990), y de FND y FAD (Van Soest *et al.* 1991). Posteriormente, con la producción de biomasa y el porcentaje de MS, se estimó la producción de MS en t ha<sup>-1</sup> cada 30 días.

La DV se estimó dividiendo la producción de MS (t ha<sup>-1</sup>) de cada forraje entre su respectiva altura, obteniendo como resultado la cantidad de MS disponible por cada cm de altura del forraje en una hectárea (kg MS cm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>). Este parámetro es un indicador utilizado en países donde la fuente de alimentación prioritaria del vacuno es el pastoreo, debido a que la DV de una pastura es directamente proporcional al tamaño del bocado y al consumo diario del animal (Chilibroste 2002, Allison 1985 y Chacón 2011).

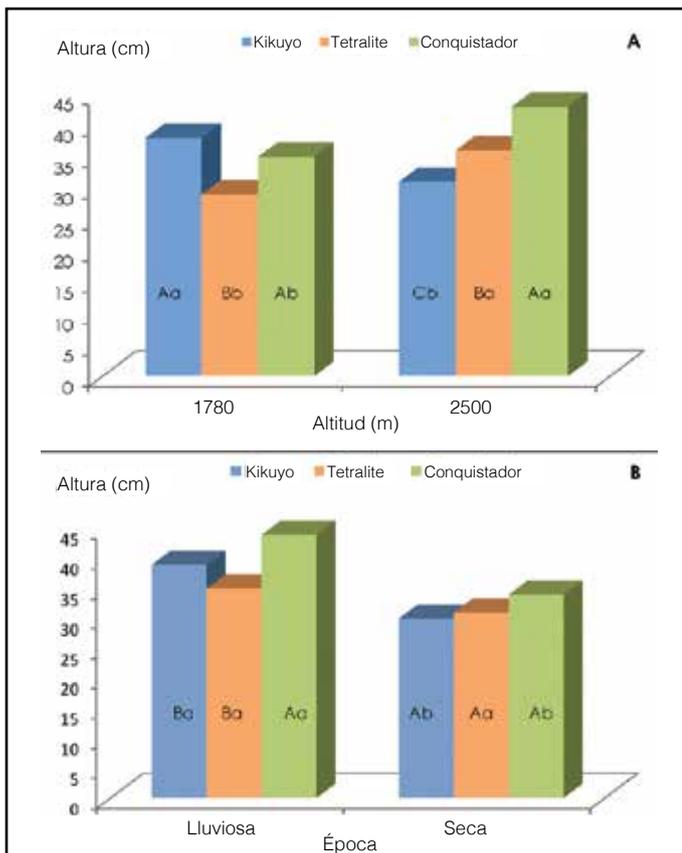
Se efectuó un análisis de varianza y en los casos en que la fuente de variación resultó significativa ( $p \leq 0,05$ ), se procedió a aplicar la prueba de Tukey para la comparación de medias (Balzarini *et al.* 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de planta

El crecimiento de los pastos fue afectado significativamente por la altitud y la época ( $p < 0,0001$  y  $p = 0,0271$ , respectivamente). El pasto kikuyo redujo ( $p = 0,0016$ ) el crecimiento en 7 cm en el sitio de mayor altitud, mientras que el ryegrass Conquistador y Tetralite disminuyeron prácticamente lo mismo, pero en el sitio más bajo. El pasto kikuyo creció más (35 cm) a los 1780 m, mientras que a los 2500 m fue el ryegrass Conquistador (43 cm), como se observa en la (Figura 1A).

Con relación al efecto de la época, el pasto kikuyo y el Conquistador redujeron ( $p = 0,0271$ ) el crecimiento en la época seca vs época lluviosa (30 vs 39 y 34 vs 44,  $ES = 1,038$ , para ambos forrajes respectivamente, mientras que el ryegrass Tetralite no mostró diferencias significativas ( $p = 0,2503$ ) entre épocas (Figura 1B).



A, B, C: Letras mayúsculas iguales en cada altitud y época no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

a, b: Letras minúsculas iguales entre altitudes y entre épocas no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

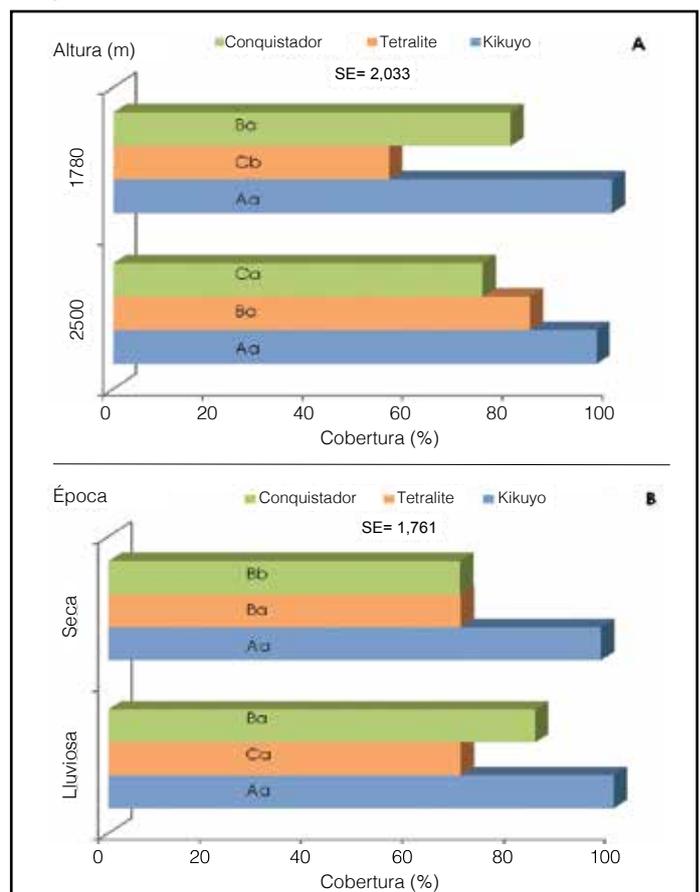
Figura 1. Altura de planta de los forrajes a diferentes altitudes (A) y épocas (B) a los 30 días de crecimiento en la zona alta de Cartago, Costa Rica, 2009.

Alturas semejantes se encontraron con los *Lolium* Bison, Tetralite, Aberolite y el kikuyo (39,4, 35,5, 36,4 y 30,9 cm, respectivamente), a edades iguales y en la misma zona de Cartago (Sánchez y Mesén 2004, Mesén y Sánchez 2004, Mesén y Sánchez 2006).

### Cobertura

La altitud y la época afectaron significativamente ( $p < 0,0001$  y  $p = 0,0008$ , respectivamente) la cobertura de los pastos. El ryegrass Tetralite redujo ( $p < 0,0001$ ) el porcentaje de cobertura en el sitio de menor altitud (55 vs 84  $ES = 2,033$  para 1780 y 2500 m), mientras que el kikuyo y el Conquistador no fueron afectados por la altitud. El kikuyo alcanzó la mayor cobertura en ambas altitudes ( $98 \pm 1,5$ ), pero los *Lolium* no superaron el 84% (Figura 2A).

En cuanto al efecto de época, el ryegrass Conquistador fue el único pasto que fue afectado ya que redujo ( $p < 0,0001$ ) el porcentaje durante el periodo seco (69 vs 84  $ES = 1,761$ , para época seca y lluviosa), mientras que el kikuyo y el Tetralite presentaron valores semejantes entre las épocas (Figura 2B).



A, B, C: Letras mayúsculas iguales en cada altitud y época no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

a, b: Letras minúsculas iguales entre altitudes y épocas no difieren entre sí ( $p < 0,05$ ).

Figura 2. Cobertura de pastos a diferentes altitudes (A) y épocas (B) a los 30 días en la zona alta de Cartago, Costa Rica, 2009.

Coberturas parecidas a las encontradas en el presente estudio, se reportan con el ryegrass Bison (80%), Tetralite (78%), Aberalite (75%) y con el pasto kikuyo (95%), en la misma región de Cartago (Sánchez y Mesén 2004, y Mesén y Sánchez 2006).

La mayor cobertura del pasto kikuyo con respecto a las variedades de ryegrass, obedece principalmente al hábito de crecimiento de cada uno de los géneros. En el caso del kikuyo, su crecimiento en estolones y la elongación horizontal, le permite una más rápida y mayor cobertura que las variedades de ryegrass, debido a que los últimos crecen en macollas con elongación vertical, dejando espacios libres entre las cepas.

### Producción de materia seca

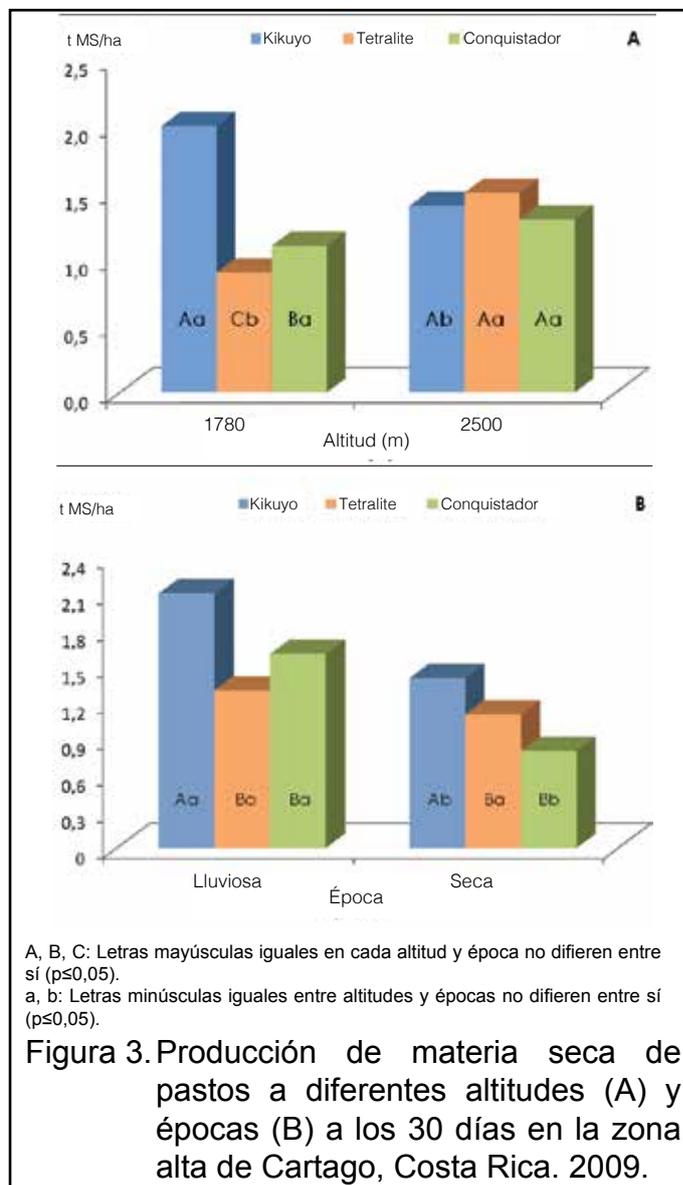
La producción de materia seca cada 30 días ( $t\ ha^{-1}$ ), fue afectada significativamente por la altitud y la época ( $p < 0,0001$  y  $p = 0,0490$ , respectivamente). En el caso de la altitud el pasto kikuyo y el ryegrass Tetralite redujeron ( $p < 0,05$ ) el rendimiento en  $0,6\ t\ MS\ ha^{-1}$ , el primero en el sitio alto y el segundo a los 1780 m, mientras que el Conquistador no reveló diferencias significativas ( $p > 0,05$ ), como se observa en la Figura 3A.

El pasto kikuyo alcanzó la mayor producción de MS en el sitio de menor altitud ( $2\ t\ ha^{-1}$ ), difiriendo del resto de los forrajes en ambas localidades. En el sitio de mayor altitud el Tetralite obtuvo el mayor rendimiento ( $1,5\ t\ ha^{-1}$ ), sin embargo, no difirió del kikuyo ni del Conquistador (Figura 3A).

Con respecto al efecto de la época, el ryegrass Conquistador y el kikuyo redujeron ( $p < 0,0001$  y  $p = 0,0004$ , respectivamente) el rendimiento de MS durante la época seca, pasando el primero de  $1,6$  a  $0,8$  y el segundo de  $2,1$  a  $1,4\ t\ ha^{-1}$ , de la época lluviosa a la seca, respectivamente. Por el contrario, el ryegrass Tetralite no mostró diferencias significativas ( $p = 0,5710$ ) entre épocas (Figura 3B).

Rendimientos de MS ligeramente superiores reportan Sánchez y Mesén (2004) con la variedad de ryegrass Bison ( $2,1\ t\ ha^{-1}$ ), Tetralite ( $1,7\ t\ ha^{-1}$ ) y Aberalite ( $1,5\ t\ ha^{-1}$ ) en la misma zona de Cartago, mientras que Villalobos y Sánchez (2010), encontraron rendimientos muy superiores ( $4\ t\ MS\ ha^{-1}$ ) con el ryegrass Tetralite en pastoreo cada 45 días en la misma región. Superioridad que probablemente se deba a las diferencias en días de descanso y al acumulo de MS residual pospastoreo.

En el caso del kikuyo, se reportan rendimientos de MS superiores ( $2,7\ t\ ha^{-1}$ ) en la misma zona de Cartago a 35 días de crecimiento (Mesén y Sánchez 2006). También en Colombia, se han encontrado



producciones de MS superiores ( $2,5\ t\ ha^{-1}$ ) cada 45 días de crecimiento (Mila y Corredor 2004).

### Densidad volumétrica

La densidad volumétrica (DV) de la materia seca producida por los pastos cada 30 días ( $kg\ cm^{-1}\ ha^{-1}$ ), fue afectada significativamente por la altitud y la época ( $p = 0,0060$  y  $0,0423$ , respectivamente). El ryegrass Tetralite fue el único pasto que redujo ( $p = 0,0418$ ) la DV en el sitio de menor altitud ( $31$  vs  $43\ ES = 2,779$ , para 1780 y 2500 m), mientras que el kikuyo y el ryegrass Conquistador no presentaron cambios significativos (Figura 4A).

El pasto kikuyo alcanzó la mayor DV en ambas altitudes ( $53$  y  $56\ kg\ cm^{-1}\ ha^{-1}$ , para 1780 y 2500 m), sin embargo, no difirió del ryegrass Tetralite sembrado a los 2500 m de altitud ( $43$ ), como se exhibe en la Figura 4A.

Con respecto al efecto de la época, el ryegrass Conquistador redujo ( $p = 0,0118$ ) la DV ( $kg\ cm^{-1}\ ha^{-1}$ ) en la época seca ( $23$  vs  $36\ DE = 1,761$ ), para época.

seca y lluviosa), mientras que el kikuyo y el ryegrass Tetralite no revelaron cambios significativos ( $p>0,05$ ) entre las épocas (Figura 4B).

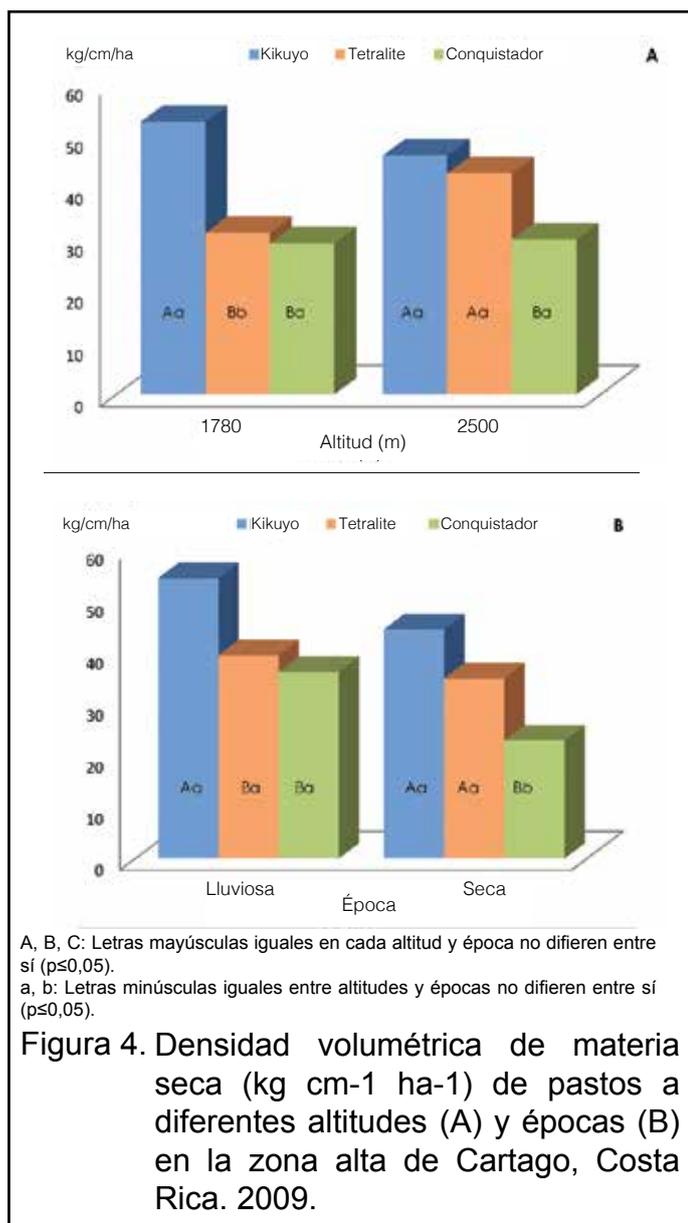


Figura 4. Densidad volumétrica de materia seca ( $\text{kg cm}^{-1} \text{ha}^{-1}$ ) de pastos a diferentes altitudes (A) y épocas (B) en la zona alta de Cartago, Costa Rica. 2009.

Basados en los resultados obtenidos, y en las apreciaciones de Allison (1985) y Mejía (2002), se puede concluir que el pasto kikuyo posee mayor volumen de MS disponible que las dos variedades de ryegrass, lo que proporciona un mayor tamaño de bocado de animales en pastoreo. Para Chibroste (2002) esto es relevante, porque en la mayoría de casos el estado nutricional de un animal en pastoreo se ve más afectado por el limitado consumo de MS que por el valor nutritivo per se, lo que se acentúa cuando se utiliza una alta carga animal.

La mayor altura, cobertura, producción MS y DV del kikuyo en el sitio de menor altitud (1780 m), obedece principalmente a que los pastos tropicales con metabolismo  $C_4$  como el kikuyo, son más eficiente en sitios con mayor presencia de luz solar y temperatura, mientras que por el contrario, los

pastos de clima templado con metabolismo  $C_3$  como los *Lolium*, incrementan su eficiencia en sitios con menor luminosidad y temperatura (Cajarville *et al.* 2007 y Barroso *et al.* 2008).

Los bajos rendimientos de las variedades de ryegrass en el sitio de menor altitud (1780 m), se deben al efecto de la escasa humedad en el suelo durante la época seca y al ataque severo de roya (*Puccinia sp.*) que se detectó en dicho sitio.

Las diferencias encontradas entre la época seca y lluviosa, se podrían deber a la mayor disponibilidad de humedad para la época lluviosa, lo que permite que los pastos crezcan, alcancen buena cobertura y producción de MS, mientras que en la época seca los forrajes experimentan estrés hídrico, lo que repercute negativamente en el crecimiento, la cobertura y la producción de biomasa.

### Proteína cruda

A pesar de las diferencias climáticas, la altitud y la época no afectaron significativamente ( $p=0,8225$  y  $p=0,7036$ , respectivamente) el porcentaje de PC. Ninguno de los tres pastos evaluados, presentó diferencias superiores a 1,5 unidades porcentuales entre las altitudes y épocas (Cuadro 1).

Sánchez y Mesén (2004), tampoco encontraron diferencias significativas en el porcentaje de PC entre la época seca y la lluviosa en las variedades de ryegrass: Bison, Tetralite y Aberolite y el pasto kikuyo. Además estos autores observaron reducciones inferiores a 1,3 unidades porcentuales de PC en la época seca con respecto a la lluviosa.

El porcentaje de PC fue diferente entre los pastos analizados ( $p<0,0001$ ) indicando la prueba de comparación de medias que en cada altitud y época, el pasto kikuyo alcanzó el mayor contenido, sin embargo, no difirió significativamente del ryegrass Tetralite, pero sí del Conquistador (Cuadro 1).

Porcentajes semejantes de PC han sido reportados por Sánchez y Mesén (2004), en estudios con las variedades de ryegrass Tetralite (20), Bison (17) y Aberolite (18) en la misma zona, sin embargo, Villalobos y Sánchez (2010), encontraron contenidos superiores con el Tetralite (25), diferencia que probablemente se deba a discrepancias en el plan de fertilización. Para el pasto kikuyo se reportan contenidos inferiores de PC (19) en la misma zona de Cartago (Mesén y Sánchez 2006), mientras que en Colombia Aguilar *et al.* (2009), encontraron valores semejantes de este nutriente (22).

Cuadro 1. Composición química de pastos a diferentes altitudes y épocas cada 30 días, en la zona alta lechera de Cartago, Costa Rica. 2009.

Pasto	Porcentaje por altitud, m					
	1780			2580		
	PC	FND	FAD	PC	FND	FAD
Kikuyo	20,8 <sup>Aa</sup>	64,4 <sup>Aa</sup>	31,2 <sup>Aa</sup>	20,5 <sup>Aa</sup>	59,5 <sup>Ab</sup>	27,2 <sup>Bb</sup>
Tetralite	19,6 <sup>Aa</sup>	43,2 <sup>Ca</sup>	26,0 <sup>Ba</sup>	18,7 <sup>Aa</sup>	44,8 <sup>Ba</sup>	26,7 <sup>Ba</sup>
Conquistador	15,5 <sup>Ba</sup>	49,5 <sup>Ba</sup>	32,7 <sup>Aa</sup>	15,0 <sup>Ba</sup>	47,4 <sup>Aa</sup>	30,4 <sup>Ab</sup>

Pasto	Porcentaje por época					
	Lluviosa			Seca		
	PC	FND	FAD	PC	FND	FAD
Kikuyo	21,0 <sup>Aa</sup>	61,6 <sup>Aa</sup>	29,4 <sup>Ba</sup>	20,3 <sup>Aa</sup>	62,4 <sup>Aa</sup>	28,0 <sup>Ba</sup>
Tetralite	19,5 <sup>Aa</sup>	44,5 <sup>Ca</sup>	27,4 <sup>Ca</sup>	18,8 <sup>Aa</sup>	43,6 <sup>Ca</sup>	25,5 <sup>Ca</sup>
Conquistador	16,0 <sup>Ba</sup>	48,4 <sup>Ba</sup>	32,4 <sup>Aa</sup>	14,5 <sup>Ba</sup>	48,6 <sup>Ba</sup>	30,7 <sup>Aa</sup>

A,B,C: Letras mayúsculas iguales en cada altitud y época no difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ ).

a,b,c: Letras minúsculas iguales entre altitudes y épocas no difieren entre sí ( $p \leq 0,05$ ).

### Fibra neutro detergente

El porcentaje fibra neutro detergente (FND) fue afectada significativamente ( $p=0,0001$ ) por la altitud, presentando el pasto kikuyo una reducción ( $p < 0,0001$ ) en el sitio de mayor altitud (64,5 vs 59,5 ES=0,661, para 1780 y 2500 m). El Conquistador y el Tetralite no presentaron cambios significativos ( $p > 0,05$ ) entre altitudes (Cuadro 1).

El pasto kikuyo alcanzó el mayor porcentaje de FND en ambas altitudes (64,5 y 59,5, para 1780 y 2500 m), seguido del conquistador (49,5 y 47,4 en el mismo orden), mientras que el ryegrass Tetralite logró los menores valores (Cuadro 1).

La época no afectó significativamente ( $p=0,4489$ ) el contenido de FND de los pastos, encontrándose que el kikuyo alcanzó el mayor porcentaje en ambas épocas (62±0,4), seguido y difiriendo del ryegrass Conquistador y el Tetralite (Cuadro 1).

Villalobos y Sánchez (2010) reportan porcentajes de FND ligeramente superiores con el ryegrass Tetralite (50) en la misma zona de Cartago. La misma experiencia encontró Aguilar (2009) en Colombia con la variedad de ryegrass Bestfort (50), pero inferiores con el pasto kikuyo (54). Situación semejante encontró Correa (2008) en el mismo país y con la última especie (58).

Tomando en cuenta los valores de FND obtenidos en este estudio, es de esperar que en pasturas con buena disponibilidad de MS, el consumo voluntario sea mayor con las variedades de ryegrass evaluadas que con el kikuyo, debido a que el contenido de FND

es inversamente proporcional al consumo voluntario de los rumiantes.

### Fibra ácido detergente

El porcentaje fibra ácido detergente (FAD) de los pastos fue afectado significativamente por la altitud ( $p < 0,0001$ ), pero no por la época ( $p=0,1046$ ). En cuanto al efecto de la altitud, el kikuyo y el ryegrass Conquistador redujeron ( $p > 0,05$ ) el porcentaje de FAD en el sitio de mayor altitud, pasando el primero de 31,2 a 27,2 y el segundo de 32,7 a 30,4, del sitio de menor a mayor altitud, respectivamente. El ryegrass Tetralite no manifestó diferencias significativas ( $p=0,8745$ ) entre las altitudes (Cuadro 1).

El ryegrass Conquistador y el kikuyo fueron los pastos que alcanzaron los mayores porcentajes de FAD (32,7 y 31,2, respectivamente) a los 1780 m de altitud, valores que difirieron del resto de los pastos en ambas localidades. El ryegrass Tetralite presentó los porcentajes de FAD más bajos en ambas altitudes (26,0 y 26,7, para 1780 y 2500 m), sin embargo, en el sitio de mayor altitud, no varió del kikuyo (27,2).

En la misma zona de Cartago, Villalobos y Sánchez (2010) encontraron porcentajes de FAD semejantes (25,6) con el ryegrass Tetralite, mientras que en Colombia, Aguilar (2009) reporta valores ligeramente superiores con el ryegrass variedad Bestfort (33,6) y semejantes con el pasto kikuyo (30,3).

Basados en los valores de FAD obtenidos en este estudio, se puede concluir que con el ryegrass Tetralite es posible obtener mayor digestibilidad de

la MS que con el ryegrass Conquistador y el kikuyo, debido a que el contenido de FAD es directamente proporcional al contenido de lignina, y por tanto a la digestibilidad de la MS de la pastura.

Teniendo en consideración las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo el presente estudio, se puede concluir que las variedades de ryegrass Tetralite y Conquistador no se adaptaron a las condiciones agroclimáticas del sitio de menor altitud (1780 m), siendo susceptibles al hongo de la roya (*Puccinia sp*) y a la escases de humedad en el suelo presentada durante la época seca, situación que afectó significativamente su crecimiento, capacidad de cobertura y producción de MS. Por esta razón, estas variedades no se recomiendan en zonas con condiciones climatológicas semejantes al sitio de menor altitud.

El pasto kikuyo se adaptó adecuadamente a ambos sitios evaluados, manteniendo su potencial de crecimiento, cobertura, producción de MS y composición química, características que lo facultan como una de las especies propicias a utilizar en la región.

El ryegrass Tetralite y Conquistador se adaptan a las condiciones climáticas del sitio de mayor altitud (2500 m), sin embargo, el Tetralite presentó mayor cobertura, rendimiento de MS y composición química que el Conquistador.

### AGRADECIMIENTO

Al Proyecto Plantón Pacayas por su financiamiento, así como a los señores Martín Montero y Rubén Montero, propietarios de las fincas donde se realizó la investigación. A los técnicos Vidal Acuña y Sheng-Hsiung Wu Chen del INTA, por el apoyo en la ejecución del trabajo. A las ingenieras Beatriz Sandoval y Rocío Bejarano del INTA, por su apoyo estadístico y servicio químico y bromatológico brindado respectivamente.

### LITERATURA CITADA

Aguilar, O.; Moreno, B.; Pabón, M.; Carulla, J. 2009. Effect of kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) or ryegrass (*Lolium hybridum*) intake on conjugated linoleic acid concentration and fatty acids composition of milk fat. *Livestock Research for Rural Development* 21(4):1-18.

Allison, C. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J. Range Manage.* 38:305-308.

Argüelles, G. 1992. Pastos y forrajes para Colombia. Bogotá, Colombia. p. 103-105.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists, USA). 1990. 15<sup>th</sup> ed. Washington. 1008 p.

Balzarini, MG.; González, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, JA.; Robledo, CW. 2008. InfoStat: Manual del Usuario. Córdoba, Argentina. Brujas. 326 p.

Barroso, F.; Pedreno, A.; Martínez, T.; Robles, A.; González, J. 2008. Potencial de las especies C<sub>4</sub> como alimento para el ganado en repoblaciones de zonas semiáridas. *IN: XLV Reunión Científica de la SEEP*. Departamento de Biología Aplicada, Universidad de Almería, Estación Experimental del Zaidin de Granada, España. p. 347-253.

Bernal, J. 1991. Pastos y forrajes tropicales. Editorial Banco Ganadero. 2 ed. Colombia. 273. p.

Bernal, J. 1992. Algunas características agronómicas de los ryegrass. *In: Suplemento Ganadero*. Colombia. p. 95-101.

Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2 ed. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 82 p.

\_\_\_\_\_, F. 1993. Características de los principales órdenes de suelos presentes en Costa Rica. *In: Memoria del IX Congreso Nacional Agropecuario y de Recursos Naturales*. San José, Costa Rica. 78 p.

Borel, R. 1981. Uso de los fertilizantes en pasturas. *In: Producción y utilización de forrajes en el trópico*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 58-69.

Bolaños, R.; Watson, V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical. ICE. San José, Costa Rica. Escala 1:200.000.

Cajarville, C.; Britos, A.; Caramelli, A.; Antúnez, M.; Zanoniani, R.; Boggiano, P.; Repetto, J. 2007. El horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético afectan la relación azúcares/nitrógeno de las pasturas. Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay. p. 2-5.

Calderón, M. 1982. Evaluación del daño causado por insectos. *In: Manual para la evaluación agronómica*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, (RIEPT), CIAT, Colombia. p. 45-56.

- Correa, C.; Pabón, R.; Carulla, F. 2008. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development* 20(4).
- Chacón, E. 2011. Comportamiento ingestivo del vacuno a pastoreo. *Mundo Pecuario*. Universidad Central de Venezuela. 7(3):130-144.
- Chilibroste, P. 2002. Evaluación de modelos detallados de rumen para rediseñar disponibilidad de nutrientes en sistemas intensivos de producción de leche bajo pastoreo. *Archivos Latinoamericanos. Producción Animal*. 10(3):232-240.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional, CR) 2008. Resumen Meteorológico. *Boletín Mensual*. San José, Costa Rica. 9 p.
- \_\_\_\_\_, 2009. Resumen Meteorológico. *Boletín Mensual*. San José, Costa Rica. 13 p.
- Lenne, J. 1982. Evaluación de enfermedades en pastos tropicales. In: Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. CIAT. p. 57-72.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1993. Dirección General de Salud y Producción Pecuaría. Programa Nacional de Leche y Doble Propósito. Resultados de Investigación en Sistemas de Producción de Leche. San José, Costa Rica. sp.
- Mejía, J. 2002. Consumo Voluntario de Forraje por Rumiantes en Pastoreo. *Acta Universitaria*, México. 12(3):56:63.
- Mesén, M.; Sánchez, W. 2004. Evaluación de gramíneas de los géneros *Lolium* y *Festuca* en la zona alta lechera del cantón de Oreamuno de Cartago, Costa Rica. *Alcances Tecnológicos*, INTA. 2(1):7-12.
- Mesén, M.; Sánchez, W. 2006. Evaluación de gramíneas forrajes en la zona alta lechera de Costa Rica. *Alcances Tecnológicos*, INTA. 4(1):29-35.
- Mila, A.; Corredor, G. 2004. Evaluación de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Revista Corpoica*. Colombia. 5(1):70-75.
- Roig, C.A. 1989. Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en el ecosistema de Bosque Tropical Lluvioso en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 179 p.
- Sánchez, W.; Mesén, M. 2004. Evaluación de gramíneas de piso de clima frío en Oreamuno de Cartago. *Alcances Tecnológicos*, INTA. 2(1):1-6.
- Sánchez, W.; Mesén, M. 2010. Establecimiento y manejo del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*). *Alcances Tecnológicos*, INTA. 8(1):71-80.
- Toledo, J.M.; Schultze - Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. In: Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, Cali, Colombia. CIAT. p. 91-109.
- Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3597.
- Vargas, B.; Gamboa, G. 2008. Estimación de tendencias genéticas e interacción genotipo x ambiente en ganado lechero de Costa Rica. *Técnico Pecuario*, México 46(4):371-386.
- Vargas, B.; Marín, Y.; Romero, J. 2011. Comparación bioeconómica de rupos raciales Holstein, Jersey y F1 Holstein×Jersey en la zona de vida Bosque muy Húmedo Premontano, (en línea). *Agronomía Mesoamericana*. Consultado el 15 mayo del 2013. Disponibles en <http://www.medvet.una.ac.cr/posgrado/gen>.
- Villalobos, L.; Sánchez, J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, UCR. 34(1):31-42.
- Villalobos, L.; Sánchez, J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*, UCR. 34(1):43-52.
- Villegas, L. 1993. Situación actual de la actividad lechera en Costa Rica. In: Memoria del IX Congreso Agronómico Nacional. Costa Rica. p. 53.

## NOTA TÉCNICA

PRESENCIA DE HONGOS NEMATÓFAGOS EN TRES FINCAS CAFETALERAS DE COSTA RICA<sup>1</sup>Walter Peraza Padilla<sup>2</sup>, Tatiana Zamora Araya<sup>3</sup>

## RESUMEN

**Presencia de hongos nematófagos en tres fincas cafetaleras del Valle Central de Costa Rica.** Suelo recolectado de fincas productoras de café (*Coffea arabica* L.) fue examinado mediante el método de espolvoreado en placa en búsqueda de hongos nematófagos. El muestreo de suelo se realizó entre los meses de agosto a octubre de 2011 en tres fincas cafetaleras ubicadas en las provincias de San José, Alajuela y Heredia. Se aislaron un total de seis hongos nematófagos los cuales se identificaron mediante claves taxonómicas. Se determinó la presencia de los hongos nematófagos *Arthrobotrys oligospora* (n=1), *Candelabrella* sp. (n=1), *Paecilomyces* sp. (n=2) y *Trichoderma* sp. (n=2). Los resultados sugieren la presencia de hongos nematófagos adaptados a las condiciones ambientales y de manejo agrícola en sistemas de producción de café, con potencial para ser utilizados como agentes de combate biológico.

Palabras clave: café, *Arthrobotrys* sp., *Candelabrella* sp., *Paecilomyces* sp., *Trichoderma* sp.

## INTRODUCCION

En la historia agrícola de Costa Rica, el café ha sido uno de los productos de exportación más importantes. Las condiciones edáficas y climáticas presentes en el país, permiten el cultivo de diferentes variedades como Caturra, Catuai, Catimor T5175 y Costa Rica 95 (Aguilar 1997). Adicionalmente, el grano de café presenta características organolépticas en cuanto a acidez, cuerpo y aroma que lo hace no solo una bebida muy gustada internacionalmente sino que también una de las mejores del mundo. Para el año 2012, el Café oro ocupó el puesto número cinco entre los principales 50 productos de exportación con un aporte de 411,4 millones de dólares, lo que representó un 90,5% con respecto al año 2011. Los principales destinos fueron Estados Unidos (54%), Bélgica (13%), Alemania (5%), Italia (4%), Holanda (3,5%), Australia (2,5%) y otros (18%) (PROCOMER 2012).

Existen una serie de plagas asociadas al cultivo del café, entre las que se encuentran los nematodos fitoparásitos (Kimpinski *et al.* 2003) capaces de ocasionar pérdidas económicas de hasta un 20% en una gran cantidad de cultivos agrícolas (Padgham *et al.* 2004). Un género importante es el nematodo agallador *Meloidogyne* sp. endoparásito sedentario presente en la mayoría de cultivos agrícolas (Casas-Flores y Herrera-Estrella 2007) incluido el café. Este patógeno produce agallas en la raíz que reducen

la capacidad de absorción de agua y nutrientes disponibles en el suelo. Por tratarse de un parásito muy pequeño normalmente pasa desapercibido, hasta que el daño que origina se expresa en la parte aérea de las plantas donde se observan hojas pequeñas y deformes, clorosis y pérdida de vigor (Magunacelaya *et al.* 2004) aunado a una reducción en el largo de los brotes y entrenudos y a una disminución en el rendimiento (Sasser y Freckman 1987). En este contexto, la búsqueda de formas de manejo biológico basado en la utilización de hongos nematófagos, es una forma prometedora de disminuir el uso de productos químicos contaminantes del ambiente y de reducir la presencia de nematodos fitoparásitos en áreas productoras de café.

Los hongos nematófagos son habitantes del suelo que utilizan sus esporas o micelio para capturar nematodos vermiformes. Se encuentran en diferentes tipos de sustratos y son capaces de sobrevivir en condiciones climáticas o nutricionales extremas en distintas regiones geográficas del mundo (Gray *et al.* 1982). Investigadores como Jansson y López-Llorca (2001), mencionan que una a cinco especies de estos microorganismos son recobrados de una muestra de suelo. Más de 200 especies de hongos nematófagos han sido descritos y tienen un alto potencial para ser usados como agentes de combate biológico para la supresión de nematodos fitoparásitos (Qadri y Seleh 1990, De Leij y Kerry 1991, Khan y Akram 2000, Kerry 2001).

<sup>1</sup> Resultados obtenidos por el segundo autor en su Práctica Profesional Supervisada (PPS) para optar por el grado de Bachiller en Agronomía.

<sup>2</sup> Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. walter.peraza.padilla@una.cr. Sede central de la UNA, Heredia.

<sup>3</sup> Estudiante. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Costa Rica, UNA. Costa Rica. tatiza01@hotmail.com. Sede central de la UNA, Heredia.

Recepción: 19-03-2014. Aceptación: 18-11-2014.

De acuerdo con su estrategia de captura, los hongos se clasifican en endoparásitos y depredadores (Cole y Kendrick 1981). Los endoparásitos se caracterizan por la formación de estructuras adhesivas o de ingestión que infectan a los nematodos o parasitan los huevos con la formación de un apresorio. Los depredadores, se caracterizan por producir una red hifal extensa con estructuras predatoras simples. Además existen otros hongos con la capacidad de producir hifas adhesivas septadas, redes adhesivas, ramificaciones adhesivas, botones adhesivos, anillos no constrictores o altamente especializados en el caso de los anillos constrictores que se encargan de sostener los nematodos vivos (Barron 1977, Gray 1987).

Costa Rica es un país con una amplia diversidad biológica y no es de extrañar la presencia de hongos nematofagos en diferentes agroecosistemas. Aunque la búsqueda de este tipo de microorganismos en nuestro país es aún reducida, es importante conocer su presencia en sistemas de producción y su rol como enemigos naturales de nematodos en estrategias de combate biológico. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio exploratorio para determinar la presencia de hongos nematofagos en tres fincas dedicadas a la producción de café en Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La fase de aislamiento e identificación de hongos nematofagos se llevó a cabo en el Laboratorio de Nematología de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. El muestreo de suelo se realizó entre los meses de agosto a octubre del 2011. Se muestrearon tres fincas cafetaleras ubicadas en las provincias de

San José, Alajuela y Heredia. Cada uno de estos sitios, presentaban diferencias en las características ambientales (Cuadro 1).

Se realizó únicamente un estudio exploratorio sin ningún plan de muestreo ya que el objetivo de la investigación no fue realizar un inventario de hongos nematofagos sino determinar la existencia de este tipo de organismos en los predios en estudio. Con la ayuda de un barreno, se tomaron 20 submuestras a lo largo de la parcela hasta obtener una muestra compuesta de aproximadamente 500 g por finca a profundidad de 20 cm. Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno debidamente etiquetadas y se trasladaron al Laboratorio de Nematología para su análisis. Con la ayuda de un GPS (Global Position System) se determinaron las coordenadas de cada parcela.

Las muestras de suelo se procesaron mediante el método de "espolvoreado en placa" descrito por Barrón (1977) para el aislamiento de hongos nematofagos. Por cada muestra compuesta, se realizaron cinco repeticiones las cuales se colocaron en placas de Petri de 9,0 cm de diámetro con el medio de cultivo Agar-Agua (AA) y con 0,5 a 1,0 g de suelo. Las cajas se incubaron a temperatura ambiente entre 23 y 26°C y con luz natural. A partir del quinto día de incubación, cada placa de Petri se observó diariamente en busca de hifas, conidios, esporas o nematodos parasitados con microscopio invertido Olympus CKX41. Una vez observada la presencia de hongos nematofagos y con la ayuda de una asa micológica, se tomaron conidios, micelio, así como nematodos parasitados y se colocaron en medio Papa-Dextrosa-Agar (PDA) con Tetraciclina 0,1 % (p/v) para evitar el crecimiento de bacterias. Los aislamientos se incubaron a temperatura ambiente.

Cuadro 1. Características ambientales altitud, georeferenciación y sistema de cultivo de los sitios de procedencia de las muestras de suelo analizadas. Heredia, Costa Rica. 2011.

Provincia	Cantón o distrito	Zona de vida*	Altitud (msnm)	Precipitación promedio anual (mm)**	Temperatura promedio anual (°C)**	Coordenadas	Tipo de sistema***
Alajuela	Carrizal	bmh-P	1567	3633	19	10°06'04,96" N 84°10'06,83" O	SPC
Heredia	Barva	bmh-P	1220	2693	23	10°01'34,40" N 84°06'49,60" O	SBI
San José	Acosta	bmh-T	1035	2944	22	09°48'09,96" N 84°09'37,41" O	SPC

\*Según clasificación de Holdridge (1982): bmh-P (Bosque Húmedo Premontano), bmh-T (Bosque muy Húmedo Tropical).

\*\*Información recolectada de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

\*\*\*Tipo de sistema: Sistema de Producción Convencional (SPC) y Sistema de Bajos Insumos (SBI) con utilización mínima de agroquímicos.

Una semana después se verificó su crecimiento micelial. Posteriormente, los hongos se transfirieron a medio PDA sin antibiótico para su purificación y replicación.

La identificación taxonómica se realizó mediante la clave "A key to the Nematode – Destroying Fungi" de Cooke y Godfrey (1964) y la clave "Illustrated genera of imperfect fungi" de Barnett y Hunter (1998). A cada hongo se le asignó un código para su identificación posterior. Se prepararon montajes de las estructuras fúngicas de cada una de los hongos en un portaobjetos con lacto-fenol azul como colorante de contraste. Las observaciones se realizaron en un microscopio compuesto a diferentes aumentos y se comparó la morfología de cada aislamiento con las claves disponibles. Las fotografías de las estructuras observadas se tomaron en un microscopio Olympus BX50 con una cámara Nikon DS-Fi1 a 100X.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Aislamiento e identificación de hongos nematófagos

Se obtuvo un total de seis aislamientos de hongos nematófagos, de los cuales se identificaron tres géneros y una especie basados en las descripciones microscópicas y aspectos morfológicos (Cuadro 2). Todos los hongos se encontraron en las placas de Petri a partir del quinto día de incubación. El género *Paecilomyces* sp. Bainier (Pae 1 y Pae 2) (Figura 1. A y B) fue aislado de muestras de suelo procedentes de Carrizal. Los aislamientos de *Trichoderma* sp. Pers (Tri 1 y Tri 2) (Figura 1. C y D) provienen de las muestras de Barva y Acosta. Por último, los hongos *A. oligospora* (Figura 1. E y F) y *Candelabrella* sp. (Arth y Can) (Figura 1. G y H) se hallaron en las muestras de Carrizal y Barva respectivamente.

Cuadro 2. Origen de hongos nematófagos depredadores aislados. Heredia, Costa Rica. 2011.

Género	Código	Procedencia	Tipo de sistema
<i>Paecilomyces</i> sp.	Pae1	Carrizal, Alajuela	SPC
<i>Arthobotrys oligospora</i> .	Arth	Carrizal, Alajuela	SPC
<i>Paecilomyces</i> sp.	Pae2	Carrizal, Alajuela	SPC
<i>Candelabrella</i> sp.	Can	Barva, Heredia	SBI
<i>Trichoderma</i> sp.	Tri1	Barva, Heredia	SBI
<i>Trichoderma</i> sp.	Tri2	Acosta, San José	SPC



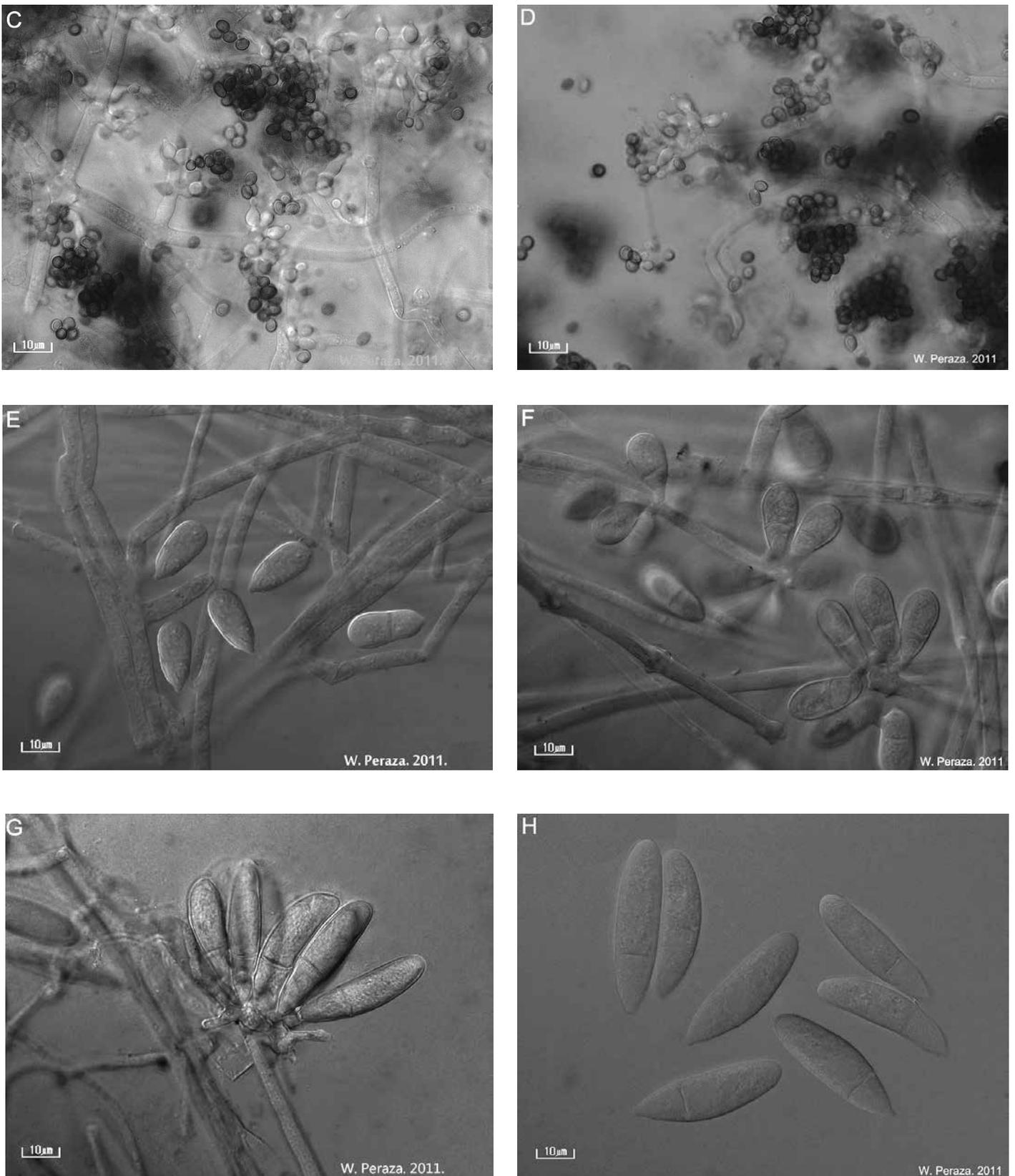


Figura 1. Fotomicrográficas de hongos nematófagos aislados de muestras de suelo de Carrizal (Alajuela), Barva (Heredia) y Acosta (San José). A y B. Conidios y conidióforos de *Paecilomyces* sp. C y D. Conidios y Conidióforos de *Trichoderma* sp. E y F. Conidios y conidióforos de *A. oligospora*. G y H. Conidios de *Candelabrella* sp. Escala: 10 µm. Heredia, Costa Rica. 2011

Se comprobó la presencia de hongos nematófagos en las tres fincas cafetaleras muestreadas. Estos datos coinciden con los de Orozco (2005), quien encontró hongos nematófagos en diversos sustratos recolectados en las provincias de Alajuela, Heredia, San José, Cartago y Limón. En ese estudio se encontró *Candelabrella musiformis* Drechsler, *A. oligospora* y *Dactylella* sp. Grove, en sistemas agroforestales, pecuarios y bosques. Por su parte, Soto-Barrientos *et al.* (2011) aislaron un total de 40 hongos depredadores en 51 fincas en las siete provincias de Costa Rica. Lograron identificar *Trichoderma* sp., *Beauveria* sp. Vuillemin, *Clonostachys* sp. Corda, *Lecanicillium* sp. Gams y Zare, *A. oligospora*, *Candelabrella musiformis*, y por primera vez en Costa Rica *A. conoides* Drechsler y *A. dactyloides* Drechsler. Además encontraron a estos hongos también asociados a heces de animales, suelo y hojarasca de bosques. Estos investigadores utilizaron los aislamientos de *A. oligospora*, *C. musiformis*, *A. conoides* y *A. dactyloides* en pruebas de capacidad depredadora *in vitro* contra larvas infectivas (L<sub>3</sub>) de nematodos gastrointestinales de *Haemonchus contortus*. Las muestras provenían de cultivos agrícolas como banano (*Musa* sp.), café (*Coffea arabica*), chayote (*Sechium edule*), papa (*Solanum tuberosum*) y suelo de plantas ornamentales. Adicionalmente, en investigaciones realizadas por Peraza (2012), se identificaron los hongos *Paecilomyces* sp., *Monacrosporium* sp. Oudemans, *Trichoderma* sp. y *Fusarium oxysporum* Schlechtend, en regiones arroceras de Costa Rica. Los estudios realizados sobre la presencia de hongos nematófagos en nuestro país, confirman que es posible encontrarlos asociados a una amplia variedad de agro sistemas y bosques.

Los hongos nematófagos pueden ser de utilidad en programas de manejo integrado de plagas (MIP) como una alternativa al uso de agroquímicos en la protección vegetal. Esto con el fin de disminuir su aplicación ya que pueden provocar problemas al ser humano, contaminar mantos acuíferos, disminuir y hasta desaparecer la microfauna de un determinado sitio. En el caso del uso inadecuado de medicamentos veterinarios para disminuir la carga parasitaria en animales, Nari y Hansen (1999) mencionan que la utilización de antihelmínticos crean resistencia progresiva en distintas especies de endoparásitos, causan un desequilibrio ecológico y pueden acumularse como residuos en carne y leche. Investigaciones como esta permiten conocer más sobre la variedad de hongos nematófagos que pueden ser utilizados como potenciales antagonistas de nematodos fitoparásitos y gastrointestinales.

En este estudio, no se realizó un análisis estadístico para determinar diferencias significativas

entre fincas cafetaleras por tratarse únicamente de un muestreo exploratorio. Los resultados mostraron una mayor ocurrencia de hongos nematófagos en sistemas de producción convencional (SPC) en comparación a sistemas de bajos insumos (SBI), debido a que eran dos parcelas convencionales versus una parcela de bajos insumos. Sin embargo, la experiencia en la búsqueda de antagonistas confirma que en sistemas convencionales con alto uso de productos químicos, también es posible encontrar hongos nematófagos como es el caso del cultivo del arroz y el melón, que se siembran en alternancia en el Pacífico Central de Costa Rica. Estos antagonistas están mejor adaptados a situaciones extremas en un monocultivo, ya que al estar en constante exposición con agroquímicos tienen la capacidad de aclimatarse a condiciones desfavorables como las que se pueden encontrar en sistemas agrícolas intensivos. Sobre este tema, Gray (1988), menciona que los hongos nematófagos son comunes en suelos agrícolas tal y como se comprobó en las zonas cafetaleras muestreadas. Por su parte Jaffe *et al.* (1998) encontraron una mayor abundancia de hongos nematófagos en parcelas con manejo orgánico en comparación con parcelas de manejo convencional. En el presente estudio no se determinó la abundancia de especies; sin embargo, ambas investigaciones coinciden en que los hongos nematófagos son más diversos en sistemas convencionales que en sistemas orgánicos.

Los hongos *A. oligospora*, *Candelabrella* sp., *Paecilomyces* sp., y *Trichoderma* sp. encontrados en fincas productoras de café, podrían ser una alternativa más a los programas de manejo integrado de plagas en cultivos de importancia agrícola en Costa Rica. No obstante, es necesario realizar preliminarmente pruebas *in vitro* para comprobar la capacidad depredadora de cada hongo. Además, se podría probar la actividad nematófaga mediante ensayos en invernadero y posteriormente en campo. Muchos hongos pueden ser eficientes en etapas de laboratorio no así al ser utilizados en parcelas o fincas experimentales donde las condiciones ambientales no son controladas y deben competir con otros microorganismos (Peraza 2012). Por último, es recomendable hacer investigaciones más exhaustivas que permitan conocer si estos hongos están asociados a otros cultivos. Además, sería importante realizar estudios de poblaciones para conocer la diversidad y la abundancia de especies.

## LITERATURA CITADA

Aguilar, G. 1997. Estudio del comportamiento agroproductivo del Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuaí en nueve regiones cafetaleras de Costa Rica. (en línea). InfoAgro, Costa

- Rica. Consultado 17 agosto 2012. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/agricola/tecnologia/cafe97/cafe14.htm>
- Barron, GL. 1977. The nematode destroying fungi. Lancaster, Pennsylvania. Editorial Lancaster Press, Inc. 140 p.
- Barnett, HL.; Hunter, BB. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4 ed. 218 p.
- Casas-Flores, S.; Herrera-Estrella, A. 2007. Antagonism of plant parasitic nematodes by fungi. The Mycota (Kubicek CP & Druzhinina IS, eds). Springer, Berlin. p. 147-157.
- Cole, GT.; Kendrick, B. 1981. Biology of Conidial Fungi. Vol. 2. Academia Press. EUA. 660 p.
- Cooke, RC.; Godfrey, BES. 1964. A key to the nematode-destroying fungi. Transactions in British Mycology Society 47(1):61-74.
- De Leij, FAAM.; Kerry, BR. 1991. The nematophagous fungus *Verticillium chlamidosprium* as a potential biological control agent for *Meloidogyne arenaria*. Revue Nematology 14:157-164.
- Gray, NF.; Wyborn, CHE.; Smith, RIL. 1982. Nematophagous fungi from the maritime Antarctic. Oikos 38:194-201.
- Gray, NF. 1987. Nematophagous fungi with special reference to their ecology. Biology Review 62:245-307.
- Gray, NF. 1988. Fungi attacking vermiform nematodes. In Pionar, Jr, G.O and Jansson, H.-B. eds. Diseases of Nematodes, vol II. CRC Press, Boca Raton. p. 3-38.
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zona de vida. Trad. del inglés por Jiménez, H. Segunda reimpression. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2011. Datos Climáticos. (en línea). Consultado el 20 nov. 2011. Disponible en: <http://www.imn.ac.cr/>
- Jansson HB.; López-Llorca, LV. 2001. Biology of nematophagous fungi. In: Misra JK. Horn BW eds. Trichomycetes and Other Fungal Groups. Enfield: 5 cience Publishers. p. 145-173.
- Jaffe, BA.; Ferris, H.; Scow, K.M. 1998. Nematode-trapping fungi in organic and conventional cropping systems. Phytopathology 88(4):344-350.
- Kerry, BR. 2001. Exploration of the nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* Goddard for the biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) In: Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential. CABI International, Wallingford, UK. p. 155-168.
- Khan, MR.; Akram, M. 2000. Effect of certain antagonistic fungi and rhizobacteria on wilt complex caused by *Meloidogyne incognita* and *Fusarium oxysporum* on tomato. Nematologia Mediterranea 28:139-144.
- Kimpinski, J.; Gallant, CE.; Henry, R.; Macleod, JA.; Sanderson, JB.; Sturz, AV. 2003. Effect of compost and manure soil amendments on nematodes and on yields of potato and barley: A 7-year study. Journal of Nematology 35:289-293.
- Magunacelaya, JC.; Ahumada, MT.; Pacheco, H. 2004. Aspectos generales de manejo de nemátodos fitoparásitos de importancia agrícola en viñedos en Chile. Laboratorio de Nematología Agrícola, Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 16 p.
- Nari, A.; Hansen, JW. 1999. Resistance of ecto- and endo-parasites: current and future solutions, 67th General Session. International Committee. París: Office International des Epizooties. p. 17-21.
- Orozco, M. 2005. Aislamiento y caracterización de hongos nematofagos como potenciales controladores biológicos de nematodos gastrointestinales para la producción animal. Tesis Mag. Sc. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. 104 p.
- Peraza, W. 2012. Aislamiento, identificación y pruebas *in vitro* de hongos nematofagos aislados de zonas arroceras de Costa Rica contra el nematodo agallador *Meloidogyne* sp. Tesis Mag. Sc. Heredia, Costa Rica. Universidad Nacional. 150 p.
- Padgham, JL.; Mazid, MA.; Duxbury, JM.; Abawi, GS.; Hossain, M. 2004. Yield loss caused by *Meloidogyne graminicola* on lowland rainfed rice in Bangladesh. Journal of Nematology 36:42-48.
- PROCOMER (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica). 2012. Estadísticas de Comercio Exterior de Costa Rica. (en línea). Consultado 13 de marzo 2013. Disponible en [http://www.procomer.com/contenido/descargables/estadisticas/libro\\_estadistica2012\\_v1-web.pdf](http://www.procomer.com/contenido/descargables/estadisticas/libro_estadistica2012_v1-web.pdf)

Qadri, AN.; Saleh, HM. 1990. Fungi associated with *Heterodera schachtii* (Nematoda) in Jordan. *Nematologica* 36:104-113.

Sasser, JN.; Freckman, DW. 1987. A world prospective on nematology: The role of the society. In: Veech JA, Dickson DW, editors. *Vistas on nematology*. Hyattsville: Society Nematologists Inc. p. 7-14.

Soto-Barrientos, N.; de Oliveira, J.; Vega-Obando, R.; Montero-Caballero, D.; Vergas, B; Hernández-Gamboa, R.; Orozco-Solano, C. 2011. *In-vitro* predatory activity of nematophagous fungi from Costa Rica with potential use for controlling sheep and goat parasitic nematodes. *Revista de Biología Tropical* 59(1):37-52.



## NOTA TÉCNICA

REDUCCIÓN DE POBLACIONES DE *Globodera pallida*  
AL CULTIVAR AVENA DESPUÉS DE PAPARicardo Piedra Naranjo<sup>1</sup>, Jeannette Avilés Chaves<sup>1</sup>

## RESUMEN

**Reducción de poblaciones de *Globodera pallida* al cultivar avena después de papa.** El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto del cultivo de avena (*Avena sativa*) sobre poblaciones del nematodo fitoparásito *Globodera pallida* que afecta el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en la zona norte de la provincia de Cartago. El estudio se desarrolló de agosto del 2009 a marzo de 2010. Los escenarios estudiados consistieron en dos parcelas dedicadas al cultivo de papa: una se sembró con *Avena sativa* y la otra se mantuvo solamente con los residuos del cultivo anterior de papa. El área de cada parcela fue de 1000 m<sup>2</sup>, y para el estudio se tomaron 20 submuestras de suelo por parcela. Después de homogeneizar se obtuvo una muestra compuesta de 200 gramos para un total de cinco muestreos en la investigación. En la investigación, para la extracción de quistes de suelo se utilizó el sistema de Fenwick modificado. Los resultados mostraron que la siembra de avena redujo las poblaciones de *Globodera pallida* que afectan el cultivo de papa, dado que en el último muestreo se encontraron 9,0 y 44,4 larvas y huevos viables por gramo de suelo para la parcela cultivada con avena y la parcela testigo respectivamente.

Palabras clave: nematodos fitoparásitos, *Solanum tuberosum*.

## INTRODUCCIÓN

En Costa Rica durante el año 2005 mediante diagnósticos realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) y la Universidad de Costa Rica (UCR), se identificó la plaga *Globodera pallida* (Stone); así como la ubicación exacta de las plantaciones afectadas. Se determinó la presencia de la plaga en las zonas productoras de papa y alertó en gran medida a los productores por su condición de plaga cuarentenaria en la producción de papa. El nematodo fue identificado en plantas de papa de la variedad "Floresta", provenientes de una finca ubicada en San Juan de Chicué, Cartago (Coto 2005).

El cultivo de papa es muy susceptible al ataque de nematodos fitoparásitos, los cuales en ocasiones causan considerables pérdidas económicas en especial los que forman quistes como *Globodera pallida* y *Globodera rostochiensis*. Estas dos especies de nematodos son fitosanitariamente importantes debido a su virulencia, por lo cual es considerada una plaga cuarentenaria (Franco *et al.* 1993). La cuarentena o la presencia de la plaga en esas fincas provocaron grandes pérdidas para los productores de semilla de papa (SFE 2005). Estudios en Costa Rica determinaron daños en plantas de papa variedad

Floresta a partir de 13,0 larvas y huevos de *Globodera pallida* por gramo de suelo, en este caso se presentaron síntomas en raíces y follaje (Piedra 2009).

Las poblaciones de *Globodera* spp. pueden disminuir con descanso del terreno o rotación de algunos cultivos como trigo y cebada (Scurrah *et al.* 1978). En investigaciones realizadas por Hooker (1980) se comprobó la disminución de poblaciones de nematodos fitoparásitos cuando se dejaron los suelos dedicados al cultivo de papa sin cultivar durante cinco años consecutivos. Otra investigación en Perú recomienda no cultivar papa en un lapso de siete u ocho años, ya que se alcanza una disminución de *Globodera pallida* (CIP 1983). Los quistes de *Globodera* spp. pueden contener huevos viables durante más de 10 años, de modo que las medidas preventivas para evitar la contaminación del suelo son de especial importancia. Cuando las especies de este nematodo se establecen en cultivos como la papa, el agricultor debe aprender a manejar sus poblaciones y optimizar su producción en presencia del organismo y en muchos casos la rotación de cultivos es una buena estrategia para controlar sus poblaciones (TEC 2006). Esta práctica evita la degradación del suelo y equilibra el consumo de nutrientes.

La alternancia en el cultivo de un suelo con algunas plantas, favorece un efecto alelopático; hay especies que liberan metabolitos secundarios que afectan el crecimiento y desarrollo de organismos vivos del suelo (Lampkin 1988). Así mismo algunas plantas en determinadas condiciones, liberan al ambiente compuestos biológicamente activos como alelotoxinas. Estas sustancias ejercen efectos inhibitorios sobre el crecimiento y desarrollo de otras especies relativamente próximas. Una especie puede producir distintos aleloquímicos, que pueden interactuar y cuyos síntomas son determinados por el conjunto de sus efectos (Sampietro 2001). Estudios demuestran que la avena es un cultivo que posee efectos alelopáticos sobre la germinación y desarrollo de otras plantas (Raquel *et al.* 2010, Silva 2003, Acciaresi y Asenjo 2003).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del cultivo de avena forrajera en las poblaciones del nematodo fitoparásito *Globodera pallida* que afecta el cultivo de papa en la zona norte de Cartago.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de La Pastora provincia de Cartago a 1 km del volcán Irazú y 29 km al norte del cantón central de Cartago, dentro de la microcuenca Plantón Pacayas. Este sitio se localiza a una altura de 3200 msnm, una temperatura entre 3 a 17 °C y la precipitación y humedad relativa promedio anual son de 2100 mm y 85%, respectivamente. Su ubicación es 9° 58.5812' latitud norte 83°49.7996' longitud oeste. Se localiza en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano (Holdridge 1987) y el suelo es de origen volcánico del orden de los andisoles (Bertsch 1995).

Se identificaron dos parcelas de 1000 m<sup>2</sup> dedicadas al cultivo de papa y recién cosechadas. En una de ellas se sembró *Avena sativa* y la otra se dejó sin cultivo, se mantuvo solamente con los residuos del cultivo anterior de papa y otros cultivos de la familia de las Brassicaceae. Después de la siembra (iniciando a los 60 días de crecimiento de la avena) se realizaron las evaluaciones (cinco en total), en cada una se tomaron 20 submuestras de suelo por parcela y después de homogeneizar se obtuvo una muestra compuesta de 200 gramos.

Para la extracción de quistes de suelo se utilizó el sistema de Fenwick modificado por (Fenwick 1940, Oostenbrink 1950). Este método consiste en la utilización de un embudo colocado sobre un recipiente, el cual en su parte ensanchada se ha colocado un tamiz con poros de 1 mm de diámetro y en él deposita la muestra de suelo. El equipo de Fenwick modificado es de forma trapezoidal, en su

parte inferior presenta los soportes del embudo y una aleta inclinada que bordea el recipiente como collar, pero termina en un solo conducto. La muestra al caer al depósito inferior del equipo, hace que los residuos orgánicos precipiten al fondo y la materia más liviana flote. Esta materia es recogida por un tamiz de 100 mesh, el cual tiene aberturas de 0,038 mm y posee un diámetro de 0,035 mm.

Los residuos de suelo y quistes recogidos en el tamiz de 100 mesh fueron transferidos a un balón aforado de 250 ml y llenado hasta la mitad con agua, se agitó y se mezcló la muestra, después se llenó el balón por completo con agua. Se dejó en reposo un minuto para que los quistes flotaran y el resto de materia orgánica precipitara. Luego se vaciaron los quistes sobre un papel filtro que fue colocado previamente en el embudo de manera que mientras se vaciara se rotara el balón y así el material orgánico no pasara al filtro. La muestra se secó a temperatura ambiente entre 24 y 25 °C. Después se realizó la extracción, selección y conteo de quistes en un estereoscopio de luz a 10X.

En la selección de los quistes fue importante realizar la prueba de viabilidad de los mismos, que consistió en obtener el promedio de huevos y larvas por quiste. Esta se efectuó tomando 25 quistes, los cuales fueron triturados con un homogeneizador. Luego los quistes triturados se colocaron en un volumen de agua de 50 ml y con una pipeta se tomó 3 ml de la solución, se disolvió y se obtuvo el promedio de huevos y larvas por quiste mediante cálculo como se indica en la siguiente fórmula:

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

Q

Donde:

VT = Viabilidad total (larvas y huevos)

Prom = Promedio de 3 alícuotas

Q = Número de quistes

Vol = Volumen de agua

Fuente: Franco *et al.* 1990

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Número de quistes de acuerdo al tratamiento

Los resultados de las evaluaciones realizadas, de acuerdo a las fechas de muestreo, demostraron una disminución en el número de quistes de *Globodera pallida* a través del tiempo en la parcela cultivada con avena. En contraste; la otra obtuvo un incremento en esta variable que llega a un máximo durante el mes de enero (Figura 1). Lo anterior confirma que la rotación de cultivos reduce la incidencia de *Globodera pallida* cuando se incluye un cultivo no susceptible a la plaga (Scurrah *et al.* 1978).

**Población de larvas y huevos por gramo de suelo**

Durante el periodo de evaluación, en la parcela cultivada con avena ocurrió una disminución importante en la población de larvas y huevos de *Globodera pallida* por gramo de suelo, en comparación con la otra parcela (Figura 2).

En el último muestreo (quinto) de las parcelas (Figura 3), las poblaciones de larvas y huevos por

gramo de suelo fueron diferentes; donde destacó que en el área sembrada con avena fueron menores en comparación a la parcela sin avena. El promedio general de estos conteos es cinco veces mayor que en la parcela donde se cultivó avena. La disminución en la sembrada con avena fue inferior al nivel de daño reportado por (Piedra 2009), donde se observó que a partir de 13,00 larvas y huevos por gramo de suelo la planta presentó signos visibles de ataque de la plaga.

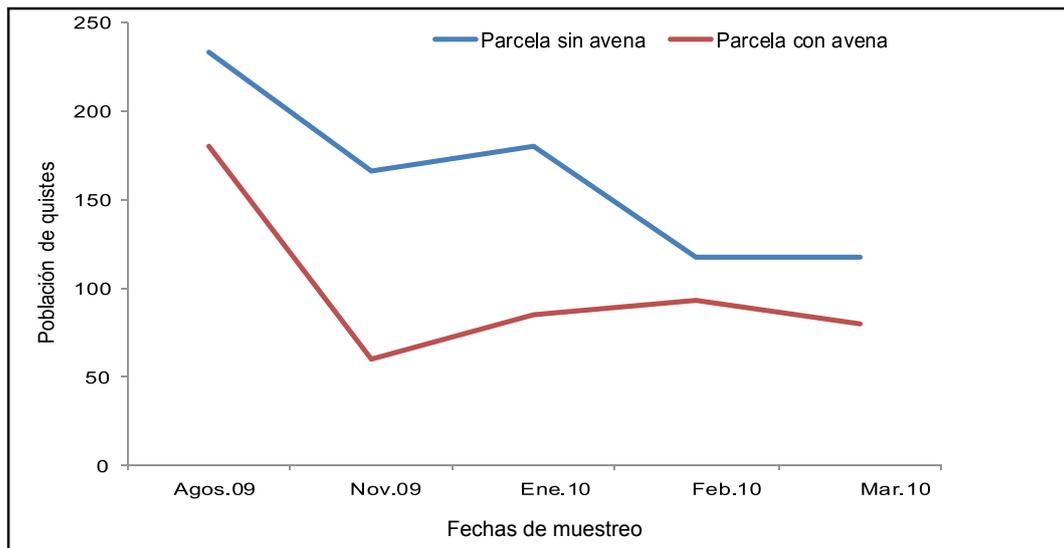


Figura 1. Número de quistes por tratamiento, expresado en 200 gramos de suelo. Cartago, Costa Rica. 2009-10.

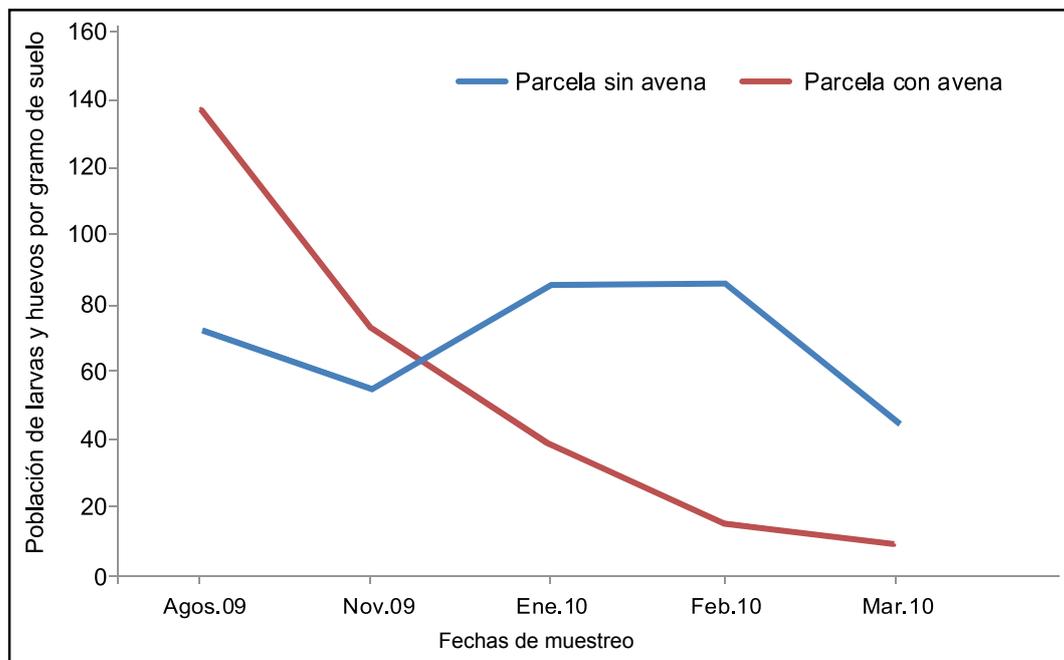


Figura 2. Población de larvas y huevos por gramo de suelo de acuerdo a las fechas de muestreo. Cartago, Costa Rica. 2009-10.

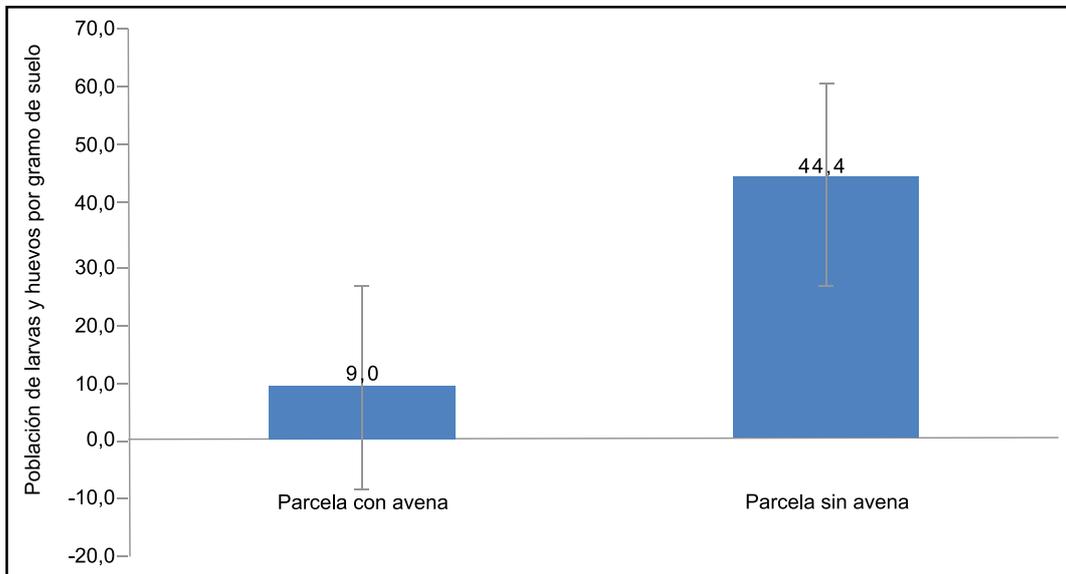


Figura 3. Población de larvas y huevos por gramo de suelo en el quinto y último muestreo. Cartago, Costa Rica. 2009-10.

Se recomienda realizar rotación con cereales como *Avena sativa* para bajar las poblaciones de *Globodera pallida*. La alternancia o cambio de cultivo induce o elimina otras plantas por un efecto alelopático, se produce uno o más compuestos bioquímicos que influyen en el crecimiento y supervivencia de otros organismos (Sampietro 2001). En cuanto a la reducción de una plaga como *Globodera pallida*, Lampkin (1988) manifiesta que algunas plantas liberan metabolitos secundarios que afectan el crecimiento y desarrollo de organismos vivos del suelo, que en determinadas condiciones liberan al ambiente compuestos biológicamente activos como alelotoxinas y por lo tanto inhiben el crecimiento y desarrollo de otras especies relativamente próximas.

En el manejo del cultivo de papa, se sugiere eliminar los remanentes o residuos de tubérculos después de la cosecha, ya que estos son una fuente de inóculo en la reproducción de plagas y enfermedades (Hooker 1980, Scurrah *et al.* 1978).

#### LITERATURA CITADA

Acciaresi, H.; Asenjo, C. 2003. Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers. sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.) (en línea). Ecología Austral. Consultado 07 oct. 2014. Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2003000100005&script=sci\\_arttext#a1](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2003000100005&script=sci_arttext#a1)

Bertsch, 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, CR. Universidad de Costa Rica. 63 p.

CIP (Centro Internacional de la Papa, PE). 1983. Principales enfermedades, nematodos e insectos de la papa. 68 p.

Coto, A. 2005. El nematodo blanco de la papa (*Globodera pallida* Stone) (en línea). San José, CR. Consultado 14 oct. 2014. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/nematodo\\_blanco.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/nematodo_blanco.pdf).

Franco J.; González, A.; Matos, A. 1990. Evaluación de resistencia de la papa al nematodo del quiste *Globodera pallida*. Centro Internacional de la papa (CIP). Perú. p. 4-5.

Franco, J.; González, A.; Matos, A. 1993. Manejo Integrado del Nematodo Quiste de la Papa *Globodera* spp. Centro Internacional de la papa (CIP) Lima, PE. p. 11-30.

Holdridge, L. 1987. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jiménez Saa. IICA. San José, CR. 216 p.

Hooker, J. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Nematodos parásitos de la papa, Centro Internacional de la Papa, PE. p. 131-134.

Lampkin, N. 1988. Agricultura ecológica. España. Editorial Mundi Prensa. 497 p.

Piedra, R. 2009. Determinación del daño del nematodo *Globodera pallida* (Stone) en variedad floresta de papa. Alcances Tecnológicos, INTA. no.1:51-58.

Raquel, T.; Benin G.; Lemes, C.; Abramo, J.; Newton.; Stefani, E.; Beche, E. 2010. Potencial alelopático de extratos acuosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo (en línea). *Bragantia*. Consultado 07 oct. 2014. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052010000300001&lng=en&nrm=iso&tIng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000300001&lng=en&nrm=iso&tIng=pt)

Sampietro, D. 2001. Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia, (en línea). Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán. Argentina. Consultado 23 ago. 2007. Disponible en <http://fai.unne.edu.ar/biologia/plantas/alelopatia.htm>.

Scurrah, M.; Franco, J.; Jatala, P. 1978. Los nematodos y la producción de semilla de la papa. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa. p. 1-12.

SFE (Servicio Fitosanitario del Estado, CR). 2005. Actualidad fitosanitaria. Centro de Información y Notificaciones. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. p. 4.

Silva, P. 2003. Alelopatía de los rastrojos. (en línea). Universidad de Chile. Consultado 07 de oct. 2014. Disponible en [http://www.sap.uchile.cl/descargas/zagronomia/0404\\_Alelopatia\\_de\\_los\\_rastrojos.pdf](http://www.sap.uchile.cl/descargas/zagronomia/0404_Alelopatia_de_los_rastrojos.pdf)

TEC (Tecnológico de Monterrey, MX). 2006. Biofumigación con *Brassica Oleracea* como control de nematodos en cultivos de jitomate en Jiutepec, Morelos, Campus Morelos. 3 p.



## INFORMACIÓN TÉCNICA

### SAN LUCAS: UNA ISLA CON SUELOS PARA SER PROTEGIDA

*Carlomagno Salazar Calvo<sup>1</sup>*

#### RESUMEN

**San Lucas: una isla con suelos para ser protegida.** En el año 2007 el INTA realizó un estudio semidetallado de suelos en la isla San Lucas, a solicitud del Área de Conservación Pacífico Central del Ministerio del Ambiente y Energía (ACOPAC-MINAE). El objetivo del estudio era “determinar la capacidad de uso de las tierras y la taxonomía de los suelos con el fin de realizar la declaratoria de Parque Nacional y así conservar los recursos naturales con que cuenta la isla”, es decir, si se comprobaba mediante la investigación, que éstos son suelos muy frágiles, en su mayoría clase VII y VIII, serviría de base para mostrar la necesidad de proteger este recurso natural, así como la biota que habita en la isla. El estudio permitió clasificar dos clases de suelos, el Lithic Haplustolls que representa el 87% de la superficie de la isla (401 ha); y el Typic Haplustolls, ocupa el 9% (41 ha). El área restante (20 ha, 4%), se denominó como “Tierras Misceláneas”, las cuales agrupan los humedales, arrecifes o conglomerados rocosos. Se encontró seis clases de capacidad de uso de las tierras: III, IV, V, VI, VII y VIII, éstas tres últimas representan el 64% del área en estudio. Para clasificar el uso actual de la isla San Lucas se utilizó el clasificador Corine Land Cover y se agruparon en seis usos actuales: 1. Bosque de mangle (5 ha), 2. Bosque plantado (1 ha), 3. Zona pantanosa (2 ha), 4. Bosque natural fragmentado (446 ha), 5. Playa (8 ha) e 6. Infraestructura (0,5 ha). El 86% de los suelos de la isla tienen limitaciones de profundidad efectiva (420 ha), lo que aunado a la escasez de fuentes de agua limita cualquier actividad agrícola. Dado lo anterior y a la amplia diversidad biológica de la isla, y con base en los resultados de capacidad de uso de las tierras, más del 90% del área debe estar bajo protección de los recursos naturales, por lo que se recomienda realizar una “declaratoria de parque nacional” sobre este recurso.

Palabras clave: Isla San Lucas, Mollisoles, Lithic Haplustolls, Typic Haplustolls, Puntarenas.

#### INTRODUCCIÓN

La isla San Lucas se ubica dentro de las coordenadas planas en Lambert Norte, de Longitud 435 000-439 000 y Latitud 212 000-216 000, de la hoja cartográfica Golfo (edición 3-IGN), escala 1:50 000 (Figura 1). La isla mide 462 ha y pertenece al cantón central de la provincia de Puntarenas. La distancia entre el centro de Puntarenas a la isla San Lucas es de aproximadamente 8,3 km, en dirección suroeste, la cual se realiza vía marítima por ferry.

#### Hidrografía y drenaje

En la isla San Lucas no existen ríos permanentes importantes, es drenada principalmente por tres quebradas intermitentes, de buen caudal en época lluviosa. La quebrada Coyol desemboca en la antigua laguna de San Lucas, actualmente un manglar; la quebrada Hacienda Vieja y Control al sur de la isla, desembocan en la Playa Hacienda Vieja.

Existen variedad de cursos de agua intermitentes (yurros), algunos de los cuales se secan en el verano y dirigen sus aguas principalmente al sur y hacia el este de la isla, además cuenta con 10 pozos, utilizados en el pasado como abrevaderos de la ganadería que se explotaba antiguamente en la isla por parte de la administración del penal.



Figura 1. Ubicación del área de estudio. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

## Fauna y flora

El estudio de Barrantes *et al.* (2006), mencionan que en la isla habitan cuatro especies de moluscos, 17 especies de reptiles pertenecientes a 10 familias y una especie de anfibios, 40 especies de aves, distribuidas en nueve especies migratorias y 31 residentes, además de nueve especies de mamíferos. En la isla también se detectaron dos familias de murciélagos. En cuanto a la riqueza de la flora, se encontraron 93 especies, pertenecientes a 85 géneros y 44 familias (Barrantes *et al.* 2006).

## Climatología

Para la descripción de las condiciones climatológicas del sitio, se utilizó información de 15 años de datos provenientes de la estación Puntarenas, ubicada en el cantón Central (Latitud: 9°,58'-Longitud: 84°,50' (Figura 2). Con estos datos se determinó el clima edáfico predominante en esta zona.

Con base en los datos climatológicos de referencia, la zona de estudio tiene una precipitación (línea azul) que supera la evapotranspiración potencial (ETP-línea roja), de mediados de abril a mediados de octubre (seis meses), por el contrario la ETP supera a la precipitación de mediados de octubre a mediados de abril (seis meses); esto último permite calcular que en sitios bien drenados de suelos poco profundos el régimen de humedad del suelo es ústico. La precipitación total anual corresponde a 1578 mm, siendo el mes de setiembre el de mayor precipitación y enero el más seco. Por otro lado, la temperatura se mantiene casi constante (promedio anual de 27,1 °C) durante todo el año (Figura 2).

Según el mapa de zonas de vida levantado por Tosi (1969), basado en la clasificación mundial de Holdridge, esta isla se encuentra dentro de una zona

de vida de Bosque Seco Tropical con transición a húmedo (bs-T►), el clima es subhúmedo seco y muy caliente, con un largo período seco.

## Geología

La parte insular del cantón de Puntarenas corresponde geológicamente a los materiales de los períodos Cretácico, Terciario y Cuaternario, siendo las rocas sedimentarias del Terciario las que predominan en la misma. De los materiales del Terciario, San Lucas presenta capas delgadas de limolita, lutitas, color gris oscuro y pardo, duras, bien estratificadas y masas lenticulares de caliza arrecifal con capas intercaladas de areniscas y calcarenitas. Del período Cuaternario se localizan rocas de origen sedimentario de la época Holoceno, las cuales corresponden a depósitos fluviales, coluviales y costeros recientes, ubicados en la parte central de la isla. Según Bergoing (1998), la isla forma parte de un sector dominado esencialmente por la tectónica (sucesión de anticlinales, fallados y plegados en areniscas provenientes del Paleoceno con afloramientos vulcano-sedimentarios, plegados y fallados del Cretácico al Terciario Medio. Por su parte Denyer y Kussmaul (2000) ubican la isla dentro de la Formación Descartes, esta consiste de 1500 m de alternancias cíclicas de areniscas, conglomerados y brechas, de composición vulcano-clásticas y carbonatadas depositadas durante el Paleoceno Superior-Eoceno Superior/Oligoceno Inferior.

## Geomorfología

A excepción de la Isla del Coco, que es de origen volcánico, todas las islas de Costa Rica se han formado como remanentes de un macizo rocoso que originalmente formaba parte de tierra firme y una vez que se erosionaron los alrededores, las islas destacan como puntos geográficos más altos (Denyer y Kussmaul 2000). De manera que las islas como

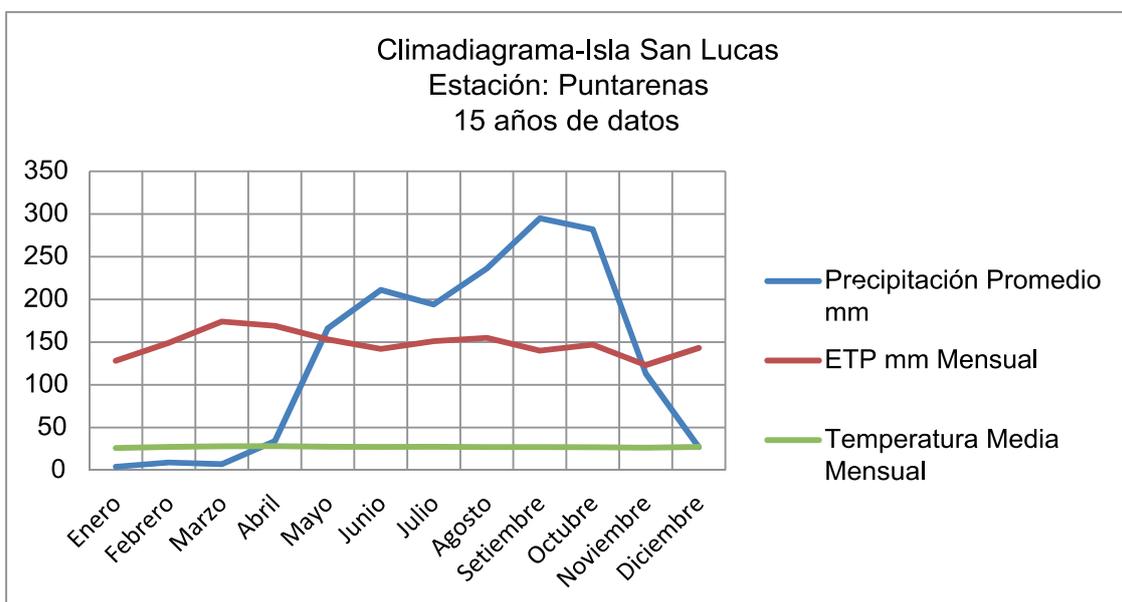


Figura 2. Climadiagrama de la Isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

San Lucas, hace 20 000 años eran tan solo montes ligeramente más altos que la topografía circundante y una vez que el nivel del mar subió, quedaron como terrenos aislados (Denyer y Kussmaul 2000).

La unidad geomorfológica de San Lucas es de origen estructural. Aunque la erosión ha influenciado el desarrollo de estas unidades, es la disposición de los estratos o los desplazamientos a lo largo de las fallas, lo que les ha dado la forma actual del terreno. La unidad estructural se manifiesta por un plegamiento sinclinal y buzante que presenta topografía suavemente ondulada y que desciende hacia el sur para luego salir a las partes meridionales de la isla (Figura 3). Algunas fallas presentes en la isla vuelven discontinuo el plegamiento presente. Los pliegues son dobladuras en las rocas y se distinguen mejor en rocas sedimentarias, cuando los estratos están doblados sin llegar a fracturarse. Se dividen en sinclinal, cuando son cóncavos hacia arriba y anticlinal, cuando son cóncavos hacia abajo (Denyer y Kussmaul 2000). La isla presenta dominancia de areniscas calcáreas, lutitas y calizas y su forma fue originada por movimientos tectónicos.

Es importante recordar que los factores formadores de suelos son cinco: el material parental, los organismos, el relieve, el clima y el tiempo, por eso es necesario conocer lo relativo a la geología, geomorfología, la temperatura, precipitación, evapotranspiración, la vegetación, la fauna, etc; para poder comprender la formación y génesis de los suelos y así poder estudiarlos y clasificarlos, para conocer sus características intrínsecas y su capacidad de uso, con respecto a la relación suelo-agua-planta, desde el punto de vista agrológico y agronómico.

### Objetivo general

Determinar la capacidad de uso de las tierras y la taxonomía de los suelos de la isla San Lucas, con el fin de obtener la declaratoria de Parque Nacional para proteger y conservar los recursos naturales existentes.



Figura 3. Formación sinclinal en la isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una fotointerpretación de la isla con base en la cartografía disponible, para definir las unidades de mapeo y la definición de los sitios de muestreo. Como material cartográfico básico, se utilizó la hoja Golfo, escala 1: 50 000 (IGN-Edición 3, 1989); de las hojas cartográficas Terra, se utilizó la Chara, escala 1: 25 000, fotografías aéreas Pancromáticas (IGN-Escala 1: 40 000) y Fotos Terra, 1997, escala 1: 40 000. El método empleado para realizar las observaciones de caracterización de suelos en el campo fue el de mapeo libre, con observaciones simples, para lo cual se utilizó el barreno tipo holandés Edelman, y observaciones detalladas en micro-calicatas y calicatas (Figura 4).

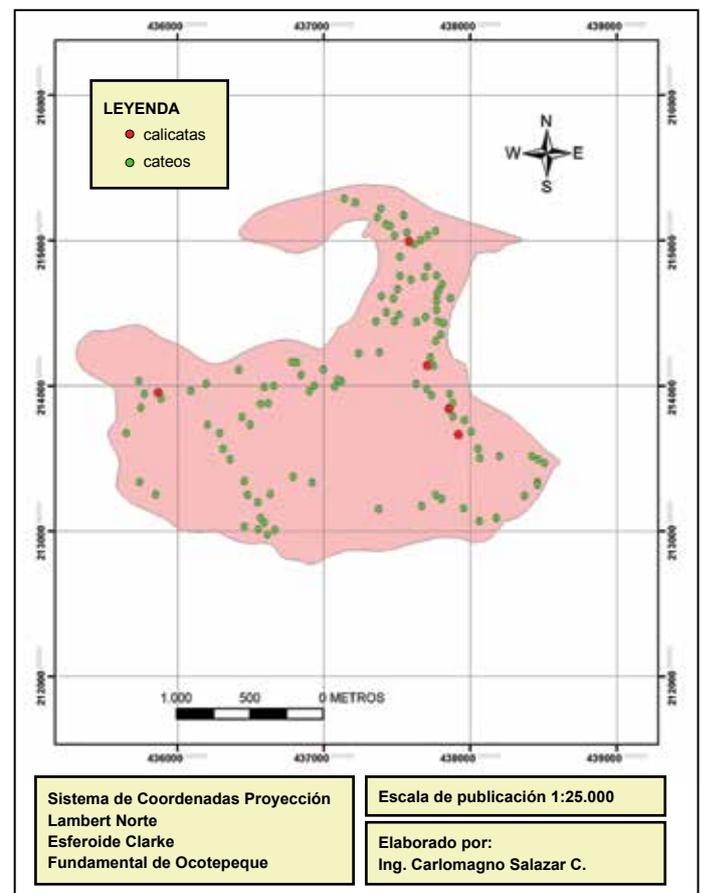


Figura 4. Ubicación de los puntos de cateos (observaciones simples con barreno Edelman) en color verde y con las observaciones detalladas (calicatas y micro-calicatas) en color rojo. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

El estudio correspondió al nivel de 3<sup>er</sup> orden (3/10 observaciones km<sup>2</sup>, semidetallado), para lo cual se obtuvo una densidad promedio de 0,21 observaciones ha<sup>-1</sup>, el mapa de suelos y capacidad de uso de las tierras corresponde a una escala de publicación de 1:25 000.

Los suelos se clasificaron considerando los factores edafogenéticos que participaron en su formación y con base en la taxonomía del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, a nivel de Órdenes, Subórdenes, Grandes Grupos y Subgrupos (USDA 2010). Las unidades de mapeo detectadas presentan características similares de uso y manejo de los suelos. Se utilizó como unidad de mapeo la consociación. Las tierras se clasificaron con base a la metodología oficial para la determinación de la capacidad de uso de las tierras en Costa Rica, Decreto Ejecutivo N° 23214 MAG-MIRENEM, publicada en la Gaceta 107 del 6 de junio de 1994, y para el mapeo del uso actual y cobertura de las tierras se utilizó la metodología Corine Land Cover, versión Colombia. Lo anterior porque Costa Rica no posee una metodología oficial para tal fin y porque actualmente se está trabajando con el liderazgo del INTA en adaptar el sistema colombiano a nuestras necesidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la investigación se describieron las características morfológicas de los diferentes horizontes genéticos y se muestrearon los mismos para su debida clasificación taxonómica. En total se analizaron cinco perfiles modales en toda la isla, cuyos resultados se exponen a continuación.

En cuanto a las características determinadas en el laboratorio, se realizó un resumen de los valores mínimos y máximos de pH, para los diferentes pedones y horizontes descritos. El pH determinado en los perfiles modales se ubicó en una escala de moderado a óptimo en todos los suelos de la isla, a excepción del perfil modal 3 en donde está de bajo a moderado (Cuadro 1 y 2). En resumen y a nivel general, los suelos de la isla no presentan problemas de acidez, ya que cuando el pH es menor de 5,5 el aluminio se vuelve soluble y es capaz de causar toxicidad a las plantas dañando directamente su sistema radical (Bertsch 1987).

Igualmente, se concluye que el nivel de carbono orgánico está en un rango de medio a bajo en todos los suelos que caracterizan a la isla San Lucas, si se multiplican los datos de carbono orgánico por un factor de conversión (1,724), igualmente se puede ver que los valores de materia orgánica son de medios a bajos; lo cual puede ser por una explotación intensiva de cultivos en el pasado, aunado a malas prácticas

de conservación y manejo de suelos como lo son las quemadas, escasez de cobertura boscosa, clima caliente en la isla, entre otras causas (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, actualmente la isla se encuentra en un proceso de regeneración forestal natural y a mediano y largo plazo pueden aumentar los contenidos de la fracción orgánica del suelo.

La materia orgánica es importante en los suelos porque participa en el color de los mismos e indirectamente favorece o dificulta la absorción de la energía solar en los suelos, los colores claros reflejan la mayoría de rayos solares y tienen un efecto albedo alto (50%), siendo suelos más fríos. La materia orgánica favorece la formación de agregados y por ende mejora la estructura del suelo. Además de contribuir a una mayor retención de la humedad del suelo, favorece la porosidad y aireación del mismo, incrementa la infiltración del agua dentro del perfil, mejora la capacidad de intercambio catiónico, así como la capacidad buffer, evitando cambios bruscos del pH y adsorbiendo sustancias tóxicas provenientes de herbicidas u otros plaguicidas (Fassbender 1993).

La fertilidad potencial de un suelo se refiere a la cantidad total de cationes de mayor importancia para el crecimiento de las plantas que se encuentran en equilibrio dinámico entre la inmovilización y la disponibilidad. Se mide mediante la capacidad de intercambio catiónico, el porcentaje de saturación de bases, la suma de bases y los cationes individuales, extraídos en acetato de amonio. Los valores registrados para cada uno de estos factores muestran una fertilidad potencial que clasifica como alta a través de todos los perfiles y en todos los suelos de la isla San Lucas, lo cual se debe principalmente a la génesis de los suelos, es decir, al material parental sedimentario que predomina en estos suelos (Cuadros 1 y 2). Así, el calcio se encuentra alto en todos los horizontes genéticos y pedones estudiados, el magnesio es óptimo y el potasio se encuentra de óptimo a alto, además la capacidad de intercambio catiónico es alta en todos los perfiles modales, así como la suma de bases y el porcentaje de saturación de las mismas.

La textura se refiere a la proporción relativa de partículas de suelos minerales menores a dos milímetros, arena, limo y arcilla. El comportamiento de un suelo será la respuesta a la interacción de las distintas fracciones y con la materia orgánica (Porta *et al.* 2003).

Cuadro 1. Resumen de características químicas del perfil 1 y 5, clasificados como Typic Haplustolls. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Horizonte A				
Variables	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	C.V.
pH	5,7	6,5		
C.O.%	1,46	2,01	1,78	13%
Ca*	26,91	36,29	31,75	15%
Mg*	6,07	8,56	7,04	15%
K*	0,21	1,57	0,70	91%
Suma de bases*	35,52	43,25	39,49	11%
CIC*	63,37	68,22	65,29	3%
% Saturación de bases	52,07	67,49	60,57	12%
Horizonte B				
pH	6,1	6,7		
C.O.%	1,10	1,83	1,33	26%
Ca*	37,45	40,87	39,08	4%
Mg*	3,53	6,94	5,51	31%
K*	0,29	1,25	0,73	67%
Suma de bases*	44,62	46,25	45,32	2%
CIC*	61,23	65,50	62,83	3%
% Saturación de bases	68,12	75,53	72,20	4%

CIC+bases extraídas con Acetato de Amonio (\*cmol (+) kg<sup>-1</sup>), pH en agua, Carbono Orgánico método de Walkley y Black (1938), Coeficiente de variación en %.

Cuadro 2. Resumen de características químicas del perfil 2, 3 y 4, clasificados como *Lithic Haplustolls*. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Horizonte A				
Variables	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	C.V.
pH	5,5	6,7		
C.O.%	0,55	2,19	1,35	53%
Ca*	32,75	53,06	41,49	19%
Mg*	3,32	8,15	6,20	34%
K*	0,29	1,46	0,90	65%
Suma de Bases*	42,36	60,46	48,59	11%
CIC*	56,96	82,59	64,93	6%
% Saturación de Bases	65,18	92,27	75,24	15%
Horizonte C				
pH	5,4	5,7		
C.O.%	0,55	0,55	0,55	0%
Ca*	28,73	37,31	33,02	18%
Mg*	4,15	4,61	4,38	7%
K*	0,55	0,84	0,69	30%
Suma de Bases*	33,43	42,76	38,09	17%
CIC*	48,42	65,5	56,96	21%
% Saturación de Bases	65,28	69,04	67,16	4%

CIC+bases extraídas con Acetato de Amonio (\*cmol (+) kg<sup>-1</sup>), pH en agua, Carbono Orgánico método de Walkley y Black (1938).

En todos los perfiles modales dominan las texturas medianas a moderadamente finas. La ligera adherencia y plasticidad, así como la moderada adherencia y moderada plasticidad estaría relacionada con la baja presencia de arcilla en todos los horizontes, ya que en todos los casos es <40% (Cuadro 3).

La textura tiene influencia en muchas características físicas y químicas de los suelos determinantes para la productividad y aptitud de uso; por ejemplo en la retención del agua del suelo, en la capacidad de intercambio de nutrientes, en el espacio aéreo, porosidad total, movimiento y almacenaje de agua, consistencia y facilidad de labranza, entre otras (Cabalceta 2009). Los cambios que eventualmente pueden ocurrir no son tanto por las transformaciones "in situ", sino por pérdidas de la capa superficial resultado de la erosión, del manejo antropogénico o el depósito de materiales superficiales (Mejía 1983).

Se puede resumir que las clases texturales coinciden entre medianas a moderadamente finas y que el contenido de arcilla es bajo en todos los horizontes y pedones estudiados (Cuadro 3). Por otro lado, el incremento de arcilla a través del perfil tiende a aumentar con respecto a la profundidad.

La conductividad hidráulica es la habilidad del suelo saturado de permitir el paso del agua verticalmente hacia sustratos inferiores (Forsythe 1985). La conductividad hidráulica depende de la cantidad,

distribución, geometría de los poros, de la mineralogía del suelo, contenido de humedad y compactación o consolidación. La capa del pedón que posea la menor conductividad hidráulica es el parámetro que determina la misma en todo el suelo (Mejía 1983) (Cuadro 3). Así el pedón 5 es el que presenta la menor conductividad hidráulica, que clasifica como muy lenta, lo cual limita el drenaje, la infiltración del agua en el perfil del suelo, el agua almacenada, así como la erosión, haciendo más frágil al suelo hacia el potencial de degradación del mismo (índice de erodabilidad). Dicha conductividad hidráulica puede estar limitada por capas compactadas, producto de anteriores actividades agropecuarias en la isla o por estratos rocosos infrayacentes (subsuelo o subyacente) que son muy característicos en los suelos de la isla, los cuales a diferencia del pedón 1 (suelo muy profundo), son suelos superficiales o poco profundos con contactos líticos o paralíticos a una profundidad máxima de 58 cm.

Con los datos de suelos se construyó un mapa con la categoría de Subgrupo (Figura 5) y otro de fases por pendiente (Figura 6), de manera que se estableció una única unidad cartográfica a nivel de Consociación, a la cual se denominó "Consociación San Lucas". La isla San Lucas presenta un solo Orden de suelos: Mollisoles (olls), con solamente un Sub-Orden de suelos: Ustolls. Tiene solamente un Gran Grupo: Haplustolls y se determinaron dos Sub-Grupos: *Lithic Haplustolls* con un área de 400,76 ha y cinco fases por pendiente: ligeramente ondulada,

Cuadro 3. Resumen de las características físicas de todos los perfiles. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

No. Perfil	Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	D.p.*	D.a.*	Porosidad Total %	C.H.*	Tipo
1	A1	43,10	38,10	18,80	F	2,21	0,88	60,18	16,68	Rápida
1	A2	35,10	38,10	26,80	F-FA	2,10	1,23	41,43	0,92	Moderadamente lenta
1	A3	37,10	38,10	24,80	F	2,01	1,08	46,27	1,58	Moderadamente lenta
1	Bw1	39,10	34,10	26,80	F-FA					
1	Bw2	39,10	36,10	24,80	F					
5	A	25,10	42,10	32,80	FA	2,23	1,28	42,60	0,18	Lenta
5	Bw	31,10	38,10	30,80	FA	2,27	1,21	46,70	0,01	Muy lenta
5	BC	31,10	36,10	32,80	FA		1,24		0,10	Muy lenta
V.Min		25,10	34,10	18,80		2,01	0,88	41,43	0,01	
V.Max		43,10	42,10	32,80		2,27	1,28	60,18	16,68	
Promedio		35,10	37,60	27,30		2,16	1,14	47,44	3,87	
C.V.		16%	6%	17%		5%	13%	16%	171%	
Clasificación Taxonómica: Lithic Haplustolls										
No. Perfil	Horizonte	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	D.p.*	D.a.*	Porosidad Total %	C.H.*	Tipo
2	A	57,10	30,10	12,80	Fa					
3	A	33,10	40,10	26,80	F-FA	1,96	0,88	55,10	4,99	Moderada
3	AC	31,10	36,10	32,80	FA					
3	C	45,10	28,10	26,80	F-FA-FAa					
4	A	43,10	34,10	22,80	F	1,90	1,07	43,68	3,97	Moderada
4	AC	41,10	32,10	26,80	F-FA					
4	C	43,10	28,10	28,80	FA					
V.Min		31,10	28,10	12,80		1,90	0,88	43,68	3,97	
V.Max		57,10	40,10	32,80		1,96	1,07	55,10	4,99	
Promedio		41,96	32,67	25,37		1,93	0,98	49,39	4,48	
C.V.		20%	14%	25%		2%	14%	16%	16%	

\*Densidad de partículas y densidad aparente en g/cm<sup>3</sup>, conductividad hidráulica cm/h.

moderadamente ondulada, ondulada, fuertemente ondulada y escarpada; el *Typic Haplustolls* con un área de 41,56 ha y cinco fases por pendiente: plana, ligeramente ondulada, moderadamente ondulada, ondulada y fuertemente ondulada. Por su parte 19,68 ha no se pudieron clasificar y se consignaron como "Tierras Misceláneas", para un total de 462 ha estudiadas (Figura 5).

El relieve predominante en la isla San Lucas es el ondulado, seguido por un relieve entre fuertemente ondulado a escarpado que constituye aproximadamente un tercio del total del área de la isla. Por su parte el relieve entre ligeramente ondulado a moderadamente ondulado representa una cuarta parte del área total de la isla y el relieve plano tan solo corresponde a poco más de un 1% del total del área en estudio.

### Capacidad de uso de las tierras

De acuerdo con la Metodología para la Determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica (decreto ejecutivo N°23214-MAG-MIRENEM,1995), y al evaluar los parámetros de pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, texturas, pedregosidad, fertilidad, salinidad, toxicidad de cobre, drenaje, riesgo de inundación, zonas de vida, meses secos, neblina y ocurrencia de vientos, se definieron seis clases de capacidad de uso y se delimitaron 50 unidades de manejo diferenciadas por pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, texturas, grado de pedregosidad y drenaje (Figura 7). Así, se encontraron 13 unidades de manejo de clase III, seis de clase IV, 13 de clase V, cuatro de clase VI, dos de clase VII y 12 de clase VIII (Figura 7).

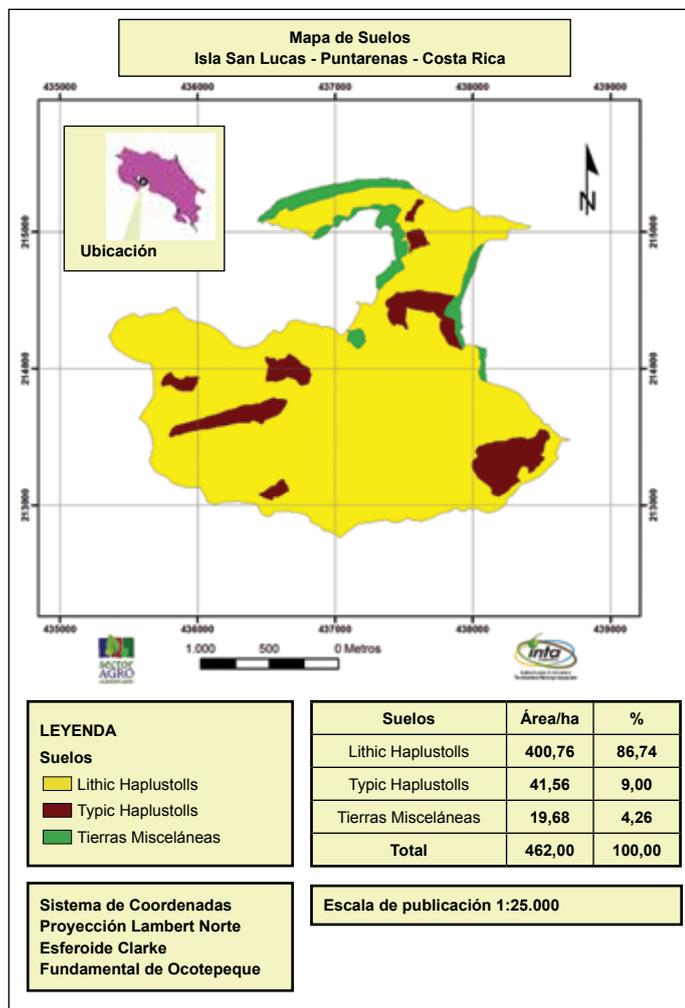


Figura 5. Clasificación taxonómica de suelos de la isla San Lucas a nivel de Subgrupo. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

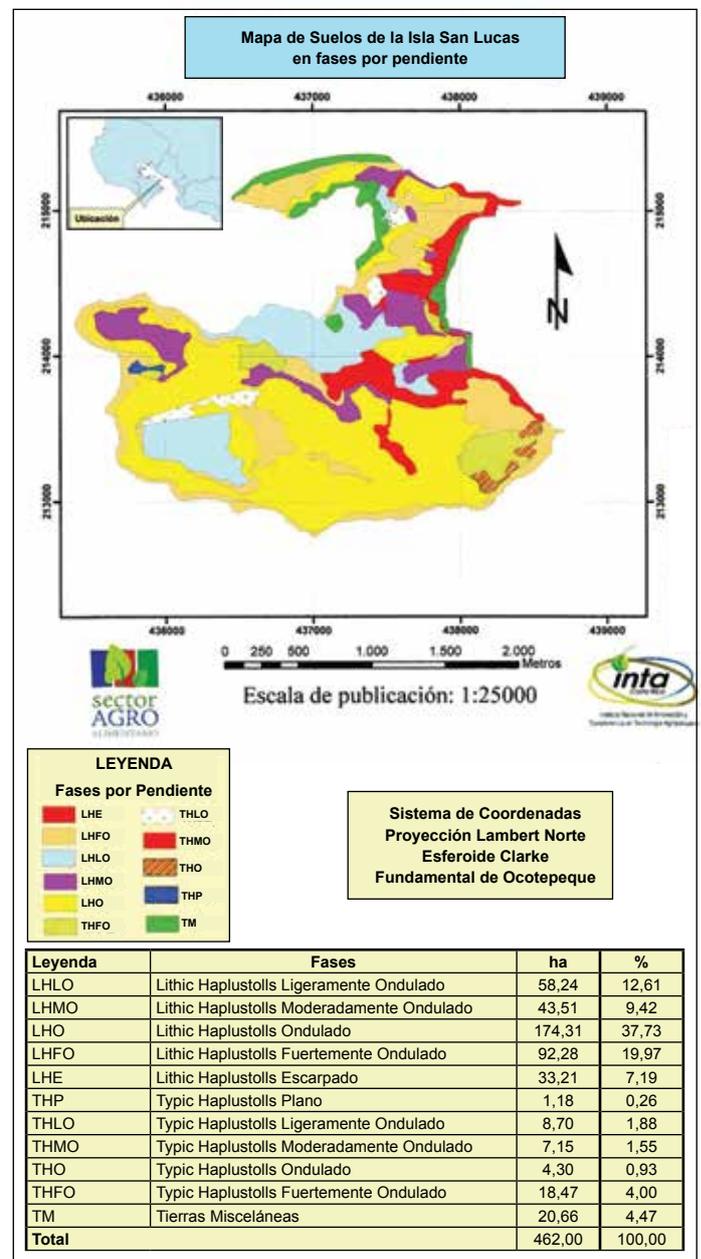


Figura 6. Mapa de suelos de la isla San Lucas en fases por pendiente. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

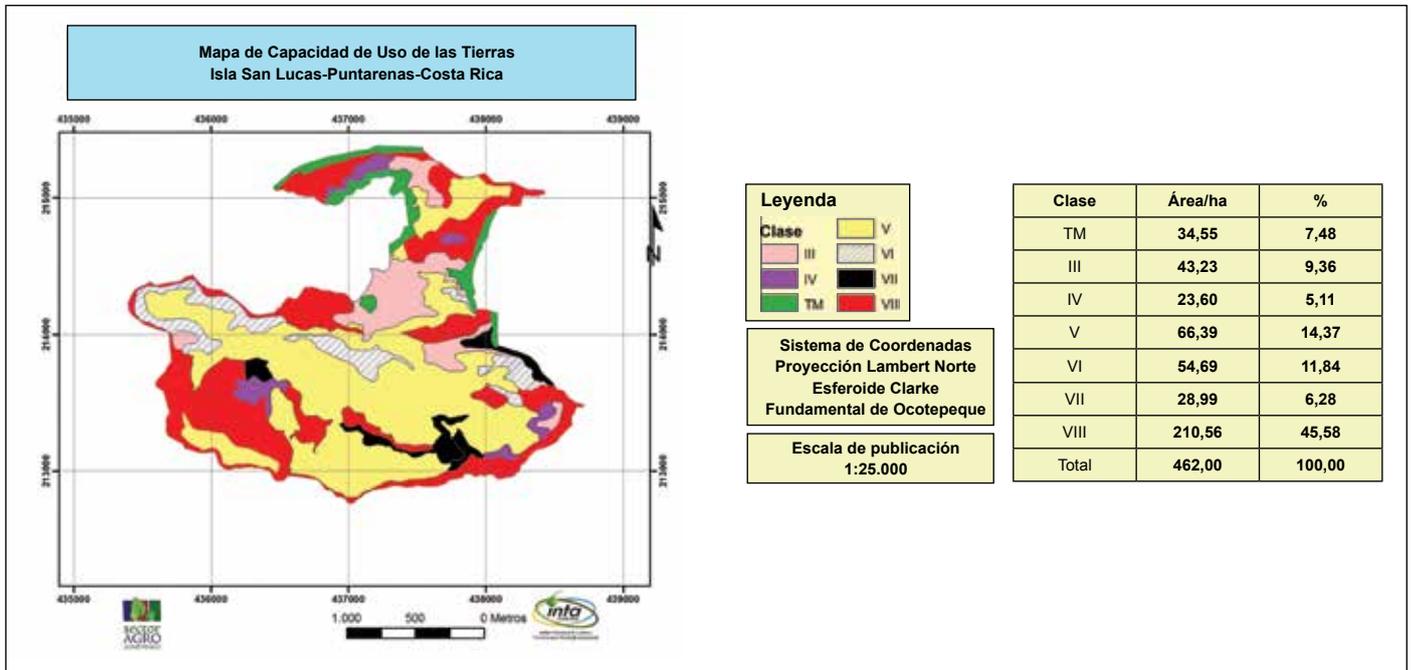


Figura 7. Capacidad de uso de las tierras de la isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

**Uso Actual**

Para determinar la cobertura y el uso de la tierra se utilizó el clasificador Corine Land Cover con los códigos colombianos (Cuadro 4).

La cobertura de la tierra que abunda en la isla es el bosque natural fragmentado, que contiene pequeñas áreas de pasturas naturales, las cuales sirven de alimento a los venados, pero que actualmente está en sucesión ecológica, rumbo a convertirse en cobertura boscosa (bosque secundario) (Figuras 8 y 9)

Cuadro 4. Uso actual y cobertura de las tierras

Uso actual y cobertura	Código CLC*	Área	
		ha	%
Bosque de mangle	314	4,85	1,05
Bosque plantado	315	1,00	0,22
Zona pantanosa	411	1,63	0,35
Bosque natural fragmentado	312	445,95	96,53
Playa	331	8,04	1,74
Infraestructura	113	0,53	0,11
<b>Total</b>		<b>462,00</b>	<b>100,00</b>

\*Corine Land Cover.

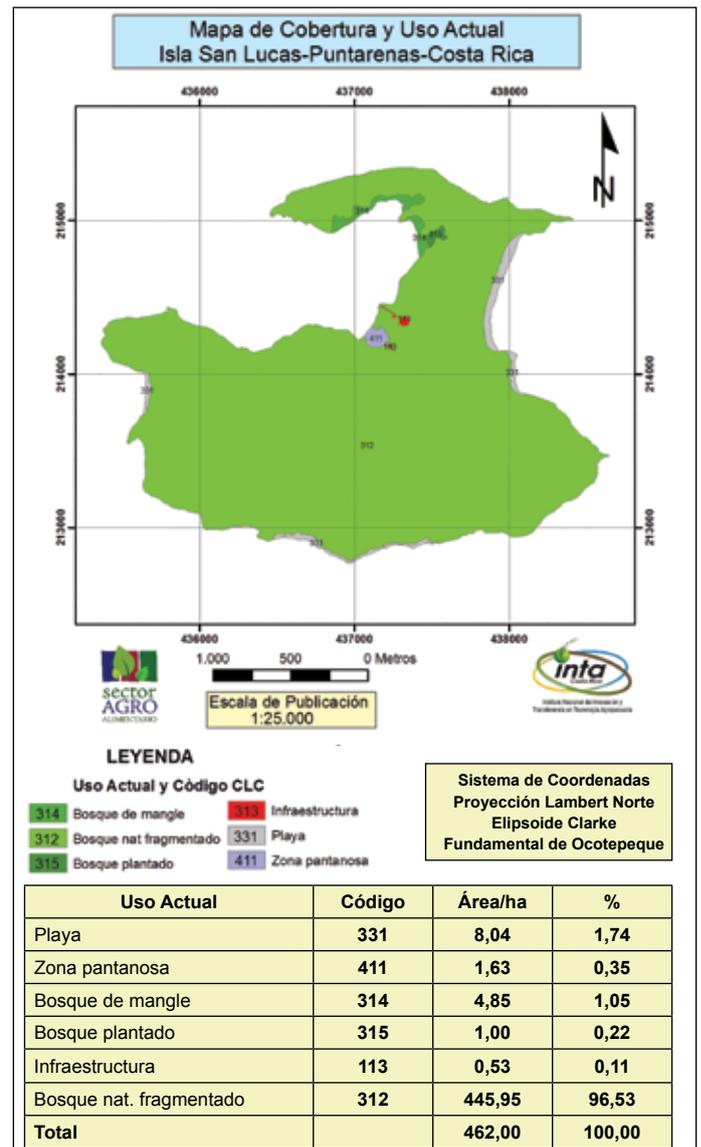


Figura 8. Cobertura y uso actual de las tierras de la isla San Lucas. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

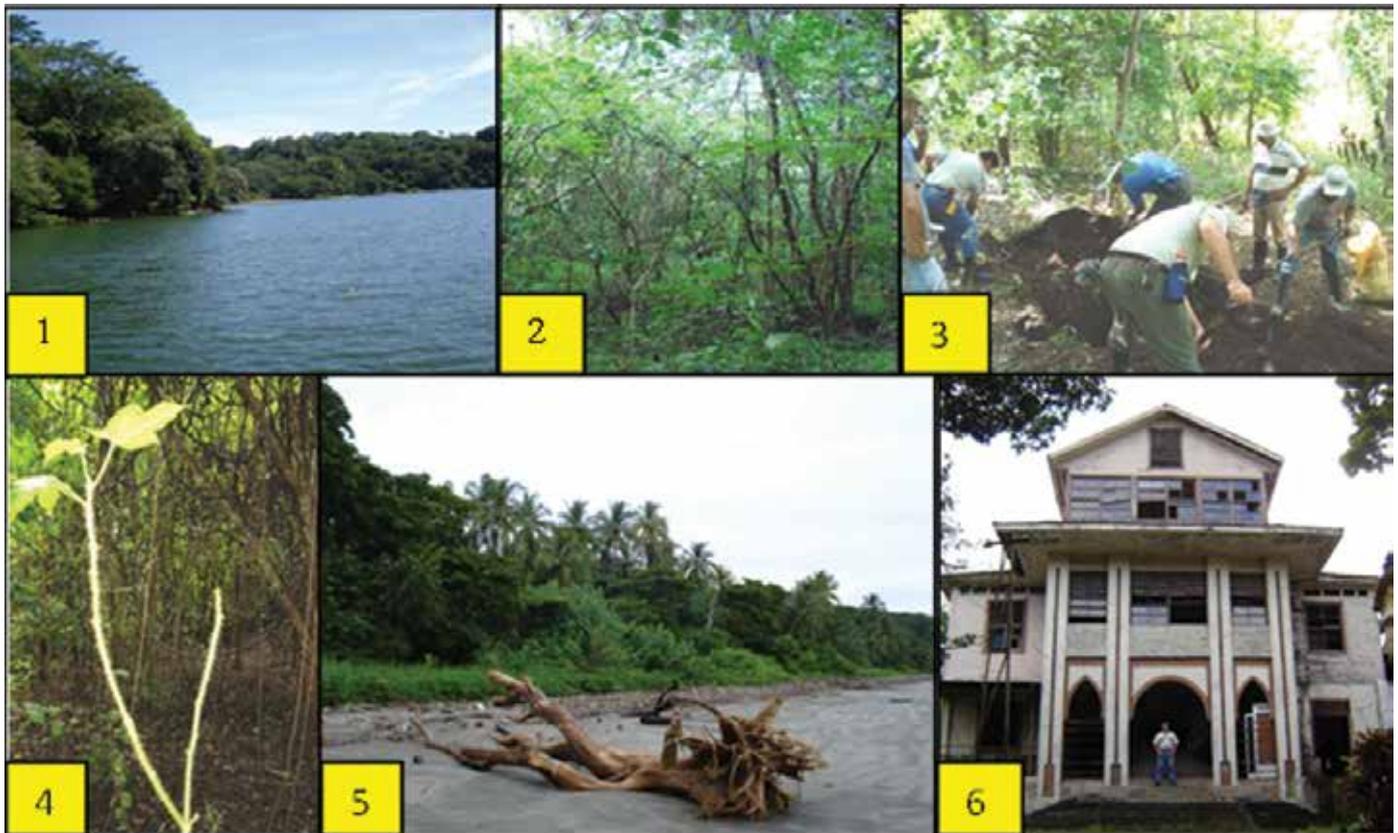


Figura 9. Uso actual de las tierras en la isla San Lucas, 1: bosque de mangle, 2: bosque natural fragmentado, 3: bosque plantado, 4: zona pantanosa, 5: zona de playa, 6: infraestructura. Puntarenas, Costa Rica. 2007.

Conforme a los datos físicos y químicos reportados por el laboratorio de suelos del INTA y a la descripción morfológica de los perfiles modales, los suelos de la isla San Lucas clasifican dentro de los mejores suelos del mundo, los Mollisoles, los cuales son bastante escasos en el país. Sin embargo, más del 86% de esos suelos tienen limitaciones de profundidad efectiva, en donde aparecen contactos líticos y paralíticos dentro de los primeros 50 cm de profundidad (420 ha), lo cual limita cualquier actividad agrícola, principalmente de cultivos anuales, semi-permanentes o permanentes, o de proyectos de reforestación antropogénica. Dado lo anterior y a la amplia diversidad biológica de la isla, y con base en los resultados de capacidad de uso de las tierras, más del 90% del área debe estar bajo protección de los recursos naturales: fauna, flora, suelo y agua dulce, por lo que se recomienda realizar una “declaratoria de parque nacional” sobre este recurso. Un 9% de los suelos son muy fértiles y profundos en relieves que van desde casi-planos hasta fuertemente ondulados, es decir, que tan solo un 4% del área de la isla (18 ha) tiene vocación para

cultivos anuales o pasto. Además de lo anterior, está el hecho de que la isla no posee ríos, solamente quebradas en forma intermitente y pozos; por lo cual el recurso agua es escaso, y aunado a 5 o 6 meses de sequía (meses secos), el agua se convierte en una gran limitante para la producción sostenida y comercial de alimentos. Así mismo, alrededor de un 70% de la isla es de relieve ondulado a escarpado, lo que dificulta escoger áreas para la mecanización de la agricultura, sin causar degradación del recurso suelo. Casi el 60% de la isla es de clase VII, VIII o está en tierras misceláneas, por lo tanto, más de la mitad de la isla no tiene vocación agropecuaria, sino de protección a los recursos naturales. La isla San Lucas tiene una amplia diversidad biológica y una gran belleza escénica, con 8 ha de playas y grandes áreas de bosque, humedales y manglares que se deben conservar y explotar en proyectos ecoturísticos que no contaminen el medio ambiente. Sin embargo, carece de obras de infraestructura para atención del público, en los servicios básicos, caminos y de rescate al patrimonio nacional.

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a los ingenieros que participaron en la fase de campo del estudio, Renato Jiménez Zúñiga, Albán Rosales Ibarra, Esteban Loría Solano, Luis Dionisio García Giró, Donald Vásquez Pacheco y a los asistentes de campo: Luis Guillermo Molina Cambronero y Jorge Vásquez Ramírez. Y a los revisores de este artículo: Dr. Alfredo Alvarado Hernández e Ing. German Aguilar Vega.

## LITERATURA CITADA

Barrantes, LD.; Bustamante, A.; Carvajal, JP.; Castro, J.; Castro, M.; Gálvez, R.; Hermes, MS.; Morales, A.; Pomareda, E.; Rangel, O.; Rondón, M.; Rosales, M.; Zanella, I. 2006. Estudio de línea base de la flora y fauna del Refugio Nacional de Vida Silvestre Isla San Lucas. Heredia, Costa Rica. Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre, UNA. 156 p.

Bergoeing, JP. 1998. Geomorfología de Costa Rica. San José, Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. 409 p.

Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2 ed. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 82 p.

Cabalqueta, G. 2009. Relación suelo-planta arcillas (en línea). San José, Costa Rica. UCR. Consultado 20 mar. 2009. Disponible en <http://www.agro.ucr.ac.cr/resuepla>.

Denyer, P.; Kussmaul, S. 2000. Geología de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 520 p.

Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Costa Rica. CATIE. Turrialba. 530 p.

Forsythe, W. 1985. Manual de laboratorio de física de suelos. San José, Costa Rica. IICA. 212 p.

IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA. 2008. Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia. Escala 1:100.000, Bogotá, CO. Versión 1.1. 53 p.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1989. Hoja cartográfica Golfo. Ed. 3. San José, Costa Rica. Esc. 1: 50 000. Color.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1997. Hoja topográfica Chara. Proyecto Terra. San José, Costa Rica. Esc. 1: 25 000. Digital.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). 1997. Fotografías Terra. Proyecto Terra. San José, Costa Rica. Esc. 1: 40 000.

IGN (Instituto Geográfico Nacional). (s.f.). Fotografías aéreas pancromáticas. San José, Costa Rica. Esc. 1: 40 000.

MAG-MIRENEM. (Ministerio de Agricultura y Ganadería-Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, Costa Rica). 1995. Decreto Ejecutivo No. 23214. La Gaceta No. 107, 16 de junio de 1994. 48 p.

Mejía, L. 1983. Pedología Descriptiva. Compendio de normas para el examen y descripción de suelos en el campo y en el laboratorio. Bogotá, Colombia. Centro Interamericano de fotointerpretación, Unidad de Suelos y Agricultura. 176 p.

Muñiz U, O. 2008. Los microelementos en la agricultura. La Habana, Cuba. Ministerio de Agricultura, Instituto de Suelos. 130 p.

Porta, J.; Acevedo, ML.; Laburu, Costa Rica de 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 960 p.

Tosi, JA. 1969. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro Científico Tropical.

USDA (United States Department of Agriculture) Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. 11th ed. Natural resources conservation services, US. 207 p.

Walkley, A.; Black, CA. 1938. An examination of the degtajareffs for determining soil organic matter, and proposed modification of the cromatic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

## INFORMACIÓN TÉCNICA

### ROL DE LOS FORRAJES Y LOS SUPLEMENTOS EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE BAJO PASTOREO

*Jorge Morales González<sup>1</sup>*

#### RESUMEN

**Rol de los forrajes y los suplementos en la producción de leche bajo pastoreo.** La calidad de los forrajes es fundamental en la producción animal, particularmente en el caso de la vaca lechera. Con mucha mayor razón, si se trata de forrajes conservados. La conservación de forrajes y su uso significa mayores costos, con respecto al suministro de los forrajes frescos. Los costos de la conservación de forrajes, producidos en la finca o adquiridos comercialmente, es la suma de los costos de procesamiento, transporte, almacenamiento y suministro. Las dos únicas vías para abaratar dichos costos son, mediante su dilución por la vía del contenido de nutrientes. Es decir, a mayor calidad, menor el costo por unidad de nutrientes. La segunda vía es en relación a su uso racional y oportuno en el sistema de alimentación. Esta segunda vía no es exclusiva de los forrajes conservados, sino de los suplementos en general, por su alto costo. Si su uso no obedece a un objetivo de producción, independientemente de su calidad, habrá más probabilidades de generar deficiencias que beneficios en el sistema. Para poder utilizar los forrajes conservados y los suplementos estratégicamente y por objetivos de producción, incluidos los fertilizantes, se debe enfocar prioritariamente el uso óptimo de las pasturas. Para mejorar la eficiencia general de la finca, y en particular la utilización de las pasturas, se requieren esfuerzos, pero principalmente un cambio de enfoque hacia una producción por hectárea, en lugar de una producción por vaca, lo cual significa focalizar una mayor atención en el mejoramiento de las pasturas y su uso.

Palabras clave: producción animal, pasturas, costos de producción.

#### INTRODUCCIÓN

En todo sistema de producción de leche, los forrajes conservados y suplementos tienen un rol dentro del sistema de alimentación. Su importancia relativa depende de la intensidad de manejo del sistema; son necesariamente de alto uso y calidad, en los sistemas confinados de producción, donde al formar parte de la dieta y único acceso del animal al alimento, se suministran a la vaca diariamente, en mezcla con ingredientes concentrados.

En los sistemas especializados de producción de leche bajo pastoreo, existe una disponibilidad de forraje abundante y de bajo costo. Además el potencial de calidad que ofrecen las pasturas, según su manejo, se ve incrementado por efecto de la selectividad ejercida por el animal, la cual resulta en una ingesta de una calidad nutricional superior al promedio de calidad de la pastura; en este caso los forrajes conservados son de bajo uso.

En Costa Rica, con algunas excepciones, su uso general es principalmente como fuente de fibra. También, en circunstancias de crisis en cuanto a disponibilidad de forrajes. Prácticamente

no tienen un fin productivo o estratégico dentro del plan de alimentación, como sí lo tienen obligatoriamente los sistemas confinados, como se indicó anteriormente. Sin embargo, esto no exime a los sistemas bajo pastoreo del uso apropiado de los forrajes conservados y suplementos en general.

Ejemplo de lo anterior y del uso de las fortalezas que ofrecen los forrajes conservados y los suplementos, dentro del sistema de producción bajo pastoreo, es el sistema de producción de leche neozelandés. Su uso obedece al complemento de deficiencias de disponibilidad de materia seca y nutrientes de la pastura para aumentar la carga animal general de la finca o para mejorar la recuperación de las pasturas durante ciertas épocas del año. Lo anterior resulta en aumentos planeados y deseados en la producción general de la finca.

Comparativamente con Estados Unidos (USA) y Nueva Zelanda (NZ) los forrajes conservados en Costa Rica, a excepción del ensilaje de maíz, siempre y cuando se incluya la totalidad del follaje y la mazorca, son de menor

calidad. Por tanto y con mucha más razón, su uso debe ser muy estratégico y obedecer a objetivos de producción, dada la posibilidad tan limitada, de bajar costos por dilución de contenido de nutrientes.

Este análisis revela que el sistema de producción de leche bajo pastoreo es el más adecuado para Costa Rica, dadas las ventajas que ofrecen las pasturas, (de una calidad superior a los forrajes conservados), por la posibilidad de selección de los animales en pastoreo y a su menor costo. No obstante al analizar los costos de producción (Bagnato 2012 y Hemme 2012) y el uso de las pasturas de Costa Rica (Van der Grinten *et al.* 1992), mediante una comparación pertinente, como sería contra un sistema de producción similar, (tal como el neozelandés), es evidente el gran margen que tenemos para mejorar la eficiencia en el uso de las pasturas, la fuente más abundante y barata de alimentación de que dispone el productor y que, por tanto, debería impactar positivamente en términos de reducción de los costos de producción y de una mayor rentabilidad y competitividad, del sistema especializado de producción lechera nacional.

La producción y disponibilidad de los forrajes conservados ha crecido en el país y puede crecer aún algo más (Morales 2008). A pesar de esto, su uso será siempre marginal, dada la ventaja que tiene Costa Rica (por su ubicación en la franja tropical), de tener disponibilidad de biomasa forrajera de bajo costo de las pasturas, prácticamente todo el año. Es decir, la mejor opción para competir en los mercados interno y externo, serán los sistemas de producción bajo pastoreo y no los confinados. El aumento relativo en el uso, de los forrajes conservados, se dará como consecuencia de las condiciones que está imponiendo el cambio climático, donde se hace necesario recurrir a cambios flexibles de manejo como el estabulado o semi-estabulado temporal (Morales *et al.* 2010). Habrá un aumento de su uso para la producción, sí y solo sí, se da el cambio de enfoque mencionado previamente.

### **IMPLICACIONES DEL CAMBIO DE ENFOQUE SOBRE LA GENÉTICA ANIMAL ACTUAL**

En cuanto a la genética, Costa Rica posee animales de buena calidad y por cierto muy adecuados al sistema de producción bajo pastoreo. Sin embargo, están lejos del nivel genético de las vacas de alto mérito para producción de leche de los sistemas confinados norteamericanos (Capper *et al.* 2009 y Eastridge 2006).

Difícilmente, un cambio de enfoque de producción de leche por vaca a uno de producción de leche por hectárea, con base en un uso más intensivo de las pasturas y un uso racional de los suplementos, (especialmente de los suplementos concentrados), va a provocar desperdicio genético del actual banco genético que representa el hato nacional de leche.

Se podría esperar una disminución en la producción de leche por vaca, pero esta sería más que compensada por una mayor producción de leche por hectárea y reducción de costos. Pero también, como consecuencia, una mayor y muy conveniente reserva genética animal que permita futuros incrementos en producción por vaca y por hectárea, derivados de las mejoras en manejo y utilización de pasturas, suplementos concentrados y forrajeros, que sería de esperar del cambio de enfoque.

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS FORRAJES CONSERVADOS Y SU CALIDAD**

La interpretación y el uso de la información de la calidad de un forraje conservado o de cualquier otro alimento, se debe hacer precisamente dentro del contexto del sistema de producción. De aquí se deriva el peso relativo que pueda tener su uso en la eficiencia del sistema de producción, sus costos y rentabilidad.

De los dos procesos básicos para la conservación de forrajes, la henificación (Morales *et al.* 2003) y el ensilado (Swift 2004), se dispone de amplia información y conocimiento para obtener la mejor calidad posible y sus costos, por lo que no es tema de la presente discusión. Varias determinaciones de laboratorio o *in-vivo* son buenos indicadores de la calidad de los forrajes conservados. No obstante, por su determinación rutinaria y relativa facilidad de obtención, el contenido de proteína cruda y el de fibra (FAD y FND), son los indicadores más utilizados. De gran utilidad es la fibra, pues esta tiene una buena correlación con la digestibilidad y el consumo de la materia seca. Recientemente, se ha identificado la digestibilidad de la fibra neutro detergente (FNDd), como un indicador superior a los anteriores, por su mayor exactitud en predecir consumo y producción de leche (Hoffman *et al.* 2007). Sin embargo, al no ser aún esta una determinación rutinaria, se dispone de información solamente en pocos casos.

## LA CALIDAD DE LOS FORRAJES CONSERVADOS EN COSTA RICA

En Costa Rica, la calidad de los forrajes conservados a excepción del ensilaje de maíz con mazorca, es de media a baja, comparado con otras latitudes (Morales *et al.* 2005 y Robinson 1998) (Cuadro 1).

### SISTEMAS DE PRODUCCIÓN QUE UTILIZAN LOS FORRAJES CONSERVADOS INTENSAMENTE

Los sistemas de producción de leche confinados, como los estadounidenses, por su propia naturaleza están obligados a utilizar forrajes conservados (Davis 2004) pues es la única fuente de este tipo de alimento fibroso, fundamental en la fisiología digestiva de cualquier rumiante. Aunado a ello es requisito

de estos sistemas confinados la alta calidad de estos forrajes. Esto se debe al impedimento de selección de la dieta que ejerce el sistema confinado sobre el animal, comparado con el animal en pastoreo (Conner *et al.* 2009) y a los altos costos de este tipo de forrajes, en relación con el costo del forraje cosechado directamente por el animal en la pastura. Solo por su alta calidad (alto contenido de nutrientes digestibles), es posible diluir dichos costos.

### USO DE LOS FORRAJES CONSERVADOS EN COSTA RICA

El sistema de producción de leche bajo pastoreo, es el sistema ideal y más utilizado en Costa Rica, porque en las pasturas se encuentra su más preciada dotación de nutrientes en términos de calidad y costos (Cuadro 2 y Figura 1).

Cuadro 1. Características nutricionales del heno de alfalfa (USA) y el heno de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2014.

Nutriente	Heno de alfalfa (USA)*		Heno Costa Rica	
	Regular	Premium	Transvala**	Transvala y maní***
% PC	18	24	4-6	12-14
% FND	43	33	72	48-50

\*Fuente: Robinson 1998; \*\*Morales *et al.* 2003; \*\*\*Morales *et al.* 2005.

Cuadro 2. Comparación de la calidad del forraje de la pastura y el heno en Costa Rica. San José, Costa Rica. 2005-2011.

Nutriente	Pastura rye grass*	Pastura kikuyo*	Pastura de estrella*	Heno (tranvala-maní)**
% PC	24-26	21-24	13-18	12-14
% FND	44-59	58-62	68-72	48-50

Fuente: \*Sánchez 2011. Curso de capacitación para técnicos. INTA-CNP Leche-CORFOGA; Villalobos y Sánchez 2010. \*\*Morales *et al.* 2005.

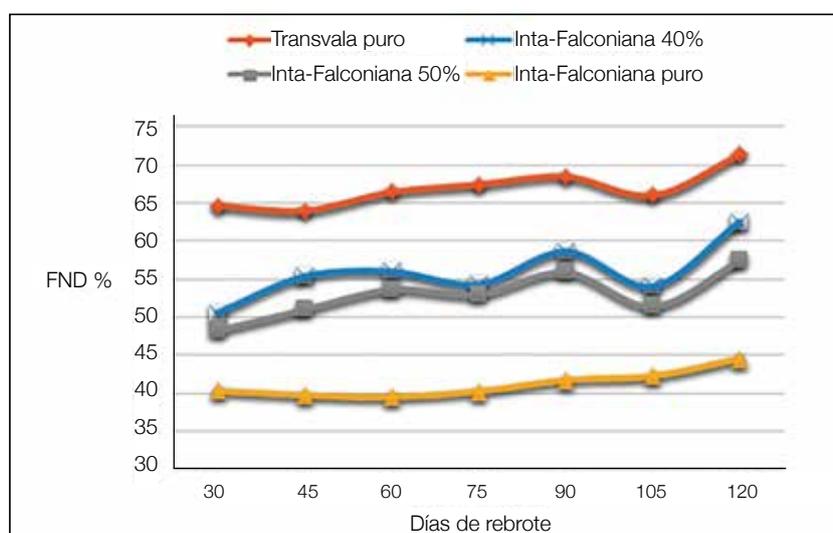


Figura 1. Curvas de contenido de FND % según proporción de maní forrajero (INTA-Falconiana) en el heno. San José, Costa Rica. Fuente: Morales *et al.* 2005.

Los forrajes conservados en este sistema son de bajo uso, limitándose únicamente a épocas de crisis forrajera. Bajo estas condiciones de uso, la calidad de los forrajes conservados es irrelevante (Morales *et al.* 2005). Tan es así que el mercado de los forrajes conservados en Costa Rica no se rige por calidad, como en los sistemas de otros países donde éstos son la base del sistema de producción. Por lo que en nuestro caso no aplica la dilución de costos por calidad. Sin embargo en el país existen excepciones, como es el caso de la finca lechera de Andrés Aragonés en el cantón de San Carlos. En este caso el uso del ensilaje de maíz y el semi-estabulado permiten un aumento significativo de la carga animal en la finca (Figura 2).



Figura 2. Finca lechera de Andrés Aragonés. Alajuela, Costa Rica. 2014.

A la altura de este análisis y de la conclusión en el párrafo anterior, podría darse por agotado el tema y dar por concluida la discusión. Pero la oportunidad es única para preguntarse y analizar a mayor profundidad lo siguiente: si Costa Rica produce leche, bajo el sistema de producción considerado en la literatura científica y comercial, nacional e internacional, como el de más bajo costo y más rentable (Amaral-Phillips *et al.* 1997; Conner *et al.* 2009; Daley *et al.* 2010; Ledgard *et al.* 2012). ¿Por qué en esos términos, el sistema de producción costarricense es más parecido a los sistemas confinados, que a los sistemas bajo pastoreo como el neozelandés, por ejemplo?. Con la salvedad de que el sistema confinado es más rentable que el de Costa Rica, no por ser confinado, sino por las propias deficiencias de manejo de nuestro sistema. Además de que aquellos disponen, como se señaló antes, de forrajes de alta calidad, granos y sus correspondientes animales de mérito genético superior.

## USO DE LOS FORRAJES CONSERVADOS Y SU IMPACTO EN LA EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA

Los estadounidenses estudiaron y compararon el sistema neozelandés con su sistema confinado, con el fin de encontrar referencias para corregir y mejorar su sistema en busca de una mayor rentabilidad (Davis 2004). Simplemente llegaron a la conclusión que la mayor rentabilidad del sistema de NZ, se debe a los menores costos de alimentación del sistema bajo pastoreo. Aunque hay grupos en USA promoviendo un mayor uso de las pasturas (Amaral-Phillips *et al.* 1997; Conner *et al.* 2009. Daley *et al.* 2010), sus condiciones climáticas no les permiten tener pasturas todo el año. Por tanto deben recurrir a la alimentación confinada. Sus grandes extensiones de tierra mecanizable les permite producir grandes cantidades de forrajes y granos. Aunque logran diluir costos por la alta calidad de estos alimentos, dichos costos, sumados a costos de transporte, almacenaje y suministro, darán siempre mayores costos y menor rentabilidad al sistema confinado comparado con el sistema bajo pastoreo.

Si tuviéramos que comparar el sistema de producción de leche de Costa Rica, con otros sistemas de producción, para tratar de derivar y sacar conclusiones pertinentes para mejorar, sería con el sistema neozelandés y no con el estadounidense. La razón es simple, es un sistema bajo pastoreo similar al costarricense, pero que es mucho más eficiente.

En un sistema de producción de leche bajo pastoreo, los indicadores relevantes y que pueden arrojar luz, si los usamos en la comparación, son: producción de las pasturas (kg MS/ha), carga animal, producción de leche por vaca, producción de leche por hectárea, uso de suplementos (incluidos los forrajes conservados), utilización de las pasturas y fertilizantes (Cuadro 3).

De estos indicadores comparativos se puede concluir:

- El sistema costarricense está enfocado a la producción por vaca.
- El sistema de NZ está enfocado prioritariamente a la producción por hectárea.
- El sistema costarricense subutiliza las pasturas.
- El sistema de NZ utiliza mejor las pasturas.

Cuadro 3. Comparación de algunos indicadores productivos de los sistemas de producción de leche bajo pastoreo de Costa Rica y Nueva Zelanda. San José, Costa Rica. 2014.

Indicador	Pastoreo (CR)	Pastoreo (NZ)
Kg MS/ha	35 000	17 000
Carga animal	1,6	3
Kg leche/vaca/año	+ 5000	4500
Kg leche/ha	- 10 000	+ 20 000
Utilización de la pastura, %	- 40	50-60
Kg concentrado/vaca/día	7	≤ 4

Fuente: McGrath et al. 1998; Van de Grinten et al. 1992; Brenes 2003; Cerdas y Vallejos 2011; León 2012; González 2010; Conner et al. 2009; Davis 2004; Ledgard et al. 2012.

- En el sistema costarricense se está dando una tasa alta de sustitución de la pastura por suplementos, donde se dan extremos de respuesta en leche al uso de los concentrados, 1,49 vs 2,3 kg leche/kg concentrado (Figuras 3 y 4)
- El sistema de NZ utiliza más eficientemente la fertilización (McGrath et al. 1998) y los suplementos.
- Definitivamente la baja eficiencia del sistema de producción costarricense no se debe a que nuestros forrajes conservados no sean de alta calidad y/o porque su uso es muy bajo, sino a otros aspectos como los estipulados.

Se puede concluir que el sistema NZ utiliza muy eficientemente la pastura, el componente de la alimentación más barato, abundante y disponible en la finca. Este enfoque le obliga a mejorar continuamente la calidad y cantidad del forraje en la pastura, principalmente vía manejo. El enfoque costarricense le obliga a mejorar continuamente la calidad y cantidad del alimento suplementario, el más caro y de origen externo (vulnerabilidad), poniéndole poca atención a las pasturas y su mejoramiento. En el caso de NZ, los déficits de nutrientes en calidad y cantidad en las pasturas se complementan suministrando suplementos a las vacas. En el caso de CR, los déficits de nutrientes, en cantidad y calidad de los concentrados, se complementan suministrando pasturas a las vacas. El resultado final de la fórmula de NZ consiste en más kilogramos de leche por hectárea debido a un uso mayor de las pasturas. Esto repercute en un menor costo y una mayor rentabilidad y competitividad. Según el sistema neozelandés, solo hay un camino para hacer un uso más eficiente de las pasturas

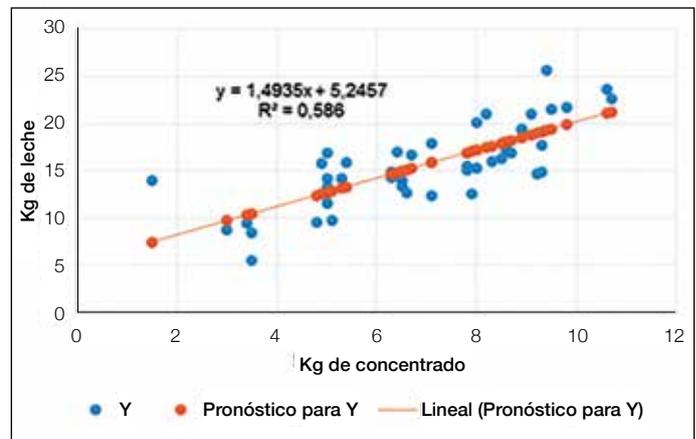


Figura 3. Promedio en kg de leche por kg de concentrado en 44 fincas. San José, Costa Rica. 2014. Fuente: Morales 2013, adaptado de León 2012.

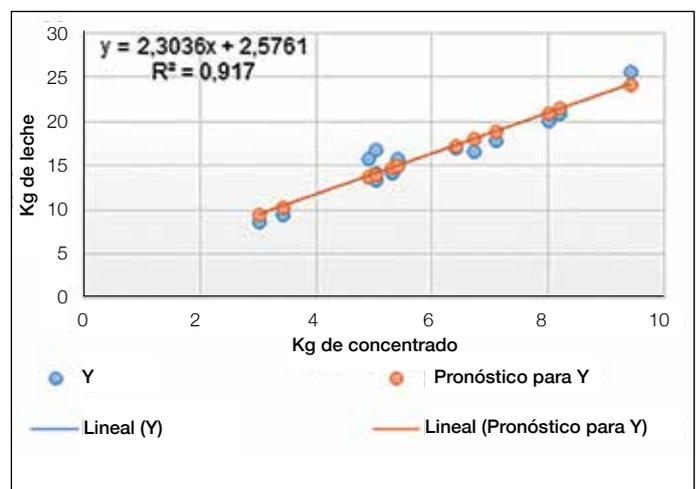


Figura 4. Promedio de kg de leche por kg de concentrado en 13 fincas. San José, Costa Rica. 2014. Fuente: Morales 2013, adaptado de León 2012.

y un uso más racional de los suplementos (concentrados y forrajes conservados), así como de los fertilizantes: conociendo el comportamiento de las pasturas (Da Silva 2004; Douglas sf.) en términos de producción de forraje y nutrientes durante el ciclo anual y complementando las deficiencias con el uso mínimo adecuado de los suplementos (forrajes y concentrados) y otros insumos de la producción.

### CURVA ANUAL DE PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE LAS PASTURAS

Como ya se expuso, para conocer el déficit de nutrientes, en calidad y cantidad, no es suficiente con conocer el promedio de producción anual de materia seca de las pasturas, de proteína y otros nutrientes. Para fines prácticos, la información útil para el productor es conocer la curva anual de producción de materia seca (Figura 5), así como de nutrientes (Figuras 6), de las pasturas. Solo así se pueden determinar los déficits, en relación con las demandas de nutrientes del ható, en cantidad y calidad y cómo suplirlas mediante el uso adecuado de concentrados y/o forrajes conservados.

Estas curvas del comportamiento oscilante de las pasturas, que obedecen a los cambios climáticos naturales de los ambientes de producción abiertos, se logran mediante evaluaciones regionales de estas variables, la acumulación de información a través del tiempo (aumento en la precisión continuamente) y a los ajustes que haga el productor en el día a día mediante métodos prácticos de medición en su finca (Sharro 1984).

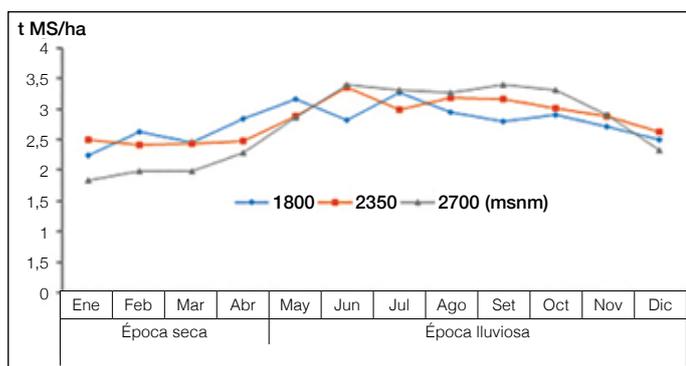


Figura 5. Curva de producción del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*<sup>2</sup>). Cartago, Costa Rica. 2011.

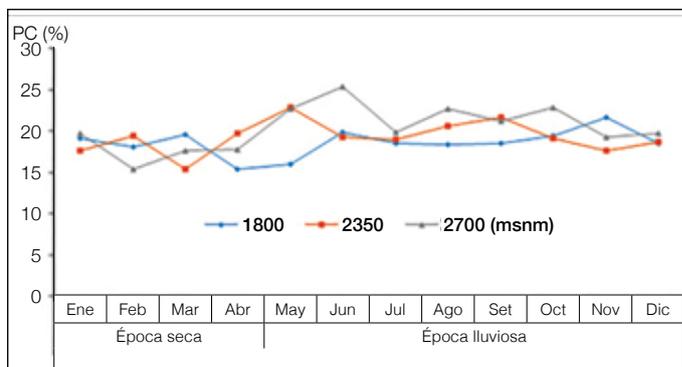


Figura 6. Curva de contenido de proteína en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*<sup>3</sup>). Cartago, Costa Rica. 2012.

### CURVA DE RESPUESTA DE LAS PASTURAS A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Las herramientas señaladas son aspectos para complementar la nutrición de las vacas durante déficits identificados en las pasturas; la fertilización, en especial la nitrogenada, es otra herramienta más en el manejo adecuado de las pasturas.

La fertilización nitrogenada tiene como respuesta de las pasturas, un comportamiento curvilíneo conocido como “respuesta de los rendimientos decrecientes” (Figura 7). Esto quiere decir que la respuesta inicial es una pendiente que indica alta respuesta, pero que, conforme se aumenta la cantidad de fertilizante, la respuesta por unidad de insumo (kg de N) va disminuyendo, hasta alcanzar un plano donde hay poca o ninguna respuesta, por unidad extra de insumo aplicada, (Morales et al. 2006).

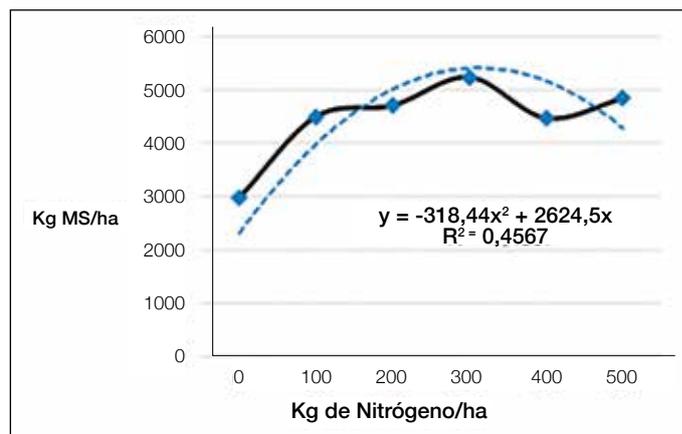


Figura 7. Respuesta del pasto transvala (*Digitaria ariantha*) a la fertilización nitrogenada. Guanacaste, Costa Rica. 2014.

<sup>2</sup> Sánchez W. 2014. Curva de producción del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). INTA-Costa Rica. Comunicación personal.  
<sup>3</sup> Sánchez W. 2014. Curva del contenido de proteína en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). INTA-Costa Rica. Comunicación personal.

Esto ocurre por tres razones: porque el nitrógeno es el nutriente más deficitario en el suelo, el crecimiento de las plantas responden a factores de luminosidad, temperatura y humedad cambiantes continuamente durante el año y a una respuesta genética característica de la especie forrajera en particular (Cerdas y Vallejos 2011).

La respuesta de la pastura a la fertilización nitrogenada depende de la tasa de fertilización, la fuente de nitrógeno, la época del año y de la especie forrajera en particular (Morales *et al.* 2003). Por ejemplo, la respuesta de una pastura de kikuyo (en la parte alta de Cartago) a 200 kg nitrógeno a base de urea, no será la misma durante el año. Puede variar entre años para la misma época, no será la misma para dos fincas vecinas por suelo, por exposición solar o influencia climática, ni será la misma a 200 kg de N a base de nitrato de amonio. Incluso puede ser que en una época del año, 50 kg de N/ha respondan mejor que 200 kg de N/ha. Lo que sí es indiscutible es que la curva de respuesta a una fertilización constante (ejemplo 200 kg de N/ha/año) sigue el patrón de la curva de crecimiento de las pasturas, que de hacerse como una práctica invariable, solo acentuaría las deficiencias.

Por lo anteriormente mencionado, se dice que la fertilización nitrogenada debe obedecer a un objetivo de producción de materia seca. Si se conociera la curva de producción de materia seca aproximada de una finca en particular y la curva de respuesta a la fertilización nitrogenada (debe generarse la curva de respuesta del pasto

a la fertilización). En épocas de déficit de materia seca (lo cual ocurre no necesariamente porque la curva de producción del pasto esté en su condición más baja), sino que puede deberse a un aumento de la demanda de nutrientes por la cantidad de vacas en ordeño o en primera fase de lactación que existiera en un momento dado, la tasa de fertilización para aplicar en ese periodo, se conocería con una buena aproximación, para obtener la cantidad de forraje extra necesaria.

La fertilización así manejada permite manipular la disponibilidad de forraje, con repercusiones biológicas y económicas en el manejo y utilización de las pasturas, como son la alimentación adecuada de los animales, la carga animal y hasta producir excedentes de forraje para tiempos deficitarios (uso planificado con objetivos de producción = inversión) y críticos (uso obligado = gasto), como pastos de corta o para ensilar o producir heno en ciertas épocas (Figura 8).

La información que ofrecen las curvas de producción de forraje y la de respuesta a la fertilización, no solo permiten manipular la disponibilidad de materia seca, en la finca. También facilitan la utilización adecuada y racional de los suplementos, tanto concentrados como forrajes conservados. Los cuales aunque sean de mayor costo, estratégicamente utilizados, manejando conocimiento de los aportes de la pastura con o sin fertilizante y las deficiencias que se deben cubrir, se puede hacer un mejor uso de esos costos, en donde aporten mayores beneficios al sistema de producción.



Figura 8. A: Kikuyo bajo corte para suministro en fresco B: Producción de heno mediante sistemas de bajo costo. Heredia y Cartago, Costa Rica. 2014.

## TASA DE SUSTITUCIÓN

La tasa de sustitución (TS) es el efecto negativo que tiene la suplementación sobre el consumo de forraje en la pastura. Es decir, la reducción en el consumo de materia seca del forraje en la pastura, por kilogramo de concentrado consumido por los animales en pastoreo. Este factor de sustitución puede explicar la variación en la respuesta de la producción de leche a la suplementación. Existe una relación negativa entre TS y respuesta láctea. Entre menor sea la TS, mayor será la respuesta en producción de leche a los suplementos (Bargo *et al.* 2003). A todo este manejo de las pasturas debe agregarse, entonces, la necesidad de medir y conocer también la TS del forraje de la pastura por el uso de la suplementación, de tal manera que esta sea una estrategia ya no solo para balancear nutrientes, sino también como instrumento para manejar y mejorar la carga animal de la finca, y no como sucede ahora que al desconocer este factor, probablemente se esté agregando ineficiencia al uso actual de las pasturas.

La misma TS de cualquiera de estos suplementos, en conocimiento de ella, puede utilizarse a favor, como por ejemplo para aumentar la capacidad de carga, aumentar puntualmente la disponibilidad de ciertos nutrientes y otros. La idea es tener el control de cuándo y a qué precio, se puede invertir en los insumos alimenticios de mayor costo, pero a favor de la producción y la rentabilidad del sistema de producción.

## INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN BAJO PASTOREO

Es necesario definir un indicador más adecuado y coherente con la fuente principal de nutrientes de nuestro sistema de pastoreo. Es decir la producción de leche por hectárea y por año y no la producción de leche por vaca, pues este último es más adecuado para los sistemas confinados. Además al utilizar el indicador de producción anual por hectárea, automáticamente reorienta el objetivo de la finca y del productor a aumentar la productividad y hacer una utilización mejor de la pastura, la cual redundará en incrementos en carga animal y finalmente en los kilogramos de leche que se obtengan por hectárea.

En Costa Rica, de acuerdo con un estudio de caso de 25 fincas lecheras seleccionadas, reportado durante el Congreso Lechero Nacional, 2010 (González 2010), el promedio de producción de leche/ha/año, fue de 31 284 kg, el cual es superior al promedio de NZ (Davis 2004). Otro estudio de cinco fincas (Brenes 2003) en Alfaro Ruiz, reporta producciones desde 10 707 hasta 26 291 kg/ha/año. Cuando se hacen los cálculos del promedio nacional por regiones encontramos, valores nacionales muy contrastantes, como se puede observar en el Cuadro 4.

Estos valores indican que es posible alcanzar altos niveles de producción de leche por hectárea en Costa Rica como lo demuestra el reporte de González 2010, pero que hay mucho espacio para mejorar este indicador de productividad. Es importante considerar que en los promedios nacionales por región indicados, se incluyen todos los diferentes sistemas de producción existentes, desde los muy extensivos como los de doble propósito y las lecherías especializadas de bajura y de altura (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de la producción de leche por hectárea por año en las diferentes regiones del país. San José, Costa Rica.

	Central	Chorotega	P. Central	Brunca	H. Atlántica	H. Norte
Kg de leche/año	311 364 690	65 713 156	11 544 970	23 564 991	12 795 389	310 819 633
%	42	9	2	3	2	42
Pasturas, ha	38 929	14 629	1805	16 107	4548	34 259
Kg de leche /ha/año	7998	4492	639	1463	285	9072

Fuente: Zúñiga *et al.* 2005 y CORFOGA 2000.

La necesidad de reducir los costos de producción y ser más competitivos, requiere esfuerzos para mejorar la eficiencia en general de la finca y en particular en la utilización de las pasturas. De esta manera el cambio de enfoque hacia una producción por hectárea en lugar de la producción por vaca, se hace perentorio para focalizar mayor atención en el mejoramiento de las pasturas y su uso.

Un uso racional de los recursos de la finca, en función de una lechería económicamente más rentable y ambientalmente más sostenible, mediante un manejo estratégico de las pasturas y de otros factores de la producción, como los descritos, permiten también hacer adaptaciones y ajustes del sistema de producción a los efectos del cambio climático.

### LITERATURA CITADA

Amaral-Phillips, D.; Hemken, R.; Henning, J.; Turner L. 1997. Pasture for Dairy Cattle: Challenges and Opportunities. ASC-151. Cooperative Extension Service. Univ. of Kentucky. College of Agriculture. 8 p.

Bagnato, G. 2012. Costos comparativos de producción. IFCN. Carta FEDEGAN no. 130. Uruguay. p. 70-73.

Bargo, F., Muller, L.; Kolver, E.; Delahoy J. 2003. Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture. J. Dairy Sci. 86:1-42.

Brenes, P. 2003. Análisis técnico, administrativo, económico y financiero de cinco fincas de lechería especializada en el cantón de Alfaro Ruiz y plan estratégico. Informe de práctica de especialidad. Cartago, Costa Rica. ITCR. 141 p.

Capper, J.; Cady, R.; Bauman, D. 2009. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. J. Animal Sci. 87:2160-2167.

Cerdas, R.; Vallejos, E. 2011. Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Panicum maximum*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica Revista electrónica de las sedes regionales de la Universidad de Costa Rica. InterSedes. 12:32-44.

Conner, D.; Campbell-Arvai, V.; Rozeboo, D. 2009. Literature review: a comparison of dairy production systems. Michigan State University. (en línea). Michigan, USA. Consultado 10 de nov. 2014. Disponible en <http://foodsystems.msu.edu/uploads/files/Pasture-basedDairyLiteratureReview.pdf>

CORFOGA (Corporación Ganadera, Costa Rica). 2000. Encuesta ganadera. San José, Costa Rica. 28 p.

Daley, C.; Horton, S.; Holmes, D. 2010. Improving net profit under Intensive Grazing Management FAO. Report California State University, Chico - Organic Dairy. 7 p.

Da Silva, S. 2004. Understanding the dynamics of herbage accumulation in tropical grass species: the basis for planning efficient grazing management practices. II Symposium on Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, Curitiba, BR. 46 p.

Davis, L. 2004. How do they do it down under? New Zealand dairy producers haven't huge exports and low costs. College of Agricultural and Life Sciences. (en línea) University of Wisconsin. Madison. Consultado 10 set. 2013. Disponible en [davis@ae.wisc.edu](mailto:davis@ae.wisc.edu).

Douglas, J.; Stanley, C.; Sanchez, H.; Spaeth, K.; Norman A.; Peacock, G. Rea, G.; Ziehr, R. S. Application of growth curves and nutritional quality of forages in grazing management tools to meet animal needs. (en línea) USDA. Natural Resources Conservation Service. Consultado 07 set. 2013. Disponible en [www.plant-materials.nrcs.usda.gov/pubs/txpmcab9493.pdf](http://www.plant-materials.nrcs.usda.gov/pubs/txpmcab9493.pdf)

Eastridge, M. 2006. Major advances in applied Dairy Cattle Nutrition. J. Dairy Sci. 89:1311-1323.

González, J. 2010. Situación actual, desafíos y oportunidades de la lechería en Costa Rica. (en línea) Congreso Nacional Lechero. Consultado 05 nov. 2014. Disponible en <http://www.proleche.com/index.php/component/content/article?id=76>

Hemme, T. 2012. A summary of results from the IFCN Dairy Report. 6 p.

Hoffman, P.; Combs D.; Contreras-Govea F. 2007. Uso de la digestibilidad del FDN en la formulación de raciones. Focus on Forage. Univ. of Wisconsin. USA. 6(3):1-5.

Ledgard, S.F.; Steel, K.; Roberts, A.; Journeaux, P.R. 2012. Use of overseas to compare farm systems and countries for nutrient balances, losses and efficiency. (en línea) A. van den Pol-van, A, de Vliegheer, D. Hennessy y J.L. Peyrand. Proceedings 2nd Meeting EGF Working Group Grazing. Repot 644. Wageningen UR Livestock Research. Partner in livestock innovation. Consultado 15 set. 2013. Disponible en <http://www.livestockresearch.wur.nl>.

- León, H. 2012. Efectos financieros del manejo de forrajes en la empresa lechera. (en línea) Congreso Nacional Lechero. Consultado 05 nov. 2014. Disponible en <http://www.proleche.com/index.php/component/content/article?id=76>
- McGrath, J.M., Penno, J.; MacDonald, K.; Carter, W. 1998. Using nitrogen fertilizer to increase dairy farm profitability. *Procc. of the New Zealand Society of animal Production* 58:117-120.
- Morales, J. 2008. Perspectivas para el desarrollo del mercado de forrajes en Costa Rica. Impacto de la leguminosa forrajera INTA-Falconiana (*Arachis* sp. CIAT 18744<sup>a</sup>) sobre la calidad del heno y el mercado de los forrajes en Costa Rica. 10 ed. Ventana Lechera. p. 30-36.
- Morales, J., Acuña, V.; Cruz, A. 2003. Industrialización del heno de calidad en sistemas bajo riego en Costa Rica. San José, Costa Rica. MAG. 79 p.
- Morales, J.; Acuña, V.; Bejarano, R.; Castro, M. 2005. Desarrollo de la curva de calibración para NIRS, del heno de pasto transvala asociado a maní forrajero INTA-Falconiana. San José, Costa Rica. INTA. 14 p. Informe Archivos Técnicos.
- Morales, J.; Acuña, V.; A. Cruz.; Lobo, M.; Argel, P. 2005. Cultivar INTA-Falconiana (*Arachis* sp. CIAT 18744<sup>a</sup>). Leguminosa para la producción de heno de calidad, como cultivo asociado con pasto transvala, en sistemas de producción bajo riego. San José, Costa Rica. INTA 6 p. Boletín Técnico.
- Morales, J.; Cruz, A.; Acuña, V. 2006. Efecto del estado de madurez y la fertilización nitrogenada sobre la producción y el valor nutritivo del pasto Transvala (*Digitaria decumbens*), para henificación en condiciones de secano. *Alcances Tecnológicos*, no.1:37-44.
- Morales, J.; López, A.; Abarca, S.; Fuentes, H. 2010. Ajuste de los sistemas de producción de leche de Turrialba al cambio climático. San José, Costa Rica, INTA-MAG. 4 p. Boletín Técnico.
- Morales, J.; Brenes, S.; Calvo, G.; López, A.; Mora, L. 2003. Respuesta agronómica de especies forrajeras de corte y de piso a diferentes fuentes de fertilización orgánicas para sistemas de producción integrados en la cuenca del río reventazón. San José, Costa Rica. INTA. 23 p. Informe Archivos Técnicos.
- Morales, J. 2013. Los forrajes conservados en los sistemas de producción lechera en Costa Rica. Ventana Lechera. Dos Pinos. Costa Rica. no 22.
- Robinson, P.H. 1998. What are dairy nutritionists looking for in alfalfa hay? *Proceedings 28<sup>th</sup> California Alfalfa Symposium*. Univ. of California. Davis, California. USA. p. 133-139.
- Sánchez, J. 2011. Forrajes de altura. In: Memoria del curso de capacitación para técnicos. INTA-CNP-Leche-CORFOGA. Disco compacto.
- Sharrow, S. 1984. A simple disc meter for measurement of pasture height and forage bulk. *J. of Range Management* 37(1):94-95.
- Swift, M. 2004. Fiber and energy in corn silage. In: *Advanced Silage Corn Management: A Production guide for coastal British Columbia and the Pacific Northwest*. Publisher: Pacific Field Corn Association. 5 p.
- Van der Grinten, P.; Baayen, M.; Villalobos, L.; Dwinger, R.; 'T Mannelje, L. 1992. Utilisation of kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*) pastures and dairy production in a high altitude region of Costa Rica. *Tropical Grasslands*. 26:255-262.
- Villalobos, L.; Sánchez, J. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perene*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. *Agron. Costarricense* 34(1):43-52.
- Zúñiga, R.; Figueroa, L.; Ruiz, L.; Murillo, J.; Obando, L.; Del Pino, A.; Murillo, F.; Morales, L.; Alvarado, D. 2005. Guía Estratégica de Acción para la Cámara Nacional de Productores de Leche de Costa Rica. INCAE, CEN 564. San José, Costa Rica. 210 p.

## **NORMATIVA PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA ALCANCES TECNOLÓGICOS**

### **ASPECTOS GENERALES**

1. La edición de la revista es una de las actividades relevantes del área de transferencia de tecnología del INTA de Costa Rica, por lo que se publicará un número cada dos años.
2. Únicamente se aceptarán aquellos artículos que no hayan sido publicados en otra(s) revista(s).
3. La revista tiene carácter técnico-científico y en ella se pueden publicar:

- **Artículos formales**

Se refiere a una investigación profunda y detallada con todos los elementos de un artículo científico (resumen, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión y literatura citada). Se debe demostrar la profundidad del estudio y resaltar los méritos del trabajo para su publicación en una revista científica. La extensión máxima es 40 páginas en Microsoft Word a espacio y medio y con tipografía Arial 11.

- **Comunicaciones cortas**

Son resultados preliminares de urgencia e interés. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo formal, debe contener introducción y resultados. Extensión máxima 10 páginas.

- **Notas técnicas**

Se refiere a la publicación de técnicas o metodologías innovadoras. La extensión máxima es de 15 páginas.

- **Revisiones bibliográficas**

Son recopilaciones y síntesis del conocimiento existente en un campo específico de interés en las ciencias agrícolas. Extensión máxima 10 páginas.

- **Análisis y comentarios**

Es el análisis de una situación específica, realizado por un especialista con reconocida trayectoria en el campo. Extensión máxima 10 páginas.

- **Informaciones técnicas**

Están enfocadas en aprovechar la amplia experiencia de un experto en un campo específico (Araya 2013). Extensión máxima 15 páginas.

### **PROCEDIMIENTOS**

1. La recepción o no de los escritos será competencia del Comité Editorial del INTA, el cual hará una valoración inicial de acuerdo a las normas y procedimientos para la publicación de documentos en la revista Alcances Tecnológicos del INTA.
2. Para aceptar o no la publicación el Comité Editorial somete los artículos a revisión. Para esto dispone de una lista de revisores la cual se puede observar en la página 63 de este número.
3. Los artículos son revisados por dos especialistas uno del INTA (revisor interno) y otro de otra institución (revisor externo).
4. Los especialistas anotan las observaciones en el documento y sugieren o no la publicación.
5. Si los autores no aceptan las sugerencias de los especialistas, deben enviar una nota al Comité Editorial explicando las razones; el Comité Editorial elegirá otro especialista, el cual fungirá como árbitro.
6. Los revisores internos tendrán un plazo máximo de un mes para entregar las publicaciones revisadas con un informe escrito de las mismas. A los revisores externos se les sugerirá el mismo tiempo para revisarlo.

7. Cuando el artículo es devuelto por los revisores, el/la editor/a dispondrá de ocho días hábiles para enviarlo a los autores con una nota en la que se indican las correcciones respectivas. Por su parte, los autores contarán con un plazo máximo de 15 días hábiles para hacer las correcciones y devolverlo, a la editora o al editor.
8. Una vez que el artículo es revisado y corregido, lo cual es corroborado por el Comité Editorial, se autoriza su publicación.
9. En la redacción de los artículos se deben utilizar las normas de la Real Academia Española y las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal.

Las unidades no llevan punto, se escriben con minúscula y no tienen plural. Algunos ejemplos son: kilogramo (kg), gramo (g), metro (m), hectárea (ha), milímetro (mm), miligramo (mg) litro (l), metros sobre el nivel del mar (msnm), elementos (N, P entre otros), compuestos químicos (como por ejemplo: NaOH, NaCl).

- Cuando las unidades no están precedidas por un número, se expresan por su nombre completo sin utilizar su abreviatura. Por ejemplo: metro en lugar de m.
  - Los decimales se indican con coma; los miles y los millones con un espacio. Ejemplo: 8 327 451,25. Los números de cuatro cifras se escriben sin espacios. Ejemplo: 2458.
  - En el caso de los números del cero al nueve, cuando no van seguidos de unidades, se escriben con palabra; y números para valores iguales o mayores a diez.
10. Cuando se citan plaguicidas se debe utilizar solo los nombres genéricos del producto. Ejemplos: Terbufos, Oxidemeton Metil. No se acepta el uso de nombres

comerciales excepto en el caso que sean formulaciones particulares que influyen en los resultados.

11. Los cuadros y figuras que no son propiedad del autor, deben llevar fuente.

## ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

### 1. Título

Tiene que ser breve, específico y resumido. No más de 14 palabras. Indicar los nombres científicos en cursiva y negrita (cuando el nombre común no es muy conocido), en el texto solamente en cursiva. Las palabras del título no se repiten en las palabras clave.

Lo que no se usa en los títulos (Araya 2012)<sup>1</sup>.

- Estudio sobre.....
- Informe de.....
- Investigación acerca de.....
- Contribución a.....
- Resultados de un estudio sobre.....
- Análisis de los resultados.....

Los nombres científicos (género, especie, cultivar y el nombre del clasificador) deberán ser citados para cada organismo en su primera mención, posteriormente se puede continuar usando el nombre común. Se escriben con letra cursiva.

### 2. Autor(es)

Se considera (n) autor (es), el (los) individuo (s) (autor (es) personal (es), o la entidad (es), institución (es), asociación(es), organización (es), sociedad (es) (autor (es) corporativos, responsable (s) de los contenidos intelectuales de las publicaciones.

El orden en el que se mencionan va de acuerdo con su contribución y aportes en la investigación y se colocan debajo del título. Con una nota al pie de página indicando la institución para la cual labora el (los) autor (es). Se omiten los grados académicos del (los) autor (es). Se deben indicar la dirección postal y la electrónica.

<sup>1</sup>Araya R. 2012. Lo que no se usa en los títulos. (entrevista). San José, CR. Comunicación Personal.

### 3. Resumen

Se coloca después del nombre de los autores y presenta en forma concisa el mensaje del artículo, describiendo brevemente los materiales y condiciones más relevantes del experimento. Debe indicar el año y lugar, los resultados obtenidos y las conclusiones más importantes. Las oraciones usadas deben ser racionales, objetivas y justificar el porqué de la investigación y el objetivo, evitando describir directamente los materiales y métodos. La extensión no debe exceder las 250 palabras. Debajo del resumen se colocan las palabras clave.

### 4. Introducción

Define el problema que motiva la investigación y al final de esta sección se indican los objetivos o razones del estudio. Pueden incluirse citas bibliográficas para ayudar a la definición del problema y del trabajo. La extensión de ésta se recomienda sea de aproximadamente 350 palabras (MAG 1990).

### 5. Materiales y Métodos

Describen en forma bien detallada la ubicación, la fecha de inicio y término, el ambiente, los materiales, las técnicas, los tratamientos, el diseño experimental, los análisis estadísticos y las variables a evaluar expuestas con suficiente claridad para que otros científicos puedan repetir el estudio. Si el método es muy conocido, solamente se incluyen referencias bibliográficas aclaratorias; si es nuevo o modificado se debe escribir nuevamente. Escribir en orden cronológico (MAG 1990).

### 6. Resultados y Discusión

Se recomienda que ambas partes vayan juntas. Los resultados describen la información generada por la investigación; debe escribirse en forma concisa y siguiendo una secuencia lógica, usando cuadros y figuras, a los cuadros se les debe indicar su enunciado en la parte superior y a las figuras en la parte inferior, en ambos casos, si no son propiedad del autor se les debe anotar la fuente. Las fotografías, se anotan como figuras y su numeración se debe ajustar a la misma secuencia. Los cuadros se presentan sin divisiones internas. Los cuadros y figuras deben

estar ubicados donde se mencionan, deben ser auto explicativos y la información debe presentarse en forma completa, clara y concisa, de tal forma que no se tenga que recurrir al texto para entender el resultado presentado. Los decimales se deben usar cuando sea justificado, si no, se debe redondear apropiadamente. Además de la descripción del contenido de la figura, en el título debe contener el lugar y el año en que se hizo el trabajo de investigación.

En la discusión no se debe abusar de la estadística, debe usarse como una herramienta para probar la(s) hipótesis propuesta(s), con una base objetiva. Suministrar la significancia de las pruebas.

Se discutirán los resultados obtenidos, comparándolos con otros trabajos afines para dar interpretaciones o hacer deducciones lógicas sobre las diferencias o concordancias encontradas.

En la discusión se debe explicar hasta qué punto los resultados obtenidos contribuyen a la solución del problema (limitantes) y qué puede traducirse en recomendaciones, aplicaciones, sugerencias e hipótesis (MAG 1990).

### 7. Conclusiones

Van incluidas en la discusión

### 8. Referencias bibliográficas (Literatura citada)

La lista de la literatura citada debe estar conformada por no menos de diez citas bibliográficas recientes y se deben utilizar las NORMAS DE REDACCIÓN (IICA-CATIE) en su 4 edición.

#### • Libros y Folletos

La portada es la fuente principal de la información para redactar la referencia, sin embargo, hay otras partes como la cubierta, la falsa portada, el colofón, la solapa, la introducción y otros.

Los elementos son:

Autor(es). Año de publicación. Título: Subtítulo. Mención del traductor y /o editor. Edición. Ciudad

y/o país de publicación en caso necesario, Casa editora. Páginas o volúmenes (Mención de serie).

Crosby, PB.1990. Dinámica gerencial: el arte de hacer que las cosas ocurran. México, DF, McGraw-Hill.272p. (Serie de Administración).

- **Tesis**

Se elabora de la misma forma que la de los libros y folletos, pero después del título se anota la palabra Tesis seguida del grado académico en forma abreviada, en el idioma en que está escrita la tesis.

Autor (es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del grado académico. Ciudad y país donde se ubica la institución, Nombre de la institución que otorga el grado. Páginas.

Yah Correa, E. V.1988. Crioconservación de suspensiones celulares embriogénicas de *Musa* spp iniciadas a partir de flores inmaduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 77 p.

- **Conferencias, Congresos, Reuniones y otros**

Los informes, memorias, actas, resúmenes de las conferencias, congresos, reuniones, simposios, nacionales e internacionales se anotan por el mismo nombre de la conferencia, congreso, o reunión.

Los elementos son:

Nombre del evento (número, año de realización, lugar donde se realizó). Año de publicación. Título. Mención del Editor (es). Ciudad y país de publicación, Casa editorial. Páginas o volúmenes.

Regional Workshop Needs and Priorities for Forestry and Agroforestry Policy Research in Latin América (1993 San José, CR). 1994. (Report). Eds. M Alfaro, R de Camino, M. I. Mora, P Oram. San José, CR, IICA. 298 p.

- **Analíticas**

### **Obra colectiva**

Es la referencia biográfica de un trabajo escrito por un autor en un documento editado o compilado por otro(s) autor(es) tal y como es el caso de las conferencias, reuniones o congresos.

Los elementos son:

Autor, Año de publicación. Título del trabajo consultado. Preposición latina In, la referencia bibliográfica completa de la fuente que lo contiene, con las páginas iniciales y finales de la parte analizada sin mencionar nuevamente el año de publicación.

Mortimer, A.M.1990. Thebiologyofweeds. In Hance, JR; Holly, K. eds. Weed control handbook: principals. 8 ed. Oxford, GB, British Crop Protection Council. p. 1-42.

Santos Pereira, H dos. 1997. Brasil. In Reunión de los puntos focales de los Programas forestales nacionales de América Latina y el Caribe (1997, Brasilia, DF). Memoria. Santiago, CL. p. 49-56.

### **Trabajo de un autor en su propia obra**

La redacción de la referencia bibliográfica de una parte o capítulo con título específico escrito por un autor en una obra propia, tiene los elementos siguientes:

Autor. Año de publicación. Título de la parte o capítulo. Preposición **In** y los datos que incluye la referencia bibliográfica completa del libro o folleto sin mencionar nuevamente el autor ni el año de publicación. El autor se vuelve a mencionar en el caso que la publicación contenga más de un autor o un editor.

Phetig, R. 1994. Valuing the environmental methodological and measurement issues. In Ecological dynamics and the valuation of environmental change. Dordrecht, kluwer. p. 3-22.

Mugabe, J.; Otieno-Odek, J. 1997. National access regimes: capacity building and policy reforms. In: Mugabe, J; Barber, CV; Henne, G; Glowka, L. eds. Access to genetic resources. Nairobi, ACTC. p. 95-41.

- **Publicación periódica**

Es aquella obra editada por lo general con título distintivo, en fascículos o partes a intervalos regulares, en orden numérico o cronológico y que pretende continuar indefinidamente. Incluye trabajos sobre temas diversos en un solo ejemplar, con la colaboración de varios autores (revistas, periódicos diarios).

### Revistas

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título del artículo. Nombre de la revista Volumen de la revista (Número de la revista): página inicial y final del artículo.

El volumen y el número se mencionan en números arábigos.

Singh, CK.; Grewal, GS. 1998. Detection of rabies in central nervous system of experimentally infected buffalo calves. Indian Journal of Animal Sciences 68(12):1242-1254.

Sin volumen y sin número

Se recurre a algún elemento que pueda ayudar a su identificación, como son los meses o las estaciones del año.

Powles, H. 1987. Fencing off fish. Caribbean Farming feb. 1987. 13, 21.

Con volumen sin número

Si la revista tiene solamente el volumen se indica dicho dato, sin ninguna abreviatura.

Pierce, F. 1999. Aspects of precision agriculture. Advances in Agronomy 67:1-58

Sin volumen con número

Se utiliza la abreviatura “no” antes de dicho número.

Chamorro-Trejos, G. 1993. Zoca de café intercalada con nogal. Bosques y Desarrollo no. 9:46-49

### Periódicos o diarios

Elementos:

Autor(es). Año de publicación del periódico. Título del artículo. Nombre del periódico, Ciudad de publicación, país abreviado, mes abreviado. Día: página.

Méndez, W. 1998. Prometen apoyo a cooperativismo. La Nación, San José, CR, ene.8:6A.

### Separatas

La cita se hace según las normas establecidas para cada tipo de material. La fuente donde fue originalmente publicado el trabajo debe indicarse en una nota y en el idioma en que se redacta la bibliografía.

Sánchez, P. 1995. Science in Agroforestry.

Nairobi, ICRAF. 50 p. Reimpreso de: Agroforestry Systems 30:5-55.

### Materiales cartográficos

Incluyen mapas o atlas de países, regiones, áreas y continentes; mapas o atlas básicos con datos estadísticos; estudios de observación en agricultura; cartas meteorológicas o hidrográficas, fotografías aéreas con fines cartográficos y otros.

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título. Edición. Lugar de publicación, Casa editorial. Escala. Paginación. Indicación de color (Serie).

Cortés, G. 1994. Atlas agropecuario de Costa Rica. San José, CR, EUNED. Ese. varía. 513 p. Color

COSEFORMA (Cooperación en los Sectores Forestal y Maderero, CR). Convenio Costarricense Alemán. 1996. Zonas bioclimáticas de la región Huetar Norte de

Costa Rica. San José, CR. Esc. 1:200.000. Color.

compacto, disquetes, mensajes electrónicos, cintas magnéticas y otros).

### Material audiovisual

Materiales gráficos (fotobandas, diapositivas, transparencias, fotografías, diagramas y otros) y colecciones de estos materiales; grabaciones sonoras (cintas, cáseles, discos), microfichas, micropelículas, películas y videograbaciones.

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. Mención del traductor y/ o editor. Edición. Ciudad y país de publicación, Casa editora. Descripción física (Mención de serie).

#### Microficha

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).1990. Guidelines for soil profile description (microficha). 2 ed. Roma. 10,5 x 14,5 cm.

#### Diapositiva

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1990. La investigación silvicultural (diapositivas). Turrialba, CR.110 diapositivas, son. 1 casete (26 min.), color.

#### Videocinta

Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco, MX.1995. La mujer y la Agricultura. Tabasco, MX. (videocasete). 1 videocinta VHS (10:49 min), son., color.

### Documentos electrónicos

Actualmente en forma electrónica se encuentran monografías, publicaciones periódicas, mensajes, conferencias, reuniones, bases de datos, programas de computadora, etc. Por tanto, se seguirán las normas establecidas para cada uno de ellos y además se incluirán otros elementos que permitan identificar el medio en que están disponibles (en línea, disco

Elementos:

Autor(es). Año de publicación. Título: subtítulo. (Tipo de medio). Edición. Ciudad y país de publicación, Casa editora. Fecha en que se consultó el material para los documentos en línea. Descripción física. Disponibilidad y acceso para los documentos en línea. (Nota de serie).

En línea

Documento disponible en línea a través de los servicios de internet.

Libros

Guzmán, M de. 1993. Tendencias innovadoras en educación matemática (en línea).

Bogotá, Unesco. Consultado 5 ene. 1998. Disponible en <http://www.oel.org.co/oeivirt/edumat.htm>.

Revistas

Rodríguez, I. 1999. Tratamientos del agua potable (en línea). Globo Terráqueo No. 20610. Consultado 10 set. 1999. Disponible en <http://www.interbook.net/personal/jigonzales1set99.htm>

Base de datos

Fundación Arias para la paz y el progreso humano, CR. 1998. Ceiba: base de datos.

ONG centroamericanas, (en línea). San José, CR. Consultado 15 ene. 1998. Disponible en <http://www.arias.or.cr/ceiba>.

Correo electrónico

Núñez, R. 1999. Plan de trabajo SIDALC. (correo electrónico). Santo Domingo, RD, IICA.

Disco compacto

Frater, H; Paulissen, D. 1995. El gran libro de multimedia. México, DF. Computec. 1 disco compacto, 8mm.

## Comunicaciones personales

No deben figurar en la literatura citada, se mencionan en nota al pie de página en el texto de la publicación.

Elementos:

Autor. Año en que tuvo lugar la comunicación. Título de la comunicación. Lugar, e institución donde trabaja el autor. Mención de Comunicación personal.

Aguilar, JF. 1997. Forestería social (entrevista). San José, CR, Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

Salazar, F. 1999. Formación de consorcios (correo electrónico). Bogotá. Comunicación personal.

### Notas

Son datos suplementarios sobre el contenido o ciertas características especiales de un documento, que se agregan a la referencia para aclarar y ampliar información cuando es necesario.

Las hay de dos tipos

- Notas de contenido
- Notas sobre las características específicas de la publicación

### Trabajos sin publicar

Si un trabajo no se ha publicado o está en proceso de publicación, se agrega la frase:

En prensa o sin publicar.

Somarribas, E. 1997. Shade management in coffee and cocoa plantations. Agroforestry Systems. En prensa.

### Presentación, ordenación y organización de la lista bibliográfica

Se presenta al final del trabajo y se le asigna el título de: Literatura Citada.

Hay diversas formas de organizarla según el uso que se le vaya a dar; sin embargo en los trabajos científicos y técnicos predomina el arreglo alfabético por autor y en orden cronológico por año de publicación iniciando con la más antigua para finalizar con la más reciente.

### Citas de un mismo autor publicadas el mismo año

Luna, A. 1995a. El bosque protector. Mérida, VE, Instituto Forestal Latinoamericano. 71 p.

Luna, A. 1995b. Ordenación sostenible de los bosques naturales en Venezuela. Criterio para la evaluación de la ordenación sostenible de los bosques tropicales: caso de Venezuela. Mérida, VE. Instituto Forestal Latinoamericano. 68 p.

Si alguna de las citas de un mismo autor no tiene fecha de publicación, se coloca primero que las demás.

Formas de citar las referencias bibliográficas dentro del texto.

Por cuestiones de ética y derechos de autor todo investigador debe dar crédito de los trabajos que ha utilizado para desarrollar su investigación, facilitando con ello identificar a los autores de planteamientos y resultados anteriores que fundamentan dicha investigación.

Hay diferentes modos de citación en el texto que varían según las disciplinas. No obstante, en el caso de trabajos científicos y técnicos el que más se emplea es el *Sistema autor-fecha*. Consiste en referenciar un trabajo, del texto a la lista bibliográfica publicada al final de la publicación, por medio del apellido (s) del autor (es) seguido por el año de publicación.

### Cita contextual

En la redacción de cualquier trabajo de investigación se emplea con mucha frecuencia la cita contextual. La cita contextual es aquella en que un autor toma una idea, un resultado o un punto de vista de otro autor y lo presenta en sus propias palabras para reforzar o aclarar su propia investigación. Puede redactarse de dos maneras:

### Haciendo énfasis en el autor

Es cuando el nombre del autor va incluido en la redacción del párrafo.

Brenes (1998) ha demostrado que las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos.

Estudios realizados por Brenes (1998) muestran que las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos.

### Haciendo énfasis en el texto

Es cuando se redacta el párrafo sin mencionar el autor. Este se indica entre paréntesis al final del párrafo.

Las variedades de mayor rendimiento son más susceptibles al ataque de nematodos (Brenes 1998).

### Ejemplos con variaciones

#### Publicación con un autor

Finegan (1992) demostró que el rendimiento...

El mejoramiento genético da mejor rendimiento... (Finegan 1992).

Estudios realizados por Rivas Platero (1995) sobre micorrizas... .

Avances de investigación en micorrizas... . (Rivas Platero 1995).

#### Publicación con dos autores

En el caso de dos autores de una misma publicación se cita por los apellidos de ambos unidos por la conjunción "y".

Rodríguez y Salas (1993) determinaron que la rentabilidad de los sistemas agroforestales.

Considerando la rentabilidad de los sistemas agroforestales... . (Rodríguez y Salas 1993).

### Publicación con tres o más autores

En el caso de tres o más autores de una misma publicación se cita por el apellido(s) del primer autor seguido por la expresión latina *et al.* (y otros).

Estudios realizados por Salazar *et al.* (1994) sobre la densidad de adultos virulíferos... .

La densidad de adultos virulíferos de *Bemisia*... (Salazar *et al.* 1994).

### Más de una cita o publicación

Cuando se requiere citar más de una publicación a la vez, se debe separar cada una de ellas por coma (,). Las publicaciones deben mencionarse en orden cronológico por fecha de publicación, de la cita más vieja a la más reciente.

Ruíz (1980), García y Sánchez (1992) y Rojas (1996) analizaron muestras de suelos....

Fertilización con N, P, K aplicadas a muestras de suelos. (Ruíz 1980, García y Sánchez 1992, Rojas 1996).

## LITERATURA CITADA

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1999. Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y CATIE. 4 ed. Costa Rica Biblioteca Conmemorativa Orton. p. 25.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1990. Normas para la publicación de artículos científicos en la revista investigación agrícola. Investigación Agrícola 4(2):3-6.

Araya, R. 2013. Instructivo para los autores. Agronomía Mesoamericana. 24(1):227-232.

**REVISORES TÉCNICOS**

<b>Nombre</b>	<b>Institución</b>
Alfredo Alvarado Hernández	UCR
Alfredo Bolaños Herrera	INTA
Bernardo Mora Brenes	Consultor
Allan González Herrera	UNA
Beatriz Molina Bermúdez	MAG
Beatriz Sandoval Carvajal	INTA
Carlos Boschini Figueroa	UCR
Carlos Cordero Morales	INTA
Carlos Luis Loría Quirós	UCR
Danilo Pezo Quevedo	Consultor
Francisco Álvarez Bonilla	MAG
German Aguilar Vega	INTA
Jorge Mora Bolaños	INTA
Juan Mora Montero	INTA
Juan R. Mora Camacho	UNA
Laura Ramírez Cartín	INTA
Luis Alpízar Oses	INTA
Luis D. Monge Montero	Consultor
María Mesén Villalobos	INTA
Mauricio Chacón Navarro	MAG
Nevio Bonilla Morales	INTA
Ricardo Guillén Montero	MAG
Rodolfo Araya Villalobos	Agronomía Mesoamericana
Yannery Gómez Bonilla	INTA
Sayra Munguía Ulloa	Consultora
Sergio Abarca Monge	INTA
Steffany Orozco Cayasso	UNA
Walter Peraza Padilla	UNA
William Villalobos Muller	UNA
William Sánchez Ledezma	INTA

Dirección de la revista:

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, oficinas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sabana Sur, San José, Costa Rica. Dirección electrónica: [Iramirez@inta.go.cr](mailto:Iramirez@inta.go.cr). Teléfono 22 31 39 91. Portal web: [www.platicar.go.cr](http://www.platicar.go.cr) o [www.inta.go.cr](http://www.inta.go.cr).

#### Perspectiva de la revista

La revista Alcances Tecnológicos se publicó por primera vez en el año 2003 con el objetivo de transferir las opciones tecnológicas generadas y validadas por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, que es el ente estatal de investigación y transferencia de tecnología en Costa Rica. Actualmente la revista somete a estudio artículos enviados por profesionales del sector agropecuario en general. La revista está dirigida a extensionistas del sector agropecuario, productores líderes, organizaciones de productores, empresas privadas y estudiantes entre otros.

**ALCANCES  
TECNOLÓGICOS**

En línea

[www.platicar.go.cr](http://www.platicar.go.cr)