

# BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

<b>AMEBAS DE VIDA LIBRE POTENCIALMENTE PATÓGENAS EN LA BAHÍA DE MARACAIBO</b> Silvana B. Pertuz-Belloso y Nairobi C. Jiménez- Mendoza.....	102
<b>INDUCCIÓN QUÍMICA DE POLIPLOIDÍA EN EL MOLUSCO BIVALVO <i>Polymesoda solida</i> (PHILIPPI, 1846) (BIVALVIA: CORBICULIDAE)</b> Desireé Revilla Ramírez, Francisco Báez Contreras, Yajaira García de Severeyn, Héctor Severeyn, Patricia Villamediana Moreal.....	121
<b>REGENERACIÓN <i>in vitro</i> DE CUATRO CULTIVARES DE PAPA (<i>Solanum tuberosum</i> L.) A PARTIR DE SECCIONES DE HOJA Y EN PRESENCIA DE DIFERENTES REGULADORES DE CRECIMIENTO</b> Torres Jhonathan, Geine Alvarado y Alexander Hernández.....	134
<b>CRUSTÁCEOS ASOCIADOS AL BANCO NATURAL DE PEPITONA (<i>Arca zebra</i> SWAINSON, 1833) EN EL NORORIENTE DE VENEZUELA</b> Roberto Díaz-Fermín, Vanessa Acosta Bálbos, Luisana Pereda – Figuera y Aulo Apointe.....	147
<b>ESTRUCTURA POBLACIONAL DE <i>Atrina seminuda</i> Y <i>Pinna carnea</i> (BIVALVIA: PINNIDAE) EN LA ISLA DE CUBAGUA, VENEZUELA</b> María Salomé Rangel y Alejandro Tagliafico.....	164
<b>USO DE SUSTRATOS Y DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO EN EL ENRAIZAMIENTO DEL ICACO (<i>Chrysobalanus icaco</i> L.) MEDIANTE ESTACAS</b> Maribel Ramírez Villalobos, Brígida Caraballo y Aly Urdaneta.....	181
<b>INSTRUCCIONES A LOS AUTORES.....</b>	191
<b>INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....</b>	201

Vol.50, Nº 2, Agosto 2016

UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA  
PUBLICADA POR LA  
UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA



## Regeneración *in vitro* de cuatro cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) A partir de secciones de hoja y en presencia de diferentes reguladores de crecimiento

Torres, Jhonathan<sup>1\*</sup>, Alvarado Geine<sup>1</sup> y Hernández, Alexander<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Biotecnología Vegetal, Posgrado de Horticultura, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela.

<sup>2</sup>Posgrado de Fitopatología, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Barquisimeto, Venezuela. \*jhonathantorres@ucla.edu.ve

---

### Resumen

La papa (*Solanum tuberosum* L.) presenta dos subespecies: *tuberosum* y *andigena*. Es un cultivo con una gran diversidad genética y fenotípica. En la presente investigación se estudió su regeneración *in vitro* a partir de secciones de lámina foliar de los cultivares Nativa Piña Colorada (subsp. *andigena*), Atlantic (subsp. *tuberosum*), Andinita (*tuberosum* x *andigena*) y Dorinia (*tuberosum* x *andigena*), caracterizando el comportamiento del explante frente a tres tratamientos que consistieron en la combinación de los reguladores de crecimiento: Ácido Naftalén Acético (ANA), Ácido Indol Butílico (AIB), Kinetina (K), 2-isopentil Adenina (2ip), Bencil Adenina (BA), Zeatina (Z) y Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>). El experimento constó de dos etapas: en la primera se usaron tres combinaciones de reguladores de crecimiento en el medio Murashige y Skoog, generando medios inductores de callo organogénico. En la segunda etapa se utilizaron tres medios dirigidos a la elongación de las yemas inducidas durante la primera fase. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos, constituidos por las combinaciones de los medios para inducción y elongación de yemas. Se encontró que el tratamiento constituido por 2,0 mg. L<sup>-1</sup> de Z + 0,02mg. L<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> + 0,04 mg. L<sup>-1</sup> ANA como medio de inducción, y por 2,0 mg. L<sup>-1</sup> Z + 0,02mg. L<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub> para la elongación de las yemas, resultó la combinación más eficiente para la regeneración de brotes por vía organogénica en los cuatro cultivares estudiados. Al establecer comparaciones en el comportamiento *in vitro* durante la regeneración se encontró que estos procesos son dependientes del cultivar.

**Palabras clave:** papa; *Solanum tuberosum* L.; cultivo *in vitro*; reguladores de crecimiento vegetal; morfogénesis; regeneración.

## ***In vitro* regeneration of four potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars from leaf sections and different growth regulators**

---

Abstract

The potato presents two sub species: *tuberosum* and *andigena*. It is a culture with a great genetic and phenotypic diversity. In the present investigation the regeneration from sections of the leaf was studied. The potato cultivars Nativa Piña Colorada (subsp. *andigena*), Atlantic (subsp. *tuberosum*), Andinita (*tuberosum* x *andigena*) and Dorinia (*tuberosum* x *andigena*) were used. The behavior of the explant was characterized applying to three treatments. The same ones consisted of the combination of the growth regulators: Naphthaleneacetic Acid (ANA), Indole-butyric Acid (AIB), Kinetin (K), 2-isopentenyl Adenine (2ip), Benziladenin (BA), Zeatin (Z) and Gibberellic Acid (AG<sub>3</sub>). The experiment consisted of two stages: in the first one there were used three combinations of regulators of growth in the Murashige and Skoog medium to induce the calli formation. In the second stage, three mediums were used with the intention of lengthening the shoot apex induced during the first step. A completely randomized statistical design was applied with three treatments constituted by the combinations of the mediums. The treatment 3 was the most effective for the regeneration in the four cultivars studied. The same one consisted of the mediums combination: MIC III (2,0 mg. L<sup>-1</sup> Z , 0,02mg. L<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>, 0,04 mg. L<sup>-1</sup> ANA) and MIB III (2,0 mg. L<sup>-1</sup> Z , 0,02mg. L<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>). It was found that these processes are genotype-dependent, based on behavior in *in vitro* regeneration comparisons.

**Key words:** potato; *Solanum tuberosum* L.; *in vitro* culture; growth regulators; morphogenesis; regeneration.

### **Introducción**

La papa (*Solanum tuberosum* L.) presenta dos subespecies: *tuberosum* y *andigena*. Es un cultivo con una gran diversidad genética y fenotípica (Hawkes, 1990). Huama y Spooner (2002), Sukhotu, y Hosaka (2006) estiman que la papa cultivada probablemente se originó en los Andes centrales peruano-bolivianos, como producto de la hibridación de la especie cultivada *S. stenotomum* con la especie silvestre *S. sparsipilum* para formar *Solanum tuberosum*. La subespecie original fue *S. tuberosum* subsp. *andigena*. Mucho después, de la subsp. *andigena* se derivó la subsp. *tuberosum* en el Sur de Chile.

La propagación masiva de los cultivares de uso comercial se lleva a cabo por medio de aplicaciones biotecnológicas ligadas al cultivo *in vitro*. El éxito en el mejoramiento genético de estas plantas depende de su capacidad regenerativa a partir de tejidos o células somáticas. Por tanto, es necesario establecer un sistema eficiente de regeneración para poder aplicar biotecnologías dirigidas a células y obtener planta adulta a partir de las mismas. Existe evidencia de que la capacidad de regeneración en condiciones *in vitro* está condicionada por el genotipo del material con que se trabaje (López y Chaparro 2007).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la mejor combinación de medios de cultivo suplementados con diferentes reguladores de crecimiento en las fases de inducción y elongación de explantes de papa a partir de secciones de la lámina foliar de los cultivares Piña Colorada (subsp. *andigena*), Atlantic (subsp. *tuberosum*), Andinita (*tuberosum* x *andigena*) y Dorinia (*tuberosum* x *andigena*) para establecer un protocolo en su regeneración por vía organogénica. -

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Biotecnología del Posgrado de Agronomía, Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, ubicada en Cabudare, estado Lara, Venezuela. Para la realización de los ensayos se emplearon vitroplantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) de los cultivares: Piña Colorada, Atlantic, Andinita y Dorinia, pertenecientes a la colección de la unidad.

El material vegetal se mantuvo en el medio de cultivo formulado por Murashige y Skoog (MS) (1962), suplementado con las vitaminas: inositol, tiamina, ácido nicotínico y piridoxina, en concentraciones de 100, 30, 10 y 1 mg·L<sup>-1</sup>, respectivamente, y sacarosa a razón de 30 g·L<sup>-1</sup>. El pH se ajustó a 5,7 y se empleó Agar Bacteriológico al 0,8% como agente gelificante. Las vitroplantas fueron multiplicadas transfiriendo segmentos nodales con una yema a medio fresco, cada cuatro o cinco semanas. La incubación de los cultivos ocurrió en un cuarto de crecimiento con una temperatura promedio 21 ± 1°C, fotoperíodo de 16 h-luz/día y 33,8 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> de irradiancia.

### Regeneración *in vitro*

Los explantes estuvieron constituidos por la parte media de la lámina foliar de vitroplantas axénicas, de cuatro a cinco semanas de edad (Díaz 2003; Carvajal y Chaparro 2004). Se llevó a cabo un ensayo dirigido a caracterizar el comportamiento del explante frente a diferentes medios de cultivo organogénicos para cada cultivar en estudio. Constó de dos etapas: en la primera ó inducción de callo, se evaluaron tres combinaciones diferentes de reguladores de crecimiento añadidos al medio MS, generando tres medios inductores de callo (MIC). A saber: MIC I (Díaz 2003), MIC II (Torres 2005) y MIC III (Díazgranados y Chaparro 2007) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tratamientos de regeneración *in vitro* en explantes de hoja en papa de los cultivares Piña Colorada, Atlantic, Andinita y Dorinia.

Etapa	Tratamientos (Reguladores de crecimiento mg. L <sup>-1</sup> )		
	1	2	3
Inducción de callo organogénico	<b>MIC I</b> = 2 ANA	<b>MIC II</b> = 5,0K + 5,0 BA + 5,0 2IP + 2,5AIB.	<b>MIC III</b> =2 Z+ 0,04 ANA + 0,02 AG <sub>3</sub>
Elongación de yemas	<b>MIB I</b> =3,5 Z+ 5,0 AG <sub>3</sub>	<b>MIB II</b> = 2,5 K + 2,5BA + 2,5 2IP + 1,25 AIB	<b>MIB III</b> =2 Z + 0,02 AG <sub>3</sub>

En la segunda etapa se aplicaron tratamientos destinados a la elongación de las yemas inducidas durante la primera. Los mismos consistieron en tres combinaciones diferentes de reguladores de crecimiento añadidos al medio MS, originando así los medios inductores de brotes (MIB). Los callos resultantes en los medios MIC fueron transferidos a los medios MIB I (Díaz 2003), MIB II (Torres 2005) y MIB III (Díazgranados y Chaparro 2007) (Tabla 1).

Los explantes se cultivaron individualmente en tubos de ensayo con 15 ml de cada uno de los medios en estado semisólido y fueron mantenidos en un cuarto de crecimiento, a una temperatura de  $20 \pm 3$  °C en condiciones de oscuridad durante 3 semanas. Luego fueron transferidos al medio inductor de brotes durante un periodo de 3 semanas con fotoperiodo 16 h-luz/día y  $33,8 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de irradiancia.

Los tratamientos se evaluaron a las 6 semanas, considerando las siguientes variables: porcentaje de sobrevivencia, porcentaje de necrosis, porcentaje de explantes con callogénesis, porcentaje de explantes con regeneración de brotes, índice organogénico (0= explante formación de callo, hasta 3 = explante con callo desarrollado con  $\geq 50\%$  de la superficie ocupada por brotes) y número de brotes regenerados por explante.

## Análisis estadístico

Se aplicó un diseño completamente al azar para cada uno de los cultivares (Piña Colorada, Atlantic, Andinita y Dorinia), con 3 tratamientos y 7 repeticiones cada uno. La unidad experimental estuvo constituida por 4 tubos de ensayo con un explante por tubo. Los análisis de los datos se realizaron mediante pruebas no paramétricas según Kruskal-Wallis, utilizando el paquete estadístico InfoGen (Balzarini y Di Rienzo 2012). También se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para los cultivares en función de las variables de regeneración.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los reguladores de crecimiento sobre la organogénesis en los diferentes cultivares

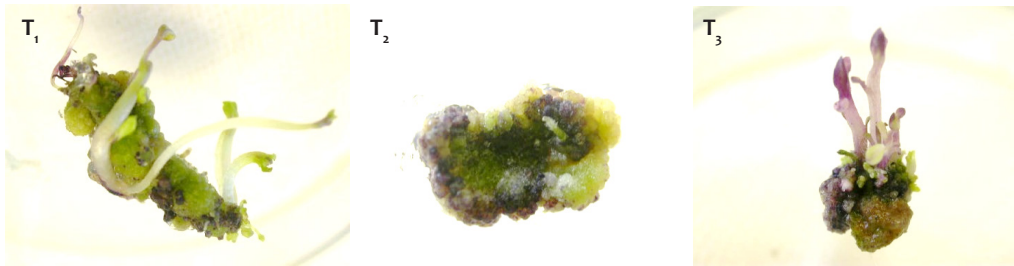
### 1. Cultivar Piña Colorada

Se observaron diferencias altamente significativas para las variables índice organogénico (IO) y número de brotes por explante y significativas para porcentaje de regeneración de brotes (Tabla 2 y Fig. 1). En las tres variables, los mayores valores se encontraron en los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>1</sub>, con 2,10 de IO, 5,35 brotes por explante y 75% de regeneración; y 1,80 de IO, 4,35 brotes por explante y 75% de regeneración, respectivamente. En las variables porcentaje de sobrevivencia, necrosis y calogénesis no se detectaron diferencias significativas y los protocolos se consideran igualmente efectivos.

**Tabla 2.** Efecto de la combinación de reguladores de crecimiento sobre la organogénesis en papa cv. Piña Colorada

Reguladores de crecimiento (mg. L <sup>-1</sup> )	Sob. (%)	Nec. (%)	Call. (%)	Reg. (%)	I.O	N.B./Ex
T <sub>1</sub> MIC I= 2 ANA MIB I=3,5 Z+ 5,0 AG <sub>3</sub>	100	0	100	75 a	1,80 a	4,35 a
T <sub>2</sub> MIC II= 5,0K + 5,0 BAP + 5,0 2IP + 2,5AIB. MIB II= 2,5 K + 2,5BAP + 2,5 2IP + 1,25 AIB	100	0	100	5 b	1,00 b	0,05 b
T <sub>3</sub> MIC III=2 Z+ 0,04 ANA + 0,02 AG <sub>3</sub> MIB III=2 Z + 0,02 AG <sub>3</sub>	100	0	100	75 a	2,10 a	5,35 a
p > 5%	n.s	n.s	n.s	*	**	**

Medias de un mismo grupo acompañadas en letras iguales no difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis. MIC= Medio Inductor de Callo, MIB= Medio Inductor de Brotes, Sob.= Sobrevivencia, Nec.= Necrosis, Call.= Calogénesis, Reg.= Regeneración de brotes, I.O= Índice Organogénico y N.B./Ex= Número de brotes por explante.



**Figura 1.** Formación de callo organogénico en explantes de hoja de papa cv. Piña Colorada sometidos a diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento.

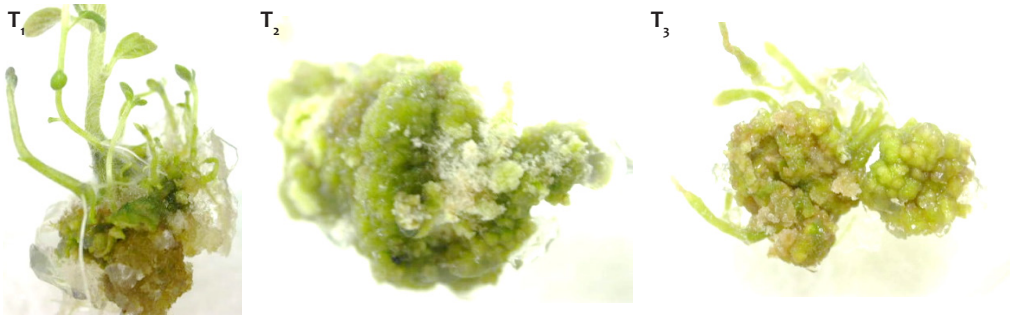
## 2. Cultivar Atlantic

Se observaron diferencias altamente significativas para las variables índice organogénico (IO) y número de brotes por explante y significativas para porcentaje de regeneración de brotes (Tabla 3 y Fig. 2). El mayor valor de índice organogénico, número de brotes y regeneración de los explantes se encontraron en T<sub>3</sub>, con 2,35 de IO, 10,0 brotes por explante y 75% de regeneración, respectivamente.

**Tabla 3.** Efecto de la combinación de reguladores de crecimiento sobre la organogénesis en papa cv. Atlantic.

Reguladores de crecimiento (mg. L <sup>-1</sup> )	Sob. (%)	Nec. (%)	Call. (%)	Reg. (%)	I.O	N.B./Ex
T <sub>1</sub> MIC I= 2 ANA MIB I=3,5 Z+ 5,0 AG <sub>3</sub>	100	5	100	5 b	1,05 b	0,05 b
T <sub>2</sub> MIC II= 5,0K + 5,0 BAP + 5,0 2IP + 2,5AIB. MIB II= 2,5 K + 2,5BAP + 2,5 2IP + 1,25 AIB	87,50	31,25	100	0 b	1,00 b	0,00 b
T <sub>3</sub> MIC III=2 Z+ 0,04 ANA + 0,02 AG <sub>3</sub> MIB III=2 Z + 0,02 AG <sub>3</sub>	95,83	41,67	100	75 a	2,35 a	10,00 a
p > 5%	n.s	n.s	n.s	*	**	**

Medias de un mismo grupo acompañadas en letras iguales no difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis. MIC= Medio Inductor de Callo, MIB= Medio Inductor de Brotes, Sob.= Sobrevivencia, Nec.= Necrosis, Call.= Calogénesis, Reg.= Regeneración de brotes, I.O= Índice Organogénico y N.B./Ex= Número de brotes por explante.



**Figura 2.** Formación de callo organogénico en explantes de hoja de papa cv. Atlantic sometidos a diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento.

### 3. Cultivar Andinita

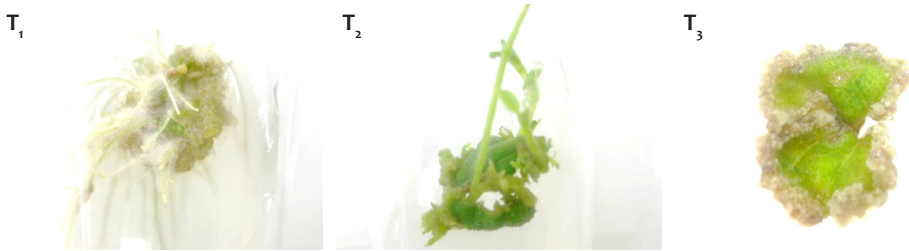
Se observaron diferencias altamente significativas solo en algunas variables (Tabla 4 y Fig. 3). En el T<sub>3</sub>, se registraron los mayores valores en porcentaje de regeneración, IO y número de brotes por explante de 75%; 1,81 de IO y 4,85 brotes por explante, respectivamente y fue el único tratamiento donde hubo formación de brotes.

**Tabla 4.** Efecto de la combinación de reguladores de crecimiento sobre la organogénesis en papa cv. Andinita

Reguladores de crecimiento (mg. L <sup>-1</sup> )	Sob. (%)	Nec. (%)	Call. (%)	Reg. (%)	I.O	N.B./Ex
T <sub>1</sub> MIC I= 2 ANA MIB I=3,5 Z+ 5,0 AG <sub>3</sub>	100	17,86	100	0 b	1 b	0 b
T <sub>2</sub> MIC II= 5,0K + 5,0 BAP + 5,0 2IP + 2,5AIB. MIB II= 2,5 K + 2,5BAP + 2,5 2IP + 1,25 AIB	100	48,81	100	0 b	1 b	0 b
T <sub>3</sub> MIC III=2 Z+ 0,04 ANA + 0,02 AG <sub>3</sub> MIB III=2 Z + 0,02 AG <sub>3</sub>	96,43	28,57	89,29	75 a	1,81 a	4,85 a
p > 5%	n.s	n.s	n.s	**	**	**

Medias de un mismo grupo acompañadas en letras iguales no difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis. MIC= Medio Inductor de Callo, MIB= Medio Inductor de Brotes, Sob.= Supervivencia, Nec.= Necrosis, Call.= Calogénesis, Reg.= Regeneración de brotes, I.O= Índice Organogénico y N.B./Ex= Número de brotes por explante.





**Figura 3.** Formación de callo organogénico en explantes de hoja de papa cv. Andinita sometidos a diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento.

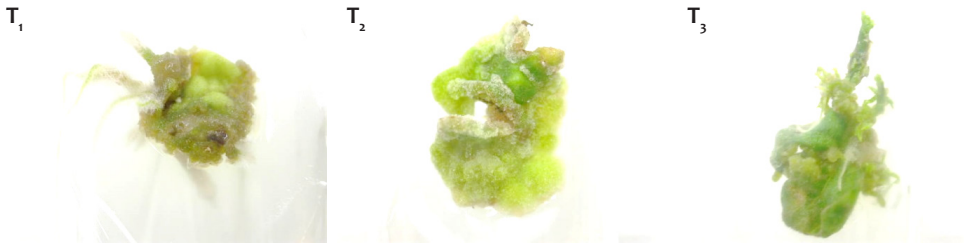
#### 4. Cultivar Dorinia

Se observaron diferencias altamente significativas para las variables índice organogénico (IO) y número de brotes por explante y significativas para porcentaje de regeneración de brotes (Tabla 5 y Fig. 4). En el  $T_3$ , se registraron los mayores valores para las tres variables, con 1,61 de IO y 3,65 brotes por explante y 48,61%, respectivamente y fue el único tratamiento donde hubo formación de brotes.

**Tabla 5.** Efecto de la combinación de reguladores de crecimiento sobre la organogénesis en papa cv. Dorinia

Reguladores de crecimiento (mg. L <sup>-1</sup> )	Sob. (%)	Nec. (%)	Call. (%)	Reg. (%)	I.O	N.B./Ex
$T_1$ MIC I= 2 ANA MIB I=3,5 Z+ 5,0 AG <sub>3</sub>	100	50	100	0 b	1 b	0 b
$T_2$ MIC II= 5,0K + 5,0 BAP + 5,0 2IP + 2,5AIB. MIB II= 2,5 K + 2,5BAP + 2,5 2IP + 1,25 AIB	100	31,25	100	0 b	1 b	0 b
$T_3$ MIC III=2 Z+ 0,04 ANA + 0,02 AG <sub>3</sub> MIB III=2 Z + 0,02 AG <sub>3</sub>	100	51,39	91,67	48,61 a	1,61 a	3,65 a
p > 5%	n.s	n.s	n.s	*	**	**

Medias de un mismo grupo acompañadas en letras iguales no difieren estadísticamente ( $p \leq 0,05$ ), de acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis. MIC= Medio Inductor de Callo, MIB= Medio Inductor de Brotes, Sob.= Sobrevivencia, Nec.= Necrosis, Call.= Calogénesis, Reg.= Regeneración de brotes, I.O= Índice Organogénico y N.B./Ex= Número de brotes por explante.



**Figura 4.** Formación de callo organogénico en explantes de hoja de papa cv. Dorinia sometidos a diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento.

Al analizar los resultados para los diferentes cultivares se observó que hubo diferencias en la capacidad de regeneración. Aunque los porcentajes de sobrevivencia y callogénesis mantuvieron el mismo comportamiento entre los tratamientos y cultivares, no fue así para la regeneración de brotes, el índice organogénico (IO) y el número de brotes por explante. Sólo el cultivar Piña Colorada respondió positivamente al  $T_1$  en las variables porcentaje de regeneración, índice organogénico y número de brotes por explante. Cabe mencionar que este cultivar no proviene de un programa de mejoramiento genético científico, sino que es ancestral, y pertenece al grupo de la subespecie *andigena*. El cultivar Atlantic, representante del grupo de la subespecie *tuberosum*, fue el que registró mayor número de brotes por explante. Los híbridos Andinita y Dorinia, donde se combinan el genoma de ambas subespecies con diferentes proporciones de participación, las dos presentaron un comportamiento similar.

Es de hacer notar que en todos los cultivares se formaron callos con capacidad de regeneración de brotes en la combinación de medio  $T_3$ . Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Diazgranados y Chaparro, (2007) usando el mismo medio de regeneración ( $2,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ ZA} + 0,02 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ AG}_3 + 0,04 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ ANA}$ ) en *Solanum phureja* cv. Yema de huevo Clon 1, quienes obtuvieron un 87,6% de callogénesis y un 48,6% de regeneración. Cabe destacar que el medio de inducción de callo en el  $T_3$  está suplementado con Zeatina, citocinina que ha sido usada por varios autores en diferentes combinaciones y concentraciones; así como en varios cultivares de papa para los mismos fines. Al respecto, Trujillo et al. (2001) en los cultivares Diacol Capiro y Parda Pastusa consiguieron 28% y 34% de regeneración de brotes, respectivamente. De igual manera, Torres et al. (2003) trabajando con los cultivares Baronesa y Macaca, encontraron un porcentaje de regeneración de brotes del 18% y 22%, respectivamente. López y Chaparro (2007) reportaron porcentajes de callogénesis de 31% y de regeneración del 2% en el cultivar Pastusa Suprema.

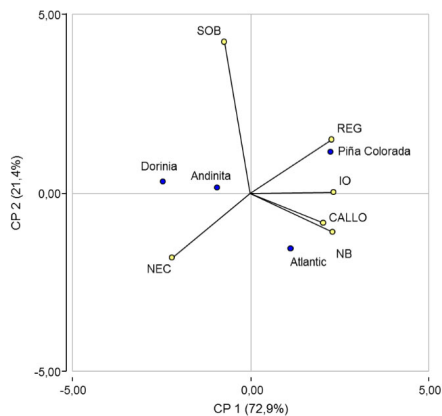
Referente al número de brotes por explante, el  $T_3$  incidió sobre la caulogénesis en todos los cultivares de igual manera. Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Ceballos et al. (1997), quienes al analizar la capacidad de regeneración en los cultivares Desirée y Superior, encontraron un 6,8 y 6,0 explantes por brote, respectivamente. De igual manera, Hamdi et al. (1998) con los cultivares Nagore,

Desirée y Superior con un 6,80; 6,85 y 5,20 explantes por brote, respectivamente; mientras que Yaya y Chaparro (2009) reportaron un promedio de 15 brotes por explante en el cultivar Diacol Capiro. Todos estos autores emplearon el medio de MS, suplementado con 0,02 mg. L<sup>-1</sup> ANA + 2 mg.L<sup>-1</sup> Z + 0,02 mg.L<sup>-1</sup> AG<sub>3</sub>, combinación muy similar a la utilizada en el ensayo realizado en el presente trabajo.

Tanto los resultados reportados para otros estudios de regeneración en papa como los obtenidos en la presente investigación evidencian que la respuesta de regeneración es dependiente del cultivar. De allí que es recomendable que al momento de aplicar un protocolo de regeneración en esta especie se realicen los ajustes necesarios para adaptarlos a un cultivar específico (Cañedo y Cisneros 2004).

B. Análisis de Componentes Principales (ACP) para los cultivares Piña Colorada, Atlantic, Andinita y Dorinia en función de las variables de regeneración

La representación gráfica (Fig. 5) permite ver el comportamiento de los diferentes materiales genéticos de papa en cuanto a las variables de regeneración en presencia de diferentes medios de cultivo organogénicos. El análisis mostró dos componentes principales (PC1 y PC2) que representaron el 72,9% y el 21,4% de la varianza total, respectivamente. El PC1 se asoció con el comportamiento de los cultivares en función a las variables de regeneración evaluadas. En orden lineal hay una tendencia favorable en las respuestas de las variables con los cultivares Piña Colorada y Atlantic en contraste con Andinita y Dorinia. El grado de acercamiento entre el vector de regeneración y el cv. Piña Colorada es más fuerte, en cambio el cv. Atlantic tiene más que ver con callo y número de brotes, pero ambos tienen buen índice organogénico. El cv. Dorinia es menos favorable en su comportamiento de regeneración, ya que tendió a necrosarse más.



**Figura 5.** Análisis de Componentes Principales (ACP) para *Solanum tuberosum* L. cultivares Piña Colorada, Atlantic, Andinita y Dorinia en función de las variables de regeneración: porcentaje de sobrevivencia (SOB), porcentaje de necrosis (NEC), porcentaje de calogénesis (CALLO), porcentaje de regeneración (REG), índice organogénico (IO) y número de brotes (NB).

El cv. Piña Colorada (subsp. *andigena*) es la que mejor comportamiento tuvo con respecto a las variables evaluadas, ya que se ubica en el cuadrante superior derecho, seguido del cv. Atlantic (subsp. *tuberosum*) posicionada en el cuadrante inferior derecho. En lo que se refiere al cv. Andinita y Dorinia (híbrido *andigena* x *tuberosum*), ocuparon el cuadrante superior izquierdo; sin embargo, el cv. Andinita tuvo una tendencia ligeramente menos negativa que el cv. Dorinia. En general el cv. de la subsp. *andigena* fue la que presentó mejores respuestas para las variables evaluadas.

En lo que se refiere a las variables evaluadas puede visualizarse una estrecha relación entre el porcentaje de callogénesis y el número de brotes, lo cual significa que son variables dependientes. Estos resultados se relacionan con los obtenidos por Muhammad y Hakoomat (2004), quienes evaluaron la capacidad de regeneración de brotes de papa cv. Desiree y Maris Piper en tres diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento, encontrando que a medida que el porcentaje de callogénesis era mayor, aumentaba el número de brotes. Ello debido a que el callo organogénico suele estar recubierto de ápices caulinares que se desarrollan posteriormente como brotes. En cambio, entre las variables porcentaje de regeneración e índice organogénico (IO), no existe una relación tan directa, ya que el hecho de que un explante haya regenerado no especifica acerca de la cantidad y calidad de los brotes obtenidos. Tal información es proporcionada por el IO. Sin embargo todo IO superior a 0 proviene de tratamientos en que hubo regeneración. Ésta observación corresponde con lo indicado por Torres (2005) para la regeneración a partir de explantes de hoja de *Ficus lyrata*. Al contrastar los porcentajes de sobrevivencia y necrosis, debido a lo distante que se encuentran, se considera que no hubo dependencia entre ellas. Ello se atribuye a que en los explantes que presentaron necrosis, ésta no ocurrió en la totalidad de su superficie. Por lo que la mayoría sobrevivió.

## CONCLUSIONES

1. La regeneración de brotes por vía organogénica a partir de explantes de hoja que fue alcanzada aplicando el medio inductor de callo organogénico MICIII, con 2,0 mg. L<sup>-1</sup> de Z, 0,02 mg. L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> y 0,04 mg. L<sup>-1</sup> de ANA seguido por el medio inductor de brotes MIBIII con 2,0 mg. L<sup>-1</sup> de Z y 0,02mg. L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, resultó la más efectiva para los cuatro cultivares de papa estudiados.

2. El único cultivar que respondió a la combinación del medio inductor de callo organogénico MICII con 2,0 mg. L<sup>-1</sup> de ANA y el medio inductor de brotes MIBII con 3,5 mg. L<sup>-1</sup> de Z y 5,0 mg. L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, que conformaron el tratamiento 1, fue Piña Colorada.

3. Al establecer comparaciones en el comportamiento *in vitro* durante la regeneración de los materiales estudiados se encontró que estos procesos son depen-

dientes del cultivar. Hubo diferencias de comportamiento que se corresponden con las diferencias en la base genética de los cultivares.

4. El análisis de componentes principales de las variables de regeneración mostró que el porcentaje de callogénesis y el número de brotes son dependientes. Entre el porcentaje de regeneración y el índice organogénico (IO), existe una relación indirecta. Mientras que los porcentajes de sobrevivencia y necrosis, son independientes.

## LITERATURA CITADA

- BALZARINI, M. Y J. DI RIENZO. InfoGen versión 2012. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.info-gen.com.ar>. Visitado el 20 de junio de 2013.
- CAÑEDO, D. Y F. CISNEROS. 2004. Clones de papa transformados con la toxina de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) contra la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller). I. Transformación de clones de papa y verificación de la presencia del gen cryIA(b). Rev. Per. Ent. 44: 89-93.
- CARVAJAL, D. Y A. CHAPARRO. 2004. Estudios orientados a la transformación de papa criolla (*Solanum phureja*) mediada por *Agrobacterium tumefaciens*. Acta Biológica Colombiana 9(2): 90-91.
- CEBALLOS, E., I. POSTIGO, J. RUIZ Y E. RITTER. 1997. Transformación genética de *Solanum tuberosum* L. con el gen *b32* mediante *Agrobacterium tumefaciens*. Invest. Agri. Prod. Prot. Veg 12 (1,2 y 3): 5 – 13.
- DÍAZ, J. 2003. Embriogénesis y organogénesis somática en papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Andinita a partir de discos de hojas de plantas desarrolladas *in vitro*. Tesis de Maestría. Posgrado de Horticultura. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. 95 pp.
- DIAZGRANADOS, C. Y A. CHAPARRO. 2007. Desarrollo de un sistema de regeneración en Papa criolla (*Solanum phureja* Juz et Buck) var. Yema de huevo clon 1. Agronomía Colombiana 25(1): 7-15.
- HAMDI, M., E. CEBALLOS, E. RITTER Y J. RUIZ. 1998. Evaluación de la capacidad de regeneración en *Solanum tuberosum* L. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.13 (1-2): 159-166.
- HAWKES, J. G. 1990. The potato, evolution, biodiversity, and genetic resources. Bellhaven Press, Londres, Reino Unido. 259 p.
- HUAMA, Z. Y D. SPOONER. 2002. Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* Sect. *Petota*). American Journal of Botany 89(6): 947-965.
- LÓPEZ, A. Y A. CHAPARRO. 2007. Propuesta de un sistema de transformación de plantas de papa (*Solanum tuberosum* sp. *andigena* var. *Pastusa suprema*) mediado por *Agrobacterium tumefaciens*. Agronomía Colombiana. 25(1): 16-25.

- MUHAMMAD, A. Y A. HAKOOMAT. 2004. Effect of culture médium on shoot initiation from calluses of different origin in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Biotechnology* 3 (2): 194-199.
- MURASHIGE, T. Y F. SKOOG. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 473-497.
- SUKHOTU, T. Y K. HOSAKA. 2006. Origin and evolution of Andigena potatoes revealed by chloroplast and nuclear DNA markers. *Genome* 49: 636-647.
- TORRES, A., A. FERREIRA, C. WIDHOLZER, E. ROMANO Y J. PETERS. 2003. Expressão eficiente do gene reporter  $\beta$ -glucuronidase nos tecidos vasculares de batata (*Solanum tuberosum* L.) utilizando de um promotor específico (BRA3) de *Agrobacterium rhizogenes*. *Horticultura Brasileira* 21(2):176-179.
- TORRES, J. 2005. Transformación genética de *Ficus lyrata* Warb. con el gen P<sub>SAC12-ipt</sub>. Tesis Doctoral. Departamento de Biotecnología. Universidad Politécnica de Valencia. 203 pp.
- TRUJILLO, C., E. RODRÍGUEZ, S. JARAMILLO, R. HOYOS, S. ORDUZ Y R. ARANGO. 2001. One step transformation of two Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L. sp. andigena). *Plant Cell Rpt.* 20: 637-641.
- YAYA, M. Y A. CHAPARRO. 2009. Regeneración y sensibilidad a manosa en entrenudos de papa (*Solanum tuberosum* spp. *andígena* var Diacol Capiro). *Acta Biol. Colomb.* 14 (1).



UNIVERSIDAD  
DEL ZULIA

---

**BOLETÍN DEL CENTRO DE  
INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS**

**Vol.50 N° 2\_\_\_\_\_**

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada  
en agosto de 2016, por el **Fondo Editorial Serbiluz,**  
**Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela***

[www.luz.edu.ve](http://www.luz.edu.ve)  
[www.serbi.luz.edu.ve](http://www.serbi.luz.edu.ve)  
[produccioncientifica.luz.edu.ve](http://produccioncientifica.luz.edu.ve)