

EVALUACIÓN EN ESTADIOS TEMPRANOS DE UN GRUPO DE MUTANTES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN CONDICIONES SALINAS, UTILIZANDO MARCADORES MORFOAGRONÓMICOS

L. Suárez[✉] y María C. González

ABSTRACT. The experiment was developed at the Plant Genetics Department from the National Institute of Agricultural Sciences, where a group of rice mutants (*Oryza sativa*) coming from irradiations with protons of the variety Amistad 82 were taken, with the objective of determining their behavior at different saline concentrations (0, 4 000 and 7 000 ppm). After seven days, dynamics and final percentage of germination were evaluated and 20 days later, height, plant root system length, as well as the production of root and leaf dry mass were also evaluated, showing a different genotype behavior at several saline tenors. Radiomutants L - 8553, L - 8554 and L-8555 showed the best behavior at the parameters analyzed for this stress type, in comparison to the donor plant. In general, with the increase of saline concentrations, an inhibitory effect was recorded in all characters evaluated.

Key words: rice, *Oryza sativa*, mutants, salt tolerance

RESUMEN. El experimento se desarrolló en el Departamento de Genética Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, donde se tomó un grupo de mutantes de arroz (*Oryza sativa*) provenientes de irradiaciones con protones de la variedad cultivada Amistad 82, con el objetivo de determinar su comportamiento en diferentes concentraciones de cloruro de sodio (0, 4 000 y 7 000 ppm). Se evaluaron a los siete días la dinámica y el porcentaje final de germinación y al cabo de los 20 días la altura, longitud del sistema radicular de las plántulas, así como la producción de masa seca foliar y radical, mostrándose un comportamiento diferenciado en las diferentes concentraciones salinas empleadas. Se observó que los radiomutantes L-8553, L-8554 y L-8555 mostraron un mejor comportamiento en los caracteres analizados para este tipo de estrés, en comparación con la variedad donante. En sentido general, se observó un efecto inhibitorio en los caracteres evaluados al aumentar las concentraciones salinas.

Palabras clave: arroz, *Oryza sativa*, mutantes, tolerancia a la sal

INTRODUCCIÓN

En el mundo, la salinidad de los suelos crece anualmente a razón de 3 ha.min⁻¹ de superficie (1) y nuestro país no es una excepción, pues el área agrícola nacional se encuentra afectada en un 14 %, causando disminución en rendimientos de cultivos tan importantes como la caña de azúcar, los pastos y el arroz (2).

El empleo de las variedades tolerantes constituye una vía importante para incrementar los rendimientos en condiciones de estrés; sin embargo, la necesidad de enfrentar factores adversos abióticos y bióticos hacen que estas sufran un proceso de deterioro, que obliga a su renovación y reemplazo por cultivares de mejor adaptabilidad y cualidades agroindustriales (3).

La inducción de mutaciones constituye una de las vías para generar variabilidad genética, por lo que ha sido empleada en diferentes objetivos de los programas de mejoramiento genético de este cereal, como posible fuen-

te de obtención de variedades de elevado potencial de rendimiento agrícola, buena calidad industrial y culinaria (4), con resistencia a hongo (*Pyricularia grisea*), insecto (*Togodes orizicolus*), ácaro (*Steneotarsonemus spinki*) y al complejo de hongo asociado, al virus de la hoja blanca y tolerancia a la salinidad (5).

Los estudios realizados para detectar variedades tolerantes al estrés salino en el cultivo del arroz, han sugerido la posibilidad de utilizar algunos indicadores simples, como el porcentaje de germinación y crecimiento temprano para seleccionar genotipos tolerantes (6, 7).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar a partir de marcadores morfoagronómicos el comportamiento de un grupo de mutantes de arroz en condiciones salinas, a fin de identificar y/o seleccionar genotipos de mejor comportamiento en estadios tempranos de desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Genética Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y para ello se emplearon cinco radiomutantes obtenidos a partir de irradiación de la variedad cultivada Amistad 82, utilizando radiaciones con protones para incrementar la variabilidad (Tabla I).

L. Suárez, Investigador y Dr.C. María C. González, Investigador Titular del Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ lguerra@inca.edu.cu

Tabla I. Origen de los diferentes genotipos

Variantes	Progenitor	Procedencia
L-8551	Mutante Amistad 82	Cuba
L-8552	Mutante Amistad 82	Cuba
L-8553	Mutante Amistad 82	Cuba
L-8554	Mutante Amistad 82	Cuba
L-8555	Mutante Amistad 82	Cuba
A-82	IR-1529 ECIA/UNIIR 3223	Cuba (variedad donante susceptible)

Los genotipos así como la variedad donante Amistad 82 se sembraron en condiciones semicontroladas de laboratorio en bandejas plásticas (20 semillas/ tratamiento) con material inerte como soporte y solución salina de diferentes concentraciones de sal común de 0, 4 000 y 7 000 ppm, correspondientes a medidas de conductividad eléctrica de $0.15 \times 10^3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; $2.15 \times 10^3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $3 \times 10^3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectivamente.

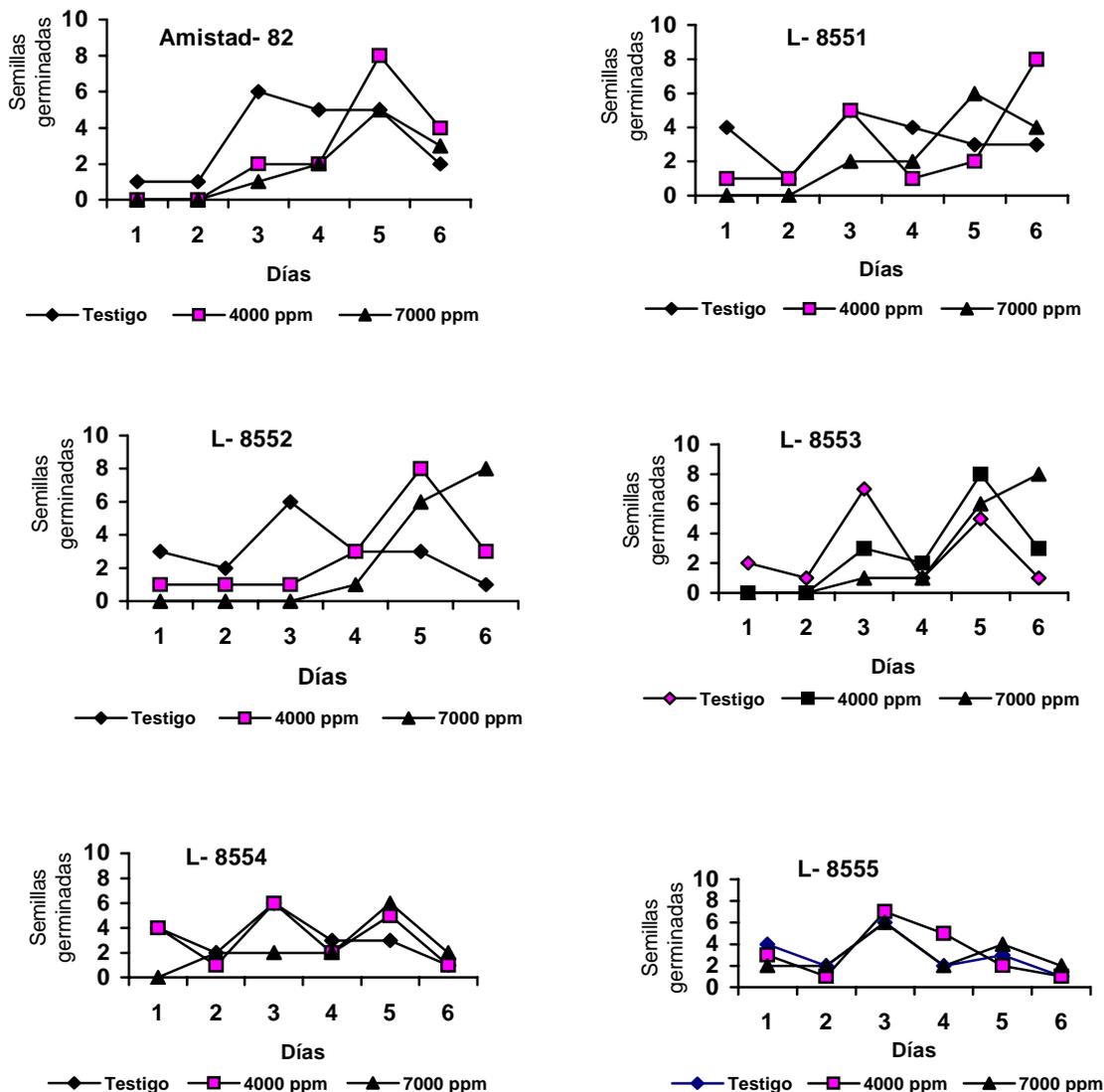
Se evaluó la dinámica de germinación contando diariamente el número de semillas germinadas, tomándose como criterio de germinación la aparición del epicotilo

con tamaño mayor que 0.5 cm y al cabo de los siete días se determinó el porcentaje final de germinación (8). A los 20 días se evaluaron la altura de las plántulas, longitud del sistema radicular y masa seca tanto foliar como radicular de las plantas.

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones y los datos fueron procesados según Análisis de Varianza Bifactorial; las medias obtenidas se compararon por la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad del error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar el número de semillas germinadas por día, se pudo observar que en condiciones normales los genotipos no mostraron diferencias significativas, los cuales comienzan el proceso de la germinación a partir del tercer día; sin embargo, esta se vio modificada con el aumento de las concentraciones salinas en el medio (Figura 1).

**Figura 1. Número de semillas germinadas por día de los genotipos frente a los diferentes tenores salinos**

Los genotipos radiomutantes L-8551, L-8552 y L-8554 mostraron un comportamiento diferente al donante Amistad-82. Se pudo observar un corrimiento del momento de máxima velocidad de germinación al aumentar los niveles de NaCl. La dinámica de germinación no se vio modificada en los genotipos radiomutantes L-8553 y L-8555 para ninguna de las concentraciones salinas del medio utilizadas.

El corrimiento en el tiempo de la germinación de las semillas puede atribuirse a la pérdida de la capacidad de absorber agua o por un efecto tóxico iónico, lo que se manifestó en un retardo en los valores de germinación (9).

Al analizar el porcentaje final de la germinación de las semillas con las diferentes concentraciones salinas empleadas (Figura 2), no se observaron diferencias significativas en cuanto a la interacción de los caracteres analizados en los diferentes genotipos, pues el porcentaje de germinación disminuyó con el incremento de las concentraciones salinas.

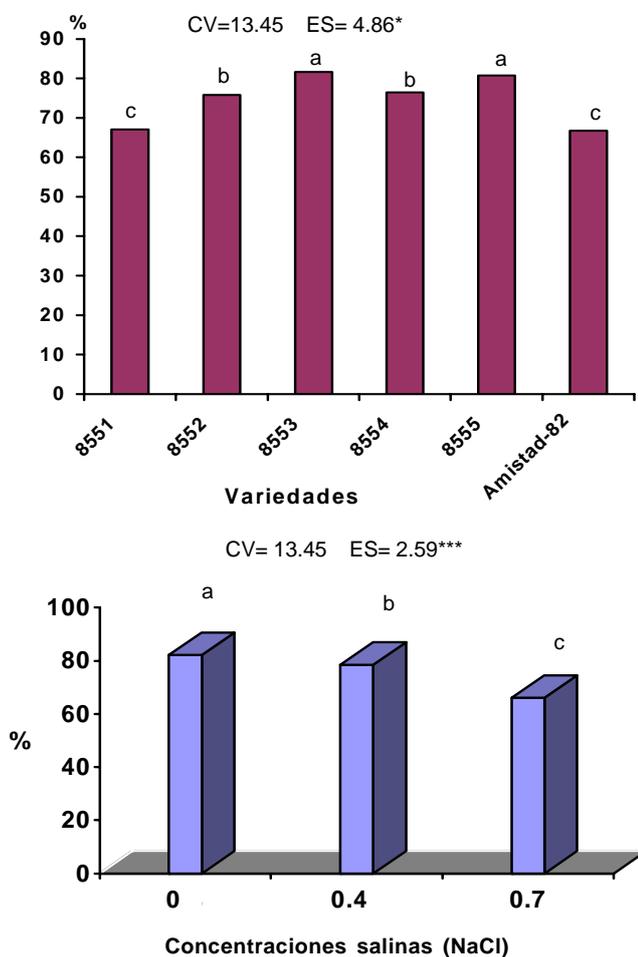


Figura 2. Comportamiento de la germinación de los genotipos frente a los diferentes tenores salinos

Se destacaron los genotipos radiomutantes L-8553 y L-8555; sin embargo, mostraron un peor comportamiento L-8551 y el genotipo donante Amistad 82.

Podemos concluir que, en sentido general, el aumento de las concentraciones salinas influyó en la disminución de la germinación de los diferentes genotipos, lo cual pudo deberse a dificultades en los procesos de imbibición y los daños a esta se atribuyen a desajustes metabólicos (10).

En cuanto a la altura de las plantas (Tabla II), se encontraron diferencias altamente significativas entre los genotipos y las concentraciones empleadas. Los genotipos radiomutantes L-8552, L-8553, L-8555 y el donante Amistad 82 no mostraron diferencias en la dosis control, pues a partir de ella se observa una reducción en la altura de las diferentes líneas, donde llega a ser moderada en los radiomutantes L-8551 y L-8554 y drástica en Amistad-82, L-8552 y L-8555, siendo el genotipo radiomutante L-8553 el menos afectado y mostrando un comportamiento aceptable para este carácter, ya que presenta un crecimiento más acelerado que el resto de los genotipos y la variedad donante.

Es válido señalar que las plantas germinadas en la concentración más alta (7 000 ppm) presentaban una mayor textura foliar y una coloración verde intensa.

Resultados similares se obtuvieron al aumentar las concentraciones salinas (8) y se vio afectado el desarrollo de las plantas. Se plantea que las altas concentraciones de sal provocan una reducción sustancial del crecimiento, provocado por el desbalance de iones específicos y efectos tóxicos ocasionados por la acumulación de iones (11, 12), lo cual pudiese explicar lo antes ocurrido.

Al valorar el crecimiento del sistema radicular, se aprecian diferencias altamente significativas entre los genotipos y las concentraciones empleadas. No hubo diferencias significativas entre los genotipos L-8552, L-8553, L-8554, L-8555 y el genotipo donante Amistad-82, cuando no se le aplicó a estos los tratamientos salinos. Al agregarle las concentraciones de sal, se observan reducciones en la longitud de la raíz. Se destacó el comportamiento del genotipo radiomutante L-8553, el cual no difiere estadísticamente en su comportamiento con la longitud alcanzada en la dosis control; similar comportamiento muestran L-8552 y L-8554. Se observó una drástica reducción en L-8555 y el genotipo donante Amistad 82, al aplicarle la dosis de 4 000 ppm, aunque este no difiere estadísticamente del resto de los genotipos evaluados con esta dosis salina. La dosis de 7 000 ppm provocó afectaciones severas en todos los genotipos evaluados para este carácter.

Estudios realizados en diferentes variedades de arroz (6) han señalado que el sistema radicular de las plantas se afecta severamente a medida que se incrementan las concentraciones salinas, siendo uno de los indicadores que más aporta a la tolerancia. La capacidad de las plantas de crecer en soluciones salinas refleja todo un complejo de particularidades fisiobioquímicas, especialmente a nivel general, en los procesos metabólicos y de síntesis, que constituyen la base para su posterior desarrollo y la formación de un fuerte sistema radicular, que a su vez repercute en una mayor tolerancia en las plantas adultas.

Tabla II. Comparación de medias de los diferentes genotipos sometidos al estrés salino para los caracteres evaluados

Genotipos	Altura de la planta (cm) CV 12.55 ES x 0.27***			Masa seca foliar (mg) CV 17.02 ES x 6.04***			Longitud de la raíz (cm) CV 30.50 ES x 0.23***			Masa seca radicular (mg) CV 32.10 ES x 6.92***		
	0 ppm	4 ppm	7 ppm	0 ppm	4 ppm	7 ppm	0 ppm	4 ppm	7 ppm	0 ppm	4 ppm	7 ppm
	L-8551	12.36 b	7.04 gh	5.92 hi	69.8 efgh	81.4 abcdef	80.6 bcdef	1.88 bcdef	1.48 efgh	0.91 gh	39.2 efg	55.8 bcdef
L-8552	12.1 bc	7.66 fg	6.42 ghi	77 cdefg	83.2 abcdef	76 defg	2.34 abcd	1.64 defg	1.3 efgh	39.4 efg	58 bcde	59.4 bcde
L-8553	11.58 bc	9.48 de	7.96 fg	67.4 efgh	96.8 abc	87.4 abcde	2.82 a	2.44 abc	1.1 fgh	33.8 fg	95.6 a	44.8 cdefg
L-8554	15.06 a	8.82 ef	7.06 gh	83.6 abcdef	91.4 abcd	95 abcd	2.08 abcde	2.02 bcde	1.3 efgh	42.2 defg	77.4 ab	37.2 efg
L-8555	11.72 bc	6.26 ghi	6.22 ghi	69.4 efgh	70.8 efg	84.4 abcde	2.62 ab	1.82 cdef	1.36 efgh	41.2 efg	67 bc	33.6 fg
Amistad-82	10.74 cd	6.04 hi	7.1 gh	50.8 h	101.4 a	58.6 gh	2.44 abc	1.14 fgh	0.78 h	38.8 efg	43.6 defg	34.4 fg

Letras iguales no difieren significativamente según prueba de Duncan al 5 %

La producción de masa seca tanto foliar como radicular, también se vio influida por la salinidad del medio, observándose un comportamiento diferenciado en los genotipos. Al analizar los resultados de la masa seca foliar, se pudo observar que existieron diferencias significativas entre los tratamientos. En sentido general, los genotipos radiomutantes evaluados mostraron un incremento de los valores de peso seco foliar en la concentración de 4 000 ppm, mientras que al aumentar los tenores de sal, se observó una reducción en L-8552 y llegó a ser drástico en el genotipo donante Amistad 82. Se destacaron los genotipos radiomutantes L-8553 y L-8554.

La producción de masa seca radicular se vio influida por la salinidad del medio, observándose un comportamiento diferenciado entre los genotipos. Al respecto, se demostró que los genotipos empleados mostraron un aumento de la masa seca al incrementar su peso en la concentración de 4 000 ppm, donde los valores más altos se observaron en los radiomutantes L-8553 y L-8554, que difieren del resto de los genotipos utilizados y su genotipo donante.

Este incremento en los valores de masa seca tanto foliar como radicular en la concentración de 4 000 ppm, puede justificarse entre otras causas por un aumento en la producción de solutos orgánicos (azúcares, prolina, aminoácidos), para contrarrestar los efectos osmóticos de la salinidad en esta etapa de desarrollo o exclusión de iones a nivel radicular y/o la retención de iones en las vacuolas de las raíces en crecimiento en los diferentes órganos, que permiten que las plantas toleren concentraciones celulares o extracelulares muy elevadas de sal (9).

Diferentes autores han señalado que las plantas sometidas a condiciones de salinidad, para ajustarse osmóticamente e incrementar su potencial osmótico interno, utilizan una parte de sus fotosintatos, lo cual pudiera explicar lo antes expuesto. Además, se ha encontrado que la salinidad afectó el peso seco de las plántulas de arroz (10).

Diferentes autores han sugerido la evaluación de biomasa como variable más confiable para evaluar el desarrollo vegetal, ya que la determinación de la altura de la planta y longitud de la raíz no tiene en cuenta el área y la biomasa producida (13).

Los resultados se corroboraron con el montaje de los experimentos en dos ocasiones, obteniéndose similares resultados en los parámetros evaluados.

Podemos concluir que fue posible seleccionar un grupo de genotipos radiomutantes que superaron al genotipo donante Amistad 82 en cuanto a los caracteres evaluados en condiciones de estrés salino y resultaron los radiomutantes L-8553, L-8554 y L-8555 los de mejor comportamiento. Los tenores salinos estudiados permitieron discriminar genotipos por su resistencia a la salinidad. Se recomienda continuar el empleo de los métodos de *screening*, como una alternativa rápida para encontrar variedades tolerantes de arroz a este tipo de estrés abiótico.

REFERENCIAS

- González, L. M.; Zamora, A. y Céspedes, N. Análisis de la tolerancia a la salinidad en variedades de *Vigna unguiculata* (L) sobre la base de caracteres agronómicos, la acumulación de iones y el contenido de proteína. *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 1, p.47- 52.
- González L. M. Uso de la radioinducción de mutaciones en la obtención de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad [Tesis de Doctorado]. IIA "Jorge Dimotrov", 1996, 36 p.
- Solís A.; Martínez, R.; Pupo, J.; Cabrera, F. y Parra, R. Caracterización de germoplasma de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) con vistas a la implementación de un programa de fitomejoramiento participativo. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 2, p. 33- 37.
- Suárez E.; Deus, J. E.; Pérez, R.; Alfonso, R.; Duany, A.; Avila, J.; Castillo, D. y Hernández, A. A. Mejoramiento genético de la calidad del grano de arroz en Cuba: Impacto de la inducción de mutaciones. Memorias 2^o Encuentro Internacional de Arroz. La Habana: Instituto Nacional del Arroz. 10 al 12 de julio del 2002. p. 222.

5. Avila J; E. Suárez; L.R. Peña; Tania Obiol; J. Valera; Idalmis Suárez; R. Hernández y J.M. Prieto. Mejoramiento genético del arroz en la región más oriental de Cuba en el periodo 1997- 2001. Memorias En: Encuentro Internacional de Arroz.. (2:2002 jul. 10-12:La Habana), p. 52.
 6. González, M. C. y García, A. Detección de posibles marcadores morfológicos para la selección temprana de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 3, p.87- 90.
 7. García, A. y González, M. C. Marcador morfológico para la selección temprana de variedades de arroz tolerantes a al sequía. *Cultivos Tropicales*, 1997, vol. 18, no. 2, p. 47-50.
 8. Chartzoulakis, K. S. y Loupassaki, M. H. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management*, 1997, vol. 32, p. 215-225.
 9. González, L. M.; González, M. C. y Ramírez, R. Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 27-37.
 10. Torres, W. y Echevarria, I. Germinación y crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa*, L) en diferentes concentraciones de NaCl en el medio. *Cultivos Tropicales*, 1994, vol. 15, no 2, p. 44- 47.
 11. Camejo, D. y Torres, W. La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de los cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 2, p. 23- 26.
 12. Cristo, E.; González, M. C.; Cárdenas, R. M. y Pérez, N. Evaluación de la tolerancia a la salinidad en estado juvenil de tres nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) utilizando marcadores morfoagronómicos. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no. 2, p. 43- 45.
 13. González, L. M. y Ramírez, R. Respiración, relaciones hídricas y concentración de pigmentos en plántulas de arroz cultivadas en condiciones salinas. *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 20, no. 1, p. 35-37.
- Recibido: 13 de febrero de 2003
Aceptado: 25 de junio de 2003

Cursos de Verano

Precio: 320 USD

Uso de técnicas biotecnológicas y nucleares en el mejoramiento genético para la tolerancia al estrés abiótico

Coordinador: Dra.C. María C. González Cepero
Fecha: 1 al 5 de julio

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) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu