

Evaluación de plantas de *Curcuma longa* L. obtenidas por cultivo de tejidos en condiciones de organopónico*

Evaluation of *Curcuma longa* L. plants obtained by tissue culture in organoponic conditions

Ángel L. Espinosa Reyes**, Juan J. Silva Pupo***, Misterbino Borges García****, Orlando González Paneque****, Jorge Pérez Pérez****, Lillien Fajardo Rosabal*****

Resumen

La cúrcuma es una planta utilizada como condimento y colorante que posee múltiples propiedades medicinales. La evaluación de la estabilidad genética y la respuesta en condiciones de producción constituye una etapa muy importante en los sistemas de propagación de plantas por cultivo de tejidos. En este trabajo se evaluó la respuesta morfoagronómica de plantas de cúrcuma obtenidas por cultivo de tejido y por rizomas en condiciones de organopónico. Los resultados muestran una alta supervivencia (100%), para las plantas provenientes del cultivo *in vitro*, así como para las obtenidas a partir de los rizomas. Se logró un mayor crecimiento de las plantas propagadas por el cultivo de tejidos durante todo el ciclo de cultivo, sin cambios en las características morfológicas evaluadas. Los rendimientos en las plantas provenientes del cultivo de tejidos fueron superiores en comparación con las plantas propagadas por el método tradicional.

Palabras clave: cúrcuma, biotecnología, micropropagación, cultivo *in vitro*, evaluación morfológica, evaluación agronómica.

Abstract

Turmeric is a plant uses like condiment and coloring. It has multiples medicinal properties. The genetic stability and response in production conditions is an important stage in plant propagation system by tissue culture. In this paper was evaluated the morphotoagronomic response of turmeric plants obtained by tissue culture in organoponic conditions. Results show a high survival (100%) for a plant from *in vitro* culture as well as for the plant obtained by rhizomes. A bigger growth of the plants obtained by tissue culture was observed during the whole cultured cycle without changes in the morphological

-
- * Organopónico es un sistema de cultivo ecológico urbano. Suele consistir en paredes bajas de hormigón rellenas de materia orgánica y tierra, con sistemas para riego por goteo situados sobre los productos en crecimiento (Wikipedia, 2012)
- ** Químico. Master en Ciencias Agrícolas. Departamento de Ciencias Básicas. Facultad de Ciencias Técnicas. Universidad de Granma. CP 85100. Bayamo. Granma. Autor para correspondencia. aespinosar@udg.co.cu
- *** Agrónomo. Doctor en Ciencias Agrícolas. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Cuba. jsilvap@udg.co.cu
- **** Biólogo. Doctor en Ciencias Agrícolas. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Cuba. mborgesg@udg.co.cu
- ***** Agrónomo. Doctor en Ciencias Agrícolas. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Cuba. ogonzalezp@udg.co.cu
- ***** Agrónomo. Master en Biotecnología Vegetal. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Cuba. jperezp@udg.co.cu
- ***** Biólogo. Master en Biotecnología Vegetal. Centro de Estudios de Biotecnología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Cuba. lfajardor@udg.co.cu

characteristic evaluated. The yields of the plants obtained by tissue culture were higher than the plants planted by the traditional method.

Keys words: turmeric, biotechnology, micropropagation, field evaluation, morphological evaluation, agronomic evaluation.

Recibido: septiembre 19 de 2012 **Aprobado:** noviembre 21 de 2012

Introducción

La cúrcuma (*Curcuma longa* L. sin. *Curcuma domestica* Val.), es una planta milenaria, originaria del continente asiático, específicamente de la India Oriental. Ha sido cultivada desde hace más de cinco mil años en este país por sus múltiples usos y beneficios. Planta muy apreciada como condimento y colorante, resulta imprescindible en la preparación de algunos productos alimenticios y platos tradicionales en los países asiáticos (Hossain y Ishimine, 2005).

Han sido comprobadas muchas propiedades medicinales en este cultivo, destacándose las antioxidantes (Cousins *et al.*, 2007) y hepatoprotectoras (Medina *et al.*, 2006), mediadas por su fuerte poder antioxidante y su alta capacidad de protección del ADN contra el daño peroxidativo (Bingwen y Ping, 2007).

Posee reconocidas propiedades antiinflamatorias y anti-scleróticas (Chaniani, 2003), lo que justifica su uso en el tratamiento de inflamaciones y artritis, así como en la prevención de arteriosclerosis y tromboembolismos. Se ha comprobado su eficacia en el control de desórdenes respiratorios, gastrointestinales y en afecciones de la piel como psoriasis o eczemas, es preventiva del cáncer y de los desórdenes cardiovasculares (Mesa *et al.*, 2000)

Escasamente cultivada en Cuba, a partir de la década del 90 del siglo pasado, comenzó a prestársele atención a este cultivo (Terán, 2002) y actualmente es objeto de atención por parte del Ministerio de Agricultura, sin embargo la escasez de material de propagación de calidad es la principal problemática que ha limitado su mayor extensión. Las técnicas de cultivo de tejidos son alternativas que permiten obtener gran cantidad de material vegetal de propagación en cortos periodos de tiempo, libres de plagas y enfermedades, además, favorecen el intercambio, mejora y conservación de germoplasma (Godliving y Mtui, 2011).

En el cultivo de la cúrcuma se han desarrollado protocolos para su establecimiento y multiplicación *in vitro* (Balachandran *et al.*, 1999; Salvi *et al.*, 2002), sin embargo, son muy escasos los estudios relacionados con

la respuesta morfológica y agronómica de plantas de cúrcuma obtenidas por cultivo de tejidos en condiciones de campo, aspecto que resulta imprescindible para recomendar el empleo de un sistema de propagación de plantas con fines de producción. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la respuesta morfoagronómica de plantas de cúrcuma propagadas por cultivo de tejidos en condiciones de organopónico.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Organopónico situado en el Reparto Jesús Menéndez de la ciudad de Bayamo, provincia Granma, la cual se encuentra ubicada a 180 m sobre el nivel del mar, con una topografía llana de pendiente 0, durante el periodo de abril 2007 a enero 2008. Las temperaturas medias durante el periodo del experimento oscilaron de 21,5- 33 °C y una humedad relativa media de 77%.

Material vegetal

Se emplearon plantas de cúrcuma multiplicadas *in vitro* durante cuatro subcultivos consecutivos con una frecuencia de 30 días. El medio de cultivo estuvo constituido por las sales y vitaminas de Murashige y Skoog (1962), suplementado con 100,0 mg.l⁻¹ de mioinositol, 4,0 mg.l⁻¹ de 6-bencilaminopurina y 30,0 g.l⁻¹ de sacarosa, solidificado con agar 6,0 g.l⁻¹. Las plantas *in vitro* fueron aclimatizadas durante 30 días en condiciones semicontroladas de casa de adaptación, sobre un sustrato compuesto por una mezcla (1:2) de suelo-estiércol vacuno totalmente descompuesto. Las plantas aclimatizadas alcanzaban una longitud media de 5,0 cm y un número de hojas y raíces promedio de 6 y 7 respectivamente en el momento de la plantación. Para el método de propagación tradicional (tratamiento control), se utilizaron rizomas provenientes de la cosecha anterior, almacenados durante 4 meses en condiciones semicontroladas de laboratorio, seleccionados por su sanidad, libres de daños físicos y de tamaño homogéneo (longitud de 6-7 cm y masa de 10-12 g).

Condiciones generales del experimento

Se utilizó como sustrato el tradicionalmente utilizado por la entidad productiva (organopónico) para otros cultivos, compuesto por una mezcla (1:1) de suelo y materia orgánica proveniente de estiércol vacuno totalmente descompuesto. El sustrato se preparó de forma manual hasta lograr su homogeneidad y se añadió en canteros de cemento de una altura de 40 cm, los cuales se rellenaron hasta 3 cm antes del borde. El sustrato se mantuvo humedecido durante los tres días anteriores a utilizarse.

La distancia de plantación fue de 0,20 m entre plantas y 0,70 m entre hileras (Terán, 2002). Para la siembra de las plantas provenientes del cultivo de tejidos, se cubrió totalmente su sistema radical con el sustrato y se presionó ligeramente para asegurar la estabilidad de las plantas. Los rizomas se colocaron sobre el cantero y se cubrieron con una capa de 4-5 cm de sustrato (Terán, 2002). Se sembraron 120 plantas por cada tratamiento. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones, debido a la homogeneidad que brinda el organopónico en las condiciones del sustrato, iluminación y posición del experimento.

Durante el primer mes, el riego a las plantas se realizó diariamente, durante 20 minutos utilizando microaspersores, espaciándose posteriormente a tres veces en la semana según las necesidades del cultivo. Se mantuvo el experimento libre de plantas indeseables y se realizaron dos aporques, al mes y a los tres meses después de la siembra.

Evaluación de caracteres cualitativos

La totalidad de la población se evaluó según los caracteres morfológicos que aparecen en la lista de descriptores para la caracterización de la cúrcuma (Milián y Sánchez, 2002).

Evaluación de caracteres cuantitativos

Para evaluar la supervivencia (%) se consideró la totalidad de las plantas y rizomas plantados y se realizó por conteo del número de plantas vivas al mes y tres meses de establecido el experimento.

A los 3 y 6 meses después de plantadas, fueron seleccionadas 30 plantas de forma aleatoria por cada tratamiento y se evaluaron las siguientes variables:

- Longitud de las plantas (cm): Se midió con la ayuda de una cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja superior totalmente extendida.

- Número de tallos por plantas: Por conteo visual del número total de tallos por plantón.
- Número de hojas por plantas: Se realizó por conteo del número de hojas totalmente extendidas.
- A los 9 meses se procedió a la cosecha, para ello con la ayuda de un tenedor se removió el sustrato para extraer las plantas completas. Fueron seleccionadas 20 plantas por cada tratamiento a las cuales se les eliminó el suelo adherido a los rizomas y se evaluaron las variables:
- Número de rizomas por planta: Se realizó por conteo del número total de rizomas por planta.
- Masa fresca de los rizomas (g): Se determinó con una balanza analítica Sartorius® el peso fresco de 40 rizomas por cada uno de los tratamientos.
- Masa seca de los rizomas (g): Se determinó por deshidratación de 40 rizomas a 105 °C durante 8 horas (Souza y Gloria, 1998) y luego se pesaron con una balanza analítica Sartorius®.
- Longitud de los rizomas (cm): se midió con ayuda de una regla.
- Grosor de los rizomas (cm): se realizó con la ayuda de un pie de rey.
- Rendimiento de rizomas en masa fresca por planta (g.planta⁻¹): se pesó el total de rizomas frescos de cada planta con la ayuda de una balanza analítica Sartorius®.
- Rendimiento de rizomas en masa seca por planta (g.planta⁻¹): se pesó el total de rizomas deshidratados a 105 °C durante 8 horas (Souza y Gloria, 1998) de cada planta con la ayuda de una balanza analítica Sartorius®.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza simple para todas las variables. Se utilizó el paquete estadístico STATISTICA (1998) versión 6.0 sobre Windows. En todos los casos cuando existieron diferencias significativas entre las medias fue aplicada la prueba de comparación múltiples de rango de Tukey para $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

Las plantas procedentes de rizomas comenzaron a brotar transcurridos 25 días de sembrados, aspecto que coincide con lo planteado por Ishimine *et al.* (2003), quienes plantean que la brotación de las ye-

mas de cúrcuma a partir de los rizomas se produce a partir de los 20 días posteriores a la siembra. A los 30 días se había alcanzado el 100% de plantas brotadas.

En ambos tratamientos se obtuvo el 100% de supervivencia de las plantas. A los tres meses de sembradas, las plantas obtenidas de vitroplantas mostraban una longitud promedio de 24,85 cm, significativamente superior a las plantas provenientes de rizomas, las cuales alcanzaron un tamaño de 5,50 cm (tabla 1).

Las plantas producidas de rizomas a los meses de plantadas presentaron solamente un tallo por plantón, mientras que las plantas micropropagadas mostraron 5,95 tallos por plantón, con un promedio de 6,60 hojas por tallo, las que mostraban mayor tamaño que las producidas por las plantas provenientes de rizomas, en las cuales se alcanzó un promedio de 5,50 hojas por tallo. La mejor respuesta de las plantas provenientes del cultivo de tejidos en relación con el número de tallos por plantón pudiera estar asociada a un efecto residual de la citoquinina (6-BAP) utilizada durante la multiplicación *in vitro*, sumado a esto, los rizomas demoraron alrededor de 30 días en brotar, lo que provocó que las vitroplantas presentaran mayores valores de las variables en el momento de la evaluación.

A los seis meses posteriores a la siembra, se observó un incremento en los valores de las variables evaluadas en los dos tratamientos, manteniéndose una mejor respuesta de las plantas obtenidas *in vitro*, con valores superiores en todas las variables a las plantas obtenidas de rizomas (tabla 1). Las plantas procedentes del cultivo de tejidos, alcanzaron a los 6 meses una longitud promedio de 62,45 cm, un número de tallos por plantón de 6,80 con 6,95 hojas por tallo. Las plantas provenientes de rizomas mostraron una longitud de 18,70 cm y 5,40 tallos por planta con un valor medio de 6,10 hojas por tallo. Los mayores valores obteni-

dos en las variables evaluadas en las plantas obtenidas por cultivo de tejidos, puede estar relacionado con el efecto de rejuvenecimiento fisiológico y sanitario que produce el cultivo *in vitro*.

Según Cardone *et al.* (2004), en los materiales de plantación provenientes del cultivo *in vitro*, el efecto que se produce cuando el tejido pierde la señal que poseía de la planta madre, se puede manifestar en los mismos con un aumento en el vigor fisiológico de determinadas variables morfológicas y agronómicas. En investigaciones realizadas por Nayak y Pradeep (2006), se evaluaron en condiciones de campo plantas de cúrcuma, procedentes del cultivo *in vitro*. Se observó que en la primera generación las plantas micropropagadas, mostraron a los cuatro meses posteriores a la siembra, un número de brotes por planta significativamente superior en comparación con las plantas obtenidas por el método tradicional de siembra, pero sin diferencias en cuanto la longitud y número de hojas por tallo, los que no coincide totalmente con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Así mismo, los valores de las variables evaluadas alcanzados en el presente trabajo fueron superiores a los reportados por los autores antes mencionados.

La evaluación de los caracteres cualitativos, mostró que las plantas provenientes del cultivo *in vitro* no presentaron diferencias al compararlas con las plantas propagadas por el método tradicional (tabla 2), observándose en ambos tratamientos un comportamiento similar en todas las variables evaluadas.

Los resultados indican que durante el cultivo *in vitro* no se produjeron cambios fenotípicos en las plantas, lo concuerda con los resultados obtenidos por Salvi *et al.* (2002), quienes no observaron cambios morfológicos en plantas de cúrcuma obtenidas por cultivo de tejidos durante su evaluación en condiciones de campo, lo

Tabla 1. Respuestas de las plantas de cúrcuma a los tres y seis meses de sembradas en el organopónico.

Tratamientos	Longitud del tallo (cm)		Número de tallos por plantón		Número de hojas por tallo	
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses
Vitroplantas	24,85 a	62,45 a	5,95 a	6,80 a	6,60 a	6,95 a
Rizomas	5,50 b	18,70 b	1,00 b	5,40 b	5,50 b	6,10 b
ESx(±)	1,59	3,51	0,43	0,28	0,16	0,13

ESx(±): Error estándar de la media. (Medias con letras diferentes para una misma columna difieren estadísticamente según Tukey para $p \leq 0,05$).

Tabla 2. Resultados de la caracterización morfológica de las variables cualitativas.

Descriptor	Plantas provenientes cultivo tejidos	Plantas provenientes de rizomas
Forma del rizoma	unido	unido
Color externo del rizoma	amarillo	amarillo
Color interno del rizoma	amarillo intenso	amarillo intenso
Color principal de la parte aérea	verde	verde
Color de la parte basal del tallo	blanco	blanco
Color del pecíolo	verde	verde
Color de la hoja	verde	verde
Formación de flores	si	si
Color de la flor	amarillo pálido	amarillo pálido

cual fue corroborado con un análisis de RAPDS. En estudios realizados por Him (2003), al evaluar en condiciones de campo plantas micropropagadas de jengibre, no observó cambios morfológicos al comparar las plantas propagadas por el método tradicional con las obtenidas por cultivo de tejidos, resultados que coinciden con los obtenidos en el presente estudio.

A los nueve meses después de la siembra las plantas, en ambos tratamientos, mostraban síntomas claros de marchites y la caída de los tallos, lo que indicó el momento óptimo para la cosecha. En la tabla 3 puede observarse que el número de rizomas por plantón en las plantas obtenidas por cultivo de tejidos, fue significativamente superior con valores de 61,20 en relación a las plantas obtenidas por el

método convencional de siembra, donde se alcanzaron valores de 45,75 rizomas por planta. Estos resultados pudieran estar asociados a que, en las plantas micropropagadas, el crecimiento vegetativo fue mucho mayor durante todo el ciclo de cultivo y, además, se formó un mayor número de tallos por plantón.

La longitud y el grosor de los rizomas no mostraron diferencias entre los tratamientos, obteniéndose valores similares a los publicados para el cultivo de la cúrcuma en condiciones de campo (Akamine *et al.*, 2007). Los resultados obtenidos en este experimento se corresponden con los logrados por Salvi *et al.* (2002), cuando evaluaron la respuesta de plantas micropropagadas de cúrcuma pero en condiciones de campo y observa-

Tabla 3. Respuestas de plantas de cúrcuma a los nueve meses de sembradas en condiciones de organopónico.

Variables	Plantas provenientes cultivo tejidos	Plantas provenientes de rizomas	ESx(±)
Número de rizomas por plantón	61,20 a	45,75 b	1,88
Longitud de los rizomas (cm)	6,65 a	6,56 a	0,50
Grosor de los rizomas (cm)	2,84 a	2,77 a	0,09
Masa de los rizomas frescos (g)	11,88 a	11,20 a	1,21
Masa de los rizomas secos (g)	2,52 a	2,45 a	0,13
Rendimiento rizomas frescos (g.plantón ⁻¹)	722,16 a	512,40 b	0,36
Rendimiento rizomas secos (g.plantón ⁻¹)	154,22 a	117,85 b	0,15

ESx(±): Error estándar de la media. Medias con letras diferentes para una misma fila difieren estadísticamente según Tukey para $p \leq 0,05$.

ron un incremento significativo en la cantidad y peso fresco de los rizomas por planta en comparación con las plantas propagadas por el método convencional de siembra.

En estudios realizados por Him (2003), al comparar en condiciones campo plantas de jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) logradas por cultivo *in vitro* con plantas obtenidas de rizomas, observó en la primera generación *ex vitro*, que las plantas obtenidas por cultivo de tejidos fueron superiores en el número de brotes, masa fresca y seca de brotes y masa de raíces; pero inferiores en la altura de brotes y masa total de rizomas. Estos mismos autores observaron que las plantas *in vitro* desarrollaron numerosos rizomas, de tamaño pequeño, acompañados de alta cantidad de raíces carnosas con estructuras tuberosas en sus extremos, lo cual no fue observado en la presente investigación. Resultados alcanzados por Cabrera *et al.* (2010) al evaluar en campo microtubérculos de ñame producidos *in vitro*, indican un mayor número de tubérculos por planta para los materiales de plantación obtenidos *in vitro*, al compararlo con las plantas procedentes de las coranas de tubérculos de la propagación convencional, lo cual fue atribuido al efecto de rejuvenecimiento fisiológico y sanitario que produce el cultivo *in vitro*.

Las variables peso fresco y peso seco de los rizomas no mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados, obteniéndose valores similares a los obtenidos para el cultivo (según refieren Hossain y Ishimine, 2007 y Akamine *et al.*, 2007). El rendimiento por planta de los rizomas, tanto en forma fresca como seca fue significativamente superior en las plantas provenientes del cultivo de tejidos, lo cual está asociado a la formación de una mayor cantidad de rizomas por plantón. Los valores de los rendimientos están en correspondencia con los publicados para el cultivo por diferentes autores en condiciones de campo (Terán, 2002; Ishimine *et al.* 2003)

Conclusiones

Se logró una alta supervivencia (100%) de las plantas propagadas por cultivo *in vitro* de tejidos, con rendimientos significativamente superiores en comparación con las plantas propagadas por el método tradicional en condiciones de organopónico.

No se observaron cambios en las características morfológicas del material vegetal proveniente de la propagación *in vitro* que hagan suponer modificaciones genéticas. Sin embargo, se precisaría de un estudio molecular complementario, mediante RAPD, para confirmar su estabilidad genética.

Agradecimientos

A la Diputación Foral de Álava, Bilbao y la Asociación Euskadi- Cuba por el financiamiento otorgado que permitió realizar esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Akamine, H., Hossain, M., Ishimine, Y., Kenichi, Y., Hokama, K., Iraha, Y. 2007. Effects of application of N, P and K alone or in combination on growth, yield and curcumin content of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Plant Production Science*. 10(1): 151-154.
- Balachandran, S.M., Bhat, S.R., Chandel, K. 1999. *In vitro* clonal multiplication of turmeric (*Curcuma spp*) and ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Plant Cell Report*. 8: 521- 524.
- Bingwen, J., Ping, C. 2007. Curcumin prevents lipopolysaccharide-induced atrogen-1/MAFbx up regulation and muscle mass loss. *Journal of Cellular Biochemistry*, 100 (4) 960.
- Cabrera, M., Gómez, R., Rayas, A., DeFeria, M., López, J., Medero, V., Basail, M., Rodríguez, G., Santos, A. 2010. Evaluación en campo de plantas de ñame (*Dioscorea alata* L.) obtenidas de los tubérculos formados en Sistemas de Inmersión Temporal. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 12(1): 47-56.
- Cardone, S., Olmos, S., Echeneique, V. 2004. Variación somaclonal. En Echeneique, V., Rubenstein, C., Mroginski, L. (ed.). *Biotecnología y mejoramiento vegetal*. Pp. 81.95. Springer.
- Chainani, N. 2003. Safety and anti-inflammatory activity of curcumin: A component of turmeric (*Curcuma longa*). *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 9 (1):161-168.
- Cousins, M., Adelberg, J., Chen, F., Rieck, J. 2007. Antioxidant capacity of fresh and dried rhizomes from four clones of turmeric (*Curcuma longa* L.) grown *in vitro*. *Industrial Crops & Products*. 25(2): 129-135.
- Godliving, Y., Mtui, S. 2011. Involvement of Biotechnology in climate change adaptation and mitigation: Improved agricultural yield and security. *Internacional Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research*. 2(13): 222-231.
- Hossain, M., Ishimine, Y. 2005. Growth, yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in dark-red soil, gray soil and red soil in Okinawa Japan. *Plant Production Science*. 8(4): 482-486.
- Hossain, M., Ishimine, Y. 2007. Effects of farmyard manure on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in dark-red soil, red soil and gray soil in Okinawa, Japan. *Plant Production Science*. 10(1): 146-150.
- Him, Y. 2003. Evaluación en campo de plantas de Jengibre (*Zingiber officinales* Roscoe) obtenidas por cultivo *in vitro* y por secciones de rizoma bajo dos condiciones de luminosidad. Extraído el 25 de marzo de 2008 de: <http://.ucla.edu.ve>.
- Ishimine, Y., Hossain, A., Ishimine, Y., Murayama, S. 2003. Optimal planting depth for turmeric (*Curcuma longa* (L.) cultivation in dark red soil in Okinawa Island, Southern, Japan. *Plant Production Science*. 6(1): 83-89..

- Medina, A., García, R., Ramos, L. 2006. Efecto antihepatotóxico de la *Curcuma longa*. Extraído el 23 de febrero del 2007 de www.ilustrados.com/publicaciones/EEF pl ZuykxgraCybn.php.
- Mesa, M., Ramírez, M., Aguilera, C., Ramírez, A., Gil, A. 2000. Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa* L. y de los curcuminoides. *Ars Pharmaceutica*. 41(3): 307-321.
- Milián, M., Sánchez, I. 2002. Listado de descriptores y caracterización del germoplasma de especies condimentosas y/o medicinales. *Centro Agrícola*. 1(29): 37-41.
- Murashigue, T., Skoog, F.S. 1962. A revised medium for rapid growth and biossays with tobacco tissue culture. *Plant Physiology*. 15: 173-197.
- Nayak, S., Pradeep, K.N. 2006. Factors effecting *in vitro* microrrhizome formation and growth in *Curcuma longa* L. and improved field performance of micropropagated plants. *Science Asia*. 32: 31-37.
- Salvi, N., George, L., Eapen, S. 2002. Micropropagation and field evaluation of micropropagated plants of turmeric. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 68: 143-151.
- Souza, C., Gloria, A. 1998. Chemical analysis of turmeric from Minas Gerais, Brazil and comparison of methods for flavor free oleoresin. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 41(2): 218-224.
- Terán, Z. 2002. Establecimiento de diferentes variantes agrotécnicas en el cultivo de la Yuquilla o cúrcuma (*Curcuma longa* Lin), sin. (*Curcuma doméstica*) y de la Flor de Jamaica (*Hibiscus sardariffa* Lin). Informe final. Proyecto de investigación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba.