

# Asimilación de cadmio y plomo por *Nicotiana tabacum* variedad "Criollo 98" cultivada en un suelo contaminado artificialmente. Parte II: Acumulación de metales pesados

Asimilation of cadmium and lead for *Nicotiana tabacum* variety "Criollo 98" cultivated in soil artificiality contaminated. Part II: Cumuled of heavy metals

José Manuel Pérez Meléndez, Iris Castillo Martínez, Dagoberto Paz Falcón

Facultad de Agronomía y Forestal, Universidad de Pinar del Río. CP: 20 100

E-mail: melendez@af.upr.edu.cu

**RESUMEN.** Se estudió la *Nicotiana tabacum* L. variedad "Criollo 98" cultivada en un suelo contaminado artificialmente con cadmio y plomo para evaluar sus posibilidades como planta acumuladora de metales pesados, especialmente de cadmio. Se empleó un diseño experimental de bloque al azar con 4 tratamientos y 3 réplicas. Tratamientos: T1, Testigo; T2, dos aplicaciones de Cd al suelo (0,50 kg/ha); T3, dos aplicaciones de Pb al suelo (0,50 kg/ha); T4 dos aplicaciones de Cd+Pb al suelo (0,50 kg/ha de cada elemento). Los resultados obtenidos mostraron que la variedad "Criollo 98" es capaz de asimilar cantidades apreciables de cadmio y de plomo, fundamentalmente en las raíces y en la parte basal de la planta.

Palabras clave: Cadmio, fitorremediación, metales pesados, *Nicotiana tabacum*, plomo.

**ABSTRACT.** The *Nicotiana tabacum*, "Criollo 98" variety, cultivated in artificially polluted soil with Cadmium and Lead was studied. Their possibilities for heavy metals uptake were evaluated, especially of Cadmium. An experimental design of random block with 4 treatments and 3 replicas it was used. Treatments: T1, soil test; T2, two soil applications of Cd (0,50 kg/ha); T3, two soil applications of Pb (0,50 kg/ha); T4 two soil applications of Cd+Pb (0,50 kg/ha of each element). The results showed that the "Criollo 98" variety can assimilate high quantities of cadmium and lead, fundamentally in the roots and in the basal part of the plant without presenting toxicity symptoms.

Key words: Cadmium, phytoremediation, heavy metals, *Nicotiana tabacum*, lead.

## INTRODUCCIÓN

La fitorremediación se define como el uso de plantas verdes en la remoción de contaminantes del ambiente (Raskin *et al.*, 1997). En contraste con otras tecnologías, es poco costosa, estéticamente agradable y requiere de pocos recursos (Glass, 1999). Ofrece la gran ventaja de causar pocas afectaciones al medio, no altera la matriz del suelo, de manera que después de un proceso de fitorremediación, este puede ser empleado directamente para la siembra de algún cultivo agrícola. Los metales pesados tóxicos y los contaminantes orgánicos son objeto de la fitorremediación.

Todas las plantas tienen un potencial para extraer metales del suelo, pero algunas plantas muestran una

habilidad para extraer, acumular y tolerar altos niveles de metales pesados, los cuales pueden resultar tóxicos para otros organismos. Tales plantas son denominadas hiperacumuladoras. La hiperacumulación de metales es una adaptación ecofisiológica a suelos con altos contenidos de metales (Deng *et al.*, 2004). Es un mecanismo de defensa contra plantas patógenas, además de prevenir a los depredadores (Sagner *et al.*, 1998; Gisbert *et al.*, 2003). Sin embargo, el potencial para la aplicación de plantas hiperacumuladoras en la biorremediación es limitado por un grupo de factores. En general estas plantas acumulan solamente un elemento específico y no son aplicables para múltiples elementos.

Las plantas de tabaco tienen una capacidad específica, inusualmente alta, de absorber el Cd del

suelo y acumularlo en las raíces y en las hojas. Se encontró que la especie *Nicotiana tabacum* es altamente acumuladora, tanto en las hojas como en la raíz (Angelova *et al.*, 2004). En la planta de tabaco, la concentración del elemento varía a lo largo del tallo. El mayor contenido se encuentra en las hojas viejas, con respecto a las hojas superiores, más jóvenes, lo que sugiere una deposición gradual con el tiempo (Semu and Singh, 1996; Angelova *et al.*, 2004; Evangelou *et al.*, 2004; Evangelou *et al.*, 2006).

Teniendo en cuenta todos los elementos expuestos anteriormente, se diseñó y realizó un experimento, cuyo objetivo fundamental era estudiar el comportamiento de la planta de tabaco *Nicotiana tabacum L*, Variedad “Criollo 98”, en un suelo contaminado con cadmio y plomo para evaluar sus posibilidades de empleo en técnicas de fitorremediación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en áreas del Instituto Politécnico de Agronomía Tranquilino Sandalio de Noda, ubicado en el km 8 ½ de la carretera Pinar del Río-La Coloma, en la provincia de Pinar del Río, a una altura de 26,25 m sobre el nivel del mar a los 281, 600 km al norte y 224,100 km al este del sistema de coordenadas planas “Cuba Norte de ICGS”.

El área experimental ocupó 114 m<sup>2</sup>, en la cual se plantó la variedad “Criollo 98 con un marco de plantación de 0,76 x 0,25 m, esta área estaba dividida en 12 parcelas de 2,50 m de largo por 3,8 m de ancho (9,50 m<sup>2</sup>). En cada parcela se plantaron en total 50 plantas. De cada parcela se muestrearon 10 plantas. La plantación se realizó el día 23 de enero de 2003. El riego y la fertilización se realizaron de acuerdo con el instructivo técnico.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 réplicas. Tratamientos: T1, Testigo; T2, dos aplicaciones de Cd al suelo (0,50 kg/ha); T3, dos aplicaciones de Pb al suelo (0,50 kg/ha); T4 dos aplicaciones de Cd+Pb al suelo (0,50 kg/ha de cada elemento). La metodología utilizada para la caracterización de los suelos fue la expuesta por Sastre *et al.* (2002) y Nicholson *et*

*al.* (2003). Los análisis químicos y físico-químicos del suelo, fueron realizados en el Laboratorio de suelos del MINAGRI y en el Laboratorio de suelos de la Universidad de Pinar del Río.

Para cada uno de los tratamientos se utilizaron dosis de 0,50 kg/ha del elemento activo, divididas en 2 aplicaciones, en cada uno de los momentos de fertilización seguidos del riego. La primera aplicación se realizó a los 8 días después de la siembra y la segunda aplicación 21 días después de la primera aplicación. Los portadores utilizados fueron el PbAc<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O y CdSO<sub>4</sub>. Se le adicionó EDTA, formando así portadores en forma de quelato.

La toma de la muestra foliar se realizó seleccionando todas las hojas de 10 plantas. Esas hojas fueron lavadas y secadas en la estufa a una temperatura de 75°C, posteriormente fueron maceradas y pasadas por un tamiz de 0,5 mm, envasadas, y se llevaron a los laboratorios del MINAGRI. Se les determinó macronutrientes primarios y secundarios: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Se realizaron análisis de macro y micronutrientes en los laboratorios de la Universidad de Alicante, en España, y en la Empresa Central de Laboratorios José Isaac del Corral en Ciudad de La Habana, utilizando el método analítico de Espectroscopía de Emisión con Plasma Acoplado Inductivamente.

Los análisis estadísticos efectuados, estadística descriptiva, cálculo de correlaciones, análisis de componentes principales y otros se realizaron con el paquete estadístico SPSS para Windows Versión 10 de diciembre de 2001 (SPSS 10.0).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de la caracterización química del suelo

Se realizaron análisis de suelo antes de la plantación. Los resultados se muestran en las tablas 1 y 2.

En la tabla 2 se observan los valores encontrados para un grupo de micronutrientes presentes en dichas parcelas. Se determinaron los niveles para el Cd, (0,38 ± 0,18 mg/kg de suelo) y para el Pb (17,38 ± 2,65 mg/kg de suelo), resultados que evidencian la presencia de estos metales pesados en el suelo en rangos normales.

**Tabla 1. Características del suelo antes de las aplicaciones**

pH KCl	mg/100 g de suelo		% de Cl <sup>-</sup>	% de M.O	cmoles/Kg de suelo						
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			Ca	Mg	Na	K	S*	T*	V*
5,4	16,5	18,4	003	1,5	3,87	0,73	0,03	0,17	4,80	5,8	82,8

S\* (Suma de cationes de cambio o suma de bases) T\* (Capacidad de cambio catiónico)

V\* (Porcentaje de saturación de bases)

**Tabla 2. Características del suelo antes de las aplicaciones**

Var.	mg/kg suelo						
	B	Cu	Ni	Mn	Zn	Cd	Pb
Media	1,25	12,75	4,13	223,8	23,5	0,38	17,38
E. std	-	0,25	0,37	6,2	1,5	0,12	1,87
D. std	-	0,35	0,53	8,8	2,12	0,18	2,65

Una vez concluida la recolección del tabaco, se procedió a tomar una muestra de suelo de cada tratamiento con vistas a establecer las diferencias y

similitudes en función de la aplicación de cantidades controladas de Cd y Pb. Se reportan las medias de las tres réplicas. Estos resultados pueden apreciarse en la tabla 3.

**Tabla 3. Caracterización química del suelo (post-cosecha) de las parcelas de cada uno de los tratamientos**

Trat.	pH KCl	mg/100 g de suelo		% de M.O	cmol/kg de suelo						
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	S	T	V
Testigo	4,6	17,5	20,0	1,5	3,87	0,73	0,03	0,17	4,80	5,8	82,7
Cd	4,8	17,0	18,0	1,4	3,15	0,73	0,03	0,16	4,07	4,5	90,4
Pb	4,7	16,5	17,6	1,3	2,82	0,72	0,02	0,16	3,72	4,3	86,5
Cd+Pb	4,8	17,3	17,3	1,3	2,36	0,71	0,03	0,16	3,26	4,1	79,5
E. Std	0,05	0,22	0,61	0,05	0,32	0,005	0,003	0,003	0,33	0,38	2,36
D. Std	0,10	0,44	1,22	0,10	0,64	0,01	0,005	0,005	0,65	0,77	4,72

S\* (Suma de cationes de cambio o suma de bases) T\* (Capacidad de cambio catiónico)

V\* (Porcentaje de saturación de bases)

En la tabla 3 se observa una disminución del pH con respecto a los valores iniciales que se mostraron en la tabla 1, lo que puede estar dado por el lavado de las bases (Cairo, 1994), que se produce por los riegos realizados, las precipitaciones caídas y las características del suelo (Loam arenoso, con valores altos de porosidad), aspectos que favorecen el proceso de lavado de las bases. El contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O en el suelo aumentó debido a la fertilización (fórmula completa) realizada al cultivo durante

su desarrollo. El contenido de materia orgánica permanece prácticamente constante durante todo el experimento.

#### **Estudio de la acumulación de cadmio y plomo en la planta de tabaco**

En la tabla 4. se observa la acumulación de cadmio y plomo en la planta de tabaco. Estos elementos (Cd y Pb), fueron aplicados al suelo en forma de quelatos tanto de forma independiente como combinados en relación con el testigo.

**Tabla 4. Distribución y acumulación de cadmio y plomo en la planta de tabaco**

Parte/Planta	Tratamiento	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
RAIZ	Testigo	1,25g	3,15fg
	Cadmio	36,85c	2,35g
	Plomo	1,50g	18,45c
	Cadmio+Plomo	54,25 a	28,35 a
TALLO	Testigo	0,57g	2,25g
	Cadmio	5,70fg	2,40g
	Plomo	1,40g	13,35 e
	Cadmio+Plomo	14,15 e	16,60cd
LIBRE PIE	Testigo	3,25g	5,25f
	Cadmio	28,0d	5,00f
	Plomo	2,0g	14,5de
	Cadmio+Plomo	48,0b	26,0b
UNO Y MEDIO	Testigo	1,75g	2,50g
	Cadmio	6,5fg	2,50g
	Plomo	2,0g	14,25 e
	Cadmio+Plomo	9,50ef	15,5de
CENTRO	Testigo	1,25g	2,50g
	Cadmio	4,75fg	2,50g
	Plomo	1,75g	2,50g
	Cadmio+Plomo	3,50g	2,50g
CORONA	Testigo	1,50g	2,50g
	Cadmio	2,75g	2,50g
	Plomo	1,50g	2,50g
	Cadmio+Plomo	3,25g	2,50g
<b>Error Std.</b>		2,2	1,2
<b>Desv. Std.</b>		15,4	8,1

En una misma columna letras desiguales difieren significativamente para  $p < 0,05$ .  
Prueba de comparación de medias de Duncan

En esta tabla se puede apreciar como la variedad de tabaco “Criollo 98” es capaz de asimilar y acumular elementos pesados como el cadmio y el plomo con relativa facilidad. En los tratamientos en

que se aplica cadmio, ya sea combinado con el plomo o de forma aislada, este elemento es absorbido y acumulado mayoritariamente en la raíz y en el primer corte de la hoja o libre pie (LP),

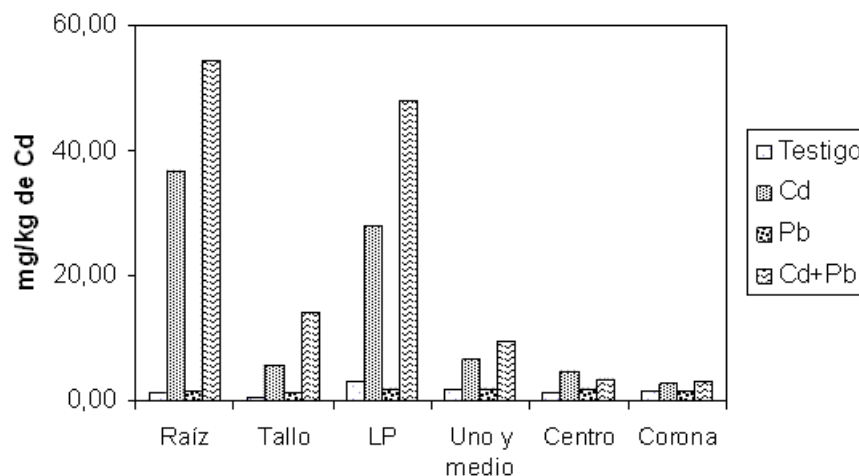


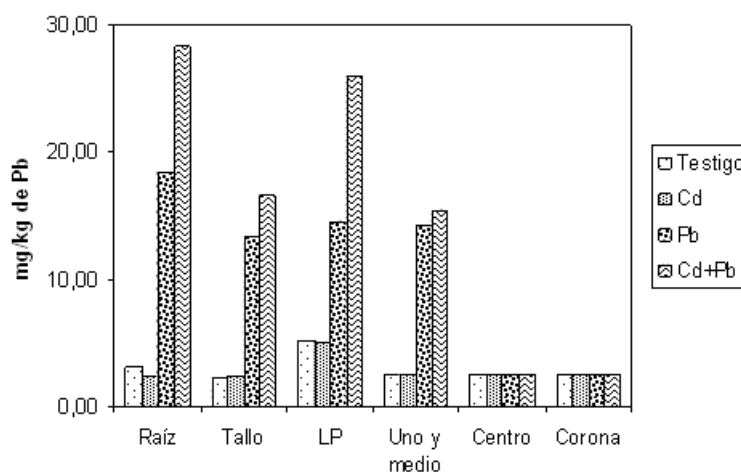
Figura 1.- Asimilación de Cd por la planta de tabaco

aunque también se observan diferencias significativas en su absorción en el tallo con respecto al tratamiento testigo y al tratamiento con plomo.

En el caso del lomo el comportamiento es algo diferente por cuanto, además de acumularse en la raíz, tallo y primer corte de la hoja, pueden encontrarse cantidades significativamente diferentes en el segundo corte de la hoja (uno y medio). No se observan diferencias significativas en los contenidos de plomo en el centro de la planta y en la corona, donde sus concentraciones son las más pequeñas.

El hecho de que estos elementos se acumulen fundamentalmente en la parte basal de la planta parece estar relacionado con su inmovilidad relativa. (figuras 1y 2).

En el caso de ambos elementos se observa un comportamiento similar en la planta y la misma tendencia de esta de acumular en la raíz, el tallo y en los primeros cortes de la hoja. Angeplova *et al.* (2004) encontró que la especie *Nicotiana tabacum* es altamente acumuladora de cadmio, tanto en las hojas como en la raíz de la planta, lo que confirma los resultados alcanzados.



**Figura 2. Asimilación de plomo por la planta de tabaco**

### Análisis del suelo post-cosecha

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los análisis realizados a cada una de las parcelas, después de la recolección completa de la cosecha.

Los resultados muestran una gran homogeneidad entre las parcelas, independiente del tratamiento utilizado en cada una de ellas. Lo más importante a destacar es el hecho de que tanto el cadmio como el plomo, aplicados solos, o en el tratamiento combinado, han sido extraídos del suelo por la planta de tabaco, de manera que no existen diferencias significativas entre el suelo testigo y el suelo del resto de los tratamientos. Solo en el caso del tratamiento con cadmio quedan en el suelo 1,75 mg/kg de este elemento, significativamente diferente con el testigo y con los restantes tratamientos, sin embargo esta

concentración de cadmio en el suelo no es considerada tóxica por la directiva europea 86/278/CEE sobre contenido en metales pesados en suelos agrícolas.

Teniendo en cuenta los valores de metales pesados encontrados y comparándolos con los indicados en la directiva 86/278/CEE para suelos agrícolas (Consejo de Europa, 2000), se observa que no superan los límites establecidos. Estos valores son: Cu 140 ppm; Cd 3 ppm; Pb 350 ppm; Zn 350 ppm; Ni 75 ppm. Los contenidos están muy por debajo de los indicados en la directiva.

Comparando las medias obtenidas con las correspondientes a suelos naturales del mundo, se obtiene que los valores de estos metales pesados están por debajo de dichas medias (Kabata-

Pendias, 1992; Alloway, 1995; Adriano, 1997; Angelova *et al.*, 2004). Estos resultados avalan la posibilidad de utilizar la planta *Nicotiana tabacum L.*, variedad “Criollo 98”, en técnicas de fitorremediación.

**Tabla 5. Análisis de suelo en las parcelas de cada tratamiento**

Elementos		Tratamientos				Estadística	
		Testigo	Trat. Cd	Trat. Pb	Trat. Cd+Pb	Std. Error	Std. Dev.
%	Na	0,008b	0,003c	0,012a	0,004c	0,001	0,004
	K	0,14a	0,17a	0,18a	0,17a	0,01	0,04
	Ca	0,175a	0,180a	0,180a	0,180a	0,002	0,006
	Mg	0,064a	0,076a	0,076a	0,075a	0,004	0,01
	P	0,031a	0,032a	0,032a	0,030a	0,001	0,002
	Fe	0,84a	0,92a	0,90a	0,89a	0,02	0,05
mg/kg suelo	B	<1,25a	<1,25a	<1,25a	<1,25a	0,0	0,0
	Cu	12,75b	17,13a	11,38b	11,13b	0,9	2,6
	Ni	4,13a	4,50a	4,50a	4,63a	0,18	0,5
	Mn	223,8b	253,8a	243,8a	250,0a	4,6	13,1
	Zn	23,5a	27,5a	26,0a	25,0a	0,7	1,9
	Cd	0,38b	1,75a	0,25b	0,50b	0,2	0,6
	Pb	17,38a	15,38a	17,00a	15,25a	0,6	1,6

En una misma fila letras desiguales difieren significativamente para  $p < 0,05$ .  
Prueba de comparación de medias de Duncan

## CONCLUSIONES

1.-Los metales pesados cadmio y plomo son rápidamente absorbidos por la planta de tabaco, la cual los acumula fundamentalmente en la raíz y en las hojas basales.

2.-La presencia de cadmio y plomo incide positivamente en la asimilación y acumulación de ambos elementos sugiriendo un mecanismo de sinergismo entre estos elementos.

3.-El análisis post-cosecha de las parcelas demostró que la variedad “Criollo 98” es capaz de extraer la mayor parte del cadmio y del plomo aplicado durante el experimento.

4.-La planta de tabaco *Nicotiana tabacum L.*, Variedad “Criollo 98” tiene buenas cualidades y características que permiten su uso en técnicas de Fitorremediación.

## BIBLIOGRAFÍA

1.ALLOWAY, B. J: *Heavy metals in soils*. Eds John Wiley And Sons, Inc. New York, 368 pp.,1995.

2.ANGELOVA, V.; K. IVANOV AND R. IVANOVA: “Effect of

Chemical Forms of Lead, Cadmium, and Zinc in Polluted Soils on Their Uptake by Tobacco”, *Journal of Plant Nutrition*. 27 (5): 757-773, 2004.

3.Cairo, P. y O. Fundora: *Edafología*, Editorial Pueblo y Educación, Playa, Ciudad de la Habana, 476 pp., 1994.

4.CONSEJO DE EUROPA: Convención Europea del Paisaje, Congreso de Poderes Locales y Regionales de Europa, Florencia, 12 pp., 2000.

5.DENG, H.; Z. H. YE AND M. H. WONG: Accumulation of lead, zinc, copper and cadmium by 12 wetland plant species thriving in metal-contaminated sites in China. *Environmental Pollution*. 132 (1):29 - 40, November 2004.

6.EVANGELOU, MICHAEL W. H., HATICE DAGHAN AND ANDREAS SCHAEFFER: “The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil”. *Chemosphere*. 57 (3):207- 213, October 2004.

7.EVANGELOU, MICHAEL W. H.; MATHIAS EBEL, ANDREAS SCHAEFFER: “ Evaluation of the effect of small organic acids on phytoextraction of Cu and Pb from soil with tobacco *Nicotiana tabacum* ”, *Chemosphere* 63: 996–1004, 2006.

8.GISBERT, CARMINA; ROC ROS; ANTONIO DE HARO,

DAVID J. WALKER: "A plant genetically modified that accumulates Pb is especially promising for phytoremediation," *Biochemical and Biophysical Research Communications* 303 (2):440-445, 4 April 2003.

9. GLASS, D.J.: Economic potential of phytoremediation, In Raskin, I, Ensley, B.D. (Eds.), *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment*, John Wiley & Sons, New York, NY, pp. 15-31, 1999.

10. KABATA-PENDIAS, A AND H. PENDIAS: Trace elements in soil and plants, Eds. CRC Press. Boca Raton, USA, 365 pp., 1992.

11. NICHOLSON, F.A.; S.R. SMITH; B.J. ALLOWAY; C. CARLTON-SMITH AND B.J. CHAMBERS: "An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales", *The Science of The Total Environment*, 311 (1-3):205-219, 2003.

12. RASKIN, I.; R.D. SMITH AND D.E. SALT: "Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment", *Curr. Opin. Biotechnol.* 8: 221-226, 1997.

13. SAGNER, S.; R. KNEER; G. WANNER; J. COSSON *ET AL*: "Hyperaccumulation, complexation and distribution of nickel in *Sebertia acuminata*", *Phytochemistry* 47: 339-347, 1998.

14. SASTRE J.; A. SAHUQUILLO; M. VIDAL AND G. RAURET: "Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction", *Analytica Chimica Acta*, 462, 59-72, 2002.

15. SEMU, E AND B.R. SINGH: "Accumulation of heavy metals in soils and plants after long-term use of fertilizers and fungicides in Tanzania", *Fertil. Res.* 44: 241-248, 1996.

Recibido: 15/Marzo/2007

Aceptado: 22/Mayo/2007

Desarrollado por SOLWAYSCUBA



# Seminario Científico Internacional VI de Sanidad Vegetal

“La sanidad vegetal por la sostenibilidad ambiental”

Del 22 al 26 de septiembre de 2008. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.

## Temáticas

- Diagnóstico e identificación de plagas en la agricultura tropical.
- Marcadores moleculares como soporte a los programas fitosanitarios.
- Alternativas agro ecológicas en el manejo de plagas.
- Producción y uso de ACB y sustancias naturales.
- Inocuidad y seguridad alimentaria en la agricultura.
- Plaguicidas y su impacto ambiental.
- Cuarentena vegetal y análisis de riesgo.
- Transferencias de tecnologías en el sector agrario
- Vigilancia fitosanitaria.

## Organizan

Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV)



Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA)



Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV)



## Eventos a celebrarse en el marco del Seminario

- ✿ 48va Reunión Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología-División Caribe.
- ✿ 2da Conferencia Internacional sobre Alternativas al Bromuro de Metilo.
- ✿ 2do Taller Latinoamericano de Biocontrol de Fitopatógeno.
- ✿ 2do Taller Internacional de Fitoplasmas.
- ✿ 2do Simposio Latinoamericano y del Caribe de Acarología "La Biodiversidad Acarina: Utilización, Protección y Conservación"
- ✿ 2do Taller Internacional de Manejo de Plagas

# Cortesía de Centro Agrícola