

MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA PREBÁSICA DE PAPA (*Solanum tuberosum*, L.)

Y. Quiñones[✉], H. Izquierdo, O. Martínez, P. Alcántara y E. Rodríguez

ABSTRACT. The use of prebasic seed is one of the most important aspect to obtain healthy seed; therefore, the main systems used were *in vitro* multiplication culture or micropropagation and accelerated multiplication techniques, including cuttings as alternatives to reduce the investment costs when producing seed-tubers. Accelerated techniques are a commonly used alternative in prebasic seed potato programme; apparently, they can increase investment, but it is possible to obtain more tuber yields due to successive multiplications. This research work was aimed at proposing an alternative method linked to the actual system, enabling to reduce production costs. This paper analyzes *in vitro* plant density, multiplication rate and plant yields in mother plants and in their offsprings. After all, it is concluded that it is possible to plant up to three vitroplants per tube and five stem cuttings in mother plants, increasing tuber number.

RESUMEN. El uso del material de alta como material de partida (semilla original) es un requisito imprescindible para obtener semillas saludables, siendo uno de los principales sistemas utilizados la multiplicación *in vitro* o micropropagación y las técnicas de multiplicación acelerada, donde se incluyen las técnicas de corte de esquejes como alternativas para reducir los costos de producción de la semilla que se obtienen por vía biotecnológica. Las técnicas de multiplicación acelerada constituyen una de las alternativas que más se usan dentro de los programas de producción de "semilla" original; estas pueden incrementar aparentemente el costo de la "semilla", que es contrarrestado al obtener una mayor cantidad de tubérculos semilla producto de las sucesivas multiplicaciones. Con el objetivo de proponer un esquema alternativo que se acople al actual sistema y permita reducir los costos actuales de producción, se realizó el siguiente trabajo, donde se analizan la densidad de siembra de vitroplantas *in vitro* y el número de cortes a realizar, coeficiente de multiplicación y rendimiento en las plantas, tanto madres como en sus descendencias en la fase de túneles, llegando a la conclusión que es posible sembrar hasta tres vitroplantas por tubo de ensayo y dar hasta cinco cortes en las plantas madres, las cuales aumentan el número de tubérculos producidos.

Key words: potatoes, *Solanum tuberosum*, seed, production, alternative methods

Palabras clave: papa, *Solanum tuberosum*, semillas, producción, métodos alternativos

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*) es el cultivo más importante después de los cereales, ocupando un lugar preponderante en muchos países con un gran número de habitantes. Se cultiva por grandes agricultores o compañías, así como por pequeños parceleros en diferentes zonas climáticas incluidas las templadas, tropicales y subtropicales, en diferentes condiciones agroecológicas y diversos medios socioeconómicos. Actualmente está difundida en más de 130 países y cubre en todo el mundo alrededor de 18 millones de hectáreas con una producción anual de 295 millones toneladas (1), representando aproximadamente la mitad de la producción mundial de raíces y

tubérculos. El producto llega a más de 1 000 millones de consumidores en todo el mundo, donde figuran en ese total 500 millones de los países en vías de desarrollo (2). En Cuba los indicadores productivos promedio son: 14.9 mil hectáreas cosechadas con una producción de 309 mil toneladas y un rendimiento de 20.8 t.ha⁻¹. En 1997, el rendimiento alcanzado por Cuba de 24.4 t.ha⁻¹ superó a todos los países latinoamericanos (3).

Usualmente su propagación comercial se realiza a través de tubérculos-semilla. La aplicación del cultivo de tejidos y las técnicas aceleradas de multiplicación para la producción de semilla original, se han expandido tanto a países desarrollados como a otros menos desarrollados, pero debe estar bien fundamentada la creación de un programa de producción de semilla, dado lo costoso que resulta, destacándose países como Holanda que exporta alrededor de 650 000 toneladas anuales de semilla, cuyos principales mercados son Europa y África mediterránea y en el área del Caribe, Cuba es uno de sus principales mercados (4).

Y. Quiñones, Investigador Agregado del Departamento de Genética y Mejoramiento y H. Izquierdo, Investigador Agregado del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas; O. Martínez, P. Alcántara y E. Rodríguez, Especialistas del Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana.

✉ yovany@inca.edu.cu

En Cuba, diferentes instituciones se han dedicado a la producción de semilla original, para disminuir en gran medida las grandes inversiones en la compra de estas a países como Holanda y Canadá, cuyos porcentajes del total de semilla utilizada son 29 y 53 % respectivamente. Se estima que casi el 80 % del área total destinada a la papa se siembra con estas semillas importadas, con lo cual el país invierte de 12 a 15 millones de dólares anuales. La mayoría de las semillas importadas se utilizan para producir papa para consumo y solo una pequeña porción de ellas se dedica a multiplicarlas en el país para generar más semillas; aproximadamente el 20 % del área se planta con las semillas que se producen en el país, este porcentaje pudiera subir si se integran al proceso productivo nuevas alternativas de producción de tubérculos-semilla, con lo cual se podría reducir la dependencia externa.

Las técnicas de multiplicación acelerada pueden incrementar aparentemente el costo de la *semilla*; sin embargo, este efecto es contrarrestado al obtener una mayor cantidad de tubérculos-semilla, producto de las sucesivas multiplicaciones que trae consigo, además, un incremento en el vigor de las plantas. Para desarrollar esta tecnología, es necesario el conocimiento de todas las actividades a realizar dentro del cultivo; por ello, nuestro trabajo se realizó con el objetivo de determinar la densidad óptima de vitroplantas por tubo en la fase *in vitro* y específicamente el número de cortes a realizar sobre las plántulas en la fase III (túnel), el coeficiente de propagación y el rendimiento tanto en las plantas sobre las que se realizan los cortes como en sus descendencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta experiencia se desarrolló en la División de Biotecnología, Fisiología y Resistencia del Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" del Ministerio de la Agricultura, en Ciudad de La Habana durante la campaña 1999-2000. Dicha experiencia constó de dos experimentos: el primero en la fase de multiplicación *in vitro* y el segundo en la fase de túneles.

Como material vegetal se utilizaron vitroplantas de papa (*Solanum tuberosum*, L) de la variedad Desirée libres de virus y testadas por UMELISA.

Prime experimento. Este se realizó con entrenudos formados por una hoja y una yema axilar, que se micropropagaron en tubos de ensayo de 200 x 25 mm que contenían 10 mL de medio de cultivo MS (5), y se colocaron en condiciones controladas de temperatura ($20 \pm 2^\circ\text{C}$), intensidad luminosa (2000-3000 lux) y fotoperíodo (16 horas luz).

Los tratamientos que se emplearon fueron: 1 planta/tubo, 2 plantas/tubo y 3 plantas/tubo, y las variables que se analizaron fueron: número de entrenudos y altura de las vitroplantas a los 7, 14, 21 y 28 días así como el vigor de las vitroplantas (por apreciación visual), a los 28 días de establecido el cultivo, según la siguiente escala:

- 1- poco vigorosa
- 2- vigorosa
- 3- muy vigorosa

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, utilizándose 25 plantas/tratamiento. Los datos se procesaron mediante un Análisis de Varianza de Clasificación Simple y las medias se compararon por la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan.

Segundo experimento. Se utilizaron como material vegetal inicial, vitroplantas de cuatro a cinco semanas de establecidas *in vitro*, que se plantaron entre el 15 y el 20 de noviembre en canteros enriquecidos con humus de lombriz en túneles cubiertos con tela *cheese cloth*; el marco de plantación fue de 10 x 20 cm y previamente se realizó una fertilización de fondo de fórmula completa (9-13-18) a razón de $150 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ y un mine. Los propágulos fueron tallos laterales y apicales cortados sobre las plantas madres a los 15, 30, 45, 60 y 70 días después de plantadas, los que fueron tratados con el activador del enraizamiento ácido indol butírico (AIB) a razón de $100 \text{ esquejes} \cdot \text{g}^{-1}$ de producto.

Los tratamientos fueron con plántulas:

- ♦ sin cortar
- ♦ con un corte
- ♦ con dos cortes
- ♦ con tres cortes
- ♦ con cuatro cortes
- ♦ con cinco cortes.

Los esquejes se plantaron en canteros similares a los de las plantas madres. La cosecha se realizó en las plantas madres a los 120 días y en los esquejes a los 80 días. El porcentaje total de los tubérculos se obtuvo por la fórmula:

$$\text{Tubérculos (\%)} = \frac{\text{No. tubérculos obtenidos por calibre}}{\text{No. tubérculos total por tratamiento}} \times 100$$

Para el análisis estadístico, los datos se transformaron mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\%}$ e informando su valor real. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas, evaluándose 80 plantas/tratamiento, donde las variables a evaluar fueron el número de esquejes/planta en cada corte, el número de tubérculos (plantas madres y descendencia) y la composición por calibre. Los datos se procesaron mediante un Análisis de Varianza de Clasificación Simple y las medias se compararon por la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan en caso de existir significación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer experimento. En la Tabla I se observa que no hubo diferencias significativas en cuanto al vigor de las vitroplantas obtenidas en los tres tratamientos, pues el mayor valor se alcanzó en el tratamiento donde se utilizan dos plantas/tubo, lo que al parecer demuestra que no hay competencia entre las vitroplantas para establecerse en el medio de cultivo, al aumentar la densidad de

estas hasta dos por tubo en un mismo recipiente con la misma cantidad de medio de cultivo, que cuando se siembra una sola.

Tabla I. Vigor de las plántulas a los 28 días

Tratamientos	Vigor
1 planta/tubo	2.6
2 plantas/tubo	3.0
3 plantas/tubo	2.8
Es x	NS

En las Figuras 1 y 2 se observan los resultados obtenidos al medir la altura y el número de segmentos nodales a los 7, 14, 21 y 28 días, donde vemos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos después de establecidos los esquejes en el medio de cultivo, siendo el tratamiento 1 el de mejor resultado en el caso de la altura a los siete días solamente, luego superado por el 2 y en el caso de los segmentos nodales el tratamiento 2. Algunos autores plantearon la posibilidad de sembrar hasta cinco esquejes por tubo (6), pero la máxima eficiencia se lograba sembrando solamente hasta tres, ya que a partir de ahí el espacio resultaba pequeño para el normal crecimiento de las plantas, y podía existir inhibición del crecimiento para alguna de las vitroplantas, además de convertirse en un problema al repicar el material vegetal. Otros autores (7) proponen la utilización de los sistemas de inmersión temporal para la propagación masiva de vitroplantas de papa, específicamente mediante la obtención de microtubérculos, los cuales mostraron un mayor desarrollo y vigor que los obtenidos en medios estáticos (8).

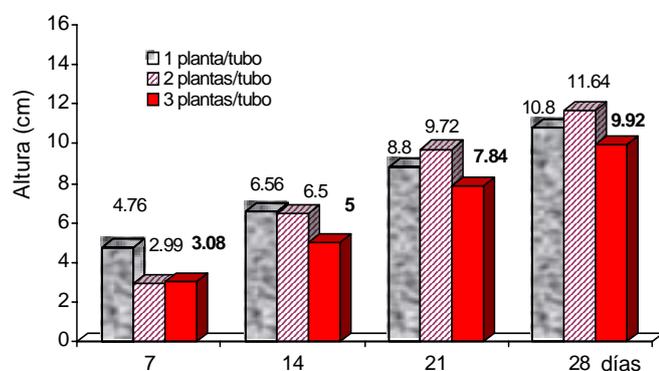


Figura 1. Altura de la planta

Estos sistemas tienen grandes ventajas sobre los métodos tradicionales; sin embargo, no están al alcance de todas las entidades destinadas a la producción de semilla prebásica de papa.

Segundo experimento. En la Figura 3 se muestran los resultados que se obtuvieron en relación con el número de esquejes por planta, donde se aprecia que a medida que aumenta el número de cortes, aumenta también el número de esquejes por planta hasta alcanzar un valor de 16.87 en el quinto corte para un total de 41.67 esquejes.planta⁻¹.

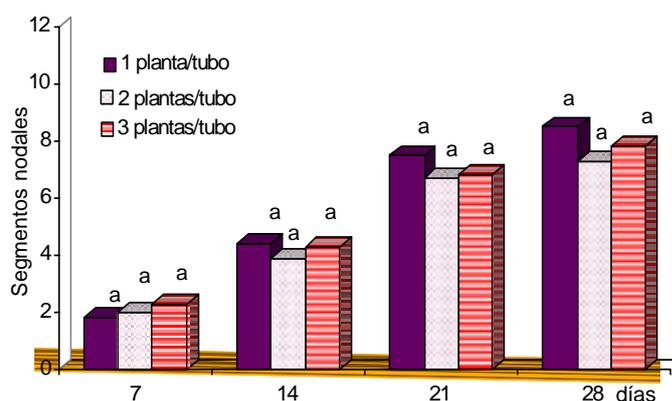


Figura 2. Número de segmentos nodales

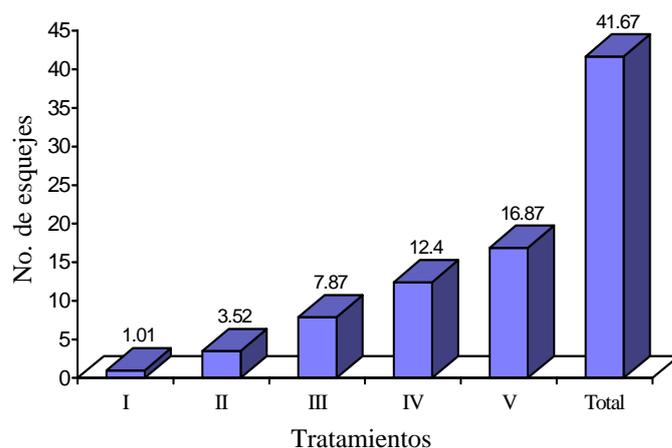


Figura 3. Número de esquejes por planta por tratamiento

Estos resultados coinciden con lo planteado por algunos investigadores (9), quienes señalan que a partir del segundo corte, aumenta el número de esquejes, lo cual se debe al crecimiento de nuevos tallos a partir de las yemas axilares, siendo una planta madre capaz de producir entre 20 y 60 esquejes. Llegando hasta más de 60 en ocasiones como ha ocurrido en el CIP (10).

Los resultados que se obtuvieron en relación con el número de tubérculos promedio por planta madre (Figura 4) indican que a medida que aumenta el número de cortes, aumenta de forma significativa el número de tubérculos producidos por planta, alcanzando los valores máximos en el cuarto y quinto cortes, sin diferencia significativa entre ellos. Si tenemos en cuenta que a medida que se alarga el ciclo vegetativo de la planta, que puede durar hasta 150 días aproximadamente, cada vez que se realiza un nuevo corte, la planta como respuesta emite nuevos estolones, por lo tanto, es mayor el número de tubérculos por planta (11). Este crecimiento vegetativo pudiera en determinado momento detener la formación de los tubérculos, ya que ambos están inversamente relacionados, es decir, los factores que promueven el crecimiento vegetal inhiben la formación y el crecimiento del tubérculo en la papa, en específico el crecimiento vegetativo se detiene cuando se inicia la tuberización. En otros cultivos como la yuca, este fenómeno casi no se aprecia (12).

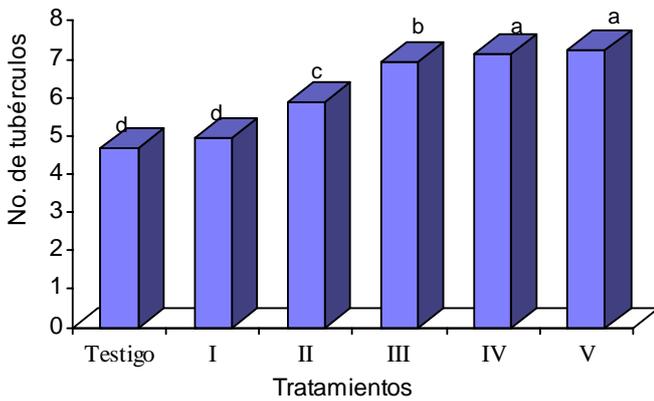


Figura 4. Número de tubérculos promedio por planta por tratamiento en las plantas madres

En la Figura 5 se muestra el número de tubérculos promedio obtenidos en la descendencia, donde se aprecia que a medida que aumenta el número de cortes, se incrementa proporcionalmente el número de tubérculos, por lo que hay un aumento en la producción de estolones debido, al parecer, a la relación ácido abscísico/ácido giberélico (11).

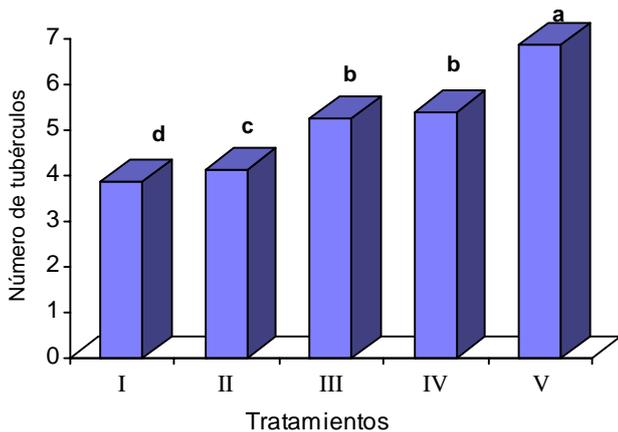


Figura 5. Número de tubérculos promedio por planta por tratamiento en la descendencia

Los cortes se realizaron sobre plantas con la tuberización inducida, presentándose un comportamiento normal de los esquejes, sin presentar cambios en el crecimiento y la morfología de los tubérculos que se obtuvieron. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores (12), quienes encontraron que las giberelinas inhiben, mientras que las citoquininas promueven la tuberización.

Estos resultados también coinciden con otros planteamientos (13), que demostraron que no solo cambia la tendencia a tuberizar, al aumentar el nivel de inducción en las plantas madres, sino también la morfología total de estas y a medida que aumenta el nivel del estímulo de la tuberización, el desarrollo de los tallos es más lento, los entrenudos más cortos, las hojas más largas, los folíolos más grandes y se puede apreciar la formación de tubérculos sésiles.

Lo planteado por estos investigadores nos hace suponer que los esquejes que se utilizan en esta experiencia, presentaban un contenido de sustancias estimulantes de la tuberización o una adecuada relación giberelina/ácido abscísico, para un desarrollo normal, tal vez por proceder de las partes más jóvenes de las plantas, es decir, los extremos apicales. Por otra parte, también se ha obtenido un enraizamiento y un desarrollo normal de las plantas (14) al sembrar esquejes apicales y plántulas logradas por vía biotecnológica, las cuales se propagaron sin inconvenientes y sin utilizar reguladores del crecimiento.

En la Tabla II se muestra la composición por calibre de la producción en los diferentes cortes. El quinto corte muestra una mejor composición en sus calibres para ser utilizados como tubérculos semilla, aunque el tercero muestra los porcentajes más homogéneos. Además, se recomienda que el calibre ideal de los tubérculos para semilla debe oscilar entre 20 y 35 mm, ya que por lo general los tubérculos pequeños son los más jóvenes fisiológicamente (1, 15, 16).

REFERENCIAS

1. Sturik, P. C. y Wiersema, S. G. Seed Potato Technology. Wageningen : Wageningen Pears. 1999. 387 p.
2. Salomón, J. L. Estudio y selección de progenies híbridas de semilla sexual de papa (*Solanum tuberosum*, L) en Cuba. [Tesis de Maestría]. 2001.
3. ALAP. La producción de papa. En: Congreso Latinoamericano de la Papa (19:2000:La Habana), 2000.
4. Beukema, H. P.; Turkensteen, L. J. y Peeten, J. M. G. Production, Seed, Varieties, Diseases, Storage, Markets. Potato Explorer, CD, 2000.
5. Murashige, T. y Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant*, 1962, vol. 15, p. 473-497.
6. Martínez, O. /et al./ Densidad óptima de vitroplantas. Informe final de etapa. Obtención de semilla original de papa, 1988.

Tabla II. Composición por calibre de los tubérculos obtenidos de la descendencia de cada corte

	< 10 mm		10-20 mm		20-30 mm		30-35 mm		35-45 mm		45-55 mm		Total	Tubérculos/planta
	# tbs	%	# tbs	%	# tbs	%	# tbs	%	# tbs	%	# tbs	%		
I	37 d	5.38 b	105 d	15.29 b	176 b	25.63 a	114 d	16.60	146 c	21.26 d	40 c	5.82 e	618	3.86
II	24 e	3.27 c	89 e	9.63 c	152 c	20.72 b	128 c	17.45	188 b	25.63 b	79 b	9.54 b	660	4.13
III	72 a	7.68 a	184 a	19.64 a	183 b	19.53bc	142 b	15.16	182 b	19.18 d	80 b	8.54 c	843	5.27
IV	67 c	7.50 a	127 c	13.22 b	172 d	17.91 c	136 bc	14.16	277 a	28.85 a	79 b	8.22 d	864	5.40
V	69 b	7.16 a	164 b	13.36 b	223 a	18.17 c	191 a	15.57	287 a	23.39 c	170 a	13.85 a	1104	6.90
ESx	0.62***	0.21***	3.12***	1.03***	5.62***	0.60***	3.71***	1.12ns	6.83***	0.38***	1.77***	0.041***		
CV	2.34	6.81	4.66	14.59	6.21	5.93	5.24	14.25	6.32	3.22	3.97	0.88		

7. Pérez, N. /et al./ Estudio de diferentes métodos de propagación masiva en *Solanum tuberosum*, L. var. Atlantic. En: Taller Internacional de Biotecnología Vegetal BioVeg 2001. p. 128-129.
8. Jiménez, E. /et al./ Improved production of potato (*Solanum tuberosum*, L) microtubers using a temporary immersion system. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 1999, vol. 59, p. 19-23.
9. Bryan, J. B.; Meléndez, M. y Jackson, M. T. Esquejes de tallo lateral, una técnica de multiplicación rápida de papa. Lima:Centro Internacional de la Papa. Lima, 1985, 35 p.
10. Cardozo, P. Comisión de producción y manejo de semilla. En: Congreso Latinoamericano de la Papa. ALAP (19:2000:La Habana), 2000.
11. Mellis, R. J. M. y van Staten, L. B. Tuberization and hormones. *International Journal of Plant Physiology*, 1984, vol. 113, no. 3.
12. Moreno, S. Control del proceso de tuberización *in vitro* de *Solanum tuberosum* y su relación con la síntesis de almidón. Instituto de Investigaciones Bioquímicas, 2002.
13. Edwing, E. y Heat, E. Stress and tuberization stimulus. *American Potato Journal*, 1981, vol. 58, p. 31-49.
14. Rigato, S.; González, A. y Huarte, M. Producción de papa a partir de técnicas combinadas de micropropagación e hidroponía para la obtención de semilla prebásica. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 2001, vol. 12, no. 1, p. 110-120.
15. Cuba. Minagri. Instructivo técnico de producción de semilla original a partir del cultivo *in vitro*. IIHLD. Estación Experimental de Papa y Fibras, 1987, p. 27.
16. Costa, E. y Martínez, O. Principales técnicas empleadas para la obtención de semilla de papa de alta calidad. En: El Cultivo de la Papa en Cuba. Protección Fitosanitaria. Producción de tubérculos semilla de papa de alta calidad, La Habana, 1990. p. 69-89.

Recibido: 19 de julio de 2002

Aceptado: 2 de diciembre de 2003

DIPLOMADOS

Precio: 2000 USD

Metabolitos secundarios de interés agrícola

Coordinador: Dra.C. Inés Reynaldo Escobar
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) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu