

REGULADORES DE CRECIMIENTO Y SUSTRATOS NATURALES PARA LA ACLIMATACION DE VITRO-PLANTULAS DE PIÑA *Ananas comosus* (L.) Merr.*

Growth regulators and natural mediums for acclimatation of pineapple vitro-plants *Ananas comosus* (L.) Merr.

Helder Vargas¹, Orlando Martínez W²., Germán Corchuelo R³.

RESUMEN

Con el propósito de obtener tecnologías para la etapa de adaptación de plántulas de piña, mediante el cultivo de tejidos, se experimentaron los sustratos arena amarilla de río, suelo natural y escoria de carbón, simultáneamente con las auxinas: AIA, AIB y ANA en concentraciones de 0,500, 1.000 y 1.500 ppm. Se registraron los parámetros vegetales número de raíces, longitud de la raíz y el peso seco de la raíz. En general y para todo el ensayo, el sustrato arena amarilla de río fue el de mejor resultado, los otros dos manifestaron respuestas, generalmente, bajas y sin una tendencia clara. La hormona que mejor desempeño tuvo, cuando se combinó con el sustrato arena amarilla de río, fue la AIB, en concentraciones de 1000 y 1500 ppm.

Palabras claves: Vitroplantas, auxinas, reguladores de crecimiento.

SUMMARY

The acclimatization stage is the critical step during the development of tissue cultures in crops. It was evaluated the response of vitro-plants from pineapple *Ananas comosus* (L.) Merr., to the applications of the hormones: AIA, AIB and ANA in doses 0-500-1000 and 1500 ppm at the medium: yellow river sand, natural soil and charcoal-scoria. The number of roots, root length and dry weigh root were recorded in the vitro-plants. In general, the yellow river sand was the medium that showed the best results. The natural soil and the charcoal - scoria had low response without a clear tendency. The AIB hormone presented a very good behaviour with the combination yellow river sand at 1000 and 1500 ppm dose.

Key words: Vitroplants. auxins, grow regulator.

INTRODUCCION

En el proceso de multiplicación vegetal por cultivo de tejidos, la etapa de adaptación es el paso crítico. En esta fase, las plantas requieren de un acondicionamiento al medio exterior, que es totalmente diferente al del laboratorio en el cual se habían mantenido desde su inicio vital. Para adaptarse, las plantas sufren varios desacomodos fisiológicos elementales en la fotosíntesis, la respiración, la transpiración, la fotosensibilidad

* Recibido en Octubre de 1998.

1 Ingeniero Agrónomo, Centro de Biotecnología Peñaflo, San Gil.

2 Profesor Titular, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia A.A. 14490. Bogotá, Colombia.

3 Profesor Asistente Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia A.A. 14490. Bogotá, Colombia.

y otros que la pueden llevar a una muerte inmediata, de no ser tratados bajo unas condiciones ideales para comenzar el proceso de sobrevivencia y desarrollo.

La piña está clasificada como una de las frutas más finas del trópico, con una gran variedad de alternativas para la industrialización, superada, sólo, por el durazno; su centro de origen es el sur de Brasil y Norte de Argentina y Paraguay (Collins, 1960). La producción en Colombia se concentra, especialmente, en los departamentos del Valle del Cauca, Antioquia y Santander (Salazar 1986, 1993). La fruta es totalmente endémica en los trópicos y subtropicos de Suramérica; La variedad Cayena lisa es la más cultivada en el mundo con aproximadamente, el 80% del área total, no tiene espinas en sus hojas, su fruto es cilíndrico, tiene un alto contenido de azúcares y acidez, los ojos son achatados y poco profundos, la pulpa es de color amarillo pálido de poca fibra y corazón delgado y la planta alcanza 1,2 m de altura (Bello y Julca, 1993; Leal y Garcia, 1993). La piña presenta una fuerte dominancia apical, por lo cual sus cosechas son de una sola fruta a los 18 meses de edad y el desarrollo de las yemas laterales sólo se activa cuando se ha inducido la floración.

En la actualidad, el cultivo se obtiene por reproducción asexual, por los hijos basales de la fruta, sin embargo, el ciclo de cultivo es demasiado largo, a lo cual se agrega la baja de reproducción y estos limitantes han determinado la necesidad de buscar otras vías de multiplicación más eficientes, que agilicen y aceleren el tiempo de desarrollo del cultivar, para que se traduzca en beneficios del productor y en una explotación más competitiva. Se han experimentado diversos métodos de multiplicación acelerada, fundamentados especialmente en el rompimiento de la latencia a la cual están sometidos naturalmente las yemas laterales. Entre ellos, el de mayor éxito hasta el momento, ha sido la multiplicación de tejidos y su variante, cultivo de células en suspensión, técnicas con las cuales los investigadores han logrado avances en la propaga-

ción de poblaciones en corto tiempo y con buenas características de homogeneidad y calidad fenotípica (Correa y Rodríguez 1996).

El crecimiento y desarrollo de las plantas por estos medios presenta tres fases, a saber: la de multiplicación en el laboratorio, la de adaptación y la de campo. La fase de adaptación es supremamente crítica y se ha determinado, con el factor de éxito a nivel industrial, al lograr manejar grandes poblaciones con altos porcentajes de sobrevivencia y a bajo costo (Carreto, 1987). Las plantas que salen del laboratorio son supremamente ineficientes, ya que presentan heterotropismo (Grout y Price, 1987), grandes espacios intracelulares y frecuencia baja de estomas (Carreto, 1987), raíces con baja tensión, susceptibilidad a la luz directa, sistema inmunológico incipiente y otras limitaciones que determinan la necesidad de brindarle a la planta condiciones ideales de humedad relativa, temperatura, intensidad lumínica y sustrato adecuado para el libre desarrollo de las raíces, (Trujillo, 1987). En diversos estudios, se ha demostrado la eficiencia de compuestos químicos para dinamizar la diferenciación celular, iniciación de raíz, división y expansión celular, respiración, elongación de tejidos, etc. (Merino, 1987). Para los medios de enraizamiento se incluyen especialmente las hormonas AIA, AIB en concentraciones de 100mg/l en el caso de la piña y la concentración varía según sea la especie o el método de aplicación y sus efectos dependen de varios factores, como son la edad, estado fisiológico, tipo de sustratos, esterilización del medio y las condiciones ambientales (Salisbury y Ross, 1994). La concentración es de vital importancia, pues puede activar o inhibir el enraizamiento y afectar la planta hasta la muerte (Scott, 1972; Rojas y Ramírez, 1987; Hu y Wang, 1983).

Cuando la planta ha logrado sobrevivir y adaptarse a la mayoría de las condiciones en un ambiente semicontrolado, se traslada a casa de sombra, en la cual, sólo, se le estaría protegiendo de la luz directa y de las deficiencias hídricas ó nutricionales y, en esta fase, dura la mayor parte de su período de adaptación.

En la tercera fase, la de campo, la planta estaría adaptada totalmente al medio y, en consecuencia, podría sobrevivir y desarrollarse en las condiciones naturales y con las mismas características de las plantas de su especie y variedad logradas por métodos convencionales. Algunos autores recomiendan cámaras húmedas y medios más controlados, a fin de hacer más suave el paso de una fase a otra (Merino, 1987).

Los laboratorios de investigación realizan procesos de adaptación de las plántulas provenientes de los tejidos de cultivos, con métodos, materiales e insumos seguros e igualmente costosos, lo cual obliga al labo-

ratorio a variar continuamente los protocolos de la fase adaptativa, con el fin de reducir los costos. Por ésto, en este estudio se plantean y experimentan diferentes sustratos naturales y dosis adecuadas de hormonas que permitan establecer una fase de adaptación, con tasas de sobrevivencia altas, de plántulas de piña obtenidas mediante el cultivo de tejidos.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la zona de Adaptación del Centro de Biotecnología de Peñaflores, adscrito a la Corporación Universitaria Cooperati-

Cuadro 1. Análisis físico-químico y granulométrico de los tres sustratos en estudio.

1. SUELO

Textura:	Franco limosa
pH.:	5,87
Materia orgánica:	7.65%
Fósforo:	4,3 ppm
CIC:	30 meq/100gr
Ca:	6,00 meq/100gr
K:	0,75 meq/100gr
Na:	0,57 meq/100gr

2. ARENA

Granulometría:	
mayor a 2 mm	25%
entre 1 y 2 mm	59%
menor a 1 mm	16%
pH	6,5

3. ESCORIA

Granulometría:	
mayor a 3mm	45%
entre 2 y 3 mm	32%
menor a 2 mm	23%
pH	6,1

va de San Gil, en San Gil, Santander. Para todas las evaluaciones, se utilizaron plántulas de la variedad Cayena Lisa Serrana, obtenidas en el centro en mención, a partir de vitroplantas importadas del Centro de Biotecnología de Ciego de Avila en Cuba; las cuales venían del primer repique para continuar en Peñaflores con seis repiques adicionales. Después de los siete repiques, se seleccionaron plántulas con altura promedio de 4 cm y siete hojas con buen estado de desarrollo y sin presencia de raíz.

Las plántulas se lavaron adecuadamente, retirando de ellas el medio nutritivo y las últimas hojas basales, dejando al descubierto 0,5 cm del tronco para inducir el enraizamiento. Se desinfectaron con una solución de Benomyl a razón de 0,5 gr/l y se usó un litro de solución por 100 vitroplantas; también se desinfectaron con la misma solución los sustratos. Luego de escurrir por 20 minutos el sustrato y las plantas, se procedió al trasplante e inmediata transferencia a la zona de adaptación. Las condiciones atmosféricas de la zona fueron: humedad relativa del 70%, temperatura máxima de 24 °C y mínima de 18 °C y una intensidad lumínica máxima de 17.000 luxes.

Para el ensayo, las materias utilizadas tenían 7 cm de diámetro y 7 cm de altura en las condiciones ambientales señaladas. Los sustratos seleccionados fueron: escoria de carbón, arena amarilla de río y suelo nativo, a los cuales se les practicaron los análisis físico-químicos y granulométricos, cuyos resultados se presentan en el cuadro 1. Se utilizaron tres clases de hormonas: AIA, AIB y ANA, diluidas en una solución de KOH 1N aforado a un litro con agua destilada, logrando una solución de 1500 ppm, a partir de la cual se obtuvieron las diluciones de 500 y 1000 ppm.

Se utilizó el diseño completamente al azar, con cinco repeticiones, en un arreglo factorial 3x3x4, así: 3 sustratos: escoria de carbón, arena amarilla de río y suelo nativo; 3 auxinas: AIA, AIB y ANA; 4 diluciones: 0; 500; 1.000 y 1.500 ppm. Los parámetros que se registraron fueron: nú-

mero de raíces, longitud de la raíz (cm) y peso seco de la raíz (gr.). Los resultados experimentales se sometieron al análisis de varianza, de acuerdo con el diseño usado y la estructura factorial y se utilizó el sistema de análisis estadístico SAS.

RESULTADOS

En el cuadro 2 se presentan los cuadros medios del análisis de varianza para el número de raíces, la longitud de la raíz, y el peso seco de la raíz, todas las fuentes de variación presentaron diferencias altamente significativas en las tres variables en estudio, excepto la longitud de raíz, para la interacción sustrato x dosis. El resultado sobresaliente del análisis de varianza, es la significancia de la interacción triple: sustrato x hormona x dosis, por lo cual ésta se analizará con detenimiento para cada variable en estudio así:

Número de Raíces: En el cuadro 3, se observan los promedios del número de raíces en cada sustrato, concentración y auxina. Con relación a la escoria, no se observaron buenos resultados en cuanto a que no se manifiesta una respuesta positiva como en los otros dos sustratos y, tampoco, expresan diferencias importantes dentro de las hormonas (Figura 1, cuadro 3).

En el sustrato suelo, las hormonas muestran un crecimiento positivo a la concentración de la auxina; este resultado es más apreciable con las hormonas AIB y ANA que con AIA (Figura 1). El sustrato arena exhibe un comportamiento similar al suelo con las hormonas AIA y AIB, pero el incremento mayor de la población de raíces se observa cuando a las plántulas se les aplicó ANA con 500 y 1500 ppm. Todos los tratamientos superaron al testigo, pero aquellos con escoria fueron los más inferiores, ya que sus promedios fueron próximos a éste y la hormona AIA fue la que mostró menos resultados (Figura 1).

Por el desempeño que la hormona ANA tuvo en los sustratos suelo y arena, especialmente en las dosis 500 y 1.500 ppm, se presenta como la mejor estadísticamente,

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables número, longitud y peso seco de raíz.

F. de V.	G.L.	Cuadrados medios		
		No. de Raíces ¹	Long de Raíces.(cm)	P.S. Raíz (gr)
Sustrato (s)	2	3,4**	24,2**	0,0172**
Hormona(H)	2	5,6**	45,5**	0,0060**
S X H	4	1,1**	24,5**	0,0055**
Dosis (D)	3	4,7**	19,8**	0,0054**
S X H	6	0,6**	4,2 ^{n.s}	0,0008**
H X D	6	0,9**	9,8**	0,0017**
S X H X D	12	0,4**	5,8**	0,0019**
Error	189	0,1	2,4	0,0002**

** Significativo al 1% ^{n.s} No significativo 1 transformación raíz cuadrada

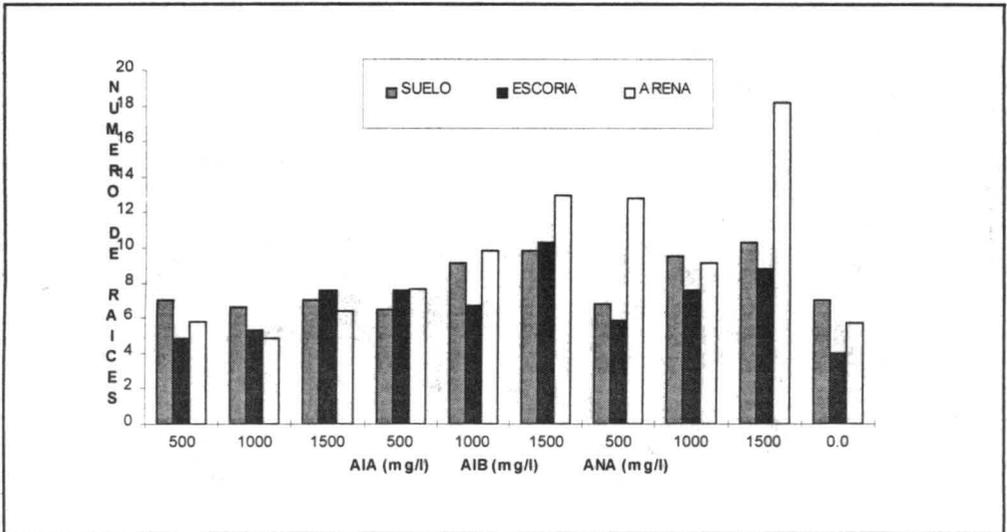


Figura 1. Efecto de la combinación de sustratos con hormonas en concentraciones diferentes sobre vitro-plántulas de piña.

con valores altamente significativos frente a las hormonas AIB y AIA. El sustrato arena fue estadísticamente el mejor, debido básicamente a la combinación con ANA, como ya se mencionó, pues al analizar el comportamiento con las otras hormonas en sus respectivas dosis, observamos que no hay grandes diferencias en la producción de raíces, por lo cual, al final, este sustrato es el más

eficiente, pero sus resultados estadísticos lo ubican como igual al sustrato suelo. La concentración 1.500 ppm ofreció resultados sobresalientes al tener los valores altos con las tres hormonas, por lo cual se sugiere experimentar en próximos estudios dosis mayores. En general, la combinación más eficiente sería la de arena, cuando se usa la hormona ANA en concentraciones de 1500 ppm.

Cuadro 3. Promedio de número de raíces, longitud de raíces y peso seco de raíz en sustratos dosis y hormonas.

		No. de Raíces			Longitud de raíces			Peso seco raíz		
Hormona	Dosis	Suelo	Escoria	Arena	Suelo	Escoria	Arena	Suelo	Escoria	Arena
AIA	500	7,0	4,9	5,8	7,4	5,4	6,5	0,05	0,04	0,02
	1000	6,7	5,3	4,8	6,6	5,9	7,1	0,03	0,06	0,05
	1500	7,0	7,6	6,4	5,9	4,6	7,4	0,02	0,03	0,04
AIB	500	6,5	7,6	7,7	6,7	4,5	8,1	0,02	0,06	0,09
	1000	9,2	6,7	9,9	6,7	3,8	8,1	0,02	0,02	0,10
	1500	9,9	10,3	13,0	4,9	5,3	5,7	0,04	0,04	0,11
ANA	500	6,8	5,8	12,9	4,1	6,8	4,5	0,02	0,03	0,07
	1000	9,5	7,6	9,2	3,8	6,4	4,3	0,02	0,03	0,07
	1500	10,3	8,9	18,2	2,6	4,1	6,1	0,01	0,02	0,02
TESTIGO		7,0	4,0	5,7	4,3	4,5	6,1	0,01	0,01	0,03

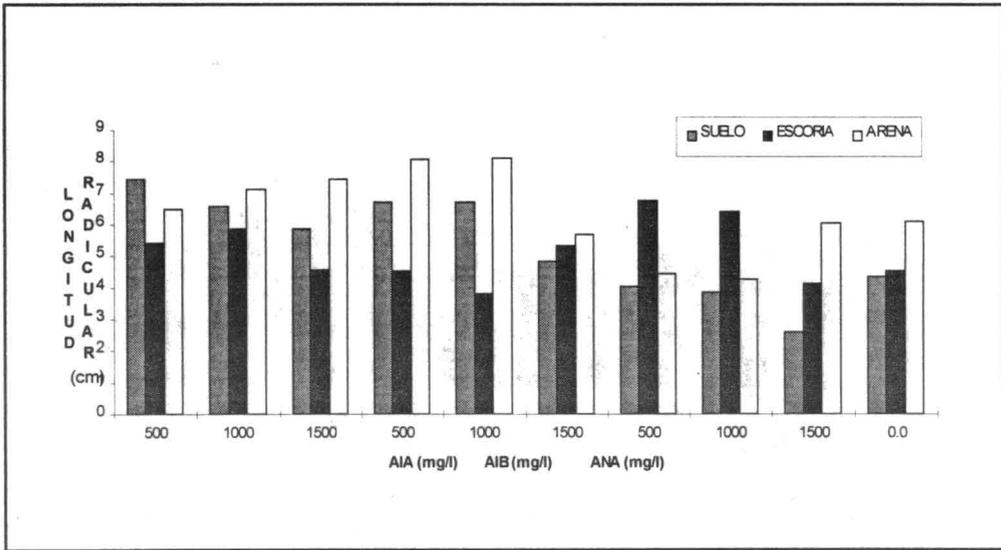


Figura 2. Efecto de la combinación de sustratos con hormonas en concentraciones diferentes sobre vitro-plántulas de piña.

Longitud de Raíces: Para esta variable, la respuesta de las hormonas AIA y AIB fue totalmente diferente al encontrado con el número de raíces. Las hormonas que estadísticamente presentaron mejor desempeño fueron AIA y AIB, entre ellas las diferencias fueron mínimas en los sustratos y dosis y la no significancia de la interacción

sustrato x dosis, en buena parte, se debe a este comportamiento de las hormonas mencionadas (Figura 2). Por su parte, la hormona ANA no muestra promedios altos, en la totalidad de combinaciones de sustratos y concentraciones, a tal punto que, en ocasiones, fue superada por el testigo (Cuadro 2, Figura 2).

En cuanto a sustratos, la arena ofrece las mejores tendencias, con diferencias entre hormonas y sus concentraciones y sobresale con la AIB a la dosis 500 y 1500 ppm. Por su parte en el sustrato suelo se observa una variación estable, tanto entre hormonas como en la dosis experimentada. El sustrato escoria exhibe una respuesta errática y es así como siempre fue inferior al suelo y a la arena en todas las combinaciones de hormonas y dosis, mientras que con la auxina ANA presentó el mejor comportamiento, aunque sin separar al suelo y la arena en presencia de AIA y AIB (Figura 2). En relación a la dosis, las de mejor desempeño fueron 500 y 1.000 ppm, sin existir diferencia entre ellas. La concentración 1.500 ppm no manifiesta resultados importantes, incluso en ocasiones fue inferior al testigo. En general, la mejor combinación de los tres factores para la longitud de la raíz se encuentra cuando las plántulas se siembran en arena, con la hormona AIB en concentraciones de 500 a 1500 ppm.

Materia Seca: Con el sustrato arena, los valores de materia seca fueron consistentemente superiores, tanto al suelo,

como a la escoria, en casi todas las combinaciones de hormonas y concentraciones (Figura 3). El peso seco de la raíz, en general, fue más bajo en el suelo y su comportamiento variable pues con las hormonas AIA y AIB tiene una respuesta negativa a las concentraciones y con la hormona ANA no hay tendencia definida, quizá debido a la corta longitud de las raíces. En este sustrato, el promedio del peso seco radical no fue representativo o importante en sus valores, teniendo en cuenta los promedios sobresalientes de los otros sustratos. La escoria, fue intermedia entre la arena y el suelo, con las hormonas AIA y AIB y no se encontró tendencia alguna, pero con ANA la respuesta fue negativa a las concentraciones, como en los casos anteriores (Figura 3). En cuanto a las hormonas, en general, los valores mayores de peso seco correspondieron a la AIB, bastante superiores a las otras dos en todas las combinaciones de dosis y sustratos. El comportamiento de la ANA y AIA fueron similares. En resumen, para el peso seco, se puede mencionar que los promedios mayores se lograron con la auxina AIB en concentraciones de 1500 ppm, cuando las plantas así tratadas se sembraron en el sustrato arena.

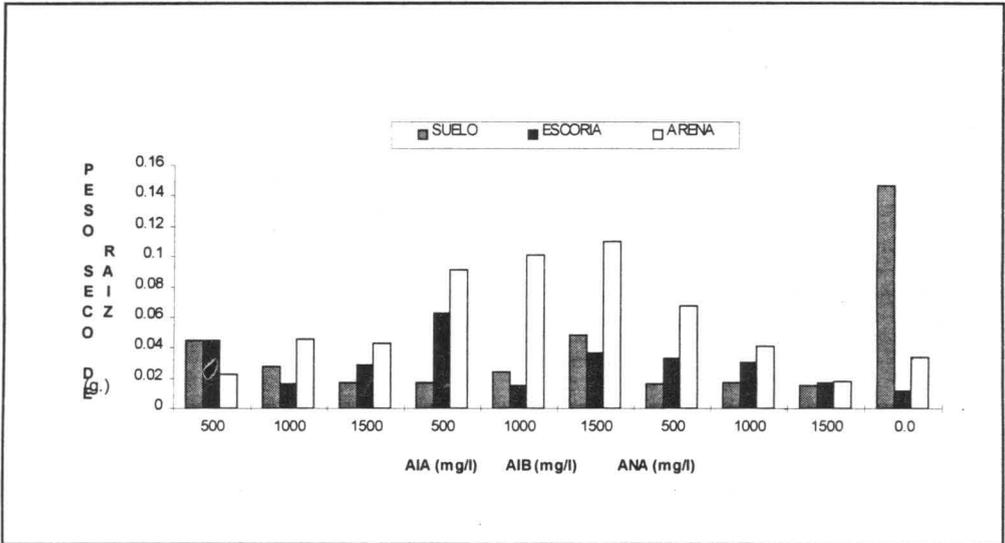


Figura 3. Efecto de la combinación de sustratos con hormonas en concentraciones diferentes sobre vitro-plántulas de piña.

DISCUSION

En el desarrollo del ensayo, se presentaron diferentes comportamientos respecto a los factores en estudio; a nivel de todas las variables hay diferencias altamente significativas propiciadas, al parecer, por la diferencia estructural de los tres sustratos, lo cual genera condiciones muy disimiles en el desarrollo de las plantas.

Con el sustrato arena se encontraron los mejores resultados en las tres variables a lo largo de todo el ensayo. Este sustrato tiene diversas ventajas, tanto físicas como económicas, pues presenta una muy buena retención de humedad sin generar encharcamiento y es un sustrato muy limpio sin la presencia importante de semillas de arvenses, tampoco es nicho apropiado para la sobrevivencia y desarrollo de colonias infectivas que puedan deteriorar las plantas en los primeros días de sobrevivencia. Por otro lado, dentro de ciertos límites, tiene las condiciones adecuadas de estructura estándar, por lo cual la granulometría no tiene gran variación, facilitando las labores y que no necesita ni molienda ni tamizado y se puede conseguir sin mayores contratiempos. Con plantas mayores, podemos observar como las raíces de gran longitud envuelven el sustrato en todas las direcciones sin encontrar obstáculos para su desarrollo, facilitando, además, el arranque, pues las raíces no van a sufrir ninguna clase de daño.

Respecto del factor hormonas, la ANA se presentó como la mejor en la variable número de raíces, lo cual coincide con evaluaciones de enraizamiento en estacas realizadas por Silva (1989), quien logró resultados positivos al aplicar concentraciones de 800 ppm de ANA y AIB en contraste con los hallazgos de Kalil y Suarez (1989), quienes lograron en feijos mayor número de raíces con 500 ppm de AIA frente a otras auxinas. Sin embargo, anotamos que este valor fue estimulado por el sustrato arena en el cual esta hormona presenta sus mejores resultados.

La hormona ANA, solamente, con el número de raíces expresa una tendencia positiva con las otras variables, tuvo una respuesta negativa con valores muy bajos para los tres sustratos, incluso en algunos tratamientos presentó valores inferiores a los del testigo, lo cual coincide con las observaciones realizadas por Silva (1988). Lo anterior se puede deber a que, por ser una hormona sintética, su duración es muy larga y, si la concentración fue alta, el efecto final es inhibitorio, como bien lo explican Salisbury y Ross (1994), en el sentido de que la hormona ANA es más fuerte o tóxica que el AIB, por lo cual, a dosis altas, puede causar daños a los materiales.

La hormona AIA no presentó un comportamiento específico y ofreció, a lo largo del ensayo, diferencias muy estrechas entre sustratos y entre concentraciones, en algunas ocasiones positivas y en otras no. El AIA presenta valores muy altos en longitud, los cuales fueron mantenidos también por la hormona AIB y, en las otras variables, los resultados fueron superiores a los testigos, lo cual implica que tuvo algún efecto positivo sobre las plantas, sin embargo, no hubo respuesta significativa al aumentar la dosis, lo cual podría deberse, contrario a lo sucedido con el ANA, a una rápida degradación por factores ambientales.

El AIB manifestó resultados bastante claros y positivos en el transcurso del ensayo, excepto por las dosis de 1500 ppm en los tres sustratos, lo cual podría deberse a una intoxicación, pues también está catalogada comp fuerte, sin embargo se podrían hacer pruebas con dosis levemente mayores, a fin de determinar, especialmente, si es viable aumentar sus efectos. Aún, con este resultado desfavorable, tuvo los mejores resultados en peso, debido básicamente a los altos valores logrados con la variable número de raíces, ya que ésta, con la variable longitud, interpreta, bajo iguales condiciones, el peso de la masa radical.

En resumen, los mejores resultados se observaron cuando las plantas se sembraron en sustrato arena con AIB a 1500 ppm.

BIBLIOGRAFIA

- BELLO, S. y A. JULCA.** Colección y evaluación de ecotipos de piña (*Ananas comosus* L.) de la Amazonía Peruana. En: Primer Simposio Latinoamericano de Piñicultura, Cali. Colombia 13 pp.1993.
- CARRETO, L.** Manejo de plantas en invernadero. En: Fundamentos teórico prácticos del cultivo de tejidos vegetales. 1987.
- COLLINS, J.L.** The Pineapple. Botany, Cultivation and utilization. Leonard Hill. Ltd. London. 294 pp. 1960.
- CORREA, M. y L. RODRIGUEZ .** Selección clonal y establecimiento aséptico in vitro de yemas axilares de papaya (*Carica papaya* L.) Tesis de grado. Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 155 pp. 1996.
- GROUT, B. y F. PRICE.** The stabliment of photosinthesys in strawberry cultures prior to transplanting. En: Plant Micropapagation in horticultural industries. University press. Liege Belgium. 1987.
- HU, C. y WANG. P.J.** Meristem, shoot tip and bud cultures. En: Handbook of plant cell culture. Mc Millan Publisynp p: 177-277. 1983.
- KALIL, C. y R. SUAREZ.** Propagación por esquejes de *Acca selowwiana*. Tesis de grado Ing. Agrónomo. Univeridad Nacional de Colombia . Bogotá. 1988.
- LEAL, F. y M. GARCIA.** Recursos genéticos y mejoramiento de la piña (*Ananas comosus* L.) En: Memorias del Primer Simposio Latinoamericano de Piñicultura. Cali. Colombia. 12 pp. 1993.
- MERINO, M.** Técnicas de esterilización y manipulación aséptica. En: cultivos de tejidos vegetales. De. Hurtado D. y M. Merino. Edit Trillas, México D.F. p: 44 - 47. 1987.
- ROJAS, G y H. RAMIREZ** Control hormonal del desarrollo de las plantas. Segunda Edición. Limusa. Grupo Noriega Editores México D.F. 263 Pp. 1993.
- SALAZAR, R.** Aumente sus utilidades produciendo piña según las exigencias del mercado. Horticultura moderna. N.3: 9 - 11. 1986.
- SALAZAR, R.** Situación del cultivo de la piña en Colombia. En: Primer Simposio Latinoamericano de Piñicultura. Cali. Colombia. 20 pp 1993.
- SALISBURY, F. y C. ROSS.** Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana México D.F. 1994.
- SCOTT, T.** Auxins roots. Ann. Rev. Plant Physiol. 23:115 - 118. 1972.
- SILVA, O.** Efecto de tres reguladores de crecimiento en el enraizamiento de estacas de mora (*Rubus glaucus* Benth.) Tesis de grado Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p. 85. 1989.
- TRUJILLO, J.** Evaluación de fenotipos, técnicas de enraizamiento y adaptación de clones de papa, sometidas a estrés salino in vitro. Tesis de grado Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1987.