

# EVALUACIÓN EN CONDICIONES CONTROLADAS DE GENOTIPOS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN FASE DE PLÁNTULA SELECCIONADOS PARA TOLERANCIA A LAS BAJAS TEMPERATURAS

Sandra H. Díaz<sup>✉</sup>, R. Morejón, R. Castro y Noraida Pérez

**ABSTRACT.** The work was carried out at “Los Palacios” Rice Research Station under controlled conditions in 2002 to  $\pm 18^{\circ}\text{C}$  and relative humidity of 85 %; the behavior of rice lines and varieties selected for cold tolerance was studied. Seed germination, plant height and root length were evaluated at 5, 10 and 15 days. Data were statistically processed by means of multivariate cluster analysis. Genotypes were collected in five classes and the best ones are in the classes I, IV and III.

*Key words:* rice, *Oryza sativa* L., cold tolerance, genotypes, varieties

**RESUMEN.** El trabajo se realizó en el 2002 en la Estación Experimental del Arroz Los Palacios, en condiciones controladas a  $\pm 18^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa del 85%. Se estudió el comportamiento de líneas y variedades de arroz seleccionadas para tolerancia a las bajas temperaturas. Se evaluaron la germinación de las semillas, altura de las plantas y longitud de la raíz a los 5, 10 y 15 días. Los datos obtenidos fueron procesados estadísticamente mediante la técnica multivariada de Conglomerados. Los genotipos fueron agrupados en cinco clases y los de mejor comportamiento se encuentran en las clases I, IV y III.

*Palabras clave:* arroz, *Oryza sativa* L., tolerancia al frío, genotipos, variedades

## INTRODUCCIÓN

El arroz es un alimento primordial en la nutrición de los habitantes de casi todos los países del mundo en desarrollo y más de la mitad de la población mundial depende del arroz como principal fuente diaria de calorías y proteínas. En Cuba ocupa un lugar muy importante en la dieta, consumiéndose más de 60 kg per cápita por año, lo cual lo sitúa entre los mayores consumidores de América Latina (1, 2).

La producción arrocería nacional se ha visto limitada por diversos factores abióticos, que han afectado la obtención de altos rendimientos (3), entre los que se encuentran las bajas temperaturas que causan daños en todos los estadios de desarrollo de la planta de arroz, desde la fenofase de plántula hasta la floración, provocando baja germinación, reducción de la altura, incompleta exéresis de la panícula y menor número de granos por panícula; además, una disminución considerable en la translocación de los carbohidratos y la síntesis de clorofila.

Asimismo, se considera que la germinación y el establecimiento de las plántulas son etapas de crecimiento sensibles para el arroz y que la selección de materia-

les tolerantes a las bajas temperaturas en esta fase en condiciones de laboratorio resulta ventajosa y generalmente se corresponde con la respuesta en la etapa reproductiva, cuando se evalúa en condiciones de campo, manifestándose un menor porcentaje de esterilidad (4, 5).

La falta de resistencia a las bajas temperaturas hace que en sentido general se reduzca considerablemente el rendimiento, así como el período de siembra y, por tanto, el área total en muchas regiones productoras de arroz. En Cuba, las afectaciones se producen en las siembras correspondientes a la campaña de frío, que es precisamente el período en el cual se siembra el mayor volumen del cereal. La importancia y prevalencia de la incidencia de dicho factor ha ido en aumento, como resultado de la creciente inestabilidad climática y también debido a la demanda de un crecimiento sustentable en la producción agrícola (6).

Teniendo en cuenta estas consideraciones se realizó el presente trabajo, con el objetivo de evaluar el comportamiento en condiciones controladas de un grupo de genotipos en fase de plántula seleccionados para tolerancia a bajas temperaturas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante la época de frío del 2002 en el laboratorio de Fisiología de la Estación Experimental del Arroz, perteneciente al Instituto Nacional de

Ms.C. Sandra H. Díaz y Ms.C. R. Morejón, Investigadores Agregados; Ms.C. R. Castro y Noraida Pérez, Investigadores Auxiliares de la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP. 32 700.

✉ sanroge2006@yahoo.es, shdiaz@inca.edu.cu

Ciencias Agrícolas, en el municipio Los Palacios. Se utilizaron líneas de cuatro poblaciones provenientes de cruzamientos intervarietales simples, además de un grupo de variedades, entre las que se encuentran genotipos resistentes a las bajas temperaturas y otros que han tenido buen comportamiento en siembras correspondientes a la campaña de frío (Tabla I).

**Tabla I. Poblaciones segregantes y variedades estudiadas**

Genotipo	Población	Progenitores	Generación
1	650-2-2-1-1-2-1-1	J-104 / China	F8
2	650-2-1-1-1-3-1-1	J-104 / China	F8
3	650-2-1-1-1-4-2-1	J-104 / China	F8
4	650-2-2-1-1-1-1-1	J-104 / China	F8
5	650-2-1-1-1-4-1-1	J-104 / China	F8
6	650-2-1-3-1	J-104 / China	F5
7	650-2-6-1-1	J-104 / China	F5
8	650-2-5-2-2	J-104 / China	F5
9	650-2-3-2-1	J-104 / China	F5
10	650-2-3-1-1	J-104 / China	F5
11	650-2-2-1-1	J-104 / China	F5
12	650-2-5-2-1	J-104 / China	F5
13	650-1-1-1-1	J-104 / China	F5
14	650-1-5-2-1	J-104 / China	F5
15	653-1-1-2-1-2-1-1	Somewake/INCA LP-11	F8
16	650-1-1-1-2-1-1-1	Somewake/INCA LP-11	F8
17	664-3-1-3-1-1	China/INCA LP-2	F6
18	664-2-3-3-1-1	China/INCA LP-2	F6
	Variedades	Progenitores	
19	Dodo	Desconocido	
20	IR 837	IR 262-43-8-11/Niaw San Pahtawng	
21	J-104	IR 880-5-2/IR 930-16-1	
22	China	Desconocido	
23	INCA LP-2	IR 759-54-2-2/6066	
24	INCA LP-5	2077/ CP 1- C8	
25	INCA LP-11	IR 1529-430/IR 759-54-2-2	
26	Vietnamita 2084	Selección en línea Vietnamita	
27	ECIA 1715	Colombia I/ECIA 67-104-S1-1-5-31 (4024)// IR 1857-78-1/CP3C2	
28	IAC-22	Mutante de J-104	
	Selecciones	Progenitores	
29	8811	Desconocido	
30	8822	Desconocido	

Estas fueron sembradas el 14 de noviembre de 2002 a razón de una semilla por sitio, en bandejas de cepellón de 46 x 70 cm con capacidad para 294 plantas cada uno. El tamaño de los alvéolos es de 2.5 x 2.5 cm, profundidad de 7.0 cm y la distancia entre plantas fue aproximadamente de 3 cm. Se empleó un sustrato suelo-materia orgánica 1:1.

Estas fueron puestas en condiciones controladas a  $\pm 18^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa del 85 %, y para analizar en la fase de plántula la respuesta de estos materiales a las bajas temperaturas, se evaluaron variables tales como la germinación de las semillas, altura de las plantas y longitud de la raíz a los 5, 10 y 15 días después de germinadas (ddg en cm).

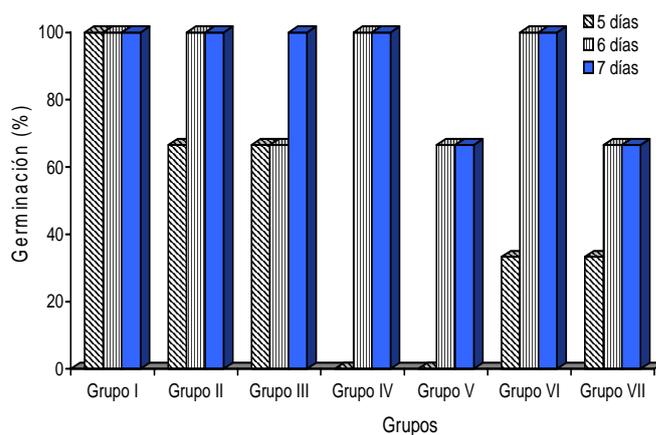
Con el objetivo de analizar las correlaciones entre las variables, distribuir los genotipos en grupos según las semejanzas y seleccionar los de mejor comportamiento, la germinación se evaluó a partir de los cinco días, tres días consecutivos, expresándose en porcentaje de semi-

llas germinadas y los genotipos que presentaron iguales porcentajes fueron ubicados en grupos.

La información obtenida fue procesada estadísticamente mediante la técnica multivariada de Conglomerados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el comportamiento de la germinación de los genotipos en los diferentes grupos. Se puede apreciar que el grupo I tuvo la mejor respuesta en este indicador, al cual pertenecen las líneas 4 y 5 de la octava generación y 8, 11 y 14 de la quinta generación, pertenecientes al cruce entre la variedad comercial J-104 y la variedad resistente China, que también integró este grupo.



Grupos	Genotipos
I	4, 5, 8, 11, 14, 22
II	1, 7, 13, 19, 21, 24, 26
III	3, 10, 12, 18, 25, 29
IV	2, 16, 17, 20, 27, 28, 30
V	9
VI	15, 23
VII	6

**Figura 1. Grupos de acuerdo con los porcentajes de germinación en tres momentos diferentes y genotipos que los integran en condiciones controladas**

Se sabe que la temperatura óptima de germinación se encuentra entre los 20 y 30°C, además de que la sensibilidad del arroz a las bajas temperaturas varía durante su ciclo de vida; se han determinado como críticas, dependiendo del estado de desarrollo del cereal, aquellas por debajo de 20°C, pues temperaturas inferiores provocan la aparición de distintas alteraciones del cultivo, lo que depende del estado de desarrollo del arroz y la duración e intensidad del período de frío. Entre los síntomas visibles provocados por temperaturas adversas durante el estado vegetativo son: baja germinación, retardo en el crecimiento, decoloración de hojas, muerte de las plantas, bajo número de tallos, detención del desarrollo y reducción de la capacidad de macollamiento, así como baja síntesis de clorofila (4).

Por otra parte, el buen comportamiento durante la germinación es importante para garantizar un rápido y uniforme establecimiento del cultivo. En algunos lugares de Brasil, la mayoría de los cultivares de las subespecies *índicas* presentan una baja y desuniforme germinación en temperaturas frías, resultando en la emergencia irregular y baja población de plantas. El mejoramiento genético para la tolerancia a las bajas temperaturas en la etapa de germinación puede sin dudas contribuir a un mejor establecimiento del cultivo en siembras tempranas, ya que solamente el manejo del cultivo no puede minimizar el problema (7).

Le siguen en comportamiento los genotipos del grupo II, en el que están incluidas las líneas 1, 7 y 13, también del cruce anteriormente señalado, así como las variedades J-104, INCA LP-5, Vietnamita 2084 y Dodo, esta última informada por la literatura internacional como resistente a las bajas temperaturas. La mayoría de los estudios realizados han indicado que las temperaturas mínimas, máximas y óptimas están alrededor de 8-10°C, 42-44°C y 30-32°C, respectivamente. La temperatura mínima de germinación varía grandemente entre cultivos. Algunos cultivares en Hokkaido, parte septentrional de Japón, y variedades locales en la República de Corea, germinaron bien a temperaturas cercanas a los 8°C. Por el contrario, en cultivares de arroz en Filipinas y La India, la germinación fue sensiblemente afectada a temperaturas entre 16-24°C. Esto se justifica, ya que generalmente ha sido reconocido que la temperatura de germinación mínima es mayor en cultivares *índica* que en *japónica* (8).

En los grupos VI y IV, aunque a los cinco días germinó solo un tercio y no hubo germinación respectivamente, es importante destacar que en ambos casos a partir de los seis días ya el 100 % de los materiales incluidos en estos germinaron. Aquí se encuentran las líneas 15 y 16 en F8 del cruce Somewake/INCA LP-11, la línea 2 de la misma generación del cruce entre J-104/China, las variedades INCA LP-2, IR 837, ECIA-1715, IAC-22 y la línea 8822. Un día después (a los 7 ddg), los genotipos que integraron el grupo III lograron el 100 % de germinación.

Asimismo, en otros estudios se ha detectado que la temperatura afecta la capacidad, velocidad y uniformidad de la germinación. También se ha comprobado que el frío afecta mucho más la etapa inicial de la germinación, inhibiendo o reduciendo la capacidad de la semilla, para dar lugar a la formación de la radícula y luego a la del coleóptilo y finalmente la emergencia de una planta normal (4). Otros trabajos realizados sugieren que la selección recurrente es también un método efectivo, para lograr materiales tolerantes a las bajas temperaturas. Se obtuvo una población con mayor precocidad, que conserva su tolerancia al frío al cruzar el acervo genético GPIRAT-10 formado por variedades y líneas de tipo *japónica* con tolerancia al frío y material chileno (9).

El peor comportamiento lo mostraron los genotipos de los grupos V y VII, en los cuales germinaron solamente dos tercios de las semillas. Otros encontraron que las

bajas temperaturas afectaron la capacidad de germinación de los genotipos, ya que la germinación promedio disminuyó de 86 %, en condiciones óptimas, a 25.6 % en condiciones de frío, cuando caracterizaron el germoplasma de arroz para tolerancia al frío en la etapa de germinación. Además, este comportamiento estuvo influido por el tiempo de exposición, presentándose una gran variabilidad de respuesta en los cultivares y las líneas avanzadas estudiadas (4).

En relación con las demás variables, se observa en la Tabla II que casi todas ellas se correlacionaron entre sí. Aparecen fuertemente correlacionadas en sentido directo las diferentes longitudes de la raíz evaluadas a los 5, 10 y 15 días. Se conoce que cada especie de planta tiene su propia temperatura óptima de suelo y atmósfera apropiada para el crecimiento normal. Cuando la temperatura del agua es mayor o menor que estos niveles, el crecimiento de las raíces es generalmente pobre y el desarrollo y la elongación de nuevas raíces es especialmente inhibido (10). Además, se correlacionaron entre sí las variables altura y longitud de la raíz en los diferentes momentos, a excepción de la altura a los cinco días, que no se correlacionó con la longitud de la raíz a los 15 días.

**Tabla II. Matriz de correlaciones fenotípicas**

	Altura			Longitud raíz	
	5 ddg	10 ddg	15 ddg	5 ddg	10 ddg
Altura 10 ddg	0.791				
Altura 15 ddg	0.631	0.884			
Longitud raíz 5 ddg	0.810	0.744	0.656		
Longitud raíz 10 ddg	0.667	0.808	0.805	0.883	
Longitud raíz 15 ddg	0.504	0.760	0.807	0.713	0.957

Los coeficientes mayores a 0.5368 representan las asociaciones significativas para  $p \geq 0.01$

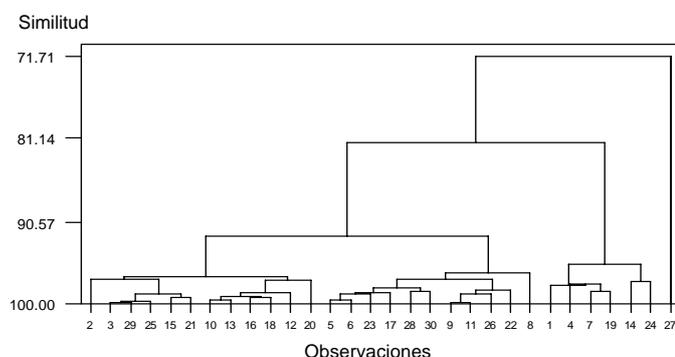
Las temperaturas tienen una gran influencia en la germinación y el desarrollo de la plántula. Si la temperatura del suelo, cercana a la del agua, es inferior a la del aire, la radícula se desarrollará más lentamente que el coleóptilo. Lo contrario ocurre cuando dichas temperaturas se invierten; el mayor porcentaje de supervivencia de la plántula se produce cuando ambas partes, la radícula y la aérea, tienen el mismo nivel de desarrollo (11).

El Análisis de Conglomerados, realizado para estas condiciones, clasificó los genotipos, distribuyéndolos en cinco clases y el dendrograma correspondiente a este análisis aparece en la Figura 2; se empleó la misma técnica para su construcción y las medias por variables, así como los genotipos que las integran aparecen en la Tabla III.

Los genotipos de mejor respuesta a las condiciones de bajas temperaturas se ubicaron en las clases I, IV y III, en este orden.

Integraron la clase I, tres líneas de la combinación híbrida J-104/China, así como la variedad resistente al frío Dodo; estas lograron mayor crecimiento a los 5, 10 y 15 días, con medias superiores al resto de las clases. Además, se puede apreciar que presentaron buen comportamiento para la longitud de la raíz en los diferentes

momentos en que se realizó la evaluación; en este último aspecto solamente fueron superadas por la clase IV, en la cual aparece la línea 14 de la misma combinación híbrida y la variedad comercial INCA LP-5, que en siembras tempranas en la época de frío, en condiciones de producción, ha tenido buen comportamiento respecto a otras variedades sembradas en el mismo período, en áreas del CAI Arrocerero Los Palacios.



**Figura 2. Dendrograma obtenido a través del Análisis de Conglomerados**

**Tabla III. Distribución de los genotipos y medias por clases, según el Análisis de Conglomerado**

Clases	Altura			Longitud raíz		
	5 ddg	10 ddg	15 ddg	5 ddg	10 ddg	15 ddg
I	0.7750	1.8650	2.8300	1.7400	2.5613	3.4650
II	0.3767	0.8825	1.3392	0.6442	1.1738	1.7033
III	0.5818	1.3764	1.9491	1.1564	1.8427	2.5291
IV	0.6650	1.4650	1.8450	1.7950	2.5625	3.3300
V	0.3000	0.4300	0.8200	0.3300	0.4150	0.5000
Clases	Genotipos		Cantidad de genotipos por clases			
I	1.4.7.19.		4			
II	2.3.15.21.25.29.10.12.13.16.18. 20		12			
III	5.6.17.23.28.30. 8. 9.11.22.26.		11			
IV	14.24.		2			
V	27.		1			

En tal sentido, las diferentes consideraciones en el análisis de los factores que regulan el crecimiento de la planta de arroz, han hecho que se estudien las limitantes relacionadas con el desarrollo y la adaptabilidad del arroz al medio; la mayoría de los estudios realizados bajo temperatura controlada en el estado de germinación del arroz están relacionados con la identificación de la variabilidad y caracterización de genotipos. Otros han encontrado variabilidad para la tolerancia al frío en esta etapa entre los genotipos evaluados y aseguran que la velocidad de germinación es importante para el establecimiento del cultivo; sin embargo, este no necesariamente tiene alguna relación con la habilidad de un genotipo para alargar el coleóptilo y la radícula a temperaturas frías (7).

Los genotipos de la clase IV le secundaron a los de la clase I en los valores de altura alcanzados a los 5, 10 y 15 días.

En la clase III, los genotipos que la integran, aunque en menor medida, también sobresalieron en las respues-

tas a las condiciones de bajas temperaturas, tanto para las variables relacionadas con la altura como para las relacionadas con la longitud de la raíz, en ambos casos a los 5, 10 y 15 días. A esta clase pertenecen las líneas 6, 8, 9 y 11 del cruzamiento entre J-104 y China y la 17 procedente de China/INCA LP-2 y las variedades China e INCA LP-2. Como puede apreciarse, estas combinaciones en las que se utiliza como progenitor la variedad resistente China, parecen ser efectivas, cuando esta fue escogida como progenitor femenino y/o masculino, aunque las líneas 6 y 9 no tuvieron buen comportamiento en cuanto a la germinación en condiciones de estrés a bajas temperaturas. Además, se ubican en ella las variedades Vietnamita 2084 e IAC-22, que han sido evaluadas en estudios anteriores realizados en otras instituciones, con resultados muy positivos en cuanto a la tolerancia al frío; asimismo la línea 8822 fue seleccionada en áreas dedicadas al arroz popular y sembrada en el período poco lluvioso.

Muchos coinciden en señalar que la selección de materiales tolerantes a las bajas temperaturas en condiciones de laboratorio, resulta sumamente ventajosa e implica los beneficios de estudiar una gran cantidad de materiales en condiciones controladas de tiempo y temperatura, con el consiguiente ahorro de tiempo y espacio; aunque la menor tolerancia al frío que presentan en ocasiones algunos genotipos en condiciones de campo, respecto a las obtenidas en laboratorio, puede atribuirse a la imposibilidad de controlar factores, como la altura del agua, presencia de algas y hongos y la temperatura, los cuales inciden en los procesos de germinación y sobrevivencia del arroz. Asimismo, se refiere una relación significativa entre la tolerancia al frío en las etapas de plántula y reproductiva, encontrándose que los genotipos con mayor tolerancia al frío en plántula tuvieron menor porcentaje de esterilidad (4, 5).

Estos resultados coinciden con los obtenidos cuando se evaluó la germinación, ya que todas las líneas lograron completar el 100 % a los siete días o antes, a excepción de 6 y 9 que solo alcanzaron el 66.66 %.

De forma general, se puede decir que hubo una respuesta diferenciada de los genotipos, tanto para la germinación como para el resto de los caracteres evaluados en la fase de plántula; las combinaciones híbridas empleadas resultaron efectivas, constituyendo algunas de las variedades utilizadas como progenitores una fuente genética para la tolerancia a las bajas temperaturas. Igualmente, estos resultados constatan que mediante el empleo de las hibridaciones y una adecuada selección, es posible obtener materiales tolerantes a las bajas temperaturas, ya que estudios similares muestran una buena segregación para este factor abiótico en diferentes combinaciones híbridas. Se recomienda el empleo de fuentes genéticas de diversos orígenes y principalmente la utilización de la subespecie japónica, para incrementar la variabilidad y garantizar el éxito de los programas de mejoramiento encaminados a obtener materiales tolerantes al frío, que permitan minimizar las pérdidas.

## REFERENCIAS

1. Hernández, J. L.; Ginarte, A.; Gómez, P. J.; Suárez, E.; Alfonso, R.; Polanco, R.; Ávila, J. y Puldón, V. Estado actual de la resistencia genética para estrés bióticos y abióticos en la política varietal del cultivo del arroz en Cuba. En: Encuentro Internacional del Arroz. Programas/Resúmenes (3:2005:La Habana), 2005, p. 3.
2. Iglesias, M. Recetas con arroz, fáciles de elaborar. En: Encuentro Internacional del Arroz. Programas/Resúmenes (3:2005:La Habana), 2005, p. 127.
3. González, M. C.; Pérez, N.; Cristo, E.; Trujillo, D.; Ramos, N.; Mirabal, L.; Chico, O. y Fernández, A. Selección de nuevos somaclones de arroz tolerantes a la salinidad y al ácaro blanco (*S. pinki*). En: Encuentro Internacional del Arroz. Programas/Resúmenes (3:2005:La Habana), 2005, p. 10.
4. Castillo, D. y Alvarado, J. R. Caracterización de germoplasma de arroz para tolerancia a frío en la etapa de germinación. *Agricultura Técnica*, 2002, vol. 62, no. 4.
5. Bodapati, N.; Gunawardena, T. y Fukai, S. Increasing cold tolerance in rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. University of Queensland, School of Land and Food Sciences. RIRDC. Australia. 2005. 20 p.
6. Cremé, Y.; Suárez, D.; Hernández, J. y González, S. Análisis del comportamiento en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de bajas temperaturas. En: Encuentro Internacional del Arroz. Programas/Resúmenes (3:2005:La Habana), 2005, p. 84-85.
7. Pereira da Cruz, R. y Kothe Milach, S. C. Cold tolerance at the germination stage of rice: Methods of evaluation and characterization of genotypes. *Sci. Agri. Brazil*, 2004, vol. 61, no. 1, p. 1-6.
8. Ishikawa, T. Seed and germination. Rice Physiology Laboratory. National Agricultural Research Center. Rice Cultivation Course. 2000. 21p.
9. Hernaiz, S.; Alvarado, R.; Chatel, M. y Borrero, J. PQUI-1 rice population developed with cold tolerance by recurrent selection. *Agricultura Técnica*, 2000, vol. 60, no. 2, p. 195-199.
10. Takenaga, H. Nutrient absorption in relation to environmental factors. Rhizosphere and root function. En: Nutrients and water relations II. 1997. 221-480p.
11. Aguilar, M. Cultivo del arroz en el sur de España. Sevilla: Centro de Investigación e Información Agraria, 2001, 189 p.

Recibido: 12 septiembre de 2005

Aceptado: 6 de febrero de 2006

# DIPLOMADOS

Precio: 2000 CUC

## *Métodos para contrarrestar el efecto nocivo de la salinización de los suelos*

*Coordinador: Dra.C. María C. González Cepero*  
*Duración: 1 año*

### SOLICITAR INFORMACIÓN

**Dr.C. Walfredo Torres de la Noval**  
**Dirección de Educación, Servicios Informativos**  
**y Relaciones Públicas**  
**Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)**  
**Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,**  
**La Habana, Cuba. CP 32700**  
**Telef: (53) (47) 86-3773**  
**Fax: (53) (47) 86-3867**  
**E.mail: posgrado@inca.edu.cu**