

# *Agroecosistemas*

Revista para la transformación agraria sostenible

• Volumen 4 • Número 1 • enero-junio • 2016

A composite image featuring a bee on a hand, a beehive, and a seedling. The bee is the central focus, shown in profile with its legs and wings. The background is a soft-focus green landscape with trees and a beehive. The overall color palette is warm and natural, with greens, yellows, and browns.

*“Mejoramiento de los suelos  
para una agricultura sostenible”*

<https://aes.ucf.edu.cu/>



## CONSEJO EDITORIAL

---

### Director (a)

Dr. C. Alejandro Rafael Socorro Castro

### Editor (a)

MSc. Ada Úrsula Cárdenas Martínez

### Jefe de Edición

Dr. C. Jorge Luis León González

### Miembros

Dra. C. Carmen Rosa Betancourt Aguilar

Dr. C. Enrique Casanovas Cosío

Dra. C. Rafaela Soto Ortiz

Dr. C. Nelson C. Arzola Pina

Ing. Idia Concepción Gutiérrez

### Consejo Científico Asesor

Dr. C. Renato Mello Prado

Dr. C. Alfredo Reyes Hernández

Dr. C. Vicente Rodríguez Oquendo

Dra. C. Elvis López Bravo

Dra. C. Rita Sibello

Dr. C. Augusto Comas

Dr. C. Lázaro Ojeda Quintana

Dr. C. Reinaldo Álvarez Puente

Dra. C. Enma Pineda Ruíz

Dr. C. Ramón López Fleites

Dr. C. Sinesio Torres García

Dr. C. Alejandro Díaz Medina

MSc. Juan Almaguer López

Dra. C. Claribel Suárez Pérez

Dr. C. Telmo Palancar

Dr. C. Víctor Gil Díaz

Dr. C. Pedro Cairo Cairo

Dra. C. Yusimy Reyes Duque

Dr. C. Iván Castro Lizazo

Dra. C. Darielly Martínez Balmori

Dr. C. Leonides Castellanos González

### Correctores (as) de estilos:

MSc. Alicia Martínez León

MSc. Dolores Pérez Dueñas

### Traducción y redacción en Inglés

MSc. Clara Esther Gómez Gonzalvo

### Diseñadora

MSc. Liéter Elena Lamí Rodríguez del Rey

### Soporte Informático

Ing. Greter Torres Vazquez

Tec. Jesús Gioser Medina Varens

## CONTENIDOS

---

|  |    |
|--|----|
| Editorial  | 4  |
| Arvenses del género <i>Solanum</i> L. y cultivos asociados en agroecosistemas de tres municipios de Cienfuegos, Cuba<br>Isabel Ortega Meseguer, Caridad Pedraza García, Miladys O. Sosa Madrazo  | 6  |
| Estudio de un desorden nutricional en el cultivo del arroz ( <i>Oriza Sativa</i> , Lin)<br>Nelson Arzola Pina  | 12 |
| Intensidad y extensión del <i>Gasterophilus</i> en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Guanaroca del municipio Cienfuegos<br>Maikel Domínguez Delgado, Rolando Omar Rodríguez Ponce, Eligia de la Caridad Cuellar Valero   | 23 |
| Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera “San Juan” del Municipio Cienfuegos<br>Mario Julián Fuentes Gallardo, Maribel Águila Peña  | 30 |
| Niveles de humedad, cepa y cantidad de sustrato arroz entero para la reproducción de <i>Trichoderma</i> spp.<br>María I. Irimia Hernández, Ana L. Rodríguez Hernández, Leónides Castellanos González   | 39 |
| La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan<br>Lic. Tania Tartabull Puñales, Dra. C. Carmen Betancourt Aguilar   | 47 |
| Respuestas de 46 accesiones de fríjol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) seleccionadas por los agricultores en la finca “Batey Viejo”, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios “Luis Moro López”<br>Dianelis de La Caridad Leyva Hernández, MsC. Yanet Yero Mosquera   | 63 |
| Incidencia de las principales plagas y enfermedades del tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) en relación a las variedades, condiciones meteorológicas, y distribución espacial del cultivo en el territorio de la Estación de Protección de Plantas de Lajas en la Provincia de Cienfuegos.<br>Elba María González Ferriol, Leónides Castellanos González, Roberto Gómez Brito, Mailiú Díaz Peña | 64 |
| Relación del uso del suelo, las prácticas agrícolas y la biodiversidad con la emisión de gases de efecto invernadero y la eficiencia energética en fincas agroecológicas<br>Erni Hermenegildo Álvarez González, Leónides Castellanos González, Rafaela Soto Ortiz  | 65 |

EDITORIAL

MSc. Ada Úrsula Cárdenas Martínez<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Editora Revista "Agroecosistemas".  
Universidad de Cienfuegos. Cuba.

E-mail: [aucardenas@ucf.edu.cu](mailto:aucardenas@ucf.edu.cu)

## Editorial

Ponemos a su disposición el primer número del volumen cuatro de la Revista Agroecosistemas, publicación de interés para la comunidad científica y para los profesionales del sector productivo y de servicios que trabajan vinculados con esta, o por propia iniciativa.

El conocimiento, que llega y se intercambia a través de artículos científicos se potencia y se materializa en proyectos de innovación que representan nuevos o mejorados productos.

Productos, desde un concepto amplio, que surgen de la sinergia del intercambio entre investigador y productor y que se hacen socialmente útiles. Aspiración fundamental del desarrollo sostenible.

En esta publicación destacamos los temas que abordan los suelos, su calidad y las valoraciones del agua de riego.

Agradecemos la participación con el envío de artículos, reseñas, etcétera y esperamos que continúen haciéndolo.

Directora de la editorial



01

# 01

---

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## Arvenses del género *Solanum* L. y cultivos asociados en agroecosistemas de tres municipios de Cienfuegos, Cuba

Weeds of *Solanum* L. gender and associated cultures in agro-systems in three municipalities of Cienfuegos, Cuba

Isabel Ortega Meseguer<sup>1</sup>  
Caridad Pedraza García<sup>2</sup>  
Miladys O. Sosa Madrazo<sup>2</sup>  
Leónides Castellanos González<sup>3</sup>  
E-mail: [icastellanos@ucf.edu.cu](mailto:icastellanos@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup>Laboratorio Provincial de Sanidad vegetal, MINAGRI, Cienfuegos.

<sup>2</sup>ETPP Estación Territorial de Protección de Plantas, Lajas, Cienfuegos.

<sup>3</sup>Centro d Estudios para la Transformacion Agraria Sostenible. CETAS. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos.

### ¿Cómo referenciar este artículo?

Ortega Meseguer, I., Pedraza García, C., & Sosa Madrazo, M. O. (2016). Arvenses del género *Solanum* L. y cultivos asociados en agroecosistemas de tres municipios de Cienfuegos, Cuba. *Revista Científica Agroecosistemas* [seriada en línea], 4 (1). pp. 6-10. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>

### RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo identificar las arvenses de género *Solanum* L. y cultivos asociados, así como la determinación de su carácter invasor, criterios de impacto y distribución potencial, en los municipios Lajas, Cruces y Palmira. Fueron registradas durante los años 2011 y 2012 en tres municipios, las arvenses interceptadas del género *Solanum*, así como las detecciones por especie. Se agruparon los cultivos asociados a estas arvenses por familia y bajo esta condición se evaluó el carácter invasor, criterios de impacto y distribución potencial. Fueron detectados *S. Umbellatum* Mill, *S. globiferum* Dunal, *S. erianthum* D. Don, *S. nodiflorum* Jacq., *S. sagraeanum* A. Rich, *S. torvum* Sw, *S. houstonii* Dunal, *S campechiense* L, *S. pimpinellifolium* L, *S. antillanum* DE Schulz, *S. mammosum* L. Estas se asociaron a 17 cultivos de interés agrícola. Las plagas que pudieron afectar a las *Solanáceas* y cultivos asociados de mayor incidencia fueron *Leptinotarsa undecemlineata*, *Meloidogyne* spp., *Phytophthora parasitica* Dastur, *Polyphagotarsonemus* latus Banks, *Fusarium* sp y los Virus. Resultaron invasoras en el territorio: *S. houstonii* Dunal *S. globiferum* Dunal, y *S. torvum* Sw., pero las de mayor impacto coincidieron en cultivos asociados de la familia *Poaceae* y estas fueron *S. globiferum*, *S houstonii* y *S. torvum*. La especie de mayor distribución potencial en el territorio fue *S. globiferum*.

**Palabras clave:** malezas, Solanaceae, criterio de impacto, carácter invasor.

### ABSTRACT

The objective of the investigation was to identify the weeds of the *Solanum* L. gender and the associated cultures, as well as the determination of its invasive character, impact criteria, and potential distribution, in Lajas, Cruces and Palmira municipalities. Weeds of the *Solanum* L. gender were registered during years 2011 and 2012 in tree municipalities, and were detected by species. The cultures associated to these weeds, were matched up by families, and under this condition, the invasive character, the impact criterion and the potential distribution were evaluated. Were detected: *S. Umbellatum* Mill, *S. globiferum* Dunal, *S. erianthum* D. Don, *S. nodiflorum* Jacq., *S. sagraeanum* A. Rich, *S. torvum* Sw, *S. houstonii* Dunal, *S campechiense* L, *S. pimpinellifolium* L, *S. antillanum* DE Schulz, and *S. mammosum* L. These ones were associated to 17 cultures of agriculture interest. The plagues of higher incidence that could affect the *Solanáceas* and associated cultures were *Leptinotarsa undecemlineata*, *Meloidogyne* spp., *Phytophthora parasitica* Dastur, *Polyphagotarsonemus latus* Banks, *Fusarium* sp and the virus. Were invasive in the territory: *S. houstonii* Dunal *S. globiferum* Dunal, y *S. torvum* Sw., but those of more impact coincide in the cultures associated of the family *Poaceae* and these were: *S. globiferum*, *S houstonii* and *S. torvum*. The specie of higher potential distribution in the territory was *S. globiferum*.

**Keywords:** weeds, solanaceae, impact criteria, invader character

## INTRODUCCIÓN

Las malezas ocasionan daños a los cultivos por diferentes vías: competencia directa por el agua, nutrientes, luz y espacio vital; también producen aleloquímicos que inhiben la germinación, reducen el crecimiento, rendimiento de las plantas cultivables o intoxican a los animales y a el hombre; además ocasionan daños indirectos al servir de hospedantes a plagas y enfermedades; entorpecen las labores de los cultivos, incluyendo la protección fitosanitaria y la cosecha. También contaminan los alimentos, todos estos efectos quedan recogidos en el concepto de interferencia de las malezas (Pérez, 2000).

En Cuba se considera a *Solanum boldoense* A.DC., *Solanum capsicoides* All., *Solanum elaeagnifolium* Cav, *Solanum erianthum* D. Don, *Solanum globiferum* Dunal., *Solanum hirtum* Vall., *Solanum houstonii* Dunal., *Solanum mammosum* L., *Solanum propinquum* Mart. y Gal., *Solanum seaforthianum* Andrews y *Solanum sisymbriifolium* Lam., especies de origen alóctono, con o sin intención por el hombre, que generalmente sólo pueden vivir en formaciones vegetales secundarias, casi siempre en espacios abiertos por la acción antrópica (Oviedo et al., 2012), pero las de mayor frecuencia son *Solanum nodiflorum* L, *Solanum globiferum* Dunal, *Solanum campechiense* Urb. y *Solanum torvum* Sw. (Fontaine, 2010).

En estudios realizados por Morejón et al. (2012) en los municipios de Aguada y Abreus, de la provincia de Cienfuegos, fueron detectados *S. umbellatum*, *S. globiferum*, *S. erianthum*, *S. nodiflorum*, *S. sagraeanum*, *S. torvum*, *S. boldoense*, *S. houstonii*, *S. mammosum*, *S. pimpinellifolium*, *S. schlechtendalianum* y *S. wendlandii* asociados a 20 cultivos de interés agrícola, nueve fueron comunes en los dos municipios y el resto se encontraron solamente en el municipio de Abreus. Estudios similares no se han realizado en otros municipios de la provincia.

Esta investigación tuvo como objetivo identificar las arvenses de género *Solanum* L. y cultivos asociados, así como la determinación de su carácter invasor, criterios de impacto y distribución potencial, en los municipios de Lajas, Cruces y Palmira.

## DESARROLLO

La investigación se desarrolló durante los años 2011 – 2012 en los municipios Lajas, Cruces y Palmira de la provincia Cienfuegos, territorios que están bajo la inspección de técnicos fitosanitarios de la Estación Territorial de Protección de Plantas Lajas (ETPP Lajas).

Se consideró realizar el levantamiento de la arvense *Solanum* L. en los tres municipios sobre las diferentes formas de producción agropecuaria, por ejemplo en Lajas están representadas como organizaciones productivas las Empresas Agropecuaria Ramón Balboa, Empresa Agroindustrial (CAI) Caracas y Forestal San Marcos; en Cruces la Empresa Agropecuaria Maltiempo y en Palmira la Empresa agropecuaria Espartaco, Banco de Semilla Básico ETICA Villa Clara. Estando dentro de estas empresas, Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA) de los territorios, así como los asentamientos poblacionales.

### Materiales y métodos

Para lograr la identificación se muestrearon las arvenses del género *Solanum* y sus cultivos asociados, a partir de la encuesta de *Solanum viarum* Dunal de la Sección Cuarentena Vegetal de la ETPP Lajas, durante los años 2011 y 2012 en agroecosistemas de los municipios de referencia. Las arvenses fueron identificadas por especialistas del Laboratorio de Protección de Plantas de Sanidad Vegetal de Cienfuegos. Se indagó sobre las arvenses y posibles relaciones con las plagas de los cultivos asociados, que a su vez pudieron afectar a especies de la familia *Solanaceae*.

Los cultivos asociados a las arvenses de *Solanum* spp. se agruparon por familia y bajo esta condición se aplicó la metodología FAO (2006) en la que se evaluaron varios criterios como indicadores, en dependencia de los cultivos reportados en los diferentes territorios, estos fueron: el carácter invasor, criterios de impacto y distribución potencial.

En la determinación del carácter invasor se tomaron como indicador el número total de municipios y de cultivos en que aparece reportada la especie y/o posibilidades de reproducción y dispersión. Se determinó la distribución de las arvenses por la frecuencia de aparición en cada sitio de muestreo en los tres municipios y con estos datos se realizó un análisis de varianza aplicando la prueba de Duncan para  $P < 0,05$ , para lo cual se empleó el paquete estadístico SPSS para Windows, Versión 15.

Para la evaluación del criterio de impacto se tomaron como indicador el número de veces que se reportó la especie en los cultivos y la nocividad; dada por la intensidad. La cual se determinó mediante el grado de enmalezamiento, calculado a través del por ciento de cobertura.

El nivel de cobertura de las malezas se realizó a través del Método de Porcentaje de Cobertura dado

por Paredes y Carménate (2005), los cuales plantean que los enmalezamientos pueden clasificarse de acuerdo al grado de cubrimiento por especies o las asociaciones de estas, teniendo en cuenta las intensidades alcanzadas y la cobertura que presente en campo.

Enmarcando como Grado 1 los enmalezamientos ligeros con presencia de malezas de 1 hasta un 5 % de cobertura; grado 2 aquellas áreas en que se observen plantas no deseables en intensidades medias con porcentaje de 6 hasta un 25 % de cubrimiento; grado 3 las que presenten un nivel pesado de arvenses oscilando entre 26 y 50 % de abrigo en asociación con los cultivos y, por último, el mayor grado 4 que lo alcanzan aquellas áreas con una cobertura mayor del 50 %.

### Resultados y discusión

En el territorio de los municipios Lajas, Cruces y Palmira durante la investigación se detectaron 11 especies de arvenses del género *Solanum* asociados a cultivos de interés agrícola (Tabla 1).

Tabla 1. Arvenses del género *Solanum* existentes en los municipios Lajas, Cruces y Palmira.

| Nombre científico                   | Nombre vulgar                               |
|-------------------------------------|---|
| <i>Solanum campechiense</i> L.      |   |
| <i>Solanum erianthum</i> D. Don     | Pendejera macho o hedionda, Tabaco cimarrón |
| <i>Solanum globiferum</i> Dunal     | Güirito Espinoso                            |
| <i>Solanum houstonii</i> Dunal      | Ajicón                                      |
| <i>Solanum pimpinellifolium</i> L.  | Tomático cimarrón                           |
| <i>Solanum nodiflorum</i> Jacq.     | Hierba mora                                 |
| <i>Solanum antillanum</i> DE Schull | Ajicón                                      |
| <i>Solanum sagraeanum</i> A. Rich   | Malva espinosa                              |
| <i>Solanum torvum</i> Sw.           | Pendejera                                   |
| <i>Solanumum bellatum</i> Mill      | Pendejera macho                             |
| <i>Solanum mammosum</i> L.          | Guirito Espinoso                            |

La presencia de *S. houstonii* y *S. mammosum* coincidió con el reporte hecho por Oviedo et al., (2012). Las especies *S. nodiflorum* y *S. globiferum* fueron reportadas en Cuba por León y Alain, (1964) y Oviedo et al., (2012). Los autores León y Alain, (1964) y Fontaine, (2010) declararon la presencia de *S. torvum* identificada por Sagra en 1955. La especie *S. sagraeanum* es endémica de Cuba (León y Alain, 1964), quienes también reportaron la *S. umbellatum*.

Las arvenses *S. erianthum* fueron reportadas por León y Alain, (1964); la *S. campechiense* L., *S. antillanum* DE Schull, coincide con las reportadas por

Oviedo et al., (2012), declarándolas como especies de origen alóctono introducida con o sin intención por el hombre, que generalmente sólo puede vivir en formaciones vegetales secundarias, casi siempre en espacios abiertos por la acción antrópica.

Las especies de *Solanum* interceptadas estuvieron asociadas a 17 cultivos; doce (70,5 %) fueron comunes en los tres municipios, tres fueron comunes en Lajas y Palmira (17,6%) y el resto, cuatro, (23,5 %) se encontraron en el municipio de Lajas.

En el territorio los cultivos de pastos, forestales, *Oryza sativus* L.(arroz), *Musa* spp. (plátano), *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), *Mangifera indica* L. (mango), *Psidium guajaba* L. (guayaba) y *Ipomoea batatas* (L.) Lam. (boniato) de forma descendente fueron los cultivos que más estuvieron asociados a las arvenses. Según Martínez et al. (2007), las arvenses de este género en estos cultivos no son consideradas de importancia para el desarrollo de los mismos. Sin embargo Apablaza et al. (2003), plantearon que *S. nodiflorum* constituye una maleza predominante de mayor importancia en los cultivos agrícolas de hortalizas, granos, *Solanum tuberosum* L. (papa), arroz, *Zea mays* L. (maíz), forestales, pastos; no siendo reportadas en cultivos como plátano, *Xanthosoma sagittifolium* Schott (malanga), *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar), *Citrus* spp. y frutales; sin embargo en el presente estudio se detectó la presencia de esta especie en los cultivos de plátano y frutales.

Se conoce una amplia gama de plagas que afectan a las *Solanaceae* y cultivos asociados a las arvenses del género *Solanum*, destacándose en los resultados que las de mayores incidencias fueron *Meloidogyne* spp.; *Phytophthora parasítica* Dastur; *Polyphagotarsonemus latus* Banks; *Fusarium* sp y Virus, coincidiendo con los criterios de Mendoza y Gómez (1982); Mayea et al. (1985); Andréu y Gómez (2007) y Martínez et al. (2007), los cuales consideran que la asociación de las arvenses del género *Solanum* con los cultivos constituye un riesgo de posibles pérdidas o afectaciones de sus rendimientos agrícolas, acorde a lo planteado por Pérez (2000) y Gastelm (2008).

En el territorio los cultivos asociados a las arvenses conformaron 13 familias y dos agrupaciones de amplia diversidad de plantas; se realizaron 380 intercepciones de especies del género *Solanum*, las mayores distribuciones se originaron, en orden descendente en las familias *Poaceae*, *Solanaceae*, *Fabaceae*, *Otras*, *Musaceae*, *Convulvulaceae*, *forestales*, *Araceae*, *Mirtáceas*, el resto con valores más bajos.

El análisis de varianza en las distribuciones mostró que *S. houstonii* estadísticamente no difiere con las de *S. globiferum* y *S. torvum*; sí lo hicieron con las distribuciones del resto de las arvenses. Pero los valores de distribución de *S. globiferum*, *S. nodiflorum* fueron semejantes y este último similar a *S. campechiense* y el resto de las arvenses no mencionadas (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de las arvenses de *Solanum* spp. existente en el territorio de los tres municipios

| No     | Especies                            | Distribución (%) |
|--------|-------------------------------------|------------------|
| 1      | <i>Solanum houstonii</i> Dunal      | 92 a             |
| 2      | <i>Solanum globiferum</i> Dunal     | 77ab             |
| 3      | <i>Solanum torvum</i> Sw.           | 66 abc           |
| 4      | <i>Solanum nodiflorum</i> Jacq.     | 22 bcd           |
| 5      | <i>Solanum campechiense</i> L       | 14 cd            |
| 6      | <i>Solanum mammosum</i> L.          | 9d               |
| 7      | <i>Solanum erianthum</i> D. Don     | 3 d              |
| 8      | <i>Solanum antillanum</i> DE Schull | 2d               |
| 9      | <i>Solanum sagraeanum</i> A. Rich   | 1d               |
| 10     | <i>Solanum pimpinellifolium</i> L.  | 1 d              |
| 11     | <i>Solanum umbellatum</i> Mill      | 1                |
| ES     |                                     | 1,12             |
| CV (%) |                                     | 11,0             |

Medias con letras desiguales difieren significativamente para  $P < 0.05$

Las máximas distribuciones de *S. houstonii* y *S. torvum* fueron en los cultivos asociados de las familias *Poaceae*, *Solanaceae* y *Fabaceae*. Sin embargo *S. globiferum* lo hizo en las *Poaceae*. Rivero et al. (2008) no consideran dentro de las principales malezas del cultivo del arroz en Cuba ninguna especie de *Solanum*; pero si Pérez (2000). Los productores del territorio de los municipios donde se desarrolló la investigación consideran a *S. globiferum* entorpecedor de las labores de los cultivos, de la protección fitosanitaria de la cosecha y de contaminar los alimentos.

En el municipio de Lajas el rango de cobertura de enmalezamiento varió entre 4-26 %, en Cruces entre 5-25 % y en Palmira entre 5-25%. En Lajas los valores máximos de cobertura correspondieron a *S. torvum* (24%), *S. globiferum* con (26%), *S. houstonii* (24%), *S. erianthum* (16%); mientras que en Cruces fueron para *S. torvum* (25%), *S. globiferum* con (25%) *S. houstonii* (24%), *S. nodiflorum* (15%), *S. antillanum* (16%); y en el municipio de Palmira los mayores valores lo alcanzaron *S. globiferum* con

(25%) *S. torvum* (25%), *S. houstonii* (24%), *S. nodiflorum* (14%) y *S. erianthum* (15%).

La cobertura de enmalezamiento alcanzada en los tres municipios fue ligera, media y pesada, sin embargo no se detectaron enmalezamientos muy pesados. Coincidieron *S. globiferum*, *S. torvum* y *S. houstonii* con coberturas media y pesada.

Las arvenses de mayor carácter invasor de acuerdo a su distribución en el territorio fueron *S. torvum*; *S. houstonii*; *S. globiferum*, coincidiendo con Oviedo et al. (2012) quienes las incluyen dentro de las especies invasoras en Cuba. Mientras que las especies *S. campechiense*, *S. umbellatum*, *S. mammosum*, *S. antillanum* y *S. pimpinellifolium* se destacaron por su bajo carácter invasor.

La mayor distribución de *S. globiferum* es corroborada por Apablaza et al. (2003) y Fontaine, (2010) quienes plantearon que en Cuba las especies que se pueden encontrar con mayor frecuencia son *S. nodiflorum*, *S. globiferum*, *S. torvum* y *S. campechiense*. Se difiere con el último autor respecto a las distribuciones de *S. houstonii*. Blanco y Leyva (2010), plantean que las arvenses representan el problema más severo de la agricultura mundial, ya que su acción invasora facilita la competencia con los cultivos económicos, a la vez que pueden comportarse como hospederas de plagas y enfermedades; por tal razón, resulta necesario conocer las especies dominantes.

En los tres municipios el grado de intensidad de enmalezamientos alcanzados fue grado 1, 2, 3 y no se detectaron enmalezamientos grado 4.

*S. globiferum* presentó su máxima incidencia en las familias *Araceae*, *Musaceae*, *Euforbiaceae*, *Poaceae*, *Anacardiaceae* y *Myrtaceae*.

*S. houstonii* en las familias *Anacardiaceae*, *Fabaceae*, *Myrtaceae* y *Poaceae*.

*S. torvum* en las familias *Araceae*, *Convolvulaceae*, *Poaceae* y en los forestales.

Como se puede apreciar dentro de estas familias se encontraron los cultivos *Manihot esculenta* Crantz (yuca), *Mangifera indica* L. (mango) y *Psidium guajaba* L. (guayaba) respectivamente los cuales son de ciclo vegetativo largo o cultivos permanentes respectivamente; en el caso de los dos últimos cultivos las labores agrotécnicas son mínimas lo que hace que las especies de *Solanum* culminen su ciclo vegetativo, por lo sus frutos cápsulas o bayas que contienen abundantes semillas facilitan su diseminación a través del suelo (INIVIT, 2004).

Las arvenses por familia de cultivos asociados con valores de intensidad grado 2-3 en el territorio fueron *S. houstonii*, *S. globiferum*, *S. torvum*, *S. nodiflorum*, *S. antillanum* destacándose *S. globiferum*, *S. torvum* y *S. houstonii* por la variabilidad de familias que afectaron.

Las especies invasoras en el territorio de los tres municipios fueron *S. globiferum*, *S. houstonii* y *S. torvum*; siendo las mismas las de mayor impacto coincidiendo en cultivos asociados de la familia Poaceae. La especie de mayor distribución potencial en el territorio fue *S. globiferum* según los criterios dados por la metodología de la (FAO, 2006).

### Conclusiones

En los agroecosistemas de los municipios Lajas, Cruces y Palmira fueron detectadas las especies de *Solanum* *S. umbellatum*, *S. globiferum*, *S. erianthum*, *S. nodiflorum*, *S. pimpinellifolium*, *S. sagraeanum*, *S. antillanum*, *S. torvum*, *S. houstonii*, *S. mammosum*, *S. campechiense*, asociadas a 17 cultivos de interés agrícola.

Cinco especies fueron comunes en los tres municipios, cuatro fueron comunes en Lajas y Cruces, una en Lajas y Palmira, y en Palmira existe una especie que no se encuentra en Lajas y Cruces.

Existe una amplia gama de plagas que afectan a las especies de solanáceas y cultivos asociados a las arvenses del género *Solanum*; pero las de mayores incidencias son *M. incógnita*; *P. parasítica*; *P. latus*; *Fusarium sp* y virus.

Las arvenses invasoras del género *Solanum* en el territorio de los municipios Lajas, Cruces y Palmira son *S. globiferum*, *S. torvum*, *S. houstonii* coincidiendo con las de mayor impacto.

Las arvenses invasoras del género *Solanum* en el territorio de los municipios Lajas, Cruces y Palmira son *S. globiferum*, *S. nodiflorum* y *S. torvum*, mientras que la especie de mayor distribución potencial es *S. globiferum*.

### Referencias bibliográficas.

Andréu, C. M., y J. Gómez. (2007). *La Sanidad Vegetal en la Agricultura Sostenible*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Apablaza, G., Apablaza J., Reyes P., y Mora E. (2003). Determinación de virosis e insectos vectores en malezas aleañosas a cultivos hortícolas. *Ciencia e investigación Agraria* 30, 87.

Blanco Y. y Leyva C. (2010). Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 31 (2): 58.

FAO. (2006). Food and Agriculture Organization. Conservation Agriculture. . Available from world wide web: <http://www.fao.org/ag/ca>.

Fontaine R. Y. (2010). *Caracterización de Solanum viarum Dunal y especies afines presentes en Cuba*.

Gastelm R. (2008). XXIX Congreso de la Asomecima Tapachula. Octubre. p. 235-245

Instituto de Investigación de Viandas Tropicales (INIVIT). (2004). *Instructivo técnico del cultivo de la mango y cultivo de la Guayaba*.

León, y Alain. (1964). *Flora de Cuba*. Habana: Cuba.

Martínez, E., Barrios, G., Rovesti, L., y Santos, R. (2007). *Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico*. Cuba: Entre pueblos, España.

Mayea, S. S., Herrera, L., y Andréu, C. M. (1985). *Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba*. [Cuba]: Pueblo y Educación.

Mendoza F., y Gómez J. (1982). *Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba*. [Cuba]: Pueblo y Educación.

Morejón N., Ortega I., Yanes N. y Castellanos L. (2012). Tesis por opción a Ingeniero Agrónomo en la Universidad Carlos Rafael Rodríguez con *Arvenses del género Solanum L. y cultivos asociados en agroecosistemas de dos municipios de Cienfuegos, Cuba. Carácter invasor, criterio de impacto y distribución potencial*.

Oviedo R., Herrera P., Caluff M., Regalado L., Ventosa I., Plasencia J.M. (2012). Lista Nacional de especies de plantas invasoras y potencialmente invasoras en la República de Cuba. *Bissea* 6, NE 1, 22-96.

Paredes R. E., y Carmenate H. G. (2005). *Metodología para el manejo de las malezas*.

Pérez E. (2000). Manejo Integrado de Malezas. En: *Curso Internacional CISAV 2000*.

Rivero, L. L. E, Garcia O. J, Garcia, T., Paéz, F. Y, y Rodríguez E. (2008). *Principales malezas del cultivo del arroz. Cultivo del Arroz en Cuba*. Instituto de Investigaciones de Arroz. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Ministerio de la Agricultura. BASF.

Vázquez, M. L. L., y Fernández, G. E. (2007). *Bases para el Manejo Agroecológico de Plagas en Sistemas Agrarios Urbanos*. CIDISAV.



02

# 02

---

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## Estudio de un desorden nutricional en el cultivo del arroz (Oriza Sativa, Lin)

Study of nutritional disorders in rice culture (Oriza Sativa, Lin)

Nelson Arzola Pina<sup>1</sup>

E-mail: [narzola@ucf.edu.cu](mailto:narzola@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup>Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible. CETAS. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos

### ¿Cómo referenciar este artículo?

Arzola Pina, N. (2016). Estudio de un desorden nutricional en el cultivo del arroz (Oriza Sativa, Lin). Revista Científica Agroecosistemas [seriada en línea], 4 (1). pp. 12-21. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>

### RESUMEN

Con el propósito de determinar la causa de la muerte de las plantas de arroz en una superficie de 1 300 ha en la Empresa Arrocería Sur del Jíbaro de la provincia Sancti Spiritus, Cuba, fueron realizadas observaciones de campo y se tomaron y analizaron muestras de agua, de suelo y de plantas en las áreas de cultivo afectadas y no afectadas para poder establecer una comparación. En el agua se determinaron el pH, las sales solubles y la conductividad eléctrica; en el suelo las características físicas y químicas. En las plantas el nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y manganeso. En los estudios en macetas, se realizó un análisis de varianza en cada indicador evaluado, cuando la prueba F fue significativa se compararon las medias por Duncan, para ello se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 15. Para diagnosticar la causa de la afectación resultó adecuado el valor de la relación Fe/P de la parte aérea de la planta y el contenido de fósforo asimilable del suelo. En el área afectada y en los cultivos en macetas, se comprobó que la causa de las afectaciones se debía a altas concentraciones de hierro y deficiencia de fósforo. Esta afectación fue resuelta mediante la aplicación de elevadas dosis de fertilizante fosfórico

**Palabras clave:** Toxicidad por hierro, deficiencia de fósforo, relación Fe/P en las plantas, antagonismo Fe-P en las plantas.

### ABSTRACT

With the purpose of determining the origin of the rice plants death over about 1300 ha in the Rice Enterprise "Sur del Jíbaro" in the Sancti Spiritus province, Cuba, field observations were carried on, and water, soil and plants samples were taken and analyzed in the affected and not affected areas, in order to establish a comparison. In the water, pH, soluble salts and electric conductivity were determined; in the soil, physical and chemical characteristics; in the plants, nitrogen, phosphorous, potassium, iron and magnesium. In the studies in pots, a variance analysis of each evaluated indicator was carried on. When the F test was significant, the media was compared using Duncan test. For all this, the Statistical Package SPSS, version 15 was used. For diagnosing the cause of the affectations, the rate Fe/P of the plant aerial part and the phosphorus contain assimilable by the soil was adequate. In the affected area and in the crops in pots, the cause of affectations was the high iron concentrations and the insufficiency of phosphorous. These affectations were eliminated by the application of high doses of phosphorous fertilizers.

**Keywords:** rice, Fe toxicity, P insufficiency, Fe/P rate in plants, antagonisms Fe-P in plants.

# INTRODUCCIÓN

En una empresa dedicada al cultivo del arroz en Cuba se presentaron daños severos anuales en aproximadamente 1 300 ha de la plantación. Esto trajo como resultando grandes pérdidas económicas (alrededor de un millón de dólares por cosecha), planteándose la necesidad de precisar las causas de tan severa afectación y la de proponer vías para su solución. Con ese propósito se creó un grupo multidisciplinario que realizó estudios en diferentes disciplinas y demostró que no existían problemas genéticos, ni de plagas, enfermedades, o de otro tipo, que explicaran la afectación del cultivo; excepto aspectos relacionados con las características del suelo del área donde aparecían los síntomas en las plantas.

Los elementos esenciales que las plantas extraen del suelo, se requieren en cantidades diferentes, unos en mayor cantidad (macro elementos) otros en menor (micro elementos); aunque, como elementos esenciales que son, la carencia de cualquiera de ellos origina que la planta no complete su ciclo vegetativo o reproductivo, todos ellos son insustituibles y su insuficiencia es cada vez más frecuente a nivel global, en particular la de zinc y boro, reportándose por su insuficiencia 20% o más de disminución de los rendimientos (sin que aparezcan síntomas visuales) (Fageria, 2008; Zou et al., 2008; Malakouti et al., 2007). A pesar de estar tan difundidas las insuficiencias, en ocasiones se presentan excesos de algún(os) micro elemento(s), principalmente en cultivos como el del arroz en que las condiciones de aniego favorecen los procesos de reducción en el suelo y la aparición de excesos o desórdenes nutricionales.

La respiración anaeróbica de las raíces bajo aniego origina la formación de alcohol tóxico para las raíces de las plantas. En un medio reducido como sucede en el caso del cultivo del arroz bajo aniego se pueden acumular en el suelo excesos de  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $S^{2-}$  y ácidos orgánicos y alcanzando estos niveles tóxicos.

Con las observaciones realizadas en el área donde las plantas de arroz no completaban generalmente su ciclo vegetativo ni reproductivo, sin conocerse las causas de ese desorden, se apreciaba mayor intensidad de los síntomas e incluso la muerte en los lugares donde se acumulaba el agua.

Precisar la causa de la muerte de las plantas de arroz en esta superficie agrícola resultó una incógnita de importancia práctica para una empresa dedicada a este cultivo. Por esa razón se realizaron estudios que perseguían determinar las causas y dar solución al problema que originaba la mortalidad de las plantas de arroz, lo que no solo constituía una situación de importancia local pues podría presentarse en cualquier otra localidad dedicada a este cultivo.

Los estudios realizados con el propósito de precisar las causas, establecer el diagnóstico, y el tratamiento a emplear para dar solución a las afectaciones del cultivo, son expuestos en esta oportunidad con el deseo de contribuir a que se tomen soluciones adecuadas en cualquier lugar en que se presente un problema similar.

## Materiales y métodos

Las características morfológica generales del perfil del suelo donde se afectaban las plantas de arroz se describen a continuación:

A<sub>1p</sub> 0-20 cm , Arcilla pardo oscura en estado seco, agregados poliédricos y nuciformes de 3-5 mm de diámetro, sin concreciones, plástico cuando está húmedo, mal drenaje y presencia de raíces.

B<sub>1</sub> 20-38 cm , Arcilla pardo amarillenta, estructura no definida, con pequeñas manchas rojizas y amarillas en estado seco, muchas concreciones de color oscuro de 2-4 mm, estas aumentan con la profundidad del horizonte, plástico cuando húmedo y mal drenaje.

B<sub>2</sub> 38-123 cm , Arcilla amarilla parduzca, estructura poliédrica y en bloques con agregados de 3-5 mm de diámetro, muchas concreciones, pero menos que en B<sub>1</sub>, plástico cuando húmedo, mal drenaje.

B<sub>3</sub> 123-195 cm , Arcilla amarilla parduzca con muchas manchas rojizas y muchas concreciones.

La textura arcillosa, gran plasticidad, mal drenaje y presencia de manchas rojizas y amarillas en estado seco son propios de un Gleysol. En esas condiciones al anegarse existe un fuerte proceso de reducción. Por otra parte los colores pardos, amarillos y rojos coinciden con la presencia de abundante hierro férrico el que podría transformarse en hierro ferroso asimilable para la planta bajo condiciones de aniego.

Como se mencionó, en el suelo donde se afectan las plantas (que para su estudio se le ha denominado "suelo problema".) crecen mejor las plantas de arroz en las partes más elevadas del microrelieve, a pesar de existir mayor contenido salino que en las partes más bajas (Black, 1968). El contenido de sales en los diferentes horizontes de ese suelo nunca fue mayor de 0,05 (% de suelo seco), lo que se corresponde con un suelo no salino (< de 0,20 % según Angladete, 1969). Numerosos trabajos se realizaron sobre el contenido de sales y la composición salina del suelo y del agua de riego, concluyendo que: ni el contenido de sales, ni alguno de los componentes salinos del suelo, ni del agua podrían explicar la muerte de las plantas de arroz.

Después de seco, molido y tamizado los horizontes de un perfil del suelo problema presentó las características que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Características generales del suelo del Gleysol (suelo problema).

| Característica  | Profundidad del suelo (cm) |       |        |         |
|---|----------------------------|-------|--------|---------|
|   | 0-20                       | 20-38 | 38-123 | 123-195 |
| Arcilla (%)   | 60,98                      | 67,72 | 60,75  | 59,64   |
| Limo (%)  | 13,22                      | 8,46  | 21,64  | 23,86   |
| Arena fina (%)  | 15,82                      | 11,27 | 8,45   | 9,81    |
| Arena gruesa (%)                                      | 9,98                       | 12,55 | 9,17   | 6,70    |
| Materia orgánica (%)                                  | 3,70                       | 1,70  | 0,90   | 0,40    |
| Valor T (cmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> )      | 39,0                       | 39,5  | 42,5   | 48,0    |
| Ca cambiante (cmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> ) | 29,26                      | 27,10 | 24,30  | 23,22   |
| Mg cambiante (cmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> ) | 4,39                       | 3,56  | 5,31   | 7,33    |
| K cambiante (cmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> )  | 0,42                       | 0,24  | 0,23   | 0,23    |
| Na cambiante (cmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> ) | 0,82                       | 0,83  | 1,04   | 1,38    |
| Valor S (cmol <sup>(+)</sup> .kg <sup>-1</sup> )      | 34,89                      | 31,73 | 30,88  | 32,15   |
| Valor V (%)   | 89,46                      | 80,33 | 72,66  | 67,00   |
| pH en agua  | 7,5                        | 6,9   | 7,1    | 7,1     |

Los contenidos de fósforo asimilable en el suelo, indican que existe insuficiencia de este nutriente (comparar Tabla 2 con Tabla 3). En el caso de las fracciones no se reportan valores críticos.

Tabla 2. Contenidos de fósforo por los diferentes métodos empleados en el perfil de suelo (mg P.kg<sup>-1</sup> de suelo de suelo)

| Métodos                             | Profundidad del suelo (cm) |       |        |         |
|-------------------------------------|----------------------------|-------|--------|---------|
|                                     | 0-20                       | 20-38 | 38-123 | 123-195 |
| Fósforo asimilable por Olsen        | 5,1                        | 1,5   | 3,0    | 0,9     |
| Fósforo asimilable por Bray y Kurtz | 0,2                        | 2,1   | 2,3    | 0,5     |
| Fósforo asimilable por Dabin        | 12,5                       | 12,5  | 5,6    | 12,5    |
| Fósforo asimilable por Truog        | 4,1                        | 4,1   | traz   | 6,6     |
| Fracción de P-Al                    | 32,8                       | 9,2   | 9,2    | 9,2     |
| Fracción de P-Fe                    | 101,5                      | 99,8  | 55,0   | 64,1    |
| Fracción de P-Ca                    | 39,5                       | 27,5  | 91,6   | 18,3    |

Para evaluar los contenidos de fósforo asimilable de la Tabla 2, se exponen los rangos de abastecimiento en la Tabla 3

Tabla 3. Rangos críticos de fósforo asimilable del suelo (mg P.kg<sup>-1</sup> de suelo)

| Métodos  | Rangos de abastecimiento |           |       |      |
|--|--------------------------|-----------|-------|------|
|  | M.B.                     | Bajo      | Medio | Alto |
| Fósforo asimilable por Olsen <sup>1</sup>        | <5                       | 5-10      | 10-18 | >18  |
| Fósforo asimilable por Bray y Kurtz <sup>2</sup> | <3                       | 3-7       | 7-20  | >20  |
| Fósforo asimilable por Dabin <sup>3</sup>        | <43,5                    | 43,6-65,5 | >65,5 |      |
| Fósforo asimilable por Truog <sup>4</sup>        | <15                      | 15-22     | 22-44 | >44  |

Para el método de Olsen<sup>1</sup> se utilizaron los valores de Jackson (1962), Bingham (1962), y Hami (1974); para el método de Bray y kurtz<sup>2</sup> se utilizó Jackson (1962) y Saiz del Rio et al. (1962); para el método de Dabin<sup>3</sup> se utilizaron los valores de Dabin (1967); para el método de Truog<sup>4</sup> se utilizaron los valores de Unamba-Oparah et al. (1968), Pagel (1972) y Hami (1974).

De la comparación de las propiedades generales del "suelo problema" con un suelo aldeaño en que se alcanzan elevados rendimientos del cultivo y que fue empleado para diferentes comparaciones, resultó que: el primero presentaba en época de seca moteados rojizos y amarillos y azul verdosos en condiciones de aniego lo que podría explicarse por un proceso de reducción, además durante la época de seca sólo existen pequeñas grietas que permiten muy poca aireación (Gleysol). El suelo aldeaño donde se alcanzaban buenos rendimientos, presentaba profundas grietas en época de seca (que permiten la aireación), caras de deslizamiento, relieve de saltanejo

y grandes bloques estructurales, todas estas características propias de un Vertisol.

#### Estudios en maceta

En todos los casos se utilizó el primer horizonte del suelo seco al aire y pasado por un tamiz de 2 mm.

Estudio 1 (en el suelo problema): Se establecieron diferentes tratamientos con fertilización fosfórica, con niveles de fósforo desde 0 hasta 0,84 mg de  $P_2O_5$ . kg de suelo<sup>-1</sup>. Los tratamientos fueron:  $P_0 = 0$  mg de  $P_2O_5$ . kg de suelo<sup>-1</sup>;  $P_1 = 0,21$  mg de  $P_2O_5$ . kg de suelo<sup>-1</sup>;  $P_2 = 0,42$  mg de  $P_2O_5$ . kg de suelo<sup>-1</sup>;  $P_3 = 0,63$  mg de  $P_2O_5$ . kg de suelo<sup>-1</sup>;  $P_4 = 0,84$  mg de  $P_2O_5$ . kg de suelo<sup>-1</sup>. Se utilizaron niveles de fondo de nitrógeno y potasio. Se establecieron 4 réplicas.

El fertilizante se disolvió en agua y se aplicó homogéneamente en el suelo correspondiente para cada maceta. Se colocó en la maceta y se regó a saturación, se recogió el líquido drenado aplicándolo de nuevo a la maceta. Transcurridos 45 días se volvió a sacar el suelo de la maceta, se homogeneizó, preparó y se tomó una muestra de suelo para su análisis, entonces se colocó el peso de suelo designado para la maceta. Se sembró arroz, el que se cosechó a los 55 días (a partir de esa fecha) y se determinó peso verde y seco de la parte aérea de la planta.

Estudio 2 (en el suelo problema). El efecto de la fertilización mineral (NPK) y el régimen hídrico sobre la composición, biomasa formada y el rendimiento en grano se realizó mediante el establecimiento de cuatro tratamientos (1: aniego sin fertilizante, 2: aniego más fertilizante, 3: sin aniego ni fertilizante, 4: sin aniego con fertilizante) replicados estos 4 veces.

Estudio 3. Se comparó bajo condiciones de aniego, durante siete semanas la formación de hierro ferroso y férrico en muestras de suelo del primer horizonte del Gleysol (suelo problema) con un Vertisol aledaño en que se alcanzaban rendimientos normales del cultivo.

#### Los métodos analíticos fueron:

Textura: método de la pipeta y dispersión con Pirofosfato de Sodio (Thun et al., 1955).

Materia orgánica: oxidación con solución de Sulfato de Hierro y Amonio (Tiurin-Simakov) y multiplicación por 2.

pH en agua y en solución de KCl. La relación entre el suelo y la solución empleada fue de 1:2,5. La determinación con electrodo de cristal.

Valor T: método Schachtschabel con solución de Acetato de Amonio 1 normal pH 7 y valoración del Amonio sorbido en el complejo de cambio con 0,1 normal de NaOH después de añadir formaldehído (Thun et al., 1955).

Cationes cambiabiles: en el primer filtrado con Acetato de Amonio, Ca y Mg por valoración por el método del versenato y, K y Na por fotometría de llama.

Valor S: suma de los cationes cambiabiles (Ca, Mg, Na, K) en  $cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$

Valor T: Total de cargas negativas del complejo de cambio en  $cmol^{(+)} \cdot kg^{-1}$

Valor V: (S/T) 100.

Fracciones de fósforo: según Chang y Jackson (1957).

El fósforo asimilable se determinó mediante extracción con:

0,58 normal  $NaHCO_3$  pH 8,5 según Olsen et al. (1954); 0,03 normal  $NH_4F$  y 0,1 normal de HCl según Bray y Kurtz (Jackson, 1962).

P-Sorción extracción con 10 g de suelo y con 50 ml de una solución de fósforo ( $KH_2PO_4$ , pH 6), con una concentración de 100 mg P/100 g de suelo. Se agitó, centrifugó y en una alícuota se determinó el fósforo por el método del vanadio molibdato en el colorímetro. El cálculo se basó en:

P- Sorción (mg/100g): Fósforo añadido con la solución -fósforo residual en la solución.

P-Fijación = P sorbido - P asimilable por Troug (Unamba-Oparah et al., 1968)

El hierro del suelo se extrajo con la humedad natural, con una solución de Acetato de Amonio 1 normal de pH 7 ( $Fe^{2+}$ ) y de pH 3 ( $Fe^{2+} + Fe^{3+}$ ), con relación suelo: solución 1/16 (una parte de suelo por 16 de solución) y 5 minutos de agitación. La determinación colorimétrica se realizó con Fenantrolina (Jackson, 1962).

Para el análisis de NPK en planta se realizó una digestión del material vegetal con una mezcla de  $H_2SO_4$  y Se. Se determinó el Nitrógeno por Kjeldahl, el Fósforo colorimétricamente después de colorear con Metavanadato de Amonio y el Potasio con el fotómetro de llama. El Hierro y el Manganeseo mediante ceniza

en la mufla. Se determinó colorimétricamente el Fe con Fenantrolina y el Mn con Persulfato de Amonio

## Resultados y discusión

Las observaciones de campo, mostraron mayor intensidad de los síntomas (anaranjamiento de las hojas) en los lugares más bajos del microrelieve, incluso la necrosis era evidente donde se encharcaba el agua, lo que sugería que condiciones de reducción del suelo formaban parte de la causa de los daños. De ser ello cierto, al aumentar la intensidad de los síntomas, debería aumentar el de sustancias que se acumularían hasta niveles tóxicos cuando eran mayores las condiciones de reducción, por ello se relacionó el incremento de los síntomas con la asimilación por las plantas de esas sustancias. Solo fue posible identificar el hierro y el manganeso dadas las limitaciones analíticas.

### a. Grado de intensidad de los síntomas.

El contenido de hierro y la relación Fe/P de la planta incrementa con el aumento del grado de intensidad de los síntomas, mientras que disminuían los contenidos de fósforo y potasio. En el mayor grado de intensidad de los síntomas de las plantas (Tabla 5) se superó 10 veces del límite de toxicidad por hierro para la planta de arroz (300 ppm de Fe según Yoshida et al., 1972) y disminuyó el de fósforo por debajo del nivel crítico 0,1 %P (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Relación entre el contenido de nutrientes de la parte de la planta sobre el suelos y la intensidad de los síntomas (Edad: 50 días)

| Contenido | Incremento de los síntomas 1 => 5<br>Anaranjamiento => muerte |      |      |      |      |
|-----------|---|------|------|------|------|
|           | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Fe(ppm)   | 492   | 480  | 414  | 914  | 1925 |
| N (%)     | 2,46  | 2,60 | 2,32 | 2,50 | 1,56 |
| P (%)     | 0,14  | 0,13 | 0,11 | 0,08 | 0,07 |
| K (%)     | 2,59  | 2,59 | 2,29 | 1,33 | 0,94 |
| Mn(ppm)   | 169   | 180  | 128  | 154  | 230  |
| Fe/P      | 0,4   | 0,4  | 0,4  | 1,1  | 1,8  |
| Fe/Mn     | 2,6   | 2,6  | 3,2  | 5,9  | 8,4  |

Al transcurrir el tiempo, se aprecia con mayor claridad el exceso de hierro y la insuficiencia de fósforo (comparar Tablas 4 y 5).

Tabla 5: Relación entre el contenido de nutrientes de la parte de la planta sobre el y la intensidad de los síntomas (Edad: 85 días)

| Contenido | Incremento de los síntomas 1=> 5<br>Anaranjamiento => muerte |      |      |      |      |
|-----------|--|------|------|------|------|
|           | 1  | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Fe(ppm)   | 420  | 585  | 1100 | 1210 | 3392 |
| N (%)     | 1,42   | 1,80 | 1,68 | 1,68 | 1,75 |
| P (%)     | 0,10   | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,04 |
| K (%)     | 1,79   | 1,51 | 1,21 | 1,04 | 0,50 |
| Mn(ppm)   | 111  | 117  | 150  | 110  | 147  |
| Fe/P      | 0,4  | 0,8  | 2,2  | 2,4  | 8,5  |

La toxicidad de Fe puede ocurrir con el exceso de lluvias o en suelos anegados, como en este caso de arroz bajo aniego (reducción de  $Fe^{3+} \Rightarrow Fe^{2+}$ ). Otro factor importante es la carencia de sustancias que se reducen primero que este, como son:  $O_2$ , nitratos y el  $Mn^{4+}$ , las cuales de no estar presentes dejan al  $Fe^{3+}$  como primera opción para ser reducido, pudiendo alcanzar niveles tóxicos. Esto a su vez representa una complejidad para establecer un diagnóstico de la insuficiencia o exceso de este nutriente, pues la cuantía de esas sustancias que afectan la reducción y la asimilabilidad del hierro pueden ser muy variables espacial y temporalmente.

### Relaciones entre características de los suelos.

En la Tabla 6 se puede apreciar que por los dos métodos de fósforo asimilable empleados, el rendimiento en peso verde y seco de la planta aumenta cuando el contenido de fósforo asimilable incrementa. Ambos métodos se relacionan positivamente con las fracciones de fósforo y negativamente con la retención y fijación de fósforo del suelo. Al aumentar el contenido de fósforo asimilable del suelo disminuye la retención y fijación de fósforo, lo que podría explicarse por saturarse con el fertilizante fosfórico los lugares de las arcillas donde este proceso ocurre. Por otra parte, debe invertirse determinada cantidad de fertilizante fosfórico para lograr que quede en el suelo suficiente fósforo asimilable para el cultivo.

La aplicación de fertilizante fosfórico disminuye la sorción y fijación de fósforo, lo que está en correspondencia con saturarse las posiciones de fijación y quedar más fósforo disponible en la solución del suelo. Esto significa que en suelos con gran capacidad de fijación de fósforo, una parte apreciable del fertilizante fosfórico aplicado no es aprovechado por el cultivo, pero se requiere para aumentar el contenido de fósforo asimilable del suelo o como en el caso que se estudia para reducir el exceso de hierro.

Las fracciones de fósforo (excepto el fósforo soluble en agua, P-A) se han relacionado fuerte y positivamente con el peso verde y seco de las plantas, lo que evidencia que estas podrían servir para el diagnóstico de la necesidad de fertilizante fosfórico, aunque el procedimiento analítico en estos casos, es más complejo y costoso que para el fósforo asimilable (Tabla 6).

Tabla 6. Relaciones entre algunas características del suelo problema y la biomasa formada por la planta de arroz (correlación lineal de Pearson) (Estudio1).

| Valor                 | Olsen   | Ret. de fósforo P-sorción | Fijación de P | Al-P     | Fe-P     | Ca-P    | A-P     | Peso verde de plantas | Peso seco de plantas |
|-----------------------|---------|---------------------------|---------------|----------|----------|---------|---------|-----------------------|----------------------|
| Bray y Kutrz          | 0,96*** | -0,74**                   | -0,80***      | 0,96***  | 0,89***  | 0,74**  | 0,76**  | 0,63**                | 0,54**               |
| Olsen                 |         | -0,72**                   | -0,86***      | 0,97***  | 0,93***  | 0,71**  | 0,72**  | 0,58**                | 0,50*                |
| P-sorción             |         |                           | 0,64**        | -0,70**  | -0,62**  | -0,41   | -0,37   | -0,51*                | -0,48*               |
| P-fijación            |         |                           |               | -0,80*** | -0,82*** | -0,75** | -0,55** | -0,74**               | -0,69**              |
| Al-P                  |         |                           |               |          | 0,93***  | 0,71**  | 0,7***  | -0,71**               | -0,69**              |
| Fe-P                  |         |                           |               |          |          | 0,78*** | 0,75**  | 0,68**                | 0,64**               |
| Ca-P                  |         |                           |               |          |          |         | 0,69**  | 0,69**                | 0,63**               |
| A-P                   |         |                           |               |          |          |         |         | 0,36                  | 0,25                 |
| Peso verde de plantas |         |                           |               |          |          |         |         |                       | 0,97***              |

Las estrechas relaciones encontradas entre la biomasa formada, el contenido de fósforo asimilable por los dos métodos utilizados y las fracciones de fósforo, sugieren que cualquiera de los métodos estudiados podría ser útil con propósitos de diagnosticar la necesidad de fertilizante fosfórico en estas condiciones.

b. Contenido de formas de hierro en el suelo.

Una indicación directa de que un contenido de hierro tóxico en el “suelo problema” sea la causa de la muerte de las plantas, no se evidencia en los análisis realizados, lo que se corresponde con las amplias variaciones que de la forma asimilable  $Fe^{2+}$  ocurren por diferentes causas en el suelo. La relación  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  es menor en el suelo problema, que en un suelo Vertisol aledaño, lo que sugiere un proceso de reducción más intenso en el suelo problema, que facilita una mayor disponibilidad de hierro ferroso (que es el asimilable para la planta) y está en correspondencia con un exceso de este elemento en ese suelo (Figura 1).

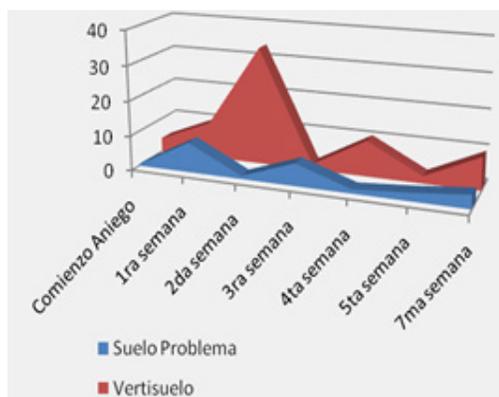


Figura 1. Variación de la relación  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  en los dos suelos estudiados (eje Y) al transcurrir las semanas de aniego desde 1-8 (eje X) (Estudio 3).

Como este suelo no presenta reacción ácida, ello no explicaría la toxicidad por hierro que parece asociarse principalmente con fuertes condiciones de reducción y carencia de elementos que se reducen primero que el hierro (oxígeno, nitratos, manganeso) y antagonismo con el fósforo ya que el contenido de este último es bajo y podría incrementar su insuficiencia en caso de exceso de hierro.

c. Estudio sobre la relación Fe/P en la planta.

En este estudio se hizo evidente el antagonismo entre el hierro y el fósforo, a mayor contenido de fósforo en la planta cosechada, menor fue el de hierro (Figura 2) lo que deja abierta la posibilidad de que la relación Fe/P podría ser de gran utilidad para el diagnóstico de este desorden nutricional.

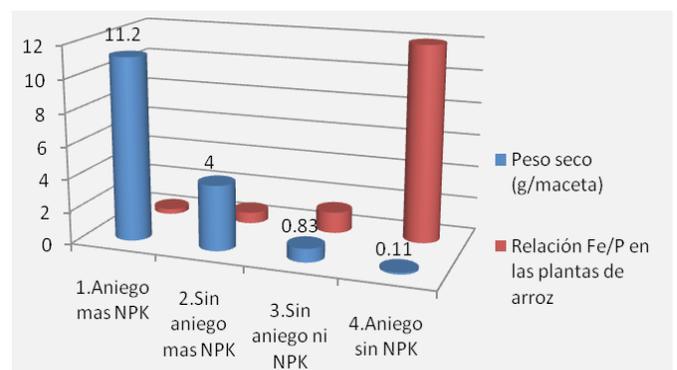


Figura 2. Biomasa formada por maceta relación Fe/P de la parte de la planta sobre el suelo

En la Fig. 2 se evidencia que en la medida en que los tratamientos poseen mayor peso seco es menor la relación Fe/P de la parte aérea de las plantas.

El exceso de Hierro se ha observado principalmente en arroz de aniego (inundación), debido a que bajo las condiciones fuertemente reductoras, la capacidad oxidante de las raíces no basta para oxidar el exceso de  $Fe^{2+}$  que aparece cuando el suelo es muy rico en óxidos de hierro libres de fácil reducción. Esta capacidad de las raíces para excluir de la absorción un exceso de  $Fe^{2+}$  disminuye cuando hay insuficiencia de potasio o de otros nutrimentos (P, Mn, Ca, Mg) (Tanaka y Tadano, 1972). La solubilidad del Hierro en el suelo depende del pH, potencial redox, grado de cristalización de los óxidos de hierro, contenido de materia orgánica y solubilidad del hierro en la rizósfera, lo que hace poco confiable la determinación del contenido de hierro del suelo respecto a la nutrición de la planta (Chapman, 1966); además, aun cuando se determine la cantidad exacta de hierro ferroso ( $Fe^{2+}$ ) del suelo (que es la forma asimilable para la planta), su efecto dependerá de: la concentración de otras sustancias (del manganeso, silicio, fósforo), variedad de arroz y el tiempo de la cosecha (Ponnaperuma, 1964).

Los valores límites de toxicidad por hierro en suelo en el cultivo del arroz varían ampliamente con las condiciones del medio: 100 ppm (Ishuzuka y Tanaka, 1961), 50 ppm (Tanaka y Navasero, 1966), 100 ppm en medio ácido, 500 ppm a pH mayor (Tanaka y Tadano, 1970), 5 ppm si existe insuficiencia de Manganeso (Ponnamperuma e Ikeashi, 1979). Estos últimos autores resumen que el valor límite de toxicidad por hierro puede variar entre 50 y 1 700 ppm .

A pesar de esas dificultades, Arzola (1982) encontró una mejor predictibilidad de la toxicidad por hierro en arroz, a partir de la relación  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  del suelo (extracción con acetato de amonio a pH 3 y 7, según Jackson, 1962), alcanzando el suelo donde se presentó toxicidad una relación de 3,4 y en la planta un contenido de 770 ppm de Fe. Las dificultades encontradas para diagnosticar el estado nutricional de un cultivo en lo referente a metales pesados, explica la existencia de gran cantidad de métodos de extracción de los mismos (Cottenie et al., 1982).

Al incrementar la dosis de fósforo aplicada, aumenta en general el contenido de fósforo de la planta, mientras que el contenido de hierro así como la relación Fe/P disminuye. Esto origina un mayor rendimiento. Altas aplicaciones de fertilizante fosfórico podrían por lo tanto, servir para eliminar la insuficiencia de fósforo y la toxicidad por hierro en ese suelo. Ese efecto de la fertilización fosfórica sobre la toxicidad por hierro puede explicarse por la formación de fosfatos de hierro en el suelo y en la planta y, por una mayor capacidad de oxidación del sistema radical de las plantas. De las investigaciones realizadas pueden derivarse los

siguientes grupos de valores para la relación Fe/P de la parte de la planta de arroz sobre el suelo (Tabla 7).

Tabla 7. El rendimiento del arroz en función de la relación Fe/P (ambos en ppm) de la planta de arroz sobre el suelo.

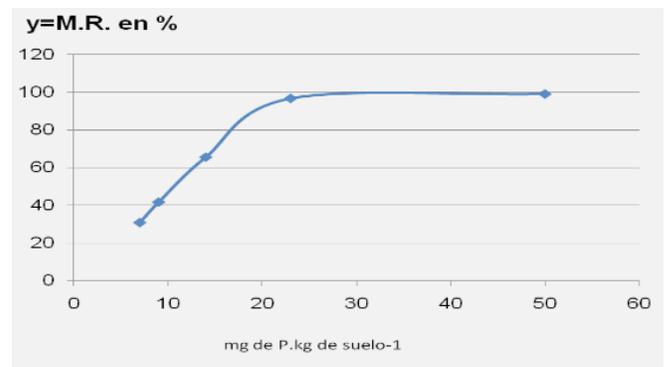
| Relación Fe/P de la planta | Rendimiento de la planta de arroz |
|----------------------------|-----------------------------------|
| < 0,32                     | Formación de granos               |
| 0,32 – 2,00                | Sólo se forma biomasa             |
| > 2,00                     | Muerte de las plantas             |

#### d. Diagnóstico y solución de la muerte de la plantación

Se realizaron estudios, principalmente dirigidos a seleccionar métodos para el análisis de fósforo asimilable del suelo y para establecer la dosis de fertilizante a emplear. Las relaciones entre el fósforo asimilable del suelo y la biomasa formada (peso seco) se presentan en la Figura 3.

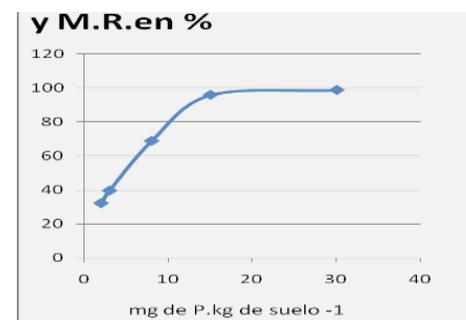
Olsen

$$Y = 17,54 + 7,72x - 0,1667x^2 \quad R^2 = 0,92$$



Bray y Kurtz (30 min agit)

$$Y = -12,80 + 6,92x - 0,0936x^2 \quad R^2 = 0,92$$



M.R. = Máximo rendimiento en porcentaje

Figura 3. Relación entre el contenido de fósforo del suelo y el rendimiento (en porcentaje del máximo) por dos métodos de fósforo asimilable (Arzola, 1980)

De desearse alcanzar el 100% del rendimiento, lo que representaría una elevada una elevada aplicación de fertilizante fosfórico, quedan como precisiones dinámicas evaluar periódicamente los precios de los insumos y productos, para establecer lo más beneficioso en cada momento (dosis óptima).

De las relaciones encontradas fue posible establecer rangos de abastecimiento nutricional para el contenido de fósforo en el suelo (Tabla 8). Una vez establecidos los rangos de abastecimiento, es necesario precisar qué dosis de fertilizante fosfórico debía emplearse para alcanzar un contenido adecuado de este nutriente en el suelo, es decir proponer un sistema de recomendación de fertilizante fosfórico que permita eliminar la insuficiencia o el exceso. El óptimo contenido de fósforo en el suelo podría lograrse de aplicarse en el rango “muy bajo” mucho más de lo que se pierde con la cosecha. En el rango “bajo” se aplicaría más fósforo de lo perdido por la cosecha pero no tanto como en el caso anterior; en “medio” ligeramente más de lo perdido y en “alto” no aplicar. En el caso del fósforo, las pérdidas se refieren principalmente a lo extraído por la cosecha y las ganancias a lo aportado con el fertilizante fosfórico, por ello el balance es relativamente sencillo, siempre que se considere el nivel de rendimiento del cultivo.

Tabla 8. Calibración de dos métodos de determinación de fósforo asimilable del suelo (Olsen; Bray y Kurtz).

| Rendimiento en porcentaje del máximo | Rangos de abastecimiento de fósforo | Fósforo asimilable mg P.kg <sup>-1</sup> ) |              | Dosis de P a emplear en kg.ha <sup>-1</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------|---|
|                                      |                                     | Olsen                                      | Bray y Kurtz |   |
| <50                                  | Muy bajo                            | <13  | <6           | 1.6 x E x R                                 |
| 50-75                                | Bajo                                | 13-18                                      | 6-13         | 1,4 x E x R                                 |
| 75-95                                | Medio                               | 18,01-25                                   | 13,01-18     | 1,2xExR                                     |
| >95                                  | Alto                                | >25  | >18          | 0 x E x R                                   |

E (granos):6 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/t de granos (Aguilar, 2006).

R=Rendimiento en t.ha<sup>-1</sup>

Factores para calcular la dosis: Muy bajo (2 x E x R), Bajo (1,5 x E x R), Medio (1,3 x E x R), Alto (0 x E x R)

En este caso se proponen los niveles de extracción de la parte aérea de la planta reportados por IMPOFOS (2010) que son más conservadores que los de Aguilar (2006).

En condiciones de maceta, como es el caso de este estudio, no se consideran muchos factores ajenos a la nutrición fosfórica que puedan limitar

el efecto de los fertilizantes fosfóricos, ni es posible una evaluación económica; por ello, se requiere de los experimentos de campo. Se hacen necesarias evaluaciones de las características del suelo con el propósito de eliminar o minimizar el efecto de diferentes factores edáficos limitantes del rendimiento y del efecto de los fertilizantes minerales (Arzola y Vilma Contreras, 2011; Cristancho et al., 2007). Estas limitaciones pueden afectar la eficiencia de la fertilización y variar en correspondencia con ello la dosis de fertilizantes minerales a emplear.

Los resultados obtenidos en este estudio en condiciones de maceta, han permitido elaborar un sistema de recomendación que podía servir como orientación de la necesidad de fertilizante fosfórico de presentarse un problema similar y no existir una sólida información de experimentos de campo.

Un sistema para el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes fosfóricos debe integrar el efecto de la fertilización al variar el abastecimiento del nutriente, la absorción del cultivo y los factores limitantes bióticos y abióticos presentes que puedan afectar la nutrición fosfórica ( Inpofos, 2010; Tohiruddin et al., 2009; Vargas, 2006). La integración de todos esos factores se requiere para perfeccionar la recomendación establecida en función del análisis de suelo (Lazcano-Ferrat , 2007).

Los resultados obtenidos en áreas de producción, muestran que para obtener con seguridad buen rendimiento de las plantas de arroz en la región problema se necesitan muy elevadas dosis de fósforo (alrededor de 275 kg P/ha) lo cual, no está disponible en la práctica, por ello se debe (hasta tanto se terminen otras investigaciones) cultivar otra planta que requiera de menor necesidad de fertilizante fosfórico.

### Conclusiones y recomendaciones

Este desorden nutricional resulta de un exceso de hierro e insuficiencia de fósforo, el que presenta como síntoma un anaranjamiento de las hojas y en caso severo muerte de las plantas.

La relación Fe/P de la biomasa de la planta de arroz sobre el suelo podría ser de gran utilidad para el diagnóstico, pues con su aumento se hacen más severos los síntomas.

La aplicación de elevadas dosis de fertilizante fosfórico puede facilitar la obtención de cosechas normales.

Métodos adecuados para el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes fosfóricos resultan el de, Bray y Kurtz y el de Olsen.

Experimentos de campo y evaluaciones periódicas serían necesarias en la región donde mueren las plantas para mejorar el diagnóstico y tratamiento de este desorden nutricional

De no ser económicamente sostenible cultivar arroz en ese suelo, debe seleccionarse otra opción de uso.

#### Referencias bibliográficas

- Angladette, A. (1969): *El arroz*, La Habana, Cuba, Editorial Ciencia y Técnica.
- Arzola, N. y Vilma Contreras (2011). *Evaluación del estado nutricional de las plantaciones cañeras en el Ingenio Eculos*. Informe Técnico del ingenio La Troncal. Ecuador ( Disponible en CD-ROM).
- Arzola, N. y Vilma Contreras (2011). *Elementos secundarios y microelementos en áreas agrícolas de Eculos, Evaluación del estado nutricional de las plantaciones cañeras*. Memorias de trabajos del curso de postgrado "Manejo Agroecológico de Suelos, Fertilizantes y Enmiendas", Ingenio Eculos S.A, La Troncal, Ecuador. (Disponible en CD ROM).
- Arzola,N.(1982). Estudio de las afectaciones del rendimiento del arroz en un área nombrada Majagua. Parte II: Comparación del suelo problema con dos suelos normales. *Revista Centro Agrícola*, v.9, n.3, p.23-35. Editada por la Universidad Central de Las Villas
- Arzola,N. (1980). Untersuchungen uber Wachstumsstorungen von Reis auf einer Boden in Anbaugesbiet Majagua, Kuba. *Diss z Promotion A*. Karl-Marx-Universitat, Leipzig, p.109.
- Bingham, F.T. Chemical soil test for available phosphorus. *Soil Sci.* 94 (1962) 87-95.
- Black C.A. (1968). *Soil-Plant Relationships*. Second edition. John Wiley Sons, Inc. New York, London, Sydney. 701p. E.E.U.U.
- Chang, S.; Jackson, M.L. (1957). Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84, p 133-136.
- Chapman,H.D.(1966) *Diagnostic criteria for plants and soils*. University of California. Division of Agricultural Science, California, EEUU.
- Cottenie,A.; Verloo,M.; Velghe,G.; Kiekens,L.(1982). *Biological and analytical aspects of soil pollution*. State Univ. Shent.
- Cristancho,R.J.A. ; Munevar, M.F.; Acosta,G.A.; Santa-cruz, A.L.; Torres,V.M. (2007). Relación de las características edáficas y el desarrollo del sistema de raíces de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*,Jacq). *Revista Palmas*, v.28, n.1, p.24-30, Colombia.
- Cuellar, I.; Villegas, R.; de León, M.; Pérez, H. (2002). *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*, La Habana, p.127, Editorial Publiinica
- Dabim, B. (1967). Sur une method d analyses de phosphour .Los suelos tropicales .*Le colloquesur la fertillite des sols*,Tansnannari\* Madagascar, 95-115
- E SPSS. (2006). *SPSS para Windows v 15,0,1*. SPSS Inc.
- Fageria, N.H. and Stone L.F. (2008). Micronutrient Deficiency Problems in South America, Chapter 10, In Alloway, B.J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, (p. 245-266),EEUU: Dordrecht.
- Hami,O. Allgemeiner, *Characterizirung Phosphat und Kaliumhaushalt verschiedenr Boden M arrokoos*. Leipzig, Karl Marz Universitat.Diss,1994.
- INPOFOS (2010). *Absorción aproximada de nutrientes por las plantas (parte1)*. International plant nutrition institute, Berna, Suiza,
- Ishizuka ,V.;Tanaka,A. (1961). Inorganic nutrition of the rice plants.VI Effect of iron ,manganese and copper levels in culture solution of yields and chemical compositions of the plant .*Journal Sci. Soil Manure*, v.32, p.97-100, Japan.
- Jackson, M.L. (1962). *Soil chemical analyses*. Englewood Cliffs.Wisconsin,EE.UU.
- Lazcano-Ferrat, I. (2007). *Los resultados de los análisis de suelos como un elemento para el manejo integral del suelo*. Argentina. Disponible en:[www.engormix.com/MA-agricultura/soja/foros/articulo-resultados-analisis-suelos-t12298/415-p0.htm](http://www.engormix.com/MA-agricultura/soja/foros/articulo-resultados-analisis-suelos-t12298/415-p0.htm).
- Lerch, G. (1987). *La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas*. Tomo 1. La Habana, p. 227. Editorial Academia.
- Malakouti, M.J. (2007). Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. Middle Eastern and Russian. *Journal of Plant Science and Biotechnology*. 1(1), p.1-12, Russian.
- Mengel, K.; Kirby, E.A. (1987). *Principles of Plant Nutrition* p.265. Int. Potash Institute. Berna, Sweeden.
- Pagel,H.(1974): *Bodenkunde der Tropen und Subtropn*. Leherbriief 4. Karl-Marx Universitat Leipzig, Deutschland.
- Ponnamperuma, F.N. (1964). Review of the symposium on the mineral nutrition of the rice plan. In: *The mineral nutrition of the rice plant*. The international Rice Research Institute. Baltimore, p.461- 482, Johns Hopkins Press. Filipines.
- Saiz del Rio,J.F. *Análisis químico de suelos, Métodos de laboratorio para diagnosticar la fertilidad*. Turrialba. Dpto. de energía molecular. IICA, 1962.

- Tanaka, A.; Tadano, T. (1972). *Potassium in relation to iron toxicity for the rice plant*. Potash Review. 9/21 , p.1-12: ( Disponible en CD-ROM).
- Tanaka, A.; Navasero, S.A. (1966). Interaction between iron and manganese in the rice plant. *Soil Sci. and Plant Nutr.* v.12, p.29-33.
- Thun,H.; Hermann,R.; Kniekmann, E. (1955). *Die Untersuchung von Boden.Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs und Untersuchungsmethoden*. Neumann Verlag. Radebeult und Berlin,Deutschland.
- Tohiruddin, H.; Tandiono, J.; Silalahi, A.; Prawobo, N.E.; Foster, H.L. ( 2009). *Effects of N, P and K fertilizers on trace element status of oil palm in Sumatra*. Wosten, H.Proceedings of Agriculture, biothechnoplogy & sustainability Conference. Malasysian Palm Oil Board. PIPOC v.1, p.66-78, Malasysian.
- Unamba-Oparah, I.; Pagel,H.; Ramadanh. A. (1968). *Beitrage zur Kentnis des Nahrstoffhaushalteswichtiger Boden 3.Mitt.P-Sorption und P-Fizierung.Thauer-Anchiv* 12, p. 435-448. Deutschland.
- Vargas, M. (2006). *Fertilización con cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y curvas de absorción de la variedad Fedearroz 50, en condiciones de secano favorecido*. Segunda Cumbre Internacional de Agricultura Sostenible. Guayaquil, Ecuador. (Disponible en CD Rom).
- Yoshida, S.; Cook, T.H.; Chai, K.; Gomes, A. (1972). *Laboratory manual for physiological study rice*. IRRI, Filipinas.
- Zou, C.; Shi, R.; Gao, X.; Fan, X. Zhang F.S. (2008). Micronutrient deficiencies in Crop production in China. Chapter 5, In Alloway, B.J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, (p. 127-148), China: Springer, Dordrecht.



03

# 03

---

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## Intensidad y extensión del *Gasterophilus* en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Guanaroca del municipio Cienfuegos

Intensity and extension of the *Gasterophilus* in the Basic Unit of Cooperative Production (UBPC) Guanaroca of the Cienfuegos municipality

Maikel Domínguez Delgado<sup>1</sup>  
Rolando Omar Rodríguez Ponce<sup>2</sup>  
Eligia de la Caridad Cuellar Valero<sup>3</sup>  
Email: [ecuellar@ucf.edu.cu](mailto:ecuellar@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup> Laboratorio Provincial Instituto Medicina Veterinaria. Cienfuegos.

<sup>2</sup> IPA Félix Varela, Cumanayagua. Cienfuegos.

<sup>3</sup> Facultad Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"

### ¿Cómo referenciar este artículo?

Domínguez Delgado, M., Rodríguez Ponce, R. O., & Cuellar Valero, E. C. (2016). Intensidad y extensión del *Gasterophilus* en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Guanaroca del municipio Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas* [seriada en línea], 4 (1). pp. 23-28. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>

### RESUMEN

Se realizó un estudio de la extensión e intensidad del *Gasterophilus* spp. durante el 2014 en 16 equinos mestizos fallecidos, los que fueron remitidos al Laboratorio Provincial de Medicina Veterinaria, procedentes de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Guanaroca, perteneciente al sector estatal del municipio Cienfuegos, para determinar la extensión e intensidad de invasión de la *Gasterophilus*. Los antecedentes de cada animal fueron registrados en los modelos de reseñas de envío de casos, confeccionadas por el servicio veterinario que atiende la unidad. Las variables utilizadas fueron: edad, sexo, raza y condición corporal. Los datos recolectados fueron procesados y sometidos a un análisis estadístico mediante el método de comparación de proporciones para una  $P < 0,05$ , para lo cual se usó el paquete estadístico SPSS, versión 11.5 para Windows. De los 16 caballos analizados, 12 estaban afectados para una extensión de 75 %. La intensidad fue de 1 136 parásitos, con un promedio de 94,6 parásitos por animal con valores extremos de 45 a 150 y se observaron más de 50 larvas en el 83,3% de los equinos afectados. Tanto la extensión como la intensidad de invasión del *Gasterophilus* spp. se comportaron con índices elevados contribuyendo a la mortalidad por esta causa.

**Palabras clave:** *Gasterophilus* spp., larvas, parasitismo equino.

### ABSTRACT

It was carried out a study of the extension and intensity of the *Gasterophilus* spp. during 2014 in 16 equine half-breed deceased that were remitted to the Provincial Laboratory of Veterinary Medicine, from the Basic Unit of Cooperative Production (UBPC) "Guanaroca", belonging to the state sector of the municipality of Cienfuegos. The purpose was to determine the extension and intensity of invasion of the *Gasterophilus* in the UBPC. The antecedents of each animal were registered in the records made by the veterinary service that assists the UBPC. The variables were: age, sex, race and corporal condition. The gathered data were processed, and subjected to a statistical analysis by means of the method of comparison of proportions for a  $P < 0,05$ , using the statistical package SPSS, version 11.5 for Windows. Of the 16 horses examined, 12 were infested by this parasite in a 75 % extension range. The intensity was of 1136 parasites, with an average of 94,6 parasites by animal with extreme values of 45 at 150 and it was observed more than 50 larvae in 83,3 % affected equines. Both the extension and the intensity *Gasterophilus* spp. invasion in the UBPC, behaved with high indexes, contributing to the reduction of the productive capacity of the equine and the mortality of this animal specie.

**Keywords:** *Gasterophilus* spp., equine parasitism, extension, intensity, level of infestation.

# INTRODUCCIÓN

Los equinos son susceptibles a contraer distintas enfermedades a lo largo de toda su vida. Una de las patologías más comunes de esta especie es el parasitismo gastrointestinal (Nielsen, 2012; Von Samson-Himmelstjerna, 2012), entre ellas la más conocida es la gasterofilosis. Esta es una afección parasitaria causadas por artrópodos y es un hallazgo frecuente del estómago y duodeno cuando se realizan necropsias (Sequeira et al., 2001).

El agente etiológico son las larvas de moscas del género *Gasterophilus*, que infectan équidos domésticos y salvajes. La enfermedad la producen fundamentalmente las especies *Gasterophilus intestinalis*, *Gasterophilus nasalis*, *Gasterophilus haemorrhoidalis*, las que se encuentran distribuidas por todo el planeta con alta prevalencia. En Cuba las especies que se han reportado son *G. intestinalis* y *G. nasales* (Prieto, 1975).

La infestación ocurre al ingerir alimentos contaminados con estiércol o cuando las moscas ponen sus huevos en los pelos de las escápulas del caballo en los días más calurosos. También ocurre infestación cuando los animales se lamen, se invaden hasta alojarse en la mucosa gástrica causando daños por la acción expoliatriz y mecánica, evolucionando hasta expulsar millones de huevos con las heces que van a contaminar nuevamente las pasturas (Espaine et al., 1996; Castaño, 2009; Merial, 2011).

Las larvas de *Gasterophilus* spp., provocan en los equinos trastornos digestivos, úlceras gástricas, enflaquecimiento y en casos extremos obstrucción con muerte del animal (Price y Stromberg, 1987; Campbell, 1998; Cogley y Cogley, 1999). Algunos trabajos tratan el aspecto zoonótico de la gasterofilosis, describiéndose cuadros de oftalmo-miasis en personas (Royce et al., 1999; Chen, 2001; Anderson, 2006) y en perros (Taylor et al., 2002).

Debido a las dificultades económicas que actualmente enfrenta el país, se han incrementado notablemente los vehículos de tracción animal, con el beneficio que ello entraña por su contribución a la solución del transporte de pasajeros y cargas. La circulación de equinos en áreas urbanas posee sus riesgos, pues los animales pueden ser portadores de agentes etiológicos de enfermedades infecciosas y parasitarias (Pérez et al., 2003) y se requiere de la aplicación de programas de control de las parasitosis equinas. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la extensión e intensidad de invasión de la *Gasterophilus* en la UBPC Guanaroca del municipio de Cienfuegos.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante el 2014 en 16 equinos mestizos fallecidos, los que fueron enviados al Laboratorio Provincial de Medicina Veterinaria. Estos fueron enviados al laboratorio cumpliendo el plan de muestras procedentes de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Guanaroca, perteneciente al sector estatal del municipio Cienfuegos. Esta entidad posee una población de 60 equinos destinados a diferentes labores agrícolas de la cooperativa, los que disponen como régimen de alimentación los pastos de las áreas que habitan.

Los antecedentes de cada animal fueron registrados en los modelos de reseñas de envío de casos, confeccionadas por el servicio veterinario que atiende la unidad. Según lo reflejado en dichas reseñas, los equinos eran machos castrados, mestizos criollos, con un peso que oscilaba entre 250 y 300 kg y de edad 7 a 15 años, los que se clasificaron en adultos (desde 5 años hasta 9 años) y viejos (más de 10 años), con lo que se conformaron grupos etáreos. Se utilizó la metodología del ACPA (2007) para la evaluación corporal de estos animales por los técnicos de campo.

Las variables que se utilizaron en el estudio fueron: edad, sexo, raza y estado nutricional y mes de muerte, obtenidas de las reseñas de envío de muestras al departamento de Patología del Laboratorio de Diagnóstico de Cienfuegos.

Mediante la necropsia, cada uno de los estómagos fueron abiertos longitudinalmente a través de la curvatura mayor con ayuda de una tijera, abarcando con este corte la ampolla duodenal, se vació todo el contenido en una bandeja negra, el estómago se lavó varias veces hasta conseguir la completa eliminación de restos del contenido gastrointestinal y el agua de lavado se recogió en copas de sedimentación.

En el estómago no se desarrolla el adulto de *Gasterophilus*, pero si las larvas por lo que después de eliminado el contenido estomacal se extrajeron todos los estadíos larvarios, se contaron y conservaron en alcohol-formol al 10 %. Para determinar la extensión e intensidad de invasión se tabularon, mediante las formulas propuestas por Kouba (1987).

$$\text{Extensión} = \frac{\text{número total de equinos parasitados}}{\text{población total}} \cdot 100$$

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{número total de individuos de una especie parásita}}{\text{número de hospedadores positivos a dicha especie}}$$

Además, la intensidad de invasión de esta parasitosis se clasificó en tres niveles con rangos diferentes (de 0 hasta 50, desde 51 hasta 100 y más de 101 hasta 150 respectivamente). Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante el método de comparación de proporciones para una  $P < 0,05$  y se usó el paquete estadístico SPSS, versión 11,5 para Windows.

### Resultados y discusión

La evaluación de la condición corporal (C.C.) efectuada a los animales en estudio, reveló que se encontraban en el rango de 2 y 2,5 (delgados), según descripción de las reseñas de envío de muestras al realizar las necropsias.

Al estudiar la extensión de *Gastrophilus* spp. en los equinos de la UBPC, se constató que de los 16 animales investigados, solamente 4 de ellos no presentaban esta parasitosis, por lo que el 75 % estaba afectado; esto demuestra la alta extensión de *Gastrophilus* spp. en la entidad.

Resultados similares fueron obtenidos por Cosmelli (2006) en dos mataderos en Santiago de Chile; Brito y Hernández (2011) en una empresa pecuaria de Santa Clara, sin embargo en reportes internacionales como el trabajo realizado por Studzinska y Wojcieszak (2009) en el sudeste de Polonia y Gökçen *et al.* (2008) en una región de Turquía determinaron incidencias del 14,75 % y 6,25 % de *G. intestinalis* o *G. nasalis* respectivamente. Duque de Araujo (2014) relató en su estudio que en el 80 % de los equinos examinados se encontraron gasterófilos, resultado que indica un aumento de la prevalencia de esta parasitosis en Portugal.

El alto porcentaje de extensión de gasterofilosis obtenido en el presente trabajo se debe a que los equinos no son desparasitados y se carece de tratamientos antiparasitarios y esquemas de desinfestación.

Tabla 1. Hallazgos de *Gastrophilus* spp. en los equinos investigados

| Equinos estudiados | Cantidad de parásitos |
|--------------------|-----------------------|
| 1                  | 140                   |
| 2                  | 50                    |
| 3                  | 0                     |
| 4                  | 45                    |
| 5                  | 80                    |
| 6                  | 98                    |
| 7                  | 0                     |
| 8                  | 60                    |
| 9                  | 0                     |
| 10                 | 103                   |
| 11                 | 110                   |
| 12                 | 95                    |
| 13                 | 0                     |
| 14                 | 150                   |
| 15                 | 85                    |
| 16                 | 120                   |
| <b>Total</b>       | <b>1 136</b>          |

Tabla 2. Intensidad de invasión de *Gastrophilus* spp. en los equinos investigados

| Niveles | Rangos  | Animales positivos | %    |
|---------|---------|--------------------|------|
| Nivel 1 | 0-50    | 2                  | 16,6 |
| Nivel 2 | 51-100  | 5                  | 41,6 |
| Nivel 3 | 101-150 | 5                  | 41,6 |
|         | Total   | 12                 | 100  |

De los 12 equinos infestados por la gasterofilosis, la intensidad de invasión se comportó con más de 50 larvas en 10 de 12 animales (83,3 %) entre los niveles 2 y 3. El total de larvas fue de 1 136 para una intensidad promedio de 94,6 con valores extremos de 45 a 150. Coincide este resultado con el obtenido por Brito y Hernández (2011), los cuales informan más de 50 larvas en 11 de 12 animales (92 %).

De acuerdo a la literatura consultada, individuos que presentan de 50 a 80 larvas podían presentar debilitamiento y hasta el estado de caquexia (Soulby, 1987). Es de notar que en algunas reseñas de envío de muestras al laboratorio se acotaba la presencia de síntomas como agotamiento, somnolencia, pérdida de peso corporal, anemia, cólicos y postración en algunos casos.

Otro aspecto a considerar, refieren los autores de esta investigación, lo constituye que por sus funciones de trabajo los equinos objeto de estudio pudieron estar sometidos a altas cargas físicas, manejo inadecuado de estos ejemplares, deficiente alimentación y administración de un tratamiento/año como control parasitario en el mejor de los casos, por lo que estaban expuestos a importantes factores predisponentes para la presentación de la gasterofilosis, causas incidentes en el peso desfavorable que mostraron los équidos.

No obstante, Scholl *et al.*, (2009) plantearon que la severidad de las lesiones en los hospederos normales suele estar asociada a una mayor carga parasitaria, así como a infestaciones crónicas y repetidas. Estos autores también expresaron que la mayoría de los caballos toleran una carga de hasta cien larvas en el estómago sin signos clínicos aparentes.

Tabla 3. Comparación de frecuencias de respuestas positivas.

| Variables                       | Si        | No        | Significación |
|---------------------------------|-----------|-----------|---------------|
| Edad de 5 a 9 años              | 7 (58,3%) | 5 (41,6%) | NS            |
| Sexo (machos)                   | 12 (100%) | 0(0%)     | **            |
| Raza (mestizo Criollo)          | 12 (100%) | 0(0%)     | **            |
| Condición Corporal (2,5 puntos) | 3 (25%)   | 9 (75%)   | *             |

**Leyenda:** NS- no significativo, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$

Los resultados de la Tabla 3 muestran que la edad no resultó significativa ya que no implica una mayor sensibilidad a la infestación en esta etapa, lo cual concuerda con estudios internacionales, en los que no se encontró relación entre la edad y la presentación de la parasitosis (Murray et al., 1996; Bezdeková et al., 2005). Sin embargo, autores como Stoltenow y Purdy (2003) afirman que los efectos de los parásitos internos son más evidentes en caballos jóvenes y desnutridos.

Con relación al sexo se encontró diferencias significativas en el porcentaje de equinos con larvas de *Gasterophilus* en los machos. Al respecto, Rodríguez et al. (2007) señalaron que en Brasil, el porcentaje de équidos positivos era superior en los machos que en las hembras; por el contrario Agneessens et al., (1998) detectaron que en Bélgica el porcentaje de yeguas con gasterofilosis era mayor que el de sementales. Sin embargo, en estudios desarrollados en Turquía por Gökçen et al., (2008) no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de equinos con larvas de *Gasterophilus* en función del sexo de los animales.

Es de notar que el 100% de los équidos de raza mestiza estaban afectados por larvas de *Gasterophilus*, lo que podría deberse a que estos ejemplares son destinados a labores del sector en extensas jornadas, durante las cuales los equinos eliminan mucho sudor y sustancias que atraen moscas. Por el contrario, Francisco (2010) señaló que los caballos autóctonos Pura Raza Galega exhibían los valores más reducidos de exposición a *Gasterophilus*, resultado atribuido a la agilidad de estos especímenes para evitar el acoso de las moscas adultas.

Referente a la condición corporal, la diferencia encontrada fue estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ), es decir existe una mayor probabilidad de presentar gasterofilosis en los animales de CC de calificación inferior a 2,5. La razón más probable se debe a que por sus funciones tal vez estaban sometidos a una actividad física intensa, deficiente alimentación y manejo de los equinos.

En tal sentido, diferentes alternativas de manejos y usos de los equinos han sido evaluadas recientemente, con la finalidad de reducir el riesgo de una carga parasitaria que dañe el bienestar del animal y/o su condición corporal; teniendo en cuenta que los equinos necesitan de un buen estado físico y fisiológico para realizar sus diferentes actividades que el ser humano le ha impuesto (Aguilera, 2011).

Al analizar los períodos de ocurrencias de las muertes de los equinos y el posterior envío de muestras para la realización del estudio se observó que los

mayores porcentajes (25 y 33,3 %) correspondieron a los meses de marzo y abril de 2014 respectivamente (Figura 1).

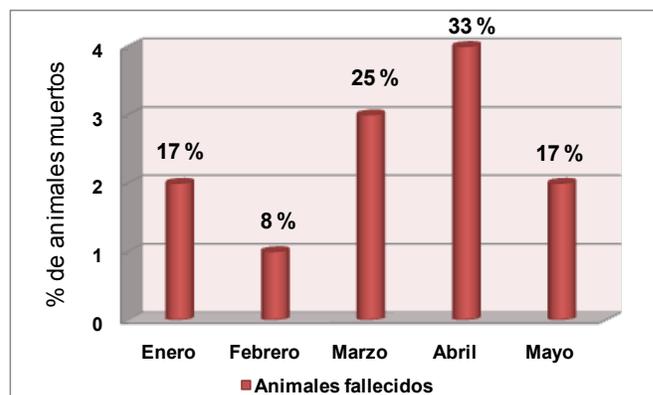


Figura 1. Comportamiento de la mortalidad en UBPC Guanaroca durante el año 2014.

Según los hallazgos, la totalidad de las muertes se produjeron en el período poco lluvioso, siendo la explicación probable que generalmente muchas parasitosis cursan de forma subclínica, pero el grado de complejidad sintomática va a depender en gran medida de la carga parasitaria, condición corporal del animal, estado fisiológico o época del año. Por tanto el disponer de una base alimentaria insuficiente, unido a una elevada carga parasitaria, causa trastornos digestivos como por ejemplo diarrea, cólico, gastritis, úlceras gástricas e incluso perforaciones intestinales y peritonitis, así como anemia y pérdida de peso corporal hasta un estado nutricional desfavorable, provocando la muerte en la época crítica de la sequía (Anon, 2009).

Afirma Duque de Araujo (2014) que la gasterofilosis es un padecimiento provocado por larvas de dípteros, además, es necesario tener en cuenta la influencia de los factores climáticos sobre el desarrollo del ciclo biológico de estos parásitos, entre estos la temperatura y velocidad del viento, además que en las zonas con climas templados las condiciones atmosféricas permiten la recuperación de larvas del pasto prácticamente durante todo el año y la eliminación de huevos es máxima en primavera y otoño.

Los autores de esta investigación enfatizan en realizar una profunda anamnesis, en las que se formulen aspectos como el número de animales afectados, el momento en el que apareció el primer caso, los antecedentes sanitarios de la explotación, el tipo de alimentación, los tratamientos farmacológicos aplicados y la observación de adelgazamiento. En el mismo sentido, el examen clínico debe ser minucioso, teniendo en cuenta que muchas infecciones parasitarias muestran cuadros clínicos muy similares.

Las manifestaciones del informante deben ser tomadas con ciertas reservas, sobre todo si proceden de los propietarios o de los cuidadores de los animales, quienes con cierta frecuencia aportan una información distorsionada o incompleta (Duque de Araujo, 2014).

### Conclusiones

1. La extensión de invasión del *Gasterophilus* spp. en la UBPC Guanaroca del municipio de Cienfuegos se consideró alta, ya que de los 16 animales investigados, el 75 % estaba afectado.
2. La intensidad media de la parasitosis fue de 94,6 con valores extremos de 45 a 150, presentando más de 50 larvas el 83,3% de los equinos afectados.
3. Tanto la extensión como la intensidad de invasión del *Gasterophilus* spp. en la UBPC Guanaroca del municipio de Cienfuegos, se comportaron con índices elevados contribuyendo a la mortalidad por esta causa.

### Referencias Bibliográficas

- Anderson, J.R. (2006). Oestrid myiasis of humans. In: Colwell DD, Hall MJR, Scholl PJ (Eds.), *The Oestrid Flies: Biology, Host-Parasite Relationships, Impact and Management*. CAB International.
- Aguilera, M.R. (2011). *Efecto del Albendazol e Ivermectina frente a nemátodos del equino en condiciones de campo*. Trabajo de Diploma en opción al título de Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Granma. Facultad de Medicina Veterinaria
- Agneessens, J., Engelen, S., Debever, P. y Vercruyssen, J. (1998). *Gasterophilus intestinalis* infections in horses in Belgium. *Vet Parasitol* 77, 199-204.
- Anon (2009). Disponible en: <http://www.solocaballos.com/Secciones/elcaballo/Sabias/parisosexinsectosmosca.htm>
- Bezdeková, B., Jahn, P., Vyskocil, M. y Plachý, J. (2005). Prevalence of equine gastric ulceration in Standardbred racehorses in Czech Republic. *Acta Vet Brno* 74, 59-65.
- Brito, E., y Hernández, M. A. (2011). Intensidad y extensión del *Gasterophilus* en una empresa ganadera. *Rev. prod. anim.*, 23 (2), 113 - 115.
- Campbell, M. (1998). Enfermedades del estómago. En: Colahan T, G Mayhew, A Merrit, J Moore (Eds). *Medicina y Cirugía Equina*. (pp. 543-554) 4ª Ed, Intermédica, Buenos Aires, Argentina.
- Castaño, R. (2009). Parásitos de los equinos. Disponible en: [http://sectorproductivo.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=210:parasitas-de-los-equinos&catid=61:equinos&Itemid=189](http://sectorproductivo.com/index.php?option=com_content&view=article&id=210:parasitas-de-los-equinos&catid=61:equinos&Itemid=189).
- Chen, X.N. (2001). A case of skin myiasis caused by *Gasterophilus nigricornis*. *Zhongguo Ji Sheng Chong Xue Yu Ji Sheng Chong Bing Za Zhi.*, 19: 60.
- Cogley, T.P. y Cogley, M.C. (1999). Inter-relationship between *Gasterophilus* larvae and the horse's gastric and duodenal wall with special reference to penetration. *Vet Parasitol* 86, 127-142.
- Cosmelli, R.O. (2006). Patologías gástricas en 200 equinos faenados en dos mataderos en Santiago (Chile). Memoria de Título como parte de los requisitos para optar al Título de Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Duque de Araujo, A.M. (2014). *Principales parasitosis gástricas en équidos de Portugal*. Tesis para optar al Título de Doctor en Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Veterinaria de Lugo.
- Espaine, L., Linares, R. y Demedio, J. (1996). *Manual de Parasitología y Enfermedades Parasitarias*. La Habana: Facultad de Medicina Veterinaria, Ed. MES.
- Francisco, I. (2010). *Epidemiología y control de los principales parasitismos del caballo en Galicia*. Tesis Doctoral. Departamento de Patología Animal, Facultad de Veterinaria de Lugo, Universidad de Santiago de Compostela.
- González, J., López, O.F. y Jordán, H. (2007). *Manual de equinos*. Ciudad de la Habana. Editorial Asociación Cubana de Producción Animal.
- Gökçen, A.; Sevgil, M., Altas, M.G. y Camkerten, H. (2008). Presence of *Gasterophilus* Species in Arabian Horses. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 32 (4): 337-339.
- Kouba, V. (1987). *Epizootiología general* (2ª ed.). La Habana: Ed. Pueblo y Educación.
- Merial (2011). El parasitismo en el caballo. Enfermedades. Merial, Chile. Disponible en: [http://cl.merial.com/equine/disease\\_info.asp](http://cl.merial.com/equine/disease_info.asp).
- Murray, M., Shusser, G., Pipers, F. y Gross, S. (1996). Factors associated with gastric lesions in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet J* 28, 368-374.
- Nielsen, M. (2012). Sustainable Equine Parasite Control: Perspectives and Research Needs. *Vet Parasitol.*, 185, 32-44.
- Pérez, R., Suárez, M. y Ruiz, L. (2003). *Caracterización sanitaria, seguridad y porte de vehículos de tracción animal en el municipio de Ciego de Ávila*. Tesis en opción al título de Master en Medicina Preventiva Veterinaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Cuba.

- Price, R.E. y Stromberg, P.C. (1987). Seasonal occurrence and distribution of *Gasterophilus intestinalis* and *Gasterophilus nasalis* in the stomachs of equids in Texas. *Am J Vet Res* 48, 1225-1232.
- Prieto, R. (1975). Dinámica estacional del ciclo evolutivo de oviposición de *Gasterophilus intestinalis*. *Revista Cub Cienc Vet.*, 5 (1-2), 51-56.
- Rodrigues, F., Silva, S., Eugenio C. y Schmidt, E. (2007). Presence of *Gasterophilus* (Leach, 1817) (Diptera: Oestridae) in horses in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Parasitol. latinoam.*, 62(3-4), 122-126. ISSN 0717.
- Royce, L.A., Rossignol, P.A., Kubitz, M.L. y Burton, F.R. (1999). Recovery of a second instar *Gasterophilus* larva in a human infant: a case report. *Am J Trop Med Hyg.*, 60(3), 403-404.
- Scholl, P. J., Catts, E.P. y Mullen, G.R. (2009). Myiasis (Muscoidea, Oestroidea). (Chapter 18). En Mullen, G. R. & Durd, L. A. (Eds.). *Medical and Veterinary Entomology* (2a Ed.) (pp. 309-338). Londres: Academic Press.
- Sequeira, J.L., Tostes, R.A. y Oliveira-Sequeira, T.C. (2001). Prevalence and macro- and microscopic lesions produced by *Gasterophilus nasalis* (Diptera: Oestridae) in the Botucatu Region, SP, Brazil. *Vet Parasitol.*, 102: 261-266.
- Soulby, E.J. (1987). Helminths (Vol. 1). *En Text-book of Veterinary Clinical Parasitology*. Philadelphia: F. A. Davis Company.
- Stoltenow, C. y Purdy, C. (2003). Internal parasites of horses. NDSU Extension Service. V-543.
- Studzinska, M.B. y Wojcieszak, K. (2009). *Gasterophilus* sp. botfly larvae in horses from the South-Eastern part of Poland. *Bull Vet Inst Pulawy*, 53: 651-655.
- Taylor, K., Hill, A., y Coles, G. (2002). *Gasterophilus* in dogs. *Vet Rec.*, 150: 192.
- Von Samson-Himmelstjerna, G. (2012). Anthelmintic Resistance in Equine Parasites-Detection, Potential Clinical Relevance and Implications for Control. *Vet. Parasitol.*, 185: 2-8.



04

## Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera “San Juan” del Municipio Cienfuegos

Proposals of agroecologic handling in the Cattle Farm “San Juan” of the Municipality of Cienfuegos.

Mario Julián Fuentes Gallardo<sup>1</sup>  
Maribel Águila Peña<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base de Suelos. Cienfuegos, Cuba.

### ¿Cómo referenciar este artículo?

Fuentes Gallardo, M. J., & Águila Peña, M. (2016). Propuestas de manejo agroecológico en la finca ganadera “San Juan” del Municipio Cienfuegos. *Revista Científica Agroecosistemas* [seriada en línea], 4 (1). pp. 30-37. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>

### RESUMEN

La investigación se realizó en la finca San Juan, ubicada en la localidad del “Junco” en el municipio de Cienfuegos, la misma tuvo como objetivo realizar la propuesta de un Programa de Conservación y Mejoramiento de Suelos con un Enfoque Agroecológico, que posibilitara la protección de este recurso e incidiera en el incremento de los rendimientos de los cultivos; para ello se valoró el nivel de uniformidad existente en parcelas de un mismo tipo de suelos y se recomendaron las medidas de conservación y mejoramiento en función de las cualidades generales de este recurso natural para su manejo apropiado. Se aplicaron las técnicas de análisis documental, observación y métodos analíticos de laboratorio para el diagnóstico de los factores limitantes incidentes en los rendimientos agrícolas. Para el análisis estadístico fue utilizado el paquete SSPS (técnica de la Estadística Inferencial de Prueba de Hipótesis para muestras relacionadas con un nivel de significación  $p \leq 0,05$ , según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan) evaluándose las variables acidez, fósforo y potasio asimilables, capacidad de intercambio catiónico y materia orgánica, así como el rendimiento de cuatro cultivos. Se determinó el comportamiento desigual de los índices analizados en las parcelas estudiadas, encontrándose diferencias en las características físicas y químicas estudiadas entre cuatro de ellas y la testigo a pesar de tener el mismo tipo de suelo. Para los cultivos analizados las parcelas que mostraron mejor comportamiento fueron la ocho y la seis, evaluándose con categoría I y II respectivamente.

**Palabras clave:** Agroproductiva, Conservación, Diagnóstico, Mejoramiento, Programa, Parcelas

### ABSTRACT

This investigation was carried on in San Juan Farm, located in the community of “El Junco”, municipality of Cienfuegos. The main objective was to propose a program for soil conservation and improvement, with an agroecological approach, that facilitate the protection of this resource and had influence on the increase of crop performance. For this purpose, the level of uniformity in the parcels of the same type of soil was evaluated, and the conservation and improvement measures, in function of the general qualities of this natural resource for its appropriate management, was recommended. Techniques were applied for documental analysis, observation and laboratory analytical methods, for the diagnosis of limiting factors that influence in agricultural performance. For the statistical analysis, SPSS Package (using Inferential Statistics Hypothesis Testing for samples related to a signification level  $p \leq 0,05$ , according to Docimo Duncan Multiple Range). The variables evaluated were: assimilable acidity, phosphorus, and potassium; cationic exchange capacity; organic material; and performance of four cultures. The unequal behavior of the analyzed indexes in the studied parcels was determined, finding in four of them, differences in the physical and chemical characteristics related to the control one, despite of having the same type of soil. For the analyzed cultures, the parcels that showed the best behavior were the eighth and sixth, evaluating them with category I and II, respectively.

**Keywords:** agroproductive, conservation, diagnosis, improvement, programs, parcels.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un conjunto organizado, de espesor variable; constituido por elementos minerales, orgánicos, seres vivos, agua y aire. Esta materia se encuentra sometida a constantes cambios por efecto de las variaciones del clima, la atmósfera y la acción del hombre (Urquiza et al., 2011). Hernández et al., (2014) consideran al suelo como un complejo regido por características físicas, químicas, físico – químicas y biológicas que determinan en gran medida la eficiencia en la producción agrícola.

Vallejo (2013) considera que si se tiene en cuenta la degradación de los suelos como uno de los principales problemas globales que sufre hoy la humanidad, se puede comprender por qué los científicos se enfrentan al reto de mejorar su calidad.

Desde los años 50, sobre todo en la antigua Unión Soviética, se presta atención al cambio de las propiedades de los suelos por la influencia del cultivo; estas investigaciones han cobrado mayor fuerza a nivel mundial en los últimos 20 años con buenos resultados sobre los problemas relacionados con la influencia antropogénica en el cambio de las propiedades de los suelos sobre todo en regiones tropicales por el uso intensivo y continuado en la agricultura (Hernández et al., 2014).

Cifras de instituciones oficiales reportan que unas 120 millones de hectáreas de suelo han sido afectadas. Se deforestan cerca de 500 mil hectáreas al año; la desertificación y degradación de tierras dañados de cada tres hectáreas, lo que ha ocasionado menor superficie agrícola y forestal. De hecho, la producción se reduce a menos de un décimo de su potencial en los bosques y selvas nacionales (Frías, 2015).

Es a partir de las últimas décadas que la humanidad ha tomado conciencia del problema y Cuba por su parte posee las herramientas y la voluntad política para contrarrestar esta tendencia; nuestra política para mitigar la degradación, detenerla y luego recuperar él recursos se sustenta en el Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de Suelos (IS, 2004).

La degradación del suelo constituye el primer problema ambiental de Cuba; es el recurso natural con mayor deterioro en el archipiélago, ello es resultado de un siglo de explotación sin aplicar medidas que favorezcan la protección de la tierra y del empleo de tecnologías agresivas sin la aplicación de medidas para su conservación y mejoramiento (Tamayo, 2005).

Ponce de León y Balmaceda (2009) consideran que para cualquier valoración que se haga al

comportamiento de un campo o finca con respecto a un cultivo, se evalúa la tierra y para ello se requiere de un diagnóstico de los factores limitativos que están presentes en el suelo.

En la finca “San Juan”, se hace utilización de los suelos en función de su aptitud. Estos han estado afectados debido al comportamiento heterogéneo de los factores limitativos con incidencia negativa en los rendimientos agrícolas y, a las prácticas inadecuadas que propician la degradación; por lo que es necesario particularizar en su manejo para lograr minimizar estos efectos y obtener altos rendimientos, a la vez que se conserve y mejoren las características.

Esta investigación se realizó con el objetivo de proponer un programa de conservación y mejoramiento de suelos con enfoque agroecológico, que posibilite la protección de este recurso e incida en el incremento de los rendimientos de los cultivos en ella establecidos.

### Materiales y métodos

La investigación se realizó en el período Mayo del 2009 - Abril del 2010 en la finca “San Juan” en la localidad del “Junco” en el municipio Cienfuegos. Posee un área de 22,96 ha dedicadas mayormente a la ganadería y una pequeña porción a los cultivos varios para el autoconsumo familiar, donde se centró el objetivo de la investigación.

Para realizar la misma se emplearon métodos del orden teórico: analítico – sintético, histórico – lógico y revisión documental; y métodos de orden práctico: observaciones directas y análisis de laboratorio y estadístico.

Se empleó la técnica de análisis documental para revisar el informe resumen y mapa de suelos del estudio 1: 25 000 del municipio y conocer las propiedades del suelo existente en la finca y utilizar esa información como punto de partida.

Se hicieron recorridos para la observación y evaluación de la profundidad efectiva (con la barrena holandesa de muestreo de suelos), erosión, pedregosidad y rocosidad (estimación visual) y pendiente (empleo del nivel y la regla escala) según la metodología de II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Academia de Ciencias de Cuba, 1973); la determinación de la velocidad de infiltración (VI) y capacidad de campo (directamente en campo), según Metodología para la Determinación de las Propiedades Hidrofísicas de los Suelos (MINAG, 1983).

La descripción de los suelos se realizó por los criterios de la Guía para la Descripción de Suelos

(FAO, 2009) y se clasificaron según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 2015). El muestreo del suelo en las parcelas se realizó según metodología de Sosa, D., (2012). Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de la Unidad Científica Tecnológica de Base (UCTB) de Suelos de Barajagua. La acidez (pH KCl) se realizó mediante método potenciométrico, según la Norma Cubana (NC): 11464-1999 y se usó una relación de suelo: KCl 1 normal de 1:2,5; contenidos de materia orgánica (m.o), determinado colorimétricamente por el método Walkley y Black NC: 51-1999. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), a través del tubo Schachtschadel, con Acetato de Amonio 1 normal pH 8,5, desplazando el amonio con  $\text{Cl}_2\text{Ca}$  0,5 normal o Acetato de Calcio 0,5 normal y se valora con E.D.T.A (Versenato), se usa como indicador el Ericorama negro T; fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ) asimilables por el método Mächiguin NC: 52 de 1999, extracción de las formas móviles de fósforo y potasio con Carbonato de Amonio al 1%, con una relación suelo-solución al 1:20 y la consiguiente determinación en el fotocolorímetro del fósforo y el potasio por fotometría de llama.

Para la clasificación agroproductiva se utilizó el Software Agro 24 versión 4.00, de (Mesa y Mesa, 1993) del IS, que analiza los factores limitativos del suelo para el uso agrícola, en el caso objeto de estudio, en los cultivos *Cucúrbita moschata*, *Duch* (Calabaza), *Ipomoea batatas* L. (Boniato), *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol) y *Zea mays* L. (Maíz) evaluándose el comportamiento de cada uno de ellos para categorizar agroproductivamente las parcelas en estudio. Este programa estima el Rendimiento Mínimo Potencial (RMP) probable, indica los factores limitantes críticos para los cultivos y entrega un resumen a nivel de unidad de producción; según el comportamiento de estos y su influencia en el desarrollo del cultivo en cuestión, se determinan cuatro categorías de evaluación: I muy productivos (70-100 % RMP), II productivos (50-70 % RMP), III poco productivos (30-50 % RMP) y IV muy poco productivos (< 30 % RMP).

La propuesta de medidas de conservación y mejoramiento fueron diseñadas en correspondencia con la problemática existente en cada una de las parcelas, para ello se usaron las disposiciones vigentes establecidas en el Artículo 34 del Decreto 179, "Protección, uso, mejoramiento y conservación de los suelos y contravenciones", aprobado en Marzo de 1993 (MINAG, 1994).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar y el método estadístico: Estadística Inferencial de Prueba de Hipótesis para muestras relacionadas con un nivel de significación  $P \leq 0,05$ , según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan para comparar las diferencias significativas en el comportamiento de los factores limitantes en las parcelas (de las 10 que conforman la unidad se seleccionaron las parcelas dos, cuatro, seis y ocho por tener diferentes usos agrícolas y como parcela patrón la cinco, que coincide con el punto de muestreo para la descripción del perfil del estudio 1: 25 000 del municipio).

Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 12,5 para Windows, las variables sometidas a este análisis fueron las descritas en el método analítico con excepción del fósforo asimilable, que alcanzó valores muy bajos, y los rendimientos de los cultivos que fueron evaluados. Se analizaron los estadígrafos: media aritmética, coeficiente de variación y error típico.

## Resultados y discusión

La finca está estructurada en 10 áreas de producción o parcelas con una superficie total de 22,96 hectáreas (ha), de ellas 19,9 ha que representan el 86,6 % dedicadas a las producciones pecuarias, incluyendo 1,30 ha para la producción de forrajes y 3,06 ha que representan el 13,3 % se dedican a otros fines no productivos pero que están en función de las producciones agropecuarias, como son el centro de procesamiento de materia orgánica, el de cría de cerdos y aves y el área para la producción de semillas (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución del área y uso actual.

| Parcelas | Uso actual      | Área(ha) |
|----------|-----------------|----------|
| 1,7      | Forraje         | 1,30     |
| 2        | Silvo-Pastoreo  | 1,80     |
| 3        | Semilla         | 1,20     |
| 4, 6     | Pastoreo        | 15,85    |
| 8, 9     | Cultivos Varios | 0,96     |
| 10       | Otros usos      | 0,90     |
| 5 Patrón | Cultivos Varios | 0,95     |
| Total    |                 | 22,96    |

Según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández et al., 2015) el agrupamiento de suelo presente en la finca es Pardo Sialítico, representado por el tipo Pardo (P) mullido y húmico, carbonatado. Mientras que por la II Clasificación genética de los Suelos de Cuba (Academia de Ciencias de Cuba, 1973) son suelos Pardos con Carbonatos Típico.

Tabla 2. Variación de características físicas del suelo.

| Indicador              | um    | Parcelas   |       |       |       |       |
|------------------------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
|                        |       | Patrón (5) | 2     | 4     | 6     | 8     |
| Velocidad Infiltración | mm/hr | 20         | 16    | 28    | 25    | 28    |
| Capacidad campo        | %     | 27         | 13    | 37    | 29    | 35    |
| Arena                  | %     | 33,0       | 32,97 | 32,96 | 35,21 | 17,52 |
| Limo                   | %     | 44,3       | 44,28 | 50,5  | 44,92 | 63,12 |
| Arcilla                | %     | 22,7       | 22,75 | 16,54 | 13,84 | 19,4  |

La velocidad de infiltración mostró comportamiento variable en las parcelas, el valor más bajo en la número dos y el mayor en las número cuatro y ocho, todos en el rango permisible para el tipo de suelos, independientemente de que los valores de las parcelas dos y patrón (5) se alejan de las restantes, constituyendo ello un factor limitante a corregir para además de facilitar la penetración del agua a las capas inferiores del suelo, propiciar el normal desarrollo radicular. Muñiz et al, (2015) señalan que este indicador de las propiedades físicas es de vital importancia al estar íntimamente relacionado con la compactación y porosidad del suelo.

Situación similar se observó en la capacidad de campo, las parcelas patrón y dos con los menores valores, aunque solo el de esta última por debajo del rango característico del tipo de suelo; este comportamiento estuvo en correspondencia con el de la velocidad de infiltración.

En la composición mecánica del suelo existió mucha variabilidad, los valores mostrados por la arena son similares en todas las parcelas excepto la número ocho con el índice más bajo; el limo en las parcelas cuatro y ocho alcanzó los mayores valores, solamente en esta última parcela muy superior a las restantes y en correspondencia con este comportamiento el valor de la arcilla en las parcelas cuatro y seis es el menor de toda el área estudiada, los índices alcanzados por las parcelas patrón y la dos, favorecen el comportamiento de las propiedades químicas al ser en la partícula de arcilla donde se concentra el mayor por ciento de nutrientes (Tabla 2).

Tabla 3. Comportamiento de otros índices físicos.

| Parcelas   | Piedras | Rocas | PE | Pendiente | Erosión |
|------------|---------|-------|----|-----------|---------|
|            | %       |       | cm | %         |         |
| 2          | 3,0     | < 2   | 20 | 6,0       | 25      |
| 4          | 0,1     | < 2   | 30 | 4,1       | 30      |
| 6          | 2,5     | -     | 40 | 5,0       | 30      |
| 8          | -       | -     | 42 | 2,0       | 5       |
| 5 (Patrón) | 0,1     | -     | 37 | 1,7       | 5       |

Leyenda: PE (Profundidad efectiva)

Existió alta variabilidad a pesar de ser el mismo tipo de suelo, según lo establecido en la metodología de evaluación de índices físicos y químicos de la Dirección Nacional de Suelos (MINAG, 1983) y la Guía para la Descripción de Suelos (FAO, 2009); la pedregosidad es moderada en las parcelas cuatro y patrón y pedregoso en dos y seis; se encontró la presencia de rocas con evaluación poco rocoso solamente en las parcelas dos y cuatro, situación que está dada por el afloramiento de las rocas hacia el horizonte superficial provocado por las pérdidas de suelo ocurridas por el proceso erosivo que ha afectado el área.

La profundidad efectiva en la parcela dos se evalúa de muy poco profundo y poco profundo en las restantes, aunque el valor que alcanza en las parcelas seis y ocho es superior; mientras que la pendiente se catalogó como casi llana en la parcela patrón, ligeramente ondulada en parcela ocho, y ondulada en parcelas dos, cuatro y seis; directamente relacionada a ella estuvo el comportamiento de la erosión, fue más acentuada la pérdida de suelos en los horizontes superficiales en las parcelas calificadas de ondulada, que son evaluadas de erosionadas, mientras que las casi llana y ligeramente ondulada se evaluaron de poco erosionadas, esta situación puso en evidencia la necesidad de la aplicación de medidas que garantizaran la conservación y el mejoramiento de estas parcelas (Tabla 3).

Pedregosidad y rocosidad son de gran importancia para valorar la calidad agroproductiva del suelo por su relación con la factibilidad de la mecanización y las posibilidades de que el sistema radical de las plantas pueda bosquejar y colonizar adecuadamente el suelo; también al igual que la profundidad efectiva influyen en la resistencia de las plantas al acame si no existe una adecuada relación entre el sistema foliar y el radical y al presentarse excesos de lluvia y viento; mientras que las pérdidas de suelo por la erosión inciden negativamente en los contenidos de nutrientes presentes en el suelo al perderse junto con la partícula de este la materia orgánica y el humus.

La acidez del suelo, determinada mediante el pH en Cloruro Potasio (KCl) en la parcela cuatro clasificó como un suelo ligeramente alcalino, en las parcelas seis y ocho fue neutro, mientras que en la dos fue ligeramente ácido. La parcela dos difiere significativamente del resto, mientras que la cuatro no difiere del patrón pero si de las demás. La seis y la ocho no difieren entre sí, pero si lo hacen del resto (Tabla 4).

Según Hernández (2014) la variabilidad del pH del suelo puede estar influenciada por la no observancia

de un patrón homogéneo de fertilización en el área, la utilización de implementos y técnicas agresivas en la preparación y manejo del suelo. Este criterio justifica lo observado en esta investigación en relación al pH, así como la variabilidad de los valores de materia orgánica encontrados.

Los valores de pH en las parcelas, excepto la cuatro, se ajustan a lo establecido por estudios realizados por Font et al., (2014) y Hernández et al., (2015), quienes plantean que en los suelos carbonáticos y calcáreos los valores más frecuentes de pH en KCl se encuentran entre 5,9 y 7,1; lo cual favorece el desarrollo de la mayoría de los cultivos. Este intervalo de pH favorece la solubilización de los nutrientes y evita que se produzca entorpecimiento en el proceso de nitrificación y aparezcan fosfatos insolubles (FAO, 2009).

Tabla 4. Características químicas del suelo en las parcelas de estudio

| Parcelas | pH KCl | S (ppm) | MO (%) |
|----------|--------|---------|--------|
| 2        | 5,7 c* | 650 b   | 3,0 b  |
| 4        | 7,5 a  | 1300 a  | 3,4 b  |
| 6        | 6,6 b  | 1563 a  | 2,4 c  |
| 8        | 6,7 b  | 522 c   | 4,7 a  |
| Patrón   | 7,1 a  | 770 b   | 4,5 a  |
| E.S      | 0,05   | 1,01    | 0,15   |
| C.V      | 6,80 % | 9,80 %  | 9,50 % |

\*Medias con letras diferentes, difieren significativamente para  $P \leq 0,05$ , según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan.

Leyenda: pH KCl (acidez), S (salinidad), ppm (partes por millón), MO (materia orgánica)

En todas las parcelas la salinidad registró valores que permiten clasificar los suelos como No Salino, según el criterio de Hernández et al, (2015). Sin embargo, las parcelas cuatro y seis, usadas para pastoreo, registraron los valores más altos, con diferencias significativas del resto, lo cual sugiere que estas áreas deben ser manejadas adecuadamente para evitar el incremento del contenido de sales solubles totales a niveles que puedan interferir en el normal desarrollo de los cultivos. El mencionado autor ha señalado que la salinidad tiene un efecto depresivo sobre los cultivos y puede llegar a inhibir por completo su normal desarrollo.

Los valores más altos de materia orgánica fueron encontrados en las parcelas patrón, y ocho, con diferencias significativas del resto y fueron las únicas que clasificaron como altos, según el criterio de MINAG, (1983). El valor más bajo se registró en la parcela seis, con diferencias significativas del resto. Las parcelas dos y cuatro, también sin diferencias entre ellas, difieren de las restantes y la parcela seis

con el valor más bajo también difiere del resto del área evaluada (Tabla 4).

En la unidad productiva los factores como: pendiente, contenido de materia orgánica, erosión y los factores antrópicos entre los que se encuentran: no aplicación de rotación de cultivos, utilización intensiva de sistema agresivo de laboreo al suelo, no establecimiento de medidas de conservación y mejoramiento de suelo explican las diferencias encontradas entre parcelas, a pesar que el suelo es del mismo tipo. Según Hernández et al., (2013), todos los factores mencionados contribuyen al deterioro del suelo.

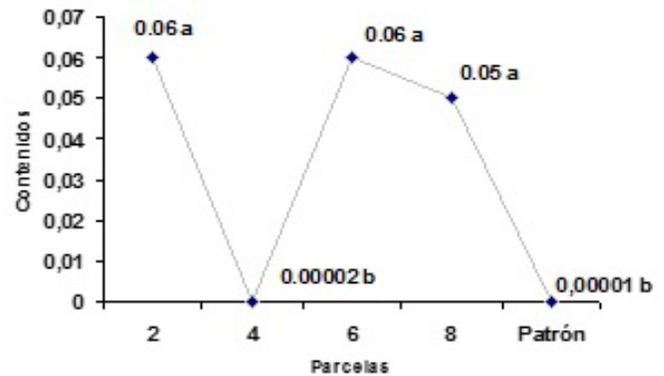


Figura 1. Concentración del Fósforo asimilable.

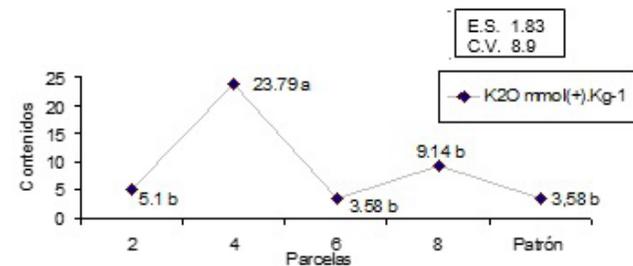


Figura 2. Concentración del Potasio asimilable. Medias con letras diferentes, difieren significativamente para  $P \leq 0,05$ , según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan.

El fósforo asimilable es un elemento de gran importancia para el normal desarrollo de la generalidad de los cultivos de interés agrícola (Hernández et al., 2015), este mostró variabilidad entre las parcelas dos, seis y ocho con respecto a la cuatro y la patrón, independientemente de que todos los valores son calificados de muy bajo (Figura 1).

El potasio asimilable también elemento importante para el desarrollo de los cultivos, cuyo comportamiento se evalúa de bajo en la parcela cuatro con el valor más alto, mostró diferencias con el resto de las

parcelas que se evaluaron de muy bajo, incluyendo la parcela patrón (Figura 2).

El comportamiento de ambos índices puso en evidencia una vez más la necesidad de que en el manejo de los suelos de la finca se tenga presente la ejecución de medidas de mejoramiento que contribuyan a revertir esta situación ya que como plantean (Gross, 2001 y Camellón, 2015) en suelos deficitarios de fósforo, el reforzamiento de abono fosfatado o una alternativa capaz de suplirlo es indispensable tanto para incrementar la producción como la riqueza de este en fósforo.

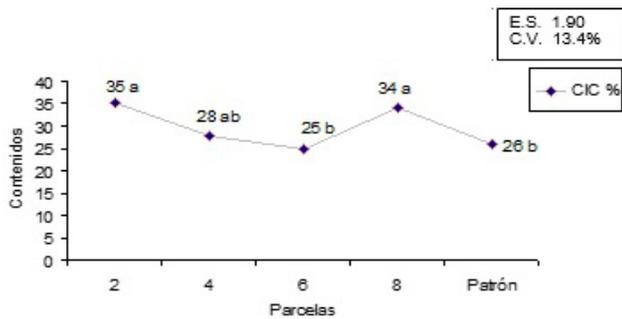


Figura 3. Capacidad de Intercambio Catiónico. Medias con letras diferentes, difieren significativamente para  $P \leq 0,05$ , según Dócima de Rangos Múltiples de Duncan.

Leyenda: CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)

La Capacidad de Intercambio Catiónico, estrechamente vinculada al tipo de arcilla predominante en el suelo (montmorrillonítica > 75%), se comportó mediana a alta, aunque las parcelas dos y ocho difieren de la cuatro, seis y la patrón (Figura 3). Los resultados mostrados son similares a los obtenidos por (Hernández et al., 2014) en suelos de igual clasificación.

En esta unidad como lo expresa (Vallejo, 2013) se evidencia que con el uso de los sistemas convencionales de agricultura, se descuidó mucho la importancia de mantener en el mismo el equilibrio químico (entre nutrientes); todo ello trajo consigo un desequilibrio en el ecosistema ocasionado por la erosión y la degradación.

En la tabla siguiente puede observarse la clasificación Agroproductiva de cada parcela para los cultivos evaluados.

Tabla 5. Evaluación Agroproductiva de las parcelas.

| Cultivos | Parcelas |     |    |   |        |
|----------|----------|-----|----|---|--------|
|          | 2        | 4   | 6  | 8 | Patrón |
| Calabaza | III      | III | I  | I | II     |
| Boniato  | III      | III | I  | I | II     |
| Frijol   | III      | III | I  | I | II     |
| Maíz     | IV       | III | II | I | II     |

El comportamiento agroproductivo fue variable entre parcelas, ya que la categoría agroproductiva (C.A) y por ello el rendimiento mínimo potencial (RMP), son desiguales dada la no homogeneidad con respecto a la incidencia entre los factores limitantes que las afectan, se destacaron en la parcela dos, cuatro y patrón: la profundidad efectiva, índice de vital importancia para el normal desarrollo de los cultivos, tanto por el papel que desempeña en la adsorción de nutrientes y agua en las capas inferiores del suelo como en lo relacionado con el anclaje. La topografía o pendiente en la dos, cuatro y seis, por el papel que desempeña en la incidencia de los procesos erosivos y su repercusión sobre los contenidos de arcilla, materia orgánica y nutrientes (Tabla 5).

En correspondencia con la incidencia de estos factores limitantes, el mejor comportamiento productivo fue observado en las parcelas seis y ocho que se evaluaron con categorías agroproductivas I para todos los cultivos y II el maíz en la parcela seis, igual evaluación (II) obtuvo la parcela patrón para todos los cultivos y a tono con ello son los resultados obtenidos en los rendimientos de los cultivos analizados, no observándose diferencias entre ellas, poniéndose en evidencia que en suelos con estas categorías es posible obtener los rendimientos más altos siempre que se dé cumplimiento a las exigencias agrotécnicas establecidas para cada uno de estos. Este comportamiento no difiere al obtenido por (Arce, 2013) en condiciones edafoclimáticas similares (Figura 4).

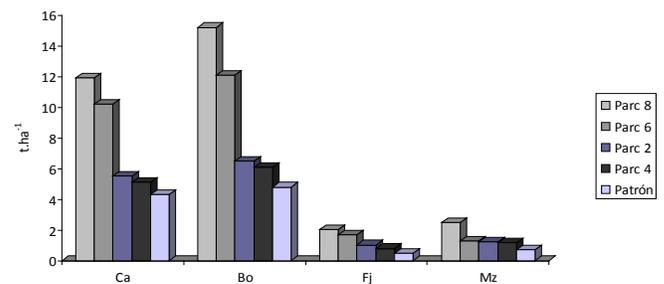


Figura 4. Rendimientos de los cultivos.

Leyenda: Calabaza (Ca), Boniato (Bo), Frijol (Fj), Maíz (Mz).

La actualización por parcelas de las medidas de mejoramiento y conservación que debían realizarse en estas áreas (Tabla 6) se fundamentan en las disposiciones vigentes en el Artículo 34 del Decreto 179 "Protección, uso, conservación y mejoramiento de suelos y contravenciones (MINAG, 1994) y tienen como objetivos minimizar el efecto negativo de los principales factores limitantes como fertilidad, pH, pendiente, erosión y profundidad efectiva; de forma

general en toda la unidad debe establecerse en el diseño de rotación que se utilice especies que se puedan emplear como abonos verdes para su incorporación, así como, introducir las prácticas de intercalamiento o asociación de cultivos para lograr mayor cobertura vegetal sobre las áreas y así contribuir a la disminución de los efectos de la erosión hídrica y eólica.

También se recomendó, el incremento en la aplicación de los compuestos orgánicos materia orgánica, humus de lombriz y compost, ya que se contaba con el potencial de excretas de origen animal y restos vegetales suficientes para la producción de los mismos y con ello resolver los problemas de fertilidad y retención de humedad detectados.

Tabla 6. Propuesta de medidas a aplicar a cada factor limitante.

| Parcela        | FL                   | MMC  |
|----------------|----------------------|--|
| 2              | pH                   | Aplicación de Materia Orgánica sin descomponer   |
| 2, 6           | Pendiente            | Siembra transversal a la mayor pendiente.<br>Barreras vivas y muertas, Tranques.   |
| 2, 4, 6        | Erosión              | Rotación de cultivos.<br>Incorporación de restos de cosecha.<br>Incorporación de abonos verdes.<br>Cobertura muerta  |
| 2, 4, Patrón   | Profundidad efectiva | Subsolación a 40 – 50 cm de profundidad.   |
| 2, 4, 6 Patrón | Fertilidad           | Aplicación de Humus de lombriz a una dosis de 6 t.ha <sup>-1</sup> y Materia Orgánica a 12 t.ha <sup>-1</sup> .<br>Fertilización según resultados agroquímicos |
| 2, 4, 6        | Piedras, rocas       | Recogida de piedras sueltas  |

Leyenda: FL (Factores limitantes), MMC (Medidas de mejoramiento y Conservación)

## Conclusiones

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de la realización de los estudios detallados de los suelos en las áreas de producción, que posibilite la determinación de la diferenciación entre las unidades, para así poder realizar el manejo de las mismas en base a las necesidades reales de cada una en dependencia de la problemática existente.

Los factores limitantes del rendimiento con mayor incidencia en la finca son: profundidad efectiva, topografía, erosión y fertilidad.

Existen diferencias en las características físicas y químicas estudiadas entre las parcelas, a pesar de pertenecer al mismo tipo de suelo.

Para los cultivos estudiados las parcelas que mostraron mejor comportamiento en los rendimientos fueron la seis y la ocho, que fueron las evaluadas con categoría agroproductiva I y II respectivamente.

## Bibliografía

Academia de Ciencias de Cuba. (1973). *Génesis y Clasificación de los suelos de Cuba*. La Habana, Cuba: Editorial CITMA.

Arce, D. (2013). *Evaluación de la implementación de un manejo de mejoramiento y conservación de suelos en la finca "Guasimal"*. Tesis de ingeniería no publicada. Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos. Cuba.

Camellón, J. L. (2015). *Degradación del suelo*. Recuperado de: [www.escambray.cu/tag](http://www.escambray.cu/tag).

Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (2009). *Guía para la descripción de Suelos*. Roma, Italia: FAO.

Font L., Calero B., Muñiz O., Chaveli P., Del Castillo, A., Mendoza, L., Curbelo, R., Montero, R. & Valenciano, M. (2014). *Estimación de la calidad del suelo: criterios físicos, químicos y biológicos*. *Agrotecnia de Cuba*, (37), 13-22.

Frías, L. (2015). *Degradación de suelos amenaza para el mundo. Ley No. 81 del Medio Ambiente, Gaceta oficial de la república de Cuba La Habana, XCV, (7), 47-48.*

Gross, A. (2001). *Guía Práctica de la fertilización. Agricultura Orgánica*, (1), 6.

Hernández, A., Morales, M., Ascanio, J., Borges, Y., Vargas, D., & Bernal, F. (2013). *Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la "Llanura Roja de La Habana": Cultivos Tropicales*. 34 (3). 45-51.

Hernández, A., Morales, M., Borges, Y., Vargas, D., Ascanio, J., Ríos M.O., Funes, Bernal, F., González, A., Cañizares, P.J. (2014). *Degradación de las propiedades de los suelos ferralíticos rojos lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana" por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento*. Mayabeque, Cuba: INCA.

Hernández, A., Pérez, J.M, Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*. La Habana, Cuba: INCA.

Instituto de Suelos (IS). (2004). *Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelo*. La Habana, Cuba: AGRINFOR.

- Mesa & Mesa (1993). *Manual para la explotación del Software Agro-24 Versión 4.0* (Material mecanografiado). La Habana, Cuba: Instituto de Suelos.
- MINAG. (1982). *Manual de Interpretación de los Suelos*. La Habana, Cuba: Científico-Técnica.
- MINAG. (1994). *Decreto 179 "Protección, Uso y conservación de Suelos y Contravenciones"*. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos.
- Muñiz, O. (2015). por-revertir-la-degradación-de-los-suelos-en-cuba. Recuperado de: [www.granma.cu/cuba/.../](http://www.granma.cu/cuba/.../).
- Ponce de León, D., & Balmaceda, C. (2009). *Evaluación de tierras con fines agrícolas*. La Habana, Cuba: Científico-Técnica.
- Sosa, D. (2012). *Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes*, 35 (2), 138-140.
- Tamayo, R. (2005). *Suplemento Científico Técnico*. Recuperado de [http://www.jrebeldede.cubaweb.cu/secciones/en-red/marzo13-2005/el\\_suelo.htm](http://www.jrebeldede.cubaweb.cu/secciones/en-red/marzo13-2005/el_suelo.htm).
- Urquiza, M., Alemán, C., Flores, L., Ricardo, M., & Aguilar Y. (2011). *Manual de procedimientos para manejo sostenible de tierra*. La Habana, Cuba: CIGEA.
- Vallejo, V. (2013). *Importancia y utilidad de la evaluación de la calidad de suelos mediante el componente microbiano: experiencias en sistemas silvopastoriles*. Colombia Forestal. 16 (1), 83 – 99.



05

# 05

---

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## Niveles de humedad, cepa y cantidad de sustrato arroz entero para la reproducción de *Trichoderma* spp.

Humidity level, strain and quantity of entire rice grain substrate for reproduction of *Trichoderma* spp.

María I. Irimia Hernández<sup>1</sup>  
Ana L. Rodríguez Hernández<sup>1</sup>  
Leónides Castellanos González<sup>2</sup>  
Email: [lcastellanos@ucf.edu.cu](mailto:lcastellanos@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup>Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal Cienfuegos. Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura. Carretera de Palmira Km 4.

<sup>2</sup>Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias.CETAS. Universidad de Cienfuegos.

### ¿Cómo referenciar este artículo?

Irimia Hernández, M. I., Castellanos González, L., & Rodríguez Hernández, A. L. (2016). Niveles de humedad, cepa y cantidad de sustrato arroz entero para la reproducción de *Trichoderma* spp. Revista Científica Agroecosistemas [seriada en línea], 4 (1). pp. 39-45. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>

### RESUMEN

El experimento se realizó en el Centro de Reproducción de Entomopatógeno del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos en el período comprendido de septiembre del 2008 a julio del 2009. Se estudió el comportamiento de los biopreparados de las cepas A-53 y A-34 de *Trichoderma harzianum* y C-66 de *Trichoderma viride*, bajo diferentes volúmenes de sustrato y porcentajes de humedad, obtenidos de forma artesanal en tarrinas bajo condiciones de cultivo estático sobre soporte sólido (arroz entero). Para la producción del biopreparado se utilizaron las metodologías correspondientes, realizando el secado en cuarto climatizado a temperatura de 20 C°. Se evaluó la calidad del bioproducto terminado, realizando las pruebas de concentración ufc/g, viabilidad, virulencia y pureza. Con la cepa *Trichoderma harzianum* A-53 se obtiene mayor calidad que con el resto de las cepas por la tecnología de fermentación en estado sólido usando sustrato arroz entero, reflejado en alto nivel de pureza y mayor concentración de los conidios del biopreparado, sobre todo en la combinación 100 g de arroz por tarrina y 35% de humedad. La cepa A-53 alcanza los mayores valores de virulencia (hiperparasitismo sobre *Sclerotium rolfsii*), mientras que no se observa diferencia entre las tres cepas en estudio en cuanto a la viabilidad de los conidios.

### ABSTRACT

The experiment was carried out in the Center for Entomopathogenic Microorganisms Reproduction at the Provincial Plant Health Laboratory in Cienfuegos, from September 2009 to July 2010. The behavior of the bioproducts of strain A-53 and A-34 of *Trichoderma harzianum* and C-66 of *Trichoderma viride* were studied, under different substrate volumes and percentages of humidity, obtained in a low technology way, in pots for static cultivation on solid supports (entire rice grain). For the bioproducts production, the corresponding methodologies were applied. The drying was done at 20 C° in an air-conditioned room. The quality of the finished bioproduct was evaluated doing the tests of ufc/g concentration, viability, virulence and purity. With the *Trichoderma harzianum* A-53, more quality was obtained than with the rest of the strains, applying the fermentation technology in solid state and using substrate of entire rice grain. This was reflected in the high level of purity and in the higher concentration of the bioproduct conidia, especially in the combination of 100 g of rice per pot and 35 % of humidity. The strain A-53 reaches the higher values of virulence (hyperparasitism on *Sclerotium rolfsii*), while the difference among three conidia under study looking for the viability of them, was not observed.

## INTRODUCCIÓN

El interés en el control biológico como método de control de enfermedades aumentó en los últimos años y aunque su desarrollo ha sido relativamente lento el potencial que representa para el manejo de las enfermedades es enorme y al igual que el de plagas de insecto tiene un futuro promisorio. La crisis de los sistemas agrícolas convencionales hace que sea un imperativo del momento el desarrollo y aplicación de nuevos métodos y técnicas de manejo de enfermedades. El control biológico da respuesta a muchos de los problemas de la agricultura moderna y es uno de los componentes esenciales de la agricultura sostenible (Martínez et al., 2013).

Entre los métodos de control biológico es importante la utilización de microorganismos antagonistas. En este grupo tiene un gran empleo las especies de hongos del género *Trichoderma* (Puño et al., 2011). El proceso de producción de hongos antagonistas con calidad competitiva exige, entre otros factores, la selección de sustratos idóneos para la propagación de microorganismos factibles, a partir de la producción agrícola local y no comprometida con otros usos, así como la formulación de otros ingredientes que confieran protección al principio activo y una metodología que garantice la estabilidad y preservación del producto final, que no alteren las propiedades físico-químicas y su interacción con la naturaleza biológica de los microorganismos (Reyes, 2011).

En Cuba la producción artesanal del biopreparado a base de especies del género *Trichoderma* ha sido difundida por su fácil reproducción y efectividad en la protección de los cultivos contra hongos del suelo (Stefanova, 2007). Por otra parte Martínez et al., (2013) plantea que la producción de biopreparados de diferentes cepas de *Trichoderma* se realiza mediante métodos artesanales, por cultivos líquidos estáticos y sólidos bifásicos.

Por primera vez en Cuba durante las campañas 1994-1995 se emplearon biopreparados, obtenidos por métodos alternativos con materias primas nacionales y parámetros controlados, de cepas promisorias nativas de *Trichoderma* (Stefanova, 2007).

La introducción del hongo *Trichoderma* spp. en Cienfuegos tuvo lugar en el período comprendido entre 1993-1995. El antagonista se comenzó a producir un método líquido estático empleando como sustrato la melaza. Posteriormente se empleó el método de reproducción de fermentación sólida empleando sobres de papel. Como tercera tecnología se empleó un método bifásico inóculo sólido – sustrato sólido similar al anteriormente descrito, pero en vez de emplear los sobres de papel se utilizaron

cajas metálicas para la reproducción de este antagonista (Castellanos et al., 2008).

A pesar de la experiencia acumulada en la provincia de Cienfuegos en la reproducción de *Trichoderma* spp. sobre soporte sólido por método estático, no se ha logrado un bioproducto con las condiciones de calidad y estabilidad que permitan su comercialización en el mercado de frontera y aunque se lograron exportar varios lotes del bioproducto, después de tres ciclos de producción había que cerrar el laboratorio por la presencia de contaminaciones fuertes. Para este mercado se exige que el sustrato sea grano de arroz entero, la concentración de unidades formadoras de colonia por gramo (ufc/g) supere el valor  $1 \times 10^9$ , y que la estabilidad del producto sea más de 90 días.

La investigación tuvo como objetivo evaluar diferentes niveles de humedad y cantidad de sustrato (arroz entero) para la obtención de un bioproducto en tarrina de buena calidad a partir de las cepas de *Trichoderma harzianum* A-34, *Trichoderma harzianum* A-53 y *Trichoderma viride* C-66.

## Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Centro de Reproducción de Entomopatógeno del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos, en el período comprendido entre septiembre del 2007 a julio del 2008. Se estudió el comportamiento de las cepas de *Trichoderma harzianum* A-34, A-53 y *Trichoderma viride* C-66 nativa de Cienfuegos, bajo diferentes volúmenes de sustratos y porcentajes de humedad en condiciones de cultivo estático sobre soporte sólido (grano de arroz entero).

Se adicionó a 45 tarrinas plásticas la cantidad de arroz entero a evaluar 100, 150 y 200 g. de acuerdo al tratamiento, se agregó un volumen de agua potable en relación al peso del arroz hasta lograr 30, 35 y 40% de humedad.

Se empleó un diseño multifactorial completamente aleatorizado con 27 tratamientos distribuidos en tres factores (tres cepas, tres cantidades de sustrato y tres niveles de humedad) con 5 réplicas (tarrinas), las cuáles constituyeron la unidad experimental. Las cepas estudiadas fueron *Trichoderma harzianum* cepa A 34, *Trichoderma harzianum* cepa A 34 y *Trichoderma viride* C66. Las cantidades de sustratos fueron 100, 150, 200 g y las humedades 30, 35 y 40 %.

**Preparación del sustrato:** Para cada nivel de sustrato estudiado (100, 150, 200 g) depositado en tarrinas plásticas se adicionó la cantidad de agua potable necesaria en relación al volumen peso para

lograr los niveles de humedad evaluados (30, 35 y 40 %) a cada nivel de sustrato.

**Esterilización:** Para ejecutar la esterilización las tarrinas se ubicaron en una autoclave a 121 °C de temperatura y 1,2 atm durante 40 minutos, este proceso se realizó como esta recomendado en el procedimiento para la reproducción de los biopreparados según metodología del INISAV. Posteriormente se extrajeron y se agitaron con movimientos horizontales para descompactar el sustrato, procurando que no quedaran granos de cabecilla en las paredes y tapas, se mantuvieron en reposo durante 12 horas y se procedió a la inoculación.

**Preparación de preinóculos:** Se utilizaron frascos de cristal de 500 ml, donde se adicionaron 24 g de arroz por cada recipiente y a partir de suspensiones de cultivos puros agarizados de las tres cepas de *Trichoderma* A-53, A-34 y C-66, obtenidos en la sección de entomo-patógeno del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal con sus correspondientes controles de calidad; se procedió a la inoculación para la que se emplearon dos cepas diluidas en 100ml de agua destilada estéril por cada una de las cepas evaluadas con una concentración mayor de 10<sup>8</sup> ufc/g, después se inició la incubación en el cuarto de reposo a 25°C durante 5 días, de igual forma se comprobó la calidad del preinoculo para realizar posteriormente la siembra.

**Inoculación del sustrato:** A partir de los preinóculos se obtuvo el material para inocular el sustrato. La inoculación se realizó empleando la proporción de 10 ml de la suspensión por cada 100 g de sustrato. Se agitaron las tarrinas inmediatamente con movimientos laterales para homogenizar el inóculo por todo el sustrato.

**Incubación del biopreparado:** Este proceso se realizó en cuarto climatizado a una temperatura de 25 °C donde el microorganismos se mantuvo en reposo hasta que se cosechó a los siete días.

**Secado:** La producción terminada se esparció sobre bandejas metálicas en cuarto climatizado a una temperatura de 20° C para extraer la humedad durante 72 horas, se tomaron muestras del producto final realizando las pruebas correspondientes de control de calidad.

Del producto final se tomaron muestras de cada réplica por variante o tratamiento y se le realizaron los análisis según la metodología descrita anteriormente para determinar los parámetros de calidad. Las variables de calidad del bioproducto que determinadas fueron:

**Concentración de conidios/gramo de sustrato:** De la muestra del biopreparado evaluado se tomó un gramo del producto y se realizó una suspensión en 10 mL de agua destilada estéril durante una hora después se realizaron cuatro diluciones a las que posteriormente se realizó el conteo de conidios en cámara de Neubauer, utilizando microscópico óptico con el objetivo de 40X.

**Pureza del bioproducto:** Durante todo el proceso de producción se mantuvo una evaluación diaria eliminando el producto contaminado evaluando el nivel de contaminaciones de las producciones visualmente y por medio de observaciones al microscopio para determinar los microorganismos contaminantes presentes en el biopreparado. Al final del ciclo se totalizó el producto contaminado, teniendo en cuenta el tipo de cepa, volumen de sustrato y porcentaje de humedad en las variantes en estudio.

**Virulencia:** Se realizó un enfrentamiento entre las diferentes variantes de cepas evaluadas y el hongo *Sclerotium rolfsii* Sacc empleando medio agarizado de agar-papa-dextrosa (PDA), en placas Petri de 9 cm, se sembró un disco de 0.5 cm de diámetro de *Trichoderma* spp. (cepas A-34, A-53 y C-66) en un extremo y en el otro uno similar con el crecimiento del patógeno. Se midió el crecimiento micelial de la *Trichoderma* spp. con una regla graduada al enfrentarse con el patógeno (entre cuatro a seis días), midiendo el solapamiento de la *Trichoderma* en cm.

**Viabilidad:** Se llevó a cabo mediante siembra en PDA de 0.1 mL de suspensiones conidiales con Tween 60 al 0.01 % preparadas a partir del biopreparado final, a una concentración del orden de 10<sup>8</sup> con/g. Estas se incubaron a 28 °C por 24 horas. El conteo de conidios se realizó en microscopio de contraste de fase, a las 24 h. Se efectuaron dos conteos por replicas a las 24 horas y los datos se expresaron en porcentaje de conidios germinados.

Para conocer si existía diferencia entre las diferentes variantes en cuanto a la variable concentración del biopreparado (ufc/g) se realizó un análisis de varianza trifactorial. Se empleó como unidad experimental la tarrina. Además se realizó un análisis de varianza simple para conocer si había diferencia entre las cepas en cuanto a las variables virulencia y viabilidad. Los datos de porcentajes de virulencia sobre el hongo patógeno y viabilidad de los conidios fueron transformados en  $2 \arcsen \sqrt{p}$ . En todos los casos las medias fueron comparadas por el test de rangos múltiples de Duncan con 5% de probabilidad de error para lo cual se empleó el paquete estadístico SSPS versión 15 para Windows.

## Resultados y discusión

La pureza visual y al microscopio, se observó para todos los tratamientos de las combinaciones de la cepa A-53 se obtuvo 100 % excepto para la combinación 200 g de sustrato y 40 % de humedad (Tabla 1). Para la cepa A-34 solo se alcanzó 100 % de pureza al microscopio en la combinación 100 g de sustrato con 30% de humedad y para la cepa C-66 no se alcanzó en ninguna combinación. Entre los contaminantes se encontraron bacterias sin identificar y varios hongos como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp. y *Monilia* spp.

Tabla 1: Interacción cepa-cantidad y humedad de sustrato del biopreparado.

| Tratamientos  |                      |                        |                   |                           |                         |  |
|---------------|----------------------|------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------------|--|
| Tipo de Cepa  | Niveles sustrato (g) | Niveles de humedad (%) | Pureza visual (%) | Pureza al microscopio (%) | Contaminantes           | Concentración biopreparado Ufc g <sup>-1</sup> |
| A-53          | 100                  | 30                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 2,32 x 10 <sup>9</sup> bc                      |
| A-53          | 100                  | 35                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 4,46 x 10 <sup>9</sup> a                       |
| A-53          | 100                  | 40                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 2,59 x 10 <sup>9</sup> bc                      |
| A-53          | 150                  | 30                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 2,80 x 10 <sup>9</sup> b                       |
| A-53          | 150                  | 35                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 2,50 x 10 <sup>9</sup> bc                      |
| A-53          | 150                  | 40                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 2 x 10 <sup>5</sup> e                          |
| A-53          | 200                  | 30                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 1,68 x 10 <sup>9</sup> bcd                     |
| A-53          | 200                  | 35                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 1,37 x 10 <sup>9</sup> de                      |
| A-53          | 200                  | 40                     | 100               | 80                        | Bacteria                | 2 x 10 <sup>5</sup> e                          |
| A-34          | 100                  | 30                     | 100               | 100                       | No contaminado          | 4,8 x 10 <sup>7</sup> de                       |
| A-34          | 100                  | 35                     | 100               | 80                        | <i>Aspergillus</i> spp. | 3,2 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| A-34          | 100                  | 40                     | 100               | 60                        | <i>Penicillium</i> spp. | 3 x 10 <sup>5</sup> e                          |
| A-34          | 150                  | 30                     | 100               | 40                        | <i>Rhizopus</i> spp.    | 2,0 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| A-34          | 150                  | 35                     | 100               | 40                        | Bacteria                | 8,0 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| A-34          | 150                  | 40                     | 100               | 40                        | Bacteria                | 2 x 10 <sup>5</sup> e                          |
| A-34          | 200                  | 30                     | 80                | 40                        | <i>Rhizopus</i> spp.    | 2,3 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| A-34          | 200                  | 35                     | 80                | 40                        | <i>Penicillium</i> spp. | 2,8 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| A-34          | 200                  | 40                     | 80                | 40                        | <i>Monilia</i> spp.     | 0,15 x 10 <sup>7</sup> e                       |
| C-66          | 100                  | 30                     | 100               | 60                        | <i>Penicillium</i> spp. | 3,0 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| C-66          | 100                  | 35                     | 100               | 60                        | <i>Aspergillus</i> spp. | 3,2 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| C-66          | 100                  | 40                     | 80                | 60                        | Bacteria                | 2,44 x 10 <sup>8</sup> de                      |
| C-66          | 150                  | 30                     | 100               | 40                        | <i>Rhizopus</i> spp.    | 4,1 x 10 <sup>7</sup> de                       |
| C-66          | 150                  | 35                     | 100               | 40                        | <i>Penicillium</i> spp. | 4,5 x 10 <sup>7</sup> de                       |
| C-66          | 150                  | 40                     | 60                | 40                        | <i>Monilia</i> spp.     | 3,1 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| C-66          | 200                  | 30                     | 60                | 40                        | <i>Aspergillus</i> spp. | 2,2 x 10 <sup>7</sup> e                        |
| C-66          | 200                  | 35                     | 60                | 40                        | <i>Penicillium</i>      | 2,2 x 10 <sup>6</sup> e                        |
| C-66          | 200                  | 40                     | 60                | 40                        | Bacteria                | 2 x 10 <sup>5</sup> e                          |
| CV (%)        |                      |                        |                   |                           |                         | 4,5  |
| Error Típico* |                      |                        |                   |                           |                         | 0,066  |

\* Medias con letras desiguales difieren para p < 0.05 según test de Duncan

El análisis estadístico arrojó significación para la interacción de los tres factores (cepa, humedad y cantidad del sustrato), e interacción doble cepa humedad del sustrato para la variable concentración del bioproducto, así como entre las cepas para la anterior variable y el hiperparasitismo, no así para la germinación de los conidios. Se verificó también significación estadística entre las cantidades del sustrato para la variable concentración del bioproducto.

Al analizar la concentración de conidios del biopreparado para la interacción tipo de cepa, cantidad de sustrato y porcentaje de humedad (Tabla 1) la mejor combinación fue para la cepa A-53 con un 35% de humedad y 100 g de sustrato con una concentración de 4,46 x 10<sup>9</sup> ufc/g, le siguieron desde el punto de vista estadístico A-53 con 30% de humedad y 150g, A-53 con 40% de humedad y 100g, A-53 con 35% de humedad

y 150g, A-53 con 30% de humedad y 100g, A-53 con 40% de humedad y 150g. Para la cepa A-53 solamente la variante de 200 gramos y 35% de humedad se encuentra con concentraciones por debajo de 1,68 x 10<sup>9</sup> conidios/g mientras que la cepa C-66 arrojó los menores valores de concentración de ufc/g.

Cuando un microorganismo no encuentra condiciones idóneas para su crecimiento y desarrollo, no evidencia su potencial, en particular cuando existe un medio rico en almidón como el arroz, lo que permite que sea utilizado en otros microorganismos lo que está en correspondencia con lo planteado por Elosegui *et al.* (2005) quienes comprobaron que para condiciones similares de humedad y esterilización el mayor riesgo de contaminaciones del bioproducto de *Trichoderma* ocurrió en la variante que incluía cabecilla de arroz en la mezcla de sustrato.

La presencia de contaminantes en las diferentes variantes estudiadas se considera como algo inherente al propio proceso productivo como han planteado Elosegui *et al.* (2005), quienes además señalan en particular que la calidad del sustrato y de la esterilización juega un papel importante en la carga de contaminantes del bioproducto de *Trichoderma* al final del proceso productivo.

Los presentes resultados demuestran la mayor adaptabilidad de la cepa A-53 en el proceso productivo tanto para la cantidad de sustrato como para el porcentaje de humedad, determinado esto por las características intrínsecas de las cepas.

Similares resultados de calidad del producto obtuvo Castillo, (2001) al lograr en la producción de conidios de *Trichoderma aureoviride* TAT-1 con la tecnología de fermentación en estado sólido sobre sustrato arroz, alcanzando concentraciones de  $2,74 \times 10^9$  con/g con el nivel más bajo de humedad 70% y cantidad de sustrato arroz  $0,39 \text{ g/cm}^2$ . Además los presentes resultados coinciden con los de este autor en lo relacionado a la respuesta diferencial de una cepa de *Trichoderma* spp. frente a diferentes porcentajes de humedad y sustrato para la variable concentración de ufc/g.

De las combinaciones estudiadas en la interacción cepa-humedad del sustrato la cepa A-53 con 35% de humedad presentó el valor más alto de concentración ( $1,7 \times 10^9$  ufc/g). Este tratamiento no presentó diferencia estadística para la concentración del biopreparado en la combinación de la propia cepa con 30% y 40% de humedad, ni con cepa A-34 con porcentaje de humedad de 30% y 35%. El resto de las variantes presentaron títulos inferiores a  $1,10 \times 10^9$  ufc/g y difieren estadísticamente de la mejor combinación (Tabla 2).

Tabla 2: Concentraciones del biopreparado (ufc/g) en el momento de la cosecha para la interacción Cepa-humedad del sustrato.

| Cepa                    | Humedad (%) del sustrato | Concentración ufc/g | Significación |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|---------------|
| <i>Trichoderma</i> A-53 | 30                       | $1,03 \times 10^9$  | ab            |
| <i>Trichoderma</i> A-53 | 35                       | $1,7 \times 10^9$   | a             |
| <i>Trichoderma</i> A-53 | 40                       | $1,02 \times 10^9$  | ab            |
| <i>Trichoderma</i> A-34 | 30                       | $1,13 \times 10^9$  | ab            |
| <i>Trichoderma</i> A-34 | 35                       | $1,10 \times 10^9$  | ab            |
| <i>Trichoderma</i> A-34 | 40                       | $0,66 \times 10^9$  | b             |
| <i>Trichoderma</i> C-66 | 30                       | $0,71 \times 10^8$  | b             |
| <i>Trichoderma</i> C-66 | 35                       | $0,55 \times 10^8$  | b             |
| <i>Trichoderma</i> C-66 | 40                       | $0,71 \times 10^8$  | b             |
| CV (%)                  |                          |                     | 12,3          |
| Error Típico*           |                          |                     | 0,08          |

\*Medias con letras desiguales difieren para  $p < 0.05$  según test de Duncan.

Los resultados obtenidos con las combinaciones de la cepa A-53 con 30%, 35% y 40% de humedad reflejan que esta cepa tiene una capacidad más amplia de adaptación al régimen de humedad que el resto. Al parecer las cepas A-34 y 66 requieren condiciones más específicas de humedad y les afecta el exceso de esta.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Elosegui *et al.* (2005) cuando refiere que un exceso de humedad provoca baja disponibilidad de oxígeno y por ende pobre desarrollo del microorganismo, además compactaría el sustrato impidiendo una colonización total de su superficie, por otro lado este autor señala que una baja humedad podría inhibir el desarrollo del antagonista.

Los resultados obtenidos en la comparación entre las cepas de *Trichoderma*, demostraron que la cepa A-53 manifestó superioridad con una concentración de  $2,37 \times 10^9$  ufc/g presentando diferencia estadística con la cepa A-34 y C-66 con concentraciones de  $2,82 \times 10^8$  y  $2,28 \times 10^8$  respectivamente independientemente de la cantidad del sustrato y porcentaje de humedad, y se obtuvo la menor concentración del biopreparado con la cepa C-66 del grupo *T. viride* (Tabla 3).

Tabla 3: Concentraciones del biopreparado (ufc/g) e hiperparasitismo para tres cepas de *Trichoderma* en el momento de cosecha.

| Cepa                    | Concentración biopreparado Ufc g <sup>-1</sup> | Hiperparasitismo (cm) |
|-------------------------|--|-----------------------|
| <i>Trichoderma</i> A-53 | $2,37 \times 10^9$ a                           | 2,18 a                |
| <i>Trichoderma</i> A-34 | $2,82 \times 10^8$ b                           | 1,17 b                |
| <i>Trichoderma</i> C-66 | $2,28 \times 10^8$ b                           | 1,15 c                |
| CV (%)                  | 7,6  | 8,0                   |
| Error Típico*           | 0,10   | 0,12                  |

\* Medias con letras desiguales difieren para  $p < 0.05$  según test de Duncan.

Los resultados obtenidos de  $2,37 \times 10^9$  ufc/g son los exigidos para estos bioproductos al momento de la exportación se corresponden con lo planteado por Stefanova (2007) para Cuba, quien informó concentraciones de conidios de  $2-3 \times 10^9$  con/g en el caso de producciones sólidas.

Se conoce de otras investigaciones que el arroz entero contiene de 0,2-0,5% de celulosa, y que todas las especies del género *Trichoderma* producen celulasa (Marín, 2012) por lo que al parecer *T. harzianum* (Cepa A-53 y A-34) son menos exigentes a la celulosa ya que se desarrollaron mejor sobre el sustrato en estudio (arroz) que la especie *T. viride* (Cepa C-66). Esto está

en correspondencia con lo planteado por Rodríguez y Piñeiro (2007) quien resaltó al hongo *T. viride* como el mejor productor de la enzima celulasa y alta capacidad para crecer en materiales celulolíticos.

Todas las cepas de *Trichoderma* spp. resultaron hiperparasíticas, esporulando sobre el hongo *Sclerotium rolfsii* Sacc., aunque la cepa A-53 superó el resto y presentó diferencia estadística con las cepas A-34 y C-66 (Tabla 3). Resultados similares fueron obtenidos con otras especies de *Trichoderma* sobre hongos patógenos aislados de otros cultivos por Martínez et al. (2010), Guedez et al. (2012) y Martínez et al. (2014).

Al analizar los resultados de virulencia pudo comprobarse que *Trichoderma* cepa A-53 fue superior a las 96 horas con 2,18 cm de solapamiento (Tabla 3) seguidas en orden descendente por las cepas A-34 y C-66. Los resultados alcanzados indican que la virulencia del bioproducto no va a depender de las condiciones bajo las cuales se realizó el proceso de producción en cuanto a cantidad de sustrato y porcentajes de humedad, sino que depende de la capacidad intrínseca de cada cepa de producir hiperparasitismo sobre un organismo determinado.

Estos resultados se corresponden con los de Reyes et al. (2006) quienes enfrentaron a *Trichoderma* spp. con el hongo *Rhizoctonia solani*, presentando el mayor hiperparasitismo *T.harzianum* cepa A-53 y A-34, demostrando la elevada actividad hiperparasítica de esta especie sobre el hongo patógeno.

Al analizar la concentración del bioproducto (ufc/g) en las variantes con diferentes cantidades de sustrato se observa que este parámetro resultó mayor cuando se utilizó 100 g/tarrina de arroz al alcanzar un título de  $1,79 \times 10^9$  ufc/g manifestando diferencia estadística con las variantes de 150 y 200 g/tarrina y éstas a su vez no arrojaron diferencia estadística entre sí, presentando una concentración con valores medios de  $1,25 \times 10^9$  y  $9,3 \times 10^8$  ufc/g respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4: Concentración del biopreparado (ufc/g) por cantidad de sustrato en el momento de cosecha.

| Cantidad de sustrato g/tarrina | Concentración del bioproducto ufc/g | Significación |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 200                            | $9,3 \times 10^8$                   | b             |
| 150                            | $1,25 \times 10^9$                  | b             |
| 100                            | $1,79 \times 10^9$                  | a             |
| CV (%):                        |                                     | 14,5          |
| Error Típico*                  |                                     | 0,11          |

\* Medias con letras desiguales difieren para  $p < 0.05$  según test de Duncan (Lerch, 1977).

Cuando se emplea mayor cantidad de sustrato este tiende a compactarse más, cumpliéndose lo planteado por Elosegui et al. (2005) quienes manifiestan que la compactación del sustrato impide una colonización total de la superficie por parte del microorganismo lo que se refleja en los valores de menor concentración obtenidos en la variante de 200 g de sustrato/tarrina.

## Conclusiones

Con la cepa *Trichoderma harzianum* A-53 se obtiene mayor calidad que con las cepas *T. harzianum* A 34 y *T. viride* C66 por la tecnología de fermentación en estado sólido usando sustrato arroz entero, reflejado en alto nivel de pureza, mayor concentración de los conidios del biopreparado sobre todo en la combinación 100 g de arroz por tarrina y 35% de humedad.

La cepa A-53 alcanzó los mayores valores de virulencia (hiperparasitismo sobre *Sclerotium rolfsii*), mientras que no se observó diferencia entre las tres cepas en estudio en cuanto a la viabilidad de los conidios.

## Bibliografía

- Castellanos, L., Rodríguez, A. Nimo, N., Sumit D. (2008). *25 años de experiencias de la lucha biológica en Cienfuegos*. Ponencia al 1er Congreso de la Sanidad Vegetal en Cuba. La Habana. 25 p.
- Castillo, D.M. (2001). Evaluación del crecimiento y desarrollo de *Trichoderma aureoviride* TAT-1 en una fermentación de estado sólido sobre el sustrato arroz. *Ciencia y Desarrollo*. 28-33.
- Elosegui, O., Fernández Larrea, O., Carr A. (2005). Influencia de la carga microbiana contaminante inicial del sustrato en la calidad final de biopreparados de *Trichoderma harzianum* Rifai y *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Fitosanidad*: 9 (1): 51-55.
- Guédez, C., Cañizalez L., Castillo C., Olivar R. (2012). Evaluación "in vitro" de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*. 32(3): 44-49
- Marín, S. (2012). *Trichoderma* spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo del café. En: *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*. Boletín técnico Cenicafé N 38.
- Martínez, B., Obret, Y., Pérez, S.; Reyes, Y. (2014). Antagonismo in vitro de cepas de *Trichoderma* spp. frente a *Sarocladium oryzae* (Sawada) W. Gams & D. Hawksworth. *Revista de Protección Vegetal*. 29(2): 106-111.

- Martínez, B., Infante, D., y Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Rev. Protección Vegetal*, 28 (1): 14-18.
- Martínez, B.; Reyes, Y., Infante, D.; González, E., Baños, H., Obret, Y., Cruz, A. (2010). Selección in vitro de aislamientos de *Trichoderma* para el control de hongos patógenos en arroz. *Fitosanidad*. 14(1): 51.
- Puño, R., Terrazas, E., Alvares, T., Giménez, A., Mendoza, L. H., Loza, M. (2011). Evaluación de la capacidad biocontroladora de metabolitos de *Trichoderma inhamatum* Bol12 QD sobre cepas nativas de *Phytophthora infestans* in vitro. *Journal of the Selva Andina Research Society*. 2(1): 26-33.
- Reyes, R.T., Rodríguez, G.G., Pupo Z.D., Alarcón P.L., Llimonta C.Y. (2006). Efectividad in Vitro de *Trichoderma harzianum* (Rifai) en el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Pyricularia grisea* (Sacc.) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). En: *memorias del taller Latinoamericano. Biocontrol con Trichoderma y otros antagonistas*. INISAV. Ciudad de La Habana.
- Reyes, Y. (2011). *Aislamientos de Trichoderma spp. promisorios para el control biológico del tizón de la vaina (Rhizoctonia solani Kühn) en arroz*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque. Cuba. 94 p.
- Rodríguez, I. y Piñeros Y. (2007). Producción de complejos enzimáticos celulolíticos mediante el cultivo en fase sólida de *Trichoderma* sp. sobre los racimos vacíos de palma de aceite como sustrato. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 14 (2): 35-42. Universidad de Antioquia, Colombia
- Stefanova, M. (2007). Introducción y eficiencia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp. en Cuba. Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal. La Habana. *Fitosanidad*. 11(3): 175-179.
- Velásquez, J. (1996). *Control biológico de Sclerotium rolfsii Sacc. Con Trichoderma harzianum Rifai en siembras comerciales de tabaco en Estado de Portuguesa*. Tesis de Post grado de Fitopatología. UCLA. Barquisimeto. 103 p.



06

# 06

---

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan

Water quality for irrigation water, main measurement indicators and processes that affect them

Lic. Tania Tartabull Puñales<sup>1</sup>

Dra. C. Carmen Betancourt Aguilar<sup>2</sup>

E-mail: [crbetancourt@ucf.edu.cu](mailto:crbetancourt@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup> Centro Mixto "Felix Varela Morales", MINED, Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba.

<sup>2</sup> Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible. CETAS. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos

### ¿Cómo referenciar este artículo?

Tartabull Puñales, T., & Betancourt Aguilar, C. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Revista Científica Agroecosistemas* [seriada en línea], 4 (1). pp. 47-61. Recuperado de <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>

### RESUMEN

La calidad del agua constituye una variable a controlar en la agricultura de regadío, tanto a nivel fuente como a nivel sumidero. El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión actualizada de la información relacionada con los principales indicadores usados para evaluar la calidad del agua de riego, así como los criterios sobre los procesos que la afectan. Las variables directas con mayor uso fueron: la salinidad, la sodicidad, la alcalinidad y la toxicidad iónica específica y las indirectas: la tolerancia de los cultivos a la salinidad, tolerancia de los suelos a la salinidad, sodicidad y alcalinidad, manejo del riego y clima. Los principales indicadores para evaluar estas variables fueron la Relación de Absorción del Sodio, el Porcentaje de Sodio Posible, el Carbonato de Sodio Residual, el Índice de Permeabilidad Potencial y Efectiva, la conductividad eléctrica, el pH y el boro, cloruro y sodio como indicadores de toxicidad. La intrusión marina provocada tanto por una explotación excesiva de los pozos ubicados en zonas costeras y adyacentes, así como por la elevación del nivel del mar generado por el cambio climático, provocan salinización de las aguas con su respectivo deterioro de su calidad. En las publicaciones revisadas se enfatiza aspectos sobre las variables e indicadores y los procesos que deterioran la calidad del agua, sin embargo, no se aborda el daño potencial de la dureza y la eutrofización del agua sobre los sistemas de riego por obstrucciones en bombas y sistemas de distribución. Estos aspectos también debían evaluarse.

**Palabras clave:** Toxicidad iónica, sodicidad, alcalinidad, salinidad.

### ABSTRACT

Water quality is a variable to control in irrigated agriculture, both at source level as at sump level. The aim of this study was to conduct an updated information review related to the main indicators used to assess the quality of irrigation water, and the criteria about the processes that affect it. The direct variables with greater use were: salinity, sodicity, alkalinity and specific ion toxicity and indirect: the crop tolerance to salinity, tolerance of soil salinity, sodicity. The indirect variables were: crop tolerance to alkalinity, soil tolerance to salinity, sodicity and alkalinity, irrigation management and weather. The main indicators to assess these variables were the Ratio of Sodium Absorption, the Percent of Possible Sodium, the Residual of Sodium Carbonate, the Potential and Effective Index, Electrical Conductivity, pH and Boron, chloride and sodium as indicators toxicity. Seawater intrusion caused both by excessive exploitation of coastal wells and adjacent areas, as well as by rising sea levels generated by climate change, cause water salinization with the respective quality deterioration. In the reviewed publications, aspects of the variables and indicator, and processes that deteriorate water quality are emphasized. However, the potential harm of water hardness and eutrophication on irrigation systems produced by obstructions in pumps and in distribution systems is not addressed. These aspects should also be assessed.

**Keywords:** ionic toxicity, sodicity, alkalinity, salinity

## INTRODUCCIÓN

Uno de los factores importantes para el desarrollo de una región es la disponibilidad de fuentes de agua que reúnan los requisitos para varios propósitos; tanto en cantidad como en calidad. Es necesario considerar estos aspectos para un adecuado manejo del recurso (Choramin et al., 2015). Los recursos hídricos en todo el mundo están sometidos a enormes presiones debido al incremento de la demanda de agua con mejor calidad; esta demanda está condicionada por factores políticos, sociales y ambientales (Moreno y Roldán, 2013). El desarrollo económico asociado a un incremento acelerado de la población ha generado una mayor demanda de agua para diferentes fines; consumo humano, uso industrial y agrícola entre otros (Vasanthavignar et al., 2012).

La calidad del agua para el riego es de gran importancia por razones de seguridad, debido a su potencial efecto sobre la salud humana y de los ecosistemas en general (Graczik et al., 2011). La mala calidad del agua que se usa en el riego es una de las razones que justifica la presencia de patógenos en vegetales como el tomate y la lechuga (Puto, 2012). El concepto de calidad de agua para el riego se refiere a las características del agua que puedan afectar a los recursos suelo y cultivo en su uso a largo plazo (Bosch et al., 2012).

Varios autores (Ayers y Westcott 1987; Gholami y Shahinzadeh, 2014; Asamoah et al., 2015) señalan que para evaluar la calidad del agua para el riego se debe definir tres criterios principales: salinidad, sodicidad y toxicidad. Para evaluar la salinidad es necesario considerar el tipo y cantidad de sales disueltas (Gholami y Shahinzadeh, 2014). La salinidad es un problema externo de la planta y dificulta la absorción de agua; cuando es alta aumenta la velocidad de infiltración, porque contrarresta el efecto dispersivo del sodio, mientras que cuando es baja disminuye, como resultado de su naturaleza corrosiva. Los principales indicadores a tener en cuenta son la concentración total de sales solubles, los iones calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), la conductividad eléctrica (CE) y pH (Ayers y Westcott, 1976; Arzola et al., 2013).

La sodicidad se mide en relación a la concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes (Lingaswamy y Saxena, 2015). Una proporción alta de Na sobre el Ca produce descenso en la infiltración como consecuencia de su efecto dispersante sobre los agregados del suelo. Para evaluar la toxicidad se consideran la concentración de boro y

otros elementos como el sodio y el cloruro (Ayers y Westcott, 1985; Asamoah et al., 2015). La toxicidad es un problema interno que se produce cuando determinados iones, absorbidos principalmente por las raíces, se acumulan en las hojas mediante la transpiración, llegando a alcanzar concentraciones nocivas.

Con las variables surgidas de la evaluación de los tres criterios señalados anteriormente se calculan un grupo de indicadores que permiten determinar la aptitud del agua de riego. Estos indicadores son definidos por varios autores (Ayers y Westcott 1987; Palancar, 2006; Cortés-Jiménez et al., 2009; Lingaswamy y Saxena, 2015) e incluyen la relación de adsorción de sodio (RAS), el carbonato de sodio residual (CSR), el pH, la conductividad eléctrica (CE), el grado de acidez, porcentaje de sodio posible (PSP), salinidad efectiva (SE), salinidad potencial (SP), índice de permeabilidad (IP).

En las comunidades costeras y en otras regiones, el agua subterránea constituye la principal fuente de abastecimiento para múltiples usos (consumo humano, uso industrial, turístico, ecosistemas en general y también en las diferentes actividades agrícolas). La calidad del agua subterránea depende de muchos factores, tales como las características del suelo, la topografía de la región, las actividades humanas, entre otros (Zghibi et al., 2013). En especial el riego puede modificar la calidad del agua de corrientes superficiales vecinas (Betancourt et al., 2012) y al agua subterránea, por percolación de las aguas de lavado de áreas fertilizadas y tratadas con pesticidas.

Cuando los acuíferos costeros son explotados por encima de sus capacidades y ocurre un sobreconsumo se rompe el equilibrio entre el agua subterránea y el agua de mar y ocurre la intrusión marina (Lin et al., 2012). El cambio climático afecta las condiciones hidrogeológicas; por ejemplo genera cambios en la temperatura del agua y en el balance de sales presentes, además favorece la intrusión marina (Kovalevskii, 2007). Tanto la sobreexplotación de los acuíferos como el cambio climático potencian los cambios en la calidad del agua de los acuíferos costeros, que resulta necesario conocer para el establecimiento de estrategias en relación al uso de estas aguas. En esta revisión bibliográfica se identificaron los principales indicadores para evaluar la calidad del agua de riego, usados por diferentes investigadores. Además se recopilieron diferentes criterios sobre los procesos que afectan la calidad del agua para el riego.

## Indicadores de la calidad del agua para el riego

La calidad del agua de riego afecta de forma muy relevante a la estabilidad estructural del suelo y a su capacidad para transmitir el agua y el aire, así como a las plantas cultivadas. Constituye una variable a controlar en la agricultura de regadío, tanto a nivel fuente (aguas de riego y su impacto interno sobre cultivos y suelos) como a nivel sumidero (retornos de riego y su impacto externo sobre la calidad de los sistemas receptores). Las variables directas para medir la calidad del agua para el riego son (1) la salinidad, (2) la sodicidad, (3) la alcalinidad y la toxicidad iónica específica. Las variables indirectas, también llamadas ambiente dependiente son (1) tolerancia de los cultivos a la salinidad, (2) tolerancia de los suelos a la salinidad, sodicidad y alcalinidad, (3) manejo del riego y (4) clima (Aragües, 2013).

Se ha planteado que la sodicidad es la variable (seguida de la alcalinidad) que mayores efectos negativos tiene sobre el suelo, mientras que la salinidad es la que tiene más efecto sobre las plantas. Los problemas de toxicidad están referidos a los constituyentes (iones; cloruro, sodio y boro) en el suelo o agua que pueden ser tomados y acumulados por las plantas hasta concentraciones altas, causando daño a los cultivos o baja en su rendimiento (Aragües, 2011a). El grado del daño depende de la asimilación y la sensibilidad del cultivo. Por ejemplo, árboles frutales u ornamentales leñosos generalmente son más sensibles al cloruro, sodio y boro que muchas plantas anuales.

### 1. La sodicidad y su indicador de medida. La Relación de Absorción del Sodio (RAS)

Los suelos sódicos ocupan extensas áreas y aparecen en todo el planeta (Singh et al., 1996). Mientras que los productores pueden controlar la salinidad, el peligro de sodicidad es más complejo y difícil de manejar. Los suelos sódicos no sólo se encuentran física y químicamente degradados sino también biológicamente degradados. Debido a la baja carga de microorganismos heterotróficos, el poder de descomposición de la materia orgánica de los suelos sódicos es considerablemente menor que el de los suelos normales (Gupta, 2006).

La afectación de la estructura del suelo por cationes monovalentes como el sodio, se produce por un enriquecimiento del complejo de cambio del suelo en cuestión (sustitución de los iones calcio y magnesio por sodio) (Asamoah et al., 2015). La capacidad de intercambio de un catión depende tanto de las propiedades de dicho catión como de los intercambiadores del suelo. El sodio por su baja carga, elevada capa de hidratación y baja polaridad,

es poco retenido por el complejo de intercambio, representado principalmente por arcillas y materia orgánica. Esto deriva en sistemas con tendencia a la dispersión coloidal, susceptibilidad a la erosión, una arquitectura porosa intrincada e inestable con la consiguiente mala circulación del agua y los gases del suelo. Sin embargo, otros iones como calcio y en menor medida magnesio, fundamentalmente por su carga, se manifiestan como elementos agregantes, causantes de una estructura edáfica muy apropiada para el crecimiento de las plantas (Richards, 1954). El riego a largo plazo con aguas sódicas deteriora significativamente propiedades del suelo como el pH, la conductividad eléctrica del extracto de saturación, el porcentaje de sodio intercambiable, la relación de adsorción de sodio del extracto de saturación, la densidad aparente y la tasa de infiltración final del suelo (Kaur et al., 2006). La escasa productividad de los suelos sódicos se ha relacionado con la baja tasa de infiltración y las restricciones de drenaje debido a su poca e inestable macroporosidad.

Altos valores de  $\text{Na}^+$  en el agua también afectan la germinación de la semilla y dificultan la aireación del suelo enfermando la planta y sus raíces (Ayers y Westcot, 1985). También provocan un incremento de la presión osmótica de la solución del suelo, lo cual dificulta la toma de agua por las raíces con la consecuente disminución de la disponibilidad de agua para las funciones de la planta (Asamoah et al., 2015).

La toxicidad del sodio depende en gran medida de los niveles de calcio y magnesio. Si el magnesio y calcio son altos, éstos atenúan el efecto dañino del sodio; esto explica que para un RAS (Relación de Absorción de Sodio) dada, la infiltración del agua aumenta conforme la salinidad se incrementa. Los valores altos de RAS pueden ser tolerados cuando la salinidad del agua de riego aumenta. Contrariamente, baja RAS del agua puede ser peligrosa en el suelo si la CE es baja (Arzola et al., 2013). La sodicidad genera el colapso no jerárquico de la estructura directamente a nivel de partículas de arcilla y causa la irreversibilidad del fenómeno. La salinidad al margen de la problemática osmótica en la disponibilidad de agua, es responsable de la floculación de los coloides, lo cual incide positivamente en la estructuración, además de impartir reversibilidad al proceso.

La RAS se expresa por la siguiente ecuación:

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})^{1/2}$$

Donde:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  son las concentraciones de los iones sodio, calcio y magnesio respectivamente, expresados en meq  $\text{L}^{-1}$ .

La presencia de altos valores de sodio, con una baja relación  $\text{Na}^+:\text{Ca}^{2+}$ , en el agua de riego provoca la dispersión del suelo y la pérdida de la estructura (Asamoah et al., 2015). Los suelos sódicos se dispersan al humedecerse, formando estructuras endurecidas masivas cuando se secan, con una relación suelo-agua pobre relacionada en gran medida a la disminución de la permeabilidad, infiltración y formación de costras superficiales (Wong et al., 2006).

Según Arzola et al. (2013), cuando se riega un suelo de buen drenaje, se alcanza un RAS comúnmente de 1,5 a 3 veces más alto que el del agua de riego. Cuando el suelo tiene un pobre drenaje y se acumula el agua en la superficie, ésta proporción puede ser hasta 10 veces mayor. Estos autores sugieren el uso del criterio de Cánovas (1986) para evaluar la calidad del agua según la RAS, mientras que Lingaswamy y Saxena (2015) sugieren el criterio de Richards (1954) (Tabla 1).

Tabla 1. Criterios de la calidad del agua a partir de los valores de la RAS.

| Según Cánovas (1986) |                     | Según Richards (1954)      |
|----------------------|---------------------|----------------------------|
| RAS*                 | Riesgo de sodicidad | Criterio de uso de calidad |
| <10                  | Bajo                | Excelente                  |
| 10-18                | Medio               | Buena                      |
| 18-26                | Alto                | Dudosa                     |
| >26                  | Muy alto            | No recomendable            |

\*Relación de absorción del sodio

Sin embargo los criterios de Cánovas (1986) y Richards (1954) no consideran el efecto de la salinidad sobre el riesgo que puede ocasionar los valores de la RAS. El diagrama elaborado por el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Wilcox, 1948), considera el efecto de la RAS combinado con los de la CE, lo cual aporta un criterio más integrado. Este diagrama es ampliamente usado para la clasificación del agua de riego (Arslan y Demir, 2013; Singh et al., 2015).

En el diagrama antes mencionado se grafica la conductividad eléctrica en la abscisa y los valores del SAR en la ordenada y para ambas variables se usan cuatro intervalos de valores. Para valores de CE menores que  $250 \mu\text{S}/\text{cm}$  se clasifican como de baja salinidad y se identifican con la letra C1; C2 para la salinidad media (CE entre  $250 - 750 \mu\text{S}/\text{cm}$ ; C3 para salinidades altas ( $750 - 2250 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) y C4 para zonas salinas (CE mayores que  $2250 \mu\text{S cm}^{-1}$ ). Los valores de la RAS se identifican con la letra S; S1 para valores menores que 10 (bajo riesgo de daño por el sodio), S2 entre 10 y 18 (riesgo medio), S3 entre 18 y

26 (alto riesgo) y S4 para valores de la RAS mayores que 26 (muy alto riesgo).

## 2. La sodicidad y su indicador de medida. Porcentaje de Sodio Soluble (PSS).

Este indicador también se usa para evaluar el riesgo producido por el sodio. Altos valores causan defloculación y afectan la permeabilidad del suelo. También limitan la circulación del aire y el agua en condiciones de alta humedad (Saleh et al., 1999; Lingaswamy y Saxena, 2015).

Altos niveles de sodio intercambiable (PSI) causan hinchamiento y dispersión de las arcillas, ocasionando problemas de encostramiento, reducción de la infiltración, incremento de la erodabilidad (laminar, en surcos y en cárcavas), pérdida de estabilidad estructural y reducción en el crecimiento de las plantas debido a estas alteraciones y a la toxicidad específica del  $\text{Na}^+$  (Lebron et al., 1994).

La alteración de la geometría de los poros del suelo afecta la permeabilidad intrínseca del mismo, la retención de agua y la productividad de los cultivos. Se ha demostrado la incidencia de la sodicidad en el cambio de la arquitectura porosa de los suelos. Varallyay (2002) detalla la influencia de la salinidad-alcalinidad de los suelos sobre sus propiedades físico-mecánicas señalando que un alto porcentaje de sodio intercambiable (PSI) ocasiona un aumento de la tasa de hidratación de las partículas y del fenómeno de expansión-retracción-rotura, conduciendo al aumento de la dispersión, destrucción de la estructura y rotura de agregados. Al mismo tiempo se altera la distribución del tamaño de poros, disminuyendo la proporción de poros gravitacionales y aumentando la microporosidad con el consiguiente aumento de la retención de agua, disminución de la aireación, de la conductividad hidráulica y del drenaje natural.

La significativa modificación de la estructura y más concretamente de la conformación del espacio poroso, modifica la compactabilidad de los suelos. Cuando la concentración de sodio es elevada y la salina baja, la arquitectura porosa se altera significativamente. Costa y Aparicio (2000) encontraron que suelos con altos contenidos de sodio se dispersan causando un colapso de macro y microporos, reduciendo el movimiento de gases y agua. Lo expuesto anteriormente, asociado con la inestabilidad estructural producen erosión (por el aumento de la escorrentía), dificultades en la preparación de la cama de siembra y pobre establecimiento de plantas por procesos de encostramiento.

La conductividad hidráulica saturada se reduce exponencialmente con porcentajes de sodio

intercambiable mayores al 5%. Sin embargo esta reducción resultó dependiente del contenido de materia orgánica del suelo siendo menor el grado de susceptibilidad al efecto dispersivo del sodio a mayor contenido de materia orgánica (Costa y Aparicio 2000). Los suelos sódicos no sólo se encuentran física y químicamente degradados sino también biológicamente degradados (Gupta, 2006). Debido a la baja carga de microorganismos heterotróficos, el poder de descomposición de la materia orgánica de los suelos sódicos es considerablemente menor que el de los suelos normales.

El Porcentaje de Sodio Soluble (PSS) se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$PSS = \frac{Na^{+} + K^{+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}}$$

Para evaluar la calidad del agua según los valores del PSS se usa el criterio de Wilcox (1955) (Tabla 2).

Tabla 2. Relación de los valores del PSS y la calidad del agua de riego.

| PSS   | Criterio de calidad |
|-------|---------------------|
| <20   | Excelente           |
| 20-40 | Buena               |
| 40-60 | Aceptable           |
| 60-80 | Dudosa              |
| >80   | No Aceptable        |

### 3. La sodicidad y su indicador de medida. Carbonato de Sodio residual (CSR).

El cálculo de carbonato sódico residual (CSR) se emplea para predecir la tendencia del calcio y magnesio a precipitar en el suelo cuando se riega con aguas altamente carbonatadas. Cuando esto ocurre, aumentará la proporción relativa de sodio presente en el suelo, es decir, aumentará el valor de RAS y el riesgo de sodificación del suelo, a pesar de no variar la cantidad de sodio presente (Arzola et al., 2013). Las concentraciones de todos los iones se expresan en meqL<sup>-1</sup>.

$$CSR = [(CO_4)^{2-} + (HCO_3)^{-}] - [Ca^{2+} + Mg^{2+}]$$

El CSR indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes calcio y magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Si el complejo de cambio del suelo es rico en iones sodio y se pierde agua de la disolución del suelo, o disminuye la salinidad puede ocurrir una dispersión de las partículas del suelo y provocar condiciones

de impermeabilidad y anaerobiosis cuando a la dispersión acompañe una deposición de las partículas más finas en un nivel inferior del suelo (García-Serna, 1992). Los suelos sódicos no sólo se encuentran física y químicamente degradados sino también biológicamente degradados. Debido a la baja carga de microorganismos heterotróficos, el poder de descomposición de la materia orgánica de los suelos sódicos es considerablemente menor que el de los suelos normales (Gupta 2006).

La peligrosidad sódica del agua no se puede usar como único criterio evaluador del contenido de sodio, también hay que determinar la concentración de otros iones, como el carbonato, el bicarbonato, el calcio y el magnesio. Junto a la concentración de iones es necesario considerar aspectos como otras propiedades del agua e incluso propiedades edáficas (Minhas y Gupta, 1992). La salinización-alcalinización de suelos debido al uso de agua de riego bicarbonatada sódica conduce a una drástica disminución de la permeabilidad y favorece la aparición de enfermedades, desequilibrios nutricionales, y disminución de rendimientos. Como resultado hay una mayor demanda de pesticidas y fertilizantes que incrementan los costos y causan la contaminación de las aguas (Alconada et al., 2006).

Uno de los criterios más usados para evaluar la calidad del agua según los resultados del indicador CSR es el de Richards (1954), que se expone en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores del carbonato de sodio residual y su relación con la calidad del agua para el riego.

| CSR       | Criterio de calidad |
|-----------|---------------------|
| < 1,25    | Buena               |
| 1,25-2,50 | Condicionada        |
| >2,50     | No recomendable     |

### 4. La salinidad del agua de riego y su indicador de medida. La conductividad eléctrica.

La salinización es la consecuencia de varios procesos complejos de redistribución de sales que dependen de las condiciones naturales, características del sistema, prácticas agrícolas y manejo del riego y del drenaje (Vincent et al., 2006). La presencia excesiva de sales impide el crecimiento de los cultivos al disminuir la cantidad de agua disponible para ser absorbida por las plantas. La conductividad eléctrica (CE) indica el total de sales disueltas en el agua (Bhattacharya et al., 2012) y es el indicador que se usa para determinar el daño producido por la salinidad.

La clasificación del agua para el riego según los valores del indicador CE resulta un tema muy discutido. Singh et al. (1996) señalan la necesidad de evaluar la CE crítica discriminando entre las diferentes condiciones de textura, precipitación y tolerancia de los cultivos a la salinidad. Estos autores consideran aguas aptas las que tienen valores CE de 1,00 dS m<sup>-1</sup>, para un contenido de arcilla alto (> 30%), cultivos sensibles a la salinidad y menos de 350 mm año<sup>-1</sup> de precipitación. Además, establecieron una serie de valores máximos de acuerdo a las diferentes combinaciones de los parámetros discriminatorios hasta la situación extrema de suelos con menos de 10% de arcilla, con cultivos tolerantes a la salinidad y con una precipitación de más de 550 mm año<sup>-1</sup>, donde aceptaron como aguas aptas a aquellas con CE de hasta 12,00 dS m<sup>-1</sup>. Otros autores (Arslan y Demir 2013; Lingaswamy y Saxena, 2015) usan criterios diferentes (Tabla 4).

Tabla 4. Relación de los valores de la CE y la correspondiente clasificación de la salinidad.

| Valores de la CE, según Arslan y Demir 2013 | Criterio sobre la salinidad | Valores de la CE, según Lingaswamy y Saxena, 2015 | Criterio sobre la calidad del agua |
|---|-----------------------------|---|------------------------------------|
| C1 < 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$              | Baja                        | < 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$                       | Excelente                          |
| C2 250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$            | Media                       | 250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$                     | Buena                              |
| C3 750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$         | Alta                        | 750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$                  | Aceptable                          |
| C4 > 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$            | Muy alta                    | 2 250-5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$                  | Dudosa                             |
| -   | -                           | >5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$                       | No aceptable                       |

Sin embargo, a pesar de los criterios de clasificación antes expuestos, es necesario considerar otras variables y entre ellas la tolerancia de los cultivos a la salinidad que es lo que determina en gran medida la aptitud de un agua para riego. Aragües (2011b) señala que es necesario determinar la CEe umbral (conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo por encima de la cual el cultivo desciende en rendimiento) y la pendiente (porcentaje de descenso lineal del rendimiento del cultivo por incremento unidad de CEe por encima de la CEe umbral).

La fracción del agua infiltrada en el suelo que percola por debajo de la zona de las raíces de los cultivos (llamada fracción de lavado) es una variable crítica que determina la salinidad que resulta en el suelo para una salinidad dada del agua de riego (Aragües 2011a). A medida que se incrementa la fracción de lavado, menor es la salinidad resultante en el suelo, lo cual permite

el uso de aguas de mayor contenido salino sin ocasionar disminuciones en la producción. Este autor considera que el sistema de riego usado puede potenciar los efectos de la salinidad en el suelo y señala los problemas potenciales de salinidad del agua de riego para los sistemas de riego más usados, así como algunas prácticas de manejo (Tabla 5).

Tabla 5. Salinidad y sistemas de riego: síntesis de problemas potenciales y medidas correctoras.\*

| Sistema de riego | Problema potencial  | Medidas correctoras  |
|------------------|---|--|
| Inundación       | Baja uniformidad en la distribución del agua con un lavado diferencial de sales   | Nivelación por láser, evitar encharcamientos prolongados; incrementar la frecuencia de riego con dosis menores en cada riego   |
| Surcos           | Evaporación del agua y acumulación de sales en la parte superior de los caballones  | Acolchado del caballón; reformado del caballón; sembrar a los lados del caballón; riego en surcos alternantes  |
| Aspersión        | Mojado de las hojas y absorción iónica foliar que ocasiona toxicidad iónica específica  | Evitar el mojado de las hojas; regar por la noche, reducir la frecuencia y aumentar los tiempos de riego; aplicar post-riego con agua dulce si está disponible   |
| Goteo            | Acumulación de sales en los bordes del bulbo húmedo; obturación de goteros<br>Goteo subterráneo: acumulación de sales entre la superficie del suelo y las líneas de goteo | Aumentar la densidad de goteros; conectar el riego si llueve (evitar la entrada de sales en la zona de las raíces); acidificar el agua<br>Goteo subterránea: lavar las sales acumuladas en superficie regando por inundación o aspersión |

\* Tomado de Aragües, (2011a).

#### 4.1 Efecto de la salinidad sobre las plantas y el suelo

Los efectos adversos de la salinidad varían con la especie vegetal y el estado de desarrollo, con el tiempo de exposición y la concentración salina, y con la naturaleza de las sales presentes en el medio de crecimiento (Dos Santos et al., 2006). Las sales en exceso incrementan la presión osmótica de la solución del suelo, y disminuyen la capacidad de las plantas para absorber agua. Cuando el agua usada en el riego tiene sales en exceso, puede ser tóxica para las plantas o inhibir la absorción

de nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos (Guerrero-Padilla, 2015). Esto se debe a un incremento en la presión osmótica de la solución del suelo (Thorne y Peterson, 1954; Arslan y Demir, 2013), lo cual disminuye la capacidad de las plantas para absorber agua. Como resultado disminuye el rendimiento de los mismos.

Cuando la conductividad eléctrica es mayor que 3.0 dSm<sup>-1</sup>, existe un severo grado de restricción (Ayers y Westcot, 1985). El riego induce la elevación de la napa freática y el impacto del riego continuo a lo largo de los años puede causar el ascenso de la napa freática hasta la zona de raíces llevando a una reducción de los rendimientos (Prasad et al., 2006).

En general, el incremento de la salinidad en el agua de riego influye sobre las características químicas y físicas del suelo y reduce su calidad al inhibir los procesos microbiológicos y bioquímicos, lo cual disminuye la fertilidad y el suministro de nutrientes. Se ha planteado que a mayor salinidad existirá mayor contenido de sodio en el agua y la incidencia adversa del mismo en el suelo podría estar controlada por el contenido salino. Se reconoce que el mayor efecto perjudicial del sodio es la dispersión de los coloides, pero a una mayor salinidad puede potenciarse la floculación de dichos coloides, contrarrestando su efecto más eficientemente en aguas de mayor salinidad (Ayers y Wescot, 1976).

#### 4.2 Efecto de la salinidad sobre los fertilizantes nitrogenados

La salinidad afecta al proceso de mineralización del nitrógeno por diversas causas:

- Inadecuada relación NH<sub>4</sub>:NH<sub>3</sub> (Pang et al., 1973)
- Elevada concentración salina (Johnson y Guenzi, 1963), y
- Presencia de especies químicas tóxicas, como puede ser el Cl<sup>-</sup> (Golden et al., 1981), y SO<sub>4</sub> (Agrawal et al., 1985).

La disolución o mineralización del fertilizante produce un aumento de la salinidad en sus proximidades. El transporte difusivo y convectivo de las especies químicas en el suelo afecta la dinámica de mineralización del nitrógeno en esa zona (Darrah et al., 1987) y la intensidad de los efectos producidos serán según las consecuencias que la salinidad haya tenido sobre los microorganismos del suelo. La salinidad del agua de riego, a niveles moderados, potencia el proceso de mineralización del nitrógeno, ya sea por aumento de la solubilidad del nitrógeno orgánico, o por estimulación de la descomposición

microbiana de la materia orgánica del suelo (García-Serna et al., 1988).

Aproximadamente el 20% del total de tierras irrigadas son afectadas por sales y esta proporción tiende a incrementarse. El total de superficie afectada por salinización primaria alcanza 955 millones de ha y las afectadas por salinización secundaria totalizan 77 millones de ha encontrándose el 58% de estas últimas en zonas irrigadas (Zinck, 2000). Aproximadamente 932 millones de ha de tierra alrededor del mundo se encuentran degradadas por salinidad y sodicidad, usualmente coincidente con la tierra usada por la agricultura (Wong et al., 2006).

#### 5. Índice de permeabilidad (IP)

El efecto del agua de riego sobre la permeabilidad del suelo se evalúa mediante el Índice de Permeabilidad. La permeabilidad del suelo se afecta por las altas concentraciones de sales que pueden estar contenidas en el agua de riego (Lingaswamy y Saxena, 2015). Este índice incluye el análisis de las concentraciones en meqL<sup>-1</sup> de iones como el sodio, calcio, magnesio y el bicarbonato y se calcula mediante la ecuación:

$$IP = \frac{[(Na^+ + (HCO_3^-)^{1/2}) : (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+)]}{100 \text{ meqL}^{-1}}$$

Uno de los criterios más usados para evaluar la calidad del agua según los resultados del indicador IP es el de Balmaseda et al. (2006), que se expone en la Tabla 6.

Tabla 6. Relación de los valores del IP y la calidad del agua de riego.

| IP    | Criterio de calidad         |
|-------|-----------------------------|
| >75   | Clase I (Excelente)         |
| 25-75 | Clase II (Buena)            |
| >25   | Clase III (No recomendable) |

#### 6. Salinidad potencial (SP) y salinidad efectiva

La salinidad potencial depende de las concentraciones en meqL<sup>-1</sup> de los iones cloruro y sulfato. Su valor se determina según la siguiente ecuación:

$$SP = [Cl^-] + \frac{1}{2}[SO_4^{2-}]$$

La salinidad efectiva (SE) se calcula en dependencia del valor de las diferentes concentraciones de calcio, magnesio sulfato, carbonato y bicarbonato, todos expresados como meqL<sup>-1</sup>.

- a. Si el  $Ca^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$  entonces:

$$SE = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+) - (CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-})$$

- b. Si el  $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$  pero  $Ca^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^-$  entonces:

$$SE = (Mg^{2+} + Na^+ + K^+)$$

- c. Si el  $Ca < CO_3^{2-} + HCO_3^-$  pero  $Ca^{2+} + Mg^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^-$  entonces:

$$SE = (Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+) - (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$$

- d. Si el  $Ca^{2+} + Mg^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$  entonces:

$$SE = (Na^+ + K^+)$$

Tanto la salinidad efectiva como la potencial se clasifican de acuerdo a tres criterios de calidad. Buena calidad cuando los valores son menores que tres, condicionada cuando los valores están en el intervalo 3-15 y no recomendable para valores mayores que 15. Para esta clasificación se consideró los criterios expuesto por Balmaseda et al. (2006).

### 7. La alcalinidad del agua de riego y su indicador de medida: el pH.

La alcalinidad del agua se mide mediante una lectura del pH del agua que a su vez depende del equilibrio:

|           |            |               |               |                 |
|-----------|------------|---------------|---------------|-----------------|
| $CO_2(g)$ | $CO_2(ac)$ | $H_2CO_3(ac)$ | $HCO_3^-(ac)$ | $CO_3^{2-}(ac)$ |
|-----------|------------|---------------|---------------|-----------------|

Valores superiores a 7 indican alcalinidad del agua e inferiores acidez. Los valores de pH pueden modificarse por diferentes razones como la fotosíntesis de plantas acuáticas, lluvias ácidas, degradación de la materia orgánica entre otros (Chapman, 1996).

Valores altos de alcalinidad (pH) conducen a la pérdida de la estabilidad estructural de los suelos que se produce fundamentalmente por la dispersión y el hinchamiento de las arcillas sensibles a este proceso, lo cual reduce su capacidad para transmitir el agua (descenso de la conductividad hidráulica e infiltración) (Aragües, 2011a).

El pH de la solución en contacto con las raíces puede disminuir el crecimiento vegetal. Esto se debe a la afectación que se genera sobre la disponibilidad de nutrientes debido a que cuando sus valores son altos puede provocar la precipitación de los mismos. También afecta el proceso fisiológico en general porque puede solubilizar elementos tóxicos como el aluminio (Arzola et al., 2013).

### 8. La toxicidad. Especies químicas presentes en el agua de riego que pueden ser tóxicas para las plantas.

El sodio en exceso puede resultar tóxico para las plantas, principalmente para los pastos y los cultivos de trigo (*Triticum* spp.), sorgo (*Sorghum* spp.) y arroz (*Oryza sativa*). Una alta concentración de sodio en la solución del suelo inhibe la absorción de Ca, Mg y K y desplaza los iones calcio de la membrana de las raíces (Arzola et al., 2013). Otras especies a determinadas concentraciones como el cloruro y el boro (Tabla 7) pueden ocasionar toxicidad en las plantas según el criterio seguido por Balmaseda et al. (2006).

El boro, a diferencia del sodio, es un elemento esencial para el desarrollo de la planta y es necesario en cantidades relativamente pequeñas (Arzola et al., 2013). Sin embargo, si está presente en mayores cantidades que la necesaria, causa toxicidad. Los síntomas de toxicidad son normalmente mostrados en las hojas viejas como amarillamiento, parcelamiento o secado del tejido de las hojas, de las puntas y bordes hacia adentro.

Tabla 7. Relación de los valores las especies tóxicas disueltas en el agua de riego y la clasificación de la calidad.

| Clase           | Boro (ppm) | Clase           | Cloruro (meqL <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|------------|-----------------|-------------------------------|
| Buena           | <3         | Buena           | <1                            |
| Condicionada    | 3-4        | Condicionada    | 1-5                           |
| No recomendable | >4         | No recomendable | >5                            |

### 9. Generalidades de la influencia de la calidad del agua sobre el suelo y los cultivos

En general el efecto de la calidad del agua de riego sobre la estabilidad estructural de los suelos debe evaluarse teniendo en cuenta el resultado combinado del efecto beneficioso de la salinidad (CE) y del efecto perjudicial de la sodicidad, de la alcalinidad. También la toxicidad iónica debe ser analizada dentro de un contexto integrador.

Cuando no se dispone de prácticas de manejo que eviten una degradación irreversible de los suelos, es más seguro utilizar los criterios que recomiendan el uso de agua con menor salinidad. La irrigación con agua de mala calidad tiende a incrementar la salinidad y, como consecuencia, la utilización de agua salina a largo plazo puede provocar una reducción en el crecimiento de las plantas y la degradación de los suelos. Estos problemas podrían minimizarse o evitarse a través

de un cuidadoso manejo del suelo y del cultivo que ayuden a reducir el impacto del uso del agua salina en la agricultura. Además, los productores deben ser informados acerca del riesgo que generan las aguas de mala calidad sin un manejo adecuado de los suelos sometidos al riego con agua de mala calidad.

Un manejo integrado de los recursos hidráulicos es una tendencia que se vuelve cada día más necesaria. El incremento en la eficiencia del riego es una práctica que tributa al uso eficiente del agua, lo cual implica una reducción en la fracción de lavado (fracción del agua infiltrada que percola por debajo de la zona de raíces de los cultivos) y provoca efectos internos y externos sobre la calidad de aguas y suelos.

Los efectos externos son positivos y están relacionados con la conservación en calidad de las aguas receptoras de los retornos de riego. Los efectos internos son negativos para los suelos y cultivos en función de la calidad del agua de riego y de su nivel de evapoconcentración (la inversa de la fracción de lavado en régimen estacionario) en la solución del suelo. Estos efectos son antagónicos, por lo que es necesario lograr un equilibrio de manera tal que se minimicen los efectos de la contaminación difusa producida por el riego, sin comprometer la calidad del suelo (Aragües y Tanji, 2003).

Cuando se consideran los argumentos antes expuestos es evidente que el efecto de la calidad del agua debe evaluarse mediante ensayos de campo específicos para cada suelo en particular. Aragües (2011a) sugiere el uso de un nomograma para determinar la calidad de las aguas para riego desde el punto de vista de la salinidad en función de tres variables; CE<sub>ar</sub> (conductividad eléctrica del agua de riego), fracción de lavado y la tolerancia del cultivo mediante la variable CE<sub>e</sub> umbral (CE<sub>e</sub> es la conductividad eléctrica del extracto saturado del suelo por encima de la cual el cultivo desciende en rendimiento). A partir de CE<sub>ar</sub> y la fracción de lavado (FL), se estima la salinidad del suelo (CE<sub>e</sub>-mp) expresada como CE del extracto saturado media ponderada por la tasa de extracción de agua de los cultivos según el modelo 40-30-20-10 (Ayers y Wescot, 1985). Si CE<sub>e</sub> umbral del cultivo > CE<sub>e</sub>-mp, el agua es apta para el riego de dicho cultivo. Si CE<sub>e</sub> umbral < CE<sub>e</sub>-mp, el agua no es apta para el riego de dicho cultivo (Figura 1).

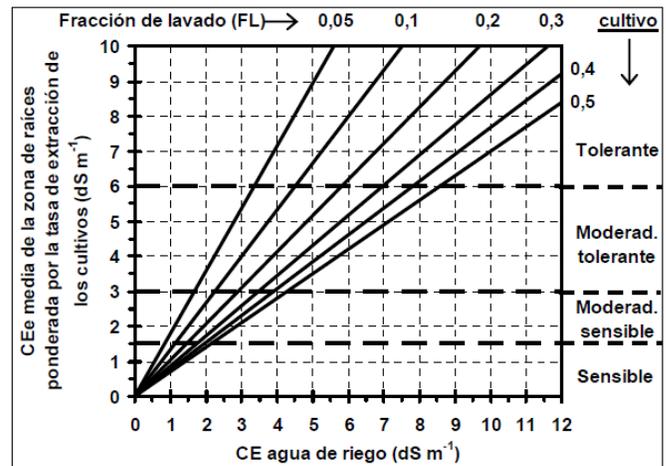


Figura 1\*. Relación entre la salinidad (CE) del agua de riego, la fracción de lavado (FL) y la salinidad resultante en el suelo en base a la conductividad eléctrica (CE<sub>e</sub>) media de la zona de raíces ponderada por la tasa de extracción de los cultivos. Las líneas horizontales delimitan los intervalos de CE<sub>e</sub> para los distintos niveles de tolerancia de los cultivos a la salinidad.\*Tomado de Aragües (2011a)

## 10. Procesos que deterioran la calidad del agua para el riego

La agricultura aporta constantemente diferentes tipos de contaminantes (sales procedentes del riego, pesticidas, fertilizantes, entre otros) (Söderbaum y Tortajada (2011), por lo que la evaluación del aprovechamiento del agua en este sector requiere considerar otros aspectos, además de los puramente cuantitativos. Las aguas de retorno (aguas de escorrentía y percolación), por su elevada salinidad y contenido en nutrientes pueden producir un impacto medioambiental negativo sobre las masas de agua (superficiales o subterráneas) que las reciben, condicionando la calidad de las aguas de ríos y acuíferos tanto para el riego como para otros usos (Thayalakumaran et al., 2007).

El incremento del contenido salino de las aguas usadas en el riego se debe a que las raíces de los cultivos toman el agua pero no sus sales disueltas, por lo que disminuye el volumen pero no la masa. El consumo de agua por la evaporación y la transpiración de los cultivos concentran las sales en el agua de retorno. El cambio climático supone un incremento en los procesos de transpiración de los cultivos (Jasechko et al., 2013) en la temperatura ambiental y una disminución en las precipitaciones. Como resultado se generará una disminución en los caudales con el consecuente deterioro de la calidad del agua (Aragües, 2013).

El incremento del nivel del mar es una respuesta al calentamiento global y en algunas regiones del

mundo ha provocado que la salinización de las aguas subterráneas se convierta en uno de los temas ambientales más debatidos (Zhang et al., 2011; Liu et al., 2011; Han et al., 2011). La contaminación de las aguas subterráneas costeras con agua de mar generalmente se considera un proceso irreversible, por lo cual se realizan investigaciones sobre el tema fundamentalmente en países desarrollados. El proceso de intrusión provoca un cambio en la composición del agua e incrementa los valores de la salinidad, la sodicidad, la alcalinidad y las concentraciones de cloruro (Arslan y Demir, 2013), lo cual repercute en la calidad del agua para el riego.

Las aguas subterráneas dependen fundamentalmente de las precipitaciones por lo que cualquier cambio en el clima tiene repercusión en la cantidad y calidad del agua subterránea. Su composición está sujeta a transformaciones generadas por procesos hidrológicos, geoquímicos y biológicos que ocurren en el tiempo (Gibbs, 1970). En el caso de acuíferos costeros la mayor amenaza es la intrusión salina, considerando el incremento del nivel del mar derivado del calentamiento global. La extracción de agua subterránea se ha incrementado en el transcurso del tiempo debido a la intensificación de las actividades agrícolas. Dicha extracción se ha realizado de forma indiscriminada en todo el mundo, especialmente en Asia, Europa y América. Como resultado, el potencial de agua en los acuíferos costeros ha disminuido y se ha incrementado el contenido salino de sus aguas como consecuencia de la intrusión del agua de mar. De esta forma la sostenibilidad de las aguas, no solo las costeras sino también las adyacentes, constituye un tema de significativo interés (Sang-Uk et al., 2012).

La extracción de agua con alto contenido salino en los acuíferos costeros es una de las prácticas que se están implementando para mitigar la intrusión salina. Para la implementación de esta práctica se usan modelos matemáticos en los que hay que considerar aspectos como la cantidad de agua a extraer, la localización de los pozos de extracción, el número de pozos de extracción en el área y el intervalo de agua intrusionada en la vertical que se va a extraer (Sang-Uk, et al., 2012). Estos autores demostraron que la intrusión puede mitigarse cuando se extrae una magnitud de agua salina equivalente al 30% del volumen de explotación del agua subterránea y el pozo de extracción se localice en la mitad de la línea que une al pozo de agua subterránea con la línea de costa. Estudios recientes usan los valores de cloruro y sólidos totales disueltos como trazadores que permiten identificar la

intrusión salina (Werner et al., 2013), aunque estas variables pueden incrementar sus valores por el proceso de lavado de las rocas.

Los estudios para investigar el agua subterránea costera y diagnosticar procesos de intrusión se basan en diferentes técnicas que incluyen la exploración geofísica, modelos analíticos y la caracterización geoquímica. La caracterización hidroquímica del agua subterránea identifica los procesos de intrusión y sus causas, mediante la medida de las concentraciones de los iones cloruro, sulfato, sodio, potasio, magnesio y conductividad eléctrica (Mas-Pla et al., 2013). Este autor propone además el uso de relaciones iónicas como sodio:cloruro, sulfato:cloruro, calcio:cloruro y magnesio:cloruro, para identificar el origen de la composición química de las aguas subterráneas.

Los procesos de intrusión también se pueden visualizar mediante el diagrama de Piper (1944). Muchos autores (Lin et al., 2012; Zghibi et al., 2013; Singh et al., 2015; Choramin et al., 2015) prefieren este diagrama clásico a otros métodos convencionales, porque permite identificar con precisión los procesos geoquímicos que influyen en la química del agua.

El análisis multivariado es una herramienta estadística muy usada para encontrar las relaciones entre variables. El análisis de conglomerados se usa con frecuencia en investigaciones relacionadas para el análisis de la geoquímica del agua subterránea, lo cual permite agrupar pozos en diferentes zonas o en la misma zona que tengan características químico-físicas similares (Akbal et al., 2011; Zhang et al., 2011). El análisis factorial y en especial el Análisis de Componentes Principales (ACP), permite identificar los procesos ocurrientes de mayor contribución a las características fisicoquímicas del agua. Estos procesos se identifican con los factores originados en el ACP y cada factor agrupa un determinado número de las variables en estudio que a su vez guardan una alta correlación con el factor (Belkhir et al., 2011; Arslan, 2013). Este tipo de tratamiento de datos constituye un procedimiento que reduce el número de variables y por tanto clarifican la interpretación de los resultados.

El riesgo de usar agua con afectaciones en los indicadores usados para clasificar el riesgo de salinidad, sodicidad, alcalinidad y toxicidad ocurre con mayor frecuencia cuando se usa agua subterránea; fundamentalmente en zonas costeras. Sin embargo, a pesar que el agua superficial se caracteriza por tener menor contenido salino no queda excluido el riesgo antes mencionado. Con frecuencia se

usa agua de ríos en zonas estuarinas, que aunque se localizan a varios kilómetros arriba de la desembocadura de los ríos se afectan por las fluctuaciones de la marea. Es conocido que estas fluctuaciones provocan una cuña salina en el río de forma tal que a medida que un punto determinado se desciende en la vertical, los valores de salinidad se incrementan.

Existen dos aspectos que no son considerados en la clasificación del agua para el riego: la dureza del agua y la eutrofización. Aunque la dureza del agua no se evalúa tiene una incidencia en la formación de costra en los sistemas de riego, lo cual genera obstrucciones y limita el tiempo de vida útil de estos sistemas; en especial en el riego por goteo. La eutrofización que se produce por la contaminación del agua con nutrientes (fósforo y nitrógeno), genera una proliferación de plantas microscópicas que tupe las bombas y los sistemas de riego. Tanto un aspecto como el otro deben ser incorporados a los procedimientos usados para la clasificación del agua para el riego.

### Conclusiones

Las variables directas para medir la calidad del agua para el riego son la salinidad, la sodicidad, la alcalinidad y la toxicidad iónica específica. Las variables indirectas, también llamadas ambiente dependiente fueron tolerancia de los cultivos a la salinidad, tolerancia de los suelos a la salinidad, sodicidad y alcalinidad, manejo del riego y clima. Los principales indicadores para evaluar estas variables fueron la Relación de Absorción del Sodio (RAS), el Porcentaje de Sodio Posible (PSP), el Carbonato de Sodio Residual (CSR), el Índice de Permeabilidad Potencial y Efectiva (IP), la conductividad eléctrica, el pH y el boro, cloruro y sodio como indicadores de toxicidad.

La calidad del agua para el riego se puede deteriorar por el vertido de residuos que alteren la composición iónica del agua, incluyendo las aguas de retorno generadas en las áreas sometidas a riego. La intrusión marina provocada por una extracción excesiva también contribuye. Actualmente es motivo de interés la salinización de acuíferos costeros por la elevación del nivel del mar generado por el cambio climático.

Existen otros aspectos que no se consideraron en las referencias consultadas pero que también afectan el riego. Entre estas se encuentra la dureza y la eutrofización del agua que afectan los sistemas de riego por obstrucciones en bombas y sistemas de distribución del agua.

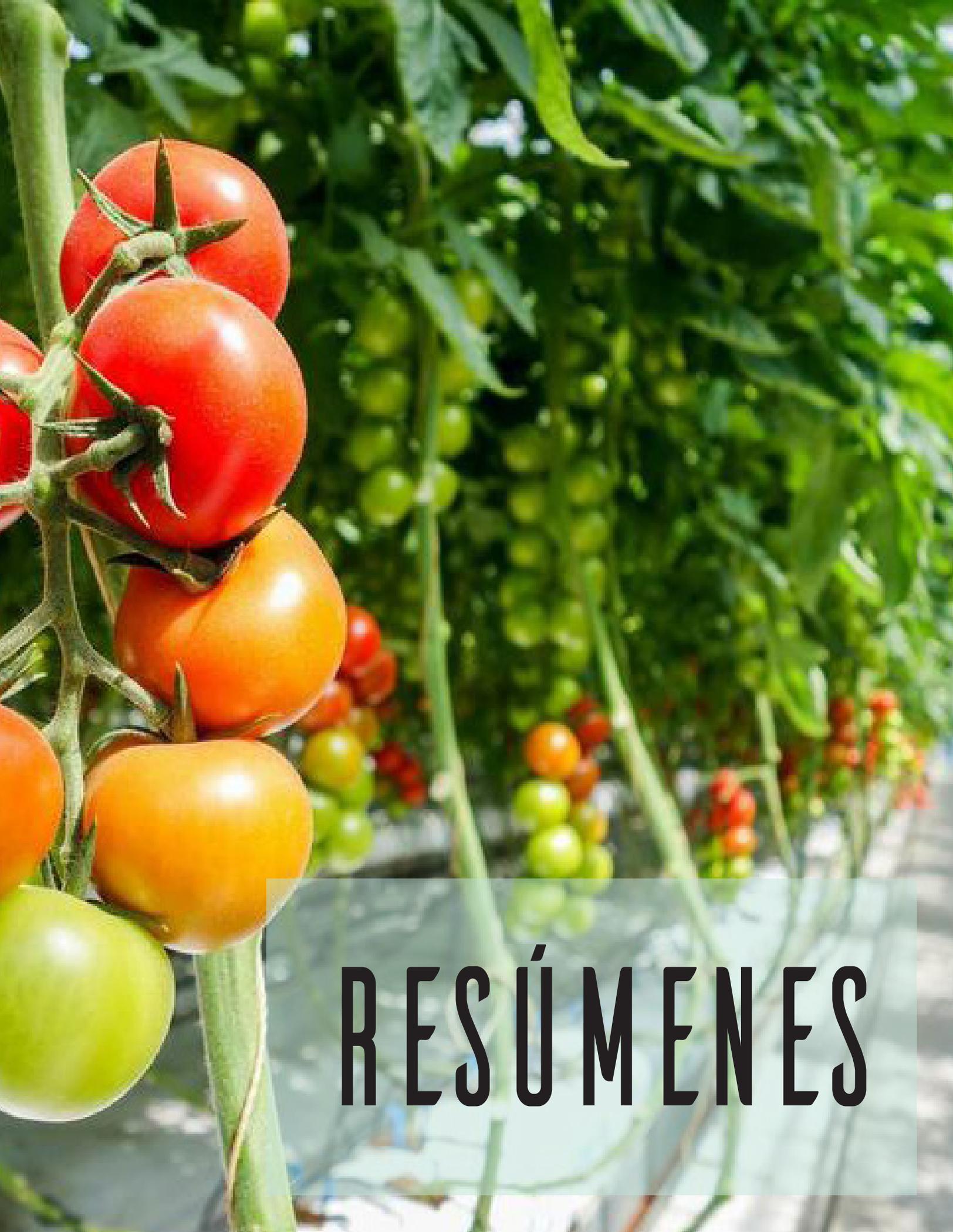
### Referencias bibliográficas

- Agrawal, M.P., Shukla A., Singh, M. (1985). Nitrification inhibition of added nitrogenous fertilisers by potassium chloride in soil. *Plant and Soil*, 86: 135-139.
- Darrah, P.R., Nye, P.H. y White, R.E. (1987). The effect of high solute concentrations on nitrification rates in soil. *Plant and Soil*, 97: 37-45.
- Alconada, M., Poncetta, P., Cuellas, M., Barragán, S., Inda, E., Mitidieri, A. (2006). *La fertirrigación en cultivo de tomate protegido (Lycopersicon esculentum): Consecuencias ambientales, productivas y económicas*. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 19 al 22 de septiembre de 2006. Salta. Argentina.
- Akbal, F., Gürel, L., Bahadır, T., Güler, I., Bakan, G., y Büyükgüngör, H. (2011). Multivariate statistical techniques for the assessment of surface water quality at the mid-Black Sea coast of Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 216, 21-37.
- Aragües, R. y Tanji, K.K. (2003). *Water Quality of Irrigation Return Flows*. En: Stewart B.A., Howell T.A. (Eds.), *Encyclopedia of water science*. (pp. 502-506). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Aragües R. (2011a). *Calidad del agua para el riego: efectos sobre plantas y suelos*. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA), Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC). Riegos del Alto Aragón 18-23 pp.
- Aragües, R. (2011b). *Agricultura de regadío y calidad de aguas a nivel fuente y sumidero*. Congreso Decuaga Agricultura, Agua y Energía. Madrid, España.
- Aragües, R. (2013). *El reto de la calidad del agua. Jornada Innovar la Gobernanza del Agua*. Zaragoza, España.
- Arslan, H. (2013). Application of multivariate statistical techniques in the assessment of groundwater quality in seawater intrusion area in Bafra Plain, Turkey. *EnvironMonitAssess*, 185, 2439-2452.
- Arslan, H. y Demir. Y. (2013). Impacts of seawater intrusion on soil salinity and alkalinity in Bafra Plain, Turkey. *EnvironMonitAssess*, 185, 1027-1040.
- Arzola, N.C., Fundora, O., de Mello, R. (2013). *Manejo de suelos para una agricultura sostenible*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 509 p.
- Asamoah, E., Nketia, K.A., Sadick, A., Asenso, D., Kwabena, E., Ayer, J., Owusu, E. (2015). Water Quality Assessment Of Lake Bosomtwe For Irrigation Purpose, Ghana. *Intl J Agri Crop Sci. Vol.*, 8 (3), 366-372.
- Ayers, R.S. y Wescot, D.W. (1976). *Calidad del agua para la agricultura. Estudio FAO: Riego y Drenaje*. N° 29. Roma. 85 p.

- Ayers R.S. y Westcot D.W. (1985). Water quality for agriculture. *Irrig. Drain.* FAO, Rome, pp 174
- Ayers, R.S.; Wescot, D.W. (1987). La calidad del agua en la agricultura. *Estudio FAO: Riego y Drenaje*. Roma. N°29 (Rev.1) 173 p.
- Balmaseda, C., Ponce de León, D., Martín, N.J., Vargas A.H. (2006). *Compendio de Suelo*. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 229 p.
- Bhattacharya.T., Chakraborty, S. y Neha, T. (2012). Physico chemical Characterization of ground water of Anand district, Gujarat, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 1(1), 28-33.
- Belkhiri, L., Boudoukha, A., y Mouni, L. (2011). A multivariate statistical analysis of groundwater chemistry data. *International Journal of Environmental Research*, 5(2), 537-544.
- Betancourt, C. Suárez, R., Concepción, E. y Herrera H. (2012). *Tendencia de los componentes mayoritarios del agua de cuatro embalses en el centro-sur cubano, durante un período de veinte años*. *Gestión Ambiental* 23, 51-65.
- Bosch M., Costa, J.L., Cabria, F.N., Aparicio, V.C. (2012). *Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo*. *Ciencia del Suelo*, 30 (2), 27-38.
- Cánovas, J. (1986). *Calidad agronómica de las aguas de riego*. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Madrid, Disponible: [recomencriteriosinterpretacionaguas.doc](#).
- Choramin, M., Safaei, A., Khajavi, S., Hamid, H. y Abozari, S. (2015). Analyzing and studding chemical water quality parameters and its changes on the base of Schuler, Wilcox and Piper diagrams (project: Bahamanshir River). *WALIA journal*, 31, 22-27.
- Chapman, D. (1996). (ed.) *Water Quality Assessments. A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. Second Edition. Chapman y Hall, London. 651 p.
- Costa, J.L. y Aparicio, V. (2000). *Efecto del sodio en la degradación de los suelos del sudeste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*. 11ava Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo. 22 al 27 de octubre de 2000. Buenos Aires. Argentina.
- Cortés-Jiménez, J.M., Troyo-Diéguez, E., Murillo-Amador, E. (2009). *Índices de calidad del agua del acuífero del valle del Yaqui Sonora*. *Terra Latinoamericana*, 27 (2), 133-141.
- Dos Santos, P.R., Ruiz, H.A. y Neves J.C.L. (2006). *Respuesta de Phaseolus vulgaris a presión osmótica pH y concentración de Na+, Cl- y HCO3- en solución nutritiva*. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 19 al 22 de septiembre de 2006. Salta. Argentina.
- Gibbs, R.J., (1970). Mechanisms controlling world water chemistry. *Science* 170,1088-1090.
- García-Serna, J., Sanchez-Andreu, J., Juarez, M. y Mataix, J. (1988). *Incidencia de la salinidad del agua de riego en la mineralización del nitrógeno orgánico en suelos calizos del Sureste Español*. *Anal.Edaf.Agrobiol.* 47: 669-682.
- Gholami, A., y Shahinzadeh, N. (2014). Evaluation of Hydrochemistry Characteristics Surface Water Quality in the Karoon River Basin, Southwest Iran. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* ISSN: 2231-6345.
- Golden, D.C., Sivasubramaniam, S., Sandanam, S., Wijedasa, M.A. (1981). Inhibitori effects of commercial potassium chloride on the nitrification rates of added ammonium sulphate in an acid red yellow podzolic soil. *Plant and Soil*, 51, 147-151.
- Graczik Z., Graczik, T., Naprauska, A. (2011). A rol some food arthropods as vectors of human enteric infections. *Center Eur. J. Biol.* 6(2): 145-149.
- Guerrero-Padilla, A.M. (2015). Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú. *REBIOL*, 35 (2), 5-18.
- Gupta, B.R. (2006). *Efficacy of organic amendmets integrated with gypsum on amelioration and crop productivity of sodic land*. 18th World Congress of Soil Science (July 9-15, 2006). Philadelphia, USA.
- Han, D.M., Kohfahl, C., Song, X.F., Xiao, G.Q., Yang, J.L., (2011). Geochemical and isotopic evidence for palaeo-seawater intrusion into the south coast aquifer of Laizhou Bay, China. *Appl. Geochem*, 26, 863-883.
- Jasechko, M., Tate, K.W., VanKessel, C., Sarwar, N. y Linquist, B. (2013). Water quality in rice growing water sheds in a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 290-301.
- Johnson, D.D. y Guenzi, W.D. (1963). Influence of salts on ammonium oxidation and carbon dioxide evolution from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 27, 663-666.
- Kaur, J., Choudhary, O.P. y Singh, B. (2006). Microbial biomass and different extractable organic carbon pools as influenced by sodic water irrigation, gypsum and organic amendmets under rice-wheat system. *18th World Congress of Soil Science (July 9-15, 2006)*. Philadelphia, USA.

- Kovalevskii V. S. (2007). Effect of Climate Changes on Groundwater. *Water Resources*, 34 (2), 140–152.
- Lin, C.Y., Abdullah, M.H., Praveena, S.M., Yahaya, A.H., Musta. B. (2012). Delineation of temporal variability and governing factors influencing the spatial variability of shallow groundwater chemistry in a tropical sedimentary island. *Journal of Hydrology* 432(433), 26–42.
- Lebron, I.; Suarez, D. L.; Alberto, F. (1994). Stability of the Calcareous Saline-Sodic Soil During Reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58, 1753-1762.
- Lingaswamy, M. y Saxena, P.R. (2015). Water Quality of Fox Sagar Lake, Hyderabad, Telangana State, India, Its Suitability for Irrigation Purpose. *Int. J. Adv. Res. Sci. Technol.*, 4(8), 490-494.
- Liu, S.G., Lou, S., Kuang, C.P., Huang, W.R., Chen, W.J., Zhang, J.L. y Zhong, G.H., (2011). Water quality assessment by pollution-index method in the coastal waters of Hebei Province in western Bohai Sea, China. *Mar. Pollut. Bull.*, 62, 2220–2229.
- Minhas, P.S., Gupta, R.K. (1992). Quality of irrigation water. Assessment and Management. *Information and Publication*, ICAR, p. 102.
- Mas-Pla, J., Rodríguez-Florit, A., Zamorano, M., Roqué, C. Menció, A. y Brusi, D. (2013). Anticipating the effects of groundwater withdrawal on seawater intrusion and soil settlement in urban coastal areas. *Hydrol.Process.* 27, 2352-2366.
- Moreno F. y Roldán J. (2013). *Assessment of irrigation water management in the Genil-Cabra (Cordoba, Spain) irrigation district using irrigation indicators. Agricultural Water Management*, 120, 98-106.
- Palancar T. (2006). *Compresibilidad y resistencia al corte de suelos salinizados y sodificados por irrigación*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata, La Plata Argentina.
- Pang, P.C., Hedlin, R.A., Cho, C.M. (1973). Transformation and movement of band applied urea, ammonium sulphate, and ammonium hydroxide during incubation in several Manitoba soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 53, 331-341.
- Piper, A.M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of wateranalyses. *Transactions. American Geophysical Union*, 25, 914-923.
- Prasad, P.R., Srinivas, D. y Satyanarayana, T.V. (2006). *Effects soil resource investigation for drainage installation in mutluru channel command of Krishna western delta, Andhra Pradesh, India*. 18th World Congress of Soil Science (July 9-15, 2006). Philadelphia, USA.
- Puto, K. (2012). Impact of the water quality of the microbial safety of vegetables. *Agriculture & Forestry /OPoljoprivreda I Sumarstvo* 58(3).
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, U.S. Salinity Laboratory Staff, USDA Handbook, 60, 160.
- Saleh.A., Al-Ruwaih.F., Shehata.M. (1999). Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait. *J Arid Environ*, 42,195-209.
- Sang-Uk, P., Jun-Mo, K.,Byoung-Woo, Y. y Gour-Tsyh, Y. (2012). Three-Dimensional Numerical Simulation of Saltwater Extraction Schemes to Mitigate Seawater Intrusion due to Groundwater Pumping in a Coastal Aquifer System. *J. Hydrol. Eng.*, 17,10-22.
- Singh, C.S., Gupta, S.K., Ram, S. (1996). Assessment and management of poors quality waters for crop production: A simulation model (SWAM). *Agricultural water management*, 30, 25-40.
- Singh, S., Janardhana, N., Ramakrishna, C. (2015). Evaluation of Groundwater Quality and Its Suitability for Domestic and Irrigation Use in Parts of the Chandauli-Varanasi Region, Uttar Pradesh, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 7, 572-587.
- Söderbaum, P., y Tortajada C. (2011): Perspectives for water management within the context of sustainable development. *Water International*, 36:7, 812-827.
- Thayalakumaran, T., Bethune, M.G., McMahan, T.A., (2007). Achieving a salt balances hould it be a management objective?. *Agric. Water Manage*, 92, 1-12.
- Thorne, D.W. y Peterson, H.B. (1954). *Irrigated Soils. Constable and Company Limited, London*, 113. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-195411000-00021>.
- Varallyay, G. (2002). *Enviromental stresses induced by salinity/alkalinity in the Carpathian Basin (Central Europe) Symposium N° 33 Paper N° 1570. 17th World Congress of Soil Sciences*. 14-21 de agosto 2002. Tailandia.
- Vasanthavigar. M., Srinivasamoorthy. K., RajivGanthi. R., Vijayaraghavan. K., Sarma. V.S., (2012). Characterization and quality assessment of groundwater with a special emphasis on irrigation utility: Thirumanimuttar sub-basin, Tamil Nadu, India. *Arab J Geosci*, 5,245-258.
- Vincent, B.; Wu, J.; Vidal, A.; Yang, J.; Bouarfa, S.; Tong, J. (2006). *The environmental evolvemnt of the Hetao irrigation district: an equilibrium between the combat facing irrigation induced soil salinity and the respect of the receiving media*. 18th World Congress of Soil Science (July 9-15, 2006). Philadelphia, USA.

- Werner, A.D., Bakker, M., Post, V.E.A., Vandenbohede, A., Lu, C.H., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C.T., Barry, D.A., (2013). Seawater intrusion processes, investigation and management: recent advances and future challenges. *Adv. Water Resour.*, 51, 3-26.
- Wilcox, L.V. (1955). *Classification and use of the irrigation waters*, U.S. Department of Agriculture Circular No. 969, Washington, District of Columbia.
- Wilcox, L.V. (1948). *Classification and Use of Irrigation Waters*. U.S. Department of Agriculture, Washington DC, 962.
- Wong, V.N.L., Greene, R.S.B., Dalal, R.C., Murphy, B.W., Mann, S. (2006). *Carbon dynamics in salt-affected soils*. 18th World Congress of Soil Science (July 9-15, 2006). Philadelphia, USA.
- Zghibi, A. Tarhouni, J. Zouhri L. (2013). Assessment of seawater intrusion and nitrate contamination on the groundwater quality in the Korba coastal plain of Cap-Bon (North-east of Tunisia). *Journal of African Earth Sciences*, 87, 1-12.
- Zhang, X., Wang, Q., Liu, Y., Wu, J., y Yu, M. (2011). Application of multivariate statistical techniques in the assessment of water quality in the Southwest New Territories and Kowloon, Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 17-27.
- Zinck, J.A. (2000) *Monitoring soil salinity from remote sensing data*. 11ava Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo. 22 al 27 de Octubre de 2000. Buenos Aires. Argentina.



# RESÚMENES

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## **Respuestas de 46 accesiones de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) seleccionadas por los agricultores en la finca “Batey Viejo”, perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios “Luis Moro López”**

Responses of 46 accessions of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) selected by farmers in the estate “Batey Viejo”, belonging to the Cooperative of Credits and Services “Luis Moro López”

Dianelis de La Caridad Leyva Hernández<sup>1</sup>

MsC. Yanet Yero Mosquera<sup>2</sup>

E-mail: [yyero@ucf.edu.cu](mailto:yyero@ucf.edu.cu)

<sup>1</sup>Empresa Pecuaria de Rodas, Cienfuegos. MINAGRI.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la finca Batey Viejo perteneciente a la CCS “Luís Moro López” de la localidad La Modelo del municipio Lajas provincia de Cienfuegos, Cuba. Su finalidad consistió en evaluar 46 accesiones de frijol sobre las cuales se observaron y midieron los aspectos relacionados con la fenología del cultivo y los componentes del rendimiento. Se realizaron ferias de biodiversidad para el análisis de la eficiencia de selección. Las accesiones más tempranas para los granos de color negro son ICA Pijao, IN-9, IN-3, Bolita-42 y Negro Alfredo, y para los rojos la Velasco Largo. De las variedades tardías está para los primeros la IN negro 6, y para los segundos, la Red Klond y la IR-45-1. En relación a los componentes del rendimiento, la evaluación de forma conjunta de todos los parámetros del mismo, indica que en los frijoles de color negro la variedad Tomeguín responde de forma favorable en todos los componentes, seguida de Bat-832 y Güira 89 que responden a tres de los cuatro componentes, para el caso de los granos rojos ninguna variedad responde de forma conjunta para los cuatro componentes, la accesión CC-25-9(r) es la de mejor respuesta para tres de los componentes. De las 46 accesiones, 31 fueron seleccionadas para un 67.39 % de índice de eficiencia para la feria, de ellas las que más sobresalen son: Velazco Largo, CC 25-9 (r), IR-45-1, Tomeguín, CC 25-9(n), Güira 89, Bat -832, IR-43, Wacuto, Japonés y Chileno, existiendo una merma de la eficiencia de selección con respecto a los años.

**Palabras clave:** componentes del rendimiento, fenología, ferias de biodiversidad, eficiencia.

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## **Incidencia de las principales plagas y enfermedades del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en relación a las variedades, condiciones meteorológicas, y distribución espacial del cultivo en el territorio de la Estación de Protección de Plantas de Lajas en la Provincia de Cienfuegos.**

Incidence of major pests and diseases of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) In relation to varieties, meteorological conditions, and spatial distribution of the crop in the territory of the Plant Protection Station of Lajas in the Province of Cienfuegos.

Elba María González Ferriol<sup>1</sup>

Leónides Castellanos González<sup>2</sup>

Roberto Gómez Brito<sup>3</sup>

Mailiú Díaz Peña<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Delegación Provincial de la Agricultura. Cienfuegos, Cuba.

<sup>2</sup>Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

<sup>3</sup>Delegación Provincial del CITMA, Cienfuegos.

<sup>4</sup>Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

### RESUMEN

Se realizó una investigación no experimental sobre la incidencia de las plagas y enfermedades del tomate en el territorio de la Estación de Protección de Plantas (EPP) de Lajas que abarca tres municipios de la provincia de Cienfuegos: Lajas, Cruces y Palmira, en un período de diez años, comprendido desde la campaña 1998–1999 hasta la campaña 2007-2008. Para ello se realizó un diagnóstico de agentes nocivos para la determinación de las plagas y enfermedades claves, empleando la información de las señales emitidas y los niveles de incidencia alcanzados. Se analizaron las condiciones meteorológicas y las variedades presentes durante esas campañas para los tres agentes nocivos claves, así como un análisis de la incidencia en relación a la distribución espacial del tomate empleando los métodos estadísticos del semivariograma y el krigeado; resultando el complejo *Bemisia tabaci Gennadius* - virus del encrespamiento amarillo de la hoja del tomate conjuntamente con el tizón temprano causado por *Alternaria solani*, los principales problemas fitosanitarios del tomate en la EPP de Lajas. En la campaña 2000-2001 se produjo la mayor incidencia del virus del encrespamiento amarillo del tomate y de su vector *Bemisia tabaco*, coincidiendo con período de bajas precipitaciones y temperaturas entre 18 y 22 °C, estando presentes las variedades Campbell 28, Manalucie, Liliana y Rilia con alto porcentaje de área con severidad medio más intenso. *Alternaria solani* alcanzó niveles de incidencia medio + intenso en todas las campañas y en todas las variedades de tomate, no observándose variedades con resistencia marcada a la enfermedad, además se evidenció en todas las campañas variación geográfica de los índices de la virosis y de *Bemisia tabaci*, con estimaciones espaciales menores en dos campañas para ambos agentes nocivos en el municipio de Lajas. No ocurriendo lo mismo con *A. solani* que mostró variaciones espaciales de las estimaciones de la intensidad entre medio y muy intenso con los índices más elevados en el municipio de Palmira, lo que demuestra la importancia de esta enfermedad en el territorio.

Fecha de presentación: febrero, 2016

Fecha de aceptación: junio, 2016

Fecha de publicación: noviembre, 2016

## **Relación del uso del suelo, las prácticas agrícolas y la biodiversidad con la emisión de gases de efecto invernadero y la eficiencia energética en fincas agroecológicas**

Ratio of land use, agricultural practices and biodiversity to the emission of greenhouse gases and energy efficiency in agroecological farms.

Erni Hermenegildo Álvarez González<sup>1</sup>

Leónides Castellanos González<sup>2</sup>

Rafaela Soto Ortiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de la Montaña, Universidad de Sancti Spíritus.

<sup>2</sup>Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.

### RESUMEN

La investigación se realizó en cinco fincas agroecológicas (La Luna, Providencia, Limones, Integral #2 y Pitajones) del municipio de Trinidad durante dos años, período necesario para la caracterización de las fincas, la evaluación de las prácticas agrícolas empleadas, la determinación de la diversidad vegetal, la estimación del volumen de emisiones de gases de efecto invernadero y el balance de la eficiencia energética a partir del manejo realizado por el propio productor. Se recopiló la documentación de las fincas objeto de estudio, se realizaron observaciones y encuestas. Los datos fueron procesados mediante Excel del Programa Microsoft Office del Sistema Operativo Windows 2003. Las fincas se diferenciaron por sus características en cuanto a las variables: áreas cultivadas, áreas de cultivos temporales y forestales. Los parámetros de riqueza específica, diversidad vegetal y equitatividad manifestados por la finca Limones permitieron que ésta se separara del resto en el análisis de clasificación automática sin que se correspondiera con la clasificación de las fincas para las variables: uso de suelo y prácticas agroecológicas. Los estimados de los Gases de Efecto Invernadero fueron bajos, resultando la Integral #2 la más destacada en las emisiones de metano y óxido nítrico, sin relación directa con el uso de suelo y las prácticas agroecológicas, ni con las variables de biodiversidad vegetal. La mayor fijación de carbono se relacionó directamente con el uso del suelo (mayor área de forestales) y no con la mayor biodiversidad de la finca. La eficiencia energética no estuvo directamente relacionada con el uso de suelo y las prácticas agroecológicas, sino con el nivel de empleo de insumos externos, los rendimientos agrícolas y la productividad del trabajo, marcando estos últimos indicadores, la mayor o menor favorabilidad de los atributos del desarrollo en sus tres dimensiones.

**Palabras clave:** atributos del desarrollo, equitatividad, emisiones de metano y óxido nítrico, riqueza específica.

# NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los autores interesados en publicar en la Revista Científica Agroecosistemas deberán enviar sus contribuciones en español o inglés a la siguiente dirección electrónica: [aes@ucf.edu.cu](mailto:aes@ucf.edu.cu)

Los trabajos enviados para su publicación han de ser inéditos; no deben haber sido presentados simultáneamente en otra revista y no pueden contener plagio. Las contribuciones podrán escribirse en Microsoft Office Word u Open Office Writer, en formato carta, empleando letra Verdana a 10 puntos puntos e interlineado sencillo. Los márgenes superior e inferior serán a 2,5 cm y se dejará 2 cm para el derecho e izquierdo. Los tipos de contribuciones que aceptará la revista serán: artículos de investigación científico-tecnológica, artículos de reflexión, artículos de revisión y reseñas bibliográficas.

## *Estructura de los manuscritos*

El envío de los artículos deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Extensión entre 10 y 15 páginas.
- Título en español e inglés (20 palabras como máximo).
- Nombre (completo) y apellidos de cada uno de los autores, antecedido por el título académico o científico (se recomienda no incluir más de tres autores por artículo).
- Adscripción laboral, país y correo electrónico.
- Resumen en español y en inglés (no excederá las 250 palabras) y palabras clave (de tres a diez en español e inglés).
- Introducción, en la que se excluya el diseño metodológico de la investigación; Materiales y métodos; Resultados y discusión, para artículos de investigación científico tecnológica, el resto de las contribuciones tendrá en vez de estos dos apartados un Desarrollo; Conclusiones, nunca enumeradas; y Referencias bibliográficas. En caso de tener Anexos se incluirán al final del documento.

## *Requisitos formales*

- Las páginas deben enumerarse en la esquina inferior derecha con números arábigos.
- Los títulos de los apartados que formen parte de la estructura del artículo deberán ir en negrita y mayúscula; el resto de los subtítulos solo en negrita.
- Las fórmulas serán insertadas como texto editable, nunca como imagen.
- Las tablas serán enumeradas según su orden de aparición y su título se colocará en la parte superior. Se enviarán en texto editable. Se hará referencia a ellas en el texto de la forma: ver tabla 1 ó (tabla 1).
- Las figuras serán enumeradas según el orden en que se mencionen y su título se colocará en la parte inferior. Serán enviadas en formato .jpg. Se mencionarán en el texto de la forma: ver figura 1 ó (figura 1).
- Las abreviaturas acompañarán al texto que la definen la primera vez, entre paréntesis y no se conjugarán en plural.
- Las notas se localizarán al pie de página, nunca al final del artículo y estarán enumeradas con números arábigos. Tendrán una extensión de hasta 60 palabras. Se evitarán aquellas que solo contengan citas y referencias bibliográficas.
- Los anexos serán mencionados en el texto de la manera: ver anexo 1 ó (anexo 1).

## *Referencias bibliográficas*

Las Referencias bibliográficas se ajustarán al estilo de la Asociación Americana de Psicología (APA), 6ta edición de 2009. Se escribirán en el idioma original de la contribución utilizada y se evitará utilizar fuentes no confiables, que no contengan todos sus datos. Dentro del texto las citas se señalarán de la forma: Apellido (año, p. Número de página), si la oración incluye el (los) apellido (s) del (de los) autor (es). Si no se incluyen estos datos en el texto se utilizará la variante: (Apellido, año, p. Número de página). El listado con todas las fuentes citadas se colocará al final del artículo y deberá ordenarse alfabéticamente con sangría francesa.

## *Nota:*

El Consejo Editorial se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios que considere pertinentes para mejorar la calidad del artículo.

Revista publicada bajo una Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Sin Derivar 4.0 Internacional. Podrá reproducirse, de forma parcial o total, el contenido de esta publicación, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.



ISSN: 2415-2862



**Síguenos en:**

<http://universosur.ucf.edu.cu/>

<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>



Editorial: "Universo Sur".  
Universidad de Cienfuegos.  
Carretera a Rodas, Km 3 ½.  
Cuatro Caminos. Cienfuegos. Cuba.  
CP: 59430

© Podrá reproducirse, de forma parcial o total, el contenido de esta publicación, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.