

DETERMINACION Y APLICACION DE POLIAMINAS EN ESPECIES VEGETALES DE INTERES AGRICOLA Y FORESTAL

**JESUS NORATO RODRIGUEZ,
& HERNAN MAURICIO ROMERO A.,**

Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
AA 46527 Santafé de Bogotá, Colombia.

RESUMEN

Se realizaron diferentes ensayos para determinar el contenido y el efecto de las poliaminas (PA), putrescina, espermidina, espermina y cadaverina en los maíces colombianos (*Zea mays*), MB 510 y MB 513 y en plántulas dormantes de Sietecuecos, (*Tibouchina lepidota*) de varias edades.

Se determinaron las PA en mazorcas de los dos maíces mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) durante la formación del óvulo, y el cuajado del grano. La putrescina fue la PA más concentrada en las mazorcas de los dos tipos de maíz, seguida de la espermidina y la espermina. La cadaverina se detectó, pero con valores no medibles.

Las PA aplicadas sobre cultivos de maíz modificaron los patrones de crecimiento en las dos variedades utilizadas lográndose el desarrollo de mazorcas que normalmente no llenan grano, al igual que incrementos en el tamaño de las mazorcas y el número de granos llenos por mazorca.

En plantas de maíz afectadas por heladas (temperaturas de $-3^{\circ}\text{C}/6$ hrs.), el crecimiento en altura se suspendió, el follaje sufrió quemaduras y disminuyó el número y tamaño de las mazorcas que formaron grano. Los tratamientos con PA revirtieron el efecto causado por la helada manteniéndose el crecimiento de las plantas y además se activaron mazorcas que normalmente no se desarrollan con lo cual se alcanzaron rendimientos superiores a los testigos.

En plántulas dormantes de Sietecueros, se logró la activación del crecimiento mediante la aplicación exógena de PA alcanzándose incrementos de más del 100% en la altura de plántulas tratadas, con relación a los testigos.

SUMMARY

Different experiments in order to determine the polyamines (PA) putrescine (Put), spermidine, (Spd), spermine (Spm) and cadaverine (Cad) effect and concentration in corn (*Zea mays*) cv. MB 510, c.v. MB 513 and a regional type; and in "Sietecueros" (*Tibouchina lepidota*) seedlings were made.

PA were determined during ear of corn formation by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Put was the most abundant followed by Spd and Spm. Cad was detected but with unmeasurable values.

Applied PA modified growth patterns of regional corn and so, ear of corns that normally don't fill out grain, was developed. Besides, there was size increase and the number of grains in each ear of corn was higher.

In corn plants, affected by chilling (-3° C/6 Hr), height growth was suspended, leaves were burn out and the number and size of corn ears decreased. PA treatments reverted the negative effect caused by chilling, keeping plant growth normal; furthermore, normally inactive ear of corns were released, resulting in higher grain yield than in controls.

In slow growing "Sietecueros" seedlings, PA applications released plant growth, reaching more than 100% of height increase in treated seedlings in relation to control.

Palabras clave: Poliaminas, trópico, heladas, maíz, crecimiento lento, Sietecueros, HPLC

INTRODUCCION

Las Poliaminas, (PA), son moléculas alifáticas con grupos amina que se protonizan por lo que adquieren condiciones policatiónicas; hecho que constituye la base para su acción a nivel molecular ya que forman complejos con polianiones como proteínas y ácidos nucleicos, modificando o afectando la actividad celular. Las PA se han registrado en un sinnúmero de plantas asociadas a órganos en crecimiento activo, (Galston 1983). Biasi et al. (1988), reportan que durante la formación de frutos de manzano y cereales, el contenido de PA se incrementa sensiblemente, siendo en estos casos la putrescina (Put) la más abundante de las PA con una concentración máxima durante la embriogénesis. En otras plantas también se ha relacionado la presencia de PA con procesos de división celular, como la germinación (Sinska 1988), y en cultivos

de tejidos (Martin et al. 1988) y en embriogénesis somática (Mengoli, Bagni 1992). De igual manera, la naturaleza fisicoquímica de las PA permite estabilizar las células sometidas a condiciones ambientales extremas (Altman 1982); la protección de las células vegetales por parte de las PA se ha evidenciado gracias a los incrementos de PA cuando aquellas han sido sometidas a estrés por temperaturas extremas (Norato 1991), deficiencia de potasio (Murty et al. 1971), choques osmóticos (Flores, Galston 1982; Flores et al. 1985; Mengoli et al. 1989).

Son muy pocas las investigaciones con PA a nivel de campo (Norato 1990 a, b, 1991 a, b; Norato et al. 1994; Romero 1993; Romero et al. 1994; Salamanca et al. 1994); y en ambientes tan variables y en ocasiones tan extremos como los que se presentan en el trópico y especialmente en Colombia, se espera que, además de su acción como reguladores de crecimiento, las PA tengan funciones mediante las cuales los genotipos endémicos de ambientes ecológicos muy marcados logren su adaptación y sobrevivencia, (Norato, Zernig 1995) así como las plantas sometidas a estrés (Norato et al. 1991 a, b)

En el maíz, en cada uno de los nudos diferencia una mazorca (Norato 1981 a, b), pero sólo desarrolla completamente una, dos o tres, según el grado de prolificidad del genotipo (Torregroza 1986). Sin embargo, Norato (1986), en cultivos de variedades prolíficas y no prolíficas, aplicando reguladores hormonales de crecimiento, logró que se desarrollaran completamente mazorcas que no crecen normalmente sobre el eje principal e indujo la formación de mazorcas sobre el pedúnculo de las que normalmente se desarrollan.

Los cultivos de maíz, arveja, papa, frijol y las poblaciones de especies forestales naturales de la zona alto-andina colombiana, periódicamente son sometidos a la acción deletérea de las heladas que tradicionalmente afectan los altiplanos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño. (Asoc. exalumnos Fac. Agron. 1980). Las temperaturas bajas producen necrosis, muerte del follaje y de los tejidos meristemáticos y reproductivos de las plantas, por lo cual se presentan descensos marcados en la producción de los cultivos y graves pérdidas económicas para los agricultores de la región.

Un caso típico de la Biología tropical se ha observado en especies arbóreas de la franja del subpáramo colombiano, tales como *Tibouchina lepidota*, *Weinmannia* spp., *Quercus* spp., *Cedrela* spp., *Hesperomeles* spp., *Vaccinium* spp.; en estas y otras especies, luego de la germinación, las plántulas pasan por un prolongado período de crecimiento lento (Mora-Osejo 1984; Romero 1993; Romero et al. 1994); similar a

la dormancia de semillas, yemas, etc., que se observa en las especies de las zonas templadas, (Davies 1987; Popinigis 1977). Este crecimiento lento es la causa de altas tasas de mortalidad y de que los programas de reforestación no involucren especies nativas. En su lugar, se plantan un gran número de pinnaceas y eucaliptos en los mejores suelos colombianos, especies que se caracterizan por una gran demanda de agua, alta tasa respiratoria, rápido crecimiento, y la producción de sustancias alelopáticas; factores que inhiben la germinación y el crecimiento de las especies nativas, así como de los cultivos sembrados por el hombre. (Rice 1974; Ballesteros 1983)

En esta investigación se pretende:

- Valorar el contenido y variación de las PA en maíz, durante el período de formación de las mazorcas.
- Aplicar PA en maíz para activar el crecimiento de mazorcas que normalmente no se desarrollan y para revertir la acción negativa de las heladas; y en sietecueros, para activar el crecimiento de sus plántulas.

MATERIALES Y METODOS

Se cultivaron maíz y sietecueros en varios centros de investigación como Tibaitatá del ICA, granja de la secretaría de agricultura de Cundinamarca en Tabio y vivero "La Mana" de la CAR. En estos cultivos y bajo diseños estadísticos apropiados se realizaron varios ensayos así:

En Tibaitatá, para extraer y cuantificar las poliaminas por Cromatografía Líquida de Alta Resolución - HPLC - (Norato 1990 b) en los maíces MB 510 y MB 513. (Ensayo 1).

En Tabio, para activar el crecimiento de mazorcas en un maíz regional mediante aplicaciones de Put (Ensayo 2).

En Tibaitatá, para revertir la acción deletérea de las heladas mediante aplicaciones de Put, Cad, Spd, Spm; en los genotipos MB 510 y MB 513 (Ensayo 3.1.), y en subpoblaciones de maíces prolíficos y no prolíficos (Ensayo 3.2.), cuando los cultivos estuvieron sometidos a -3° C / 6 hrs.

Y en "La Mana", para activar el crecimiento de las plántulas de sietecueros por aplicación de Put, Spd y Spm (Ensayo 4).

RESULTADOS Y DISCUSION

ENSAYO 1. PA de las mazorcas de maíces prolíficos y no prolíficos

La tabla 1 contiene la información sobre la concentración de putrescina (Put), espermidina (Spd), y espermina (Spm), en mazorcas completamente desarrolladas (1ª y 2ª) y en la tercera (que no llena grano) del maíz prolífico MB 510, así como la única que llena grano e inferior del maíz MB 513. Cad se registró pero con valores no cuantificables.

MAZORCA	EDAD (Días)	PUT (μM)		SPD (μM)		SPD (μM)	
		MB 510	MB 513	MB 510	MB 513	MB 510	MB 513
1a.	134	1097	749	571	---	199	258
	149	1035	671	361	423	156	78
	181	1761	---	475	157	156	76
	185	----	1988	---	223	---	---
	190	507	----	332	---	93	---
2a.	144	1327	530	901	---	261	88
	148	1643	---	405	257	167	---
	166	1407	446	---	---	---	66
	185	----	---	263	127	132	---
3a.	144	1413	---	678	----	319	----
	164	702	---	488	----	275	----

Put fue la PA más concentrada en las mazorcas de los dos tipos de maíz (1761 y 1998 μM). En MB 510 se registraron las máximas concentraciones de Spd (901 μM) y de Spm (261 μM). En MB 513 los valores más altos fueron 1998 μM de Put, 423 μM de Spd y 258 μM de Spm.

Se registró una gran variabilidad en el contenido de las PA a través del período estudiado; variabilidad que debe correlacionarse con los procesos de crecimiento y desarrollo operados en las mazorcas, ya que el maíz no prolífico MB 513 es un genotipo más precoz que emerge sus inflorescencias y que inicia el llenado de grano antes que MB 510 (Norato 1981). Las concentraciones altas de PA a los 134 días, se correlacionan con los procesos de megasporogénesis que se presentan en las mazorcas antes de la emergencia de los pistilos, luego las PA disminuyen su concentración y posteriormente con la fertilización e inicio de la embriogénesis (190 días), las concentraciones nuevamente

se hacen altas. En estas etapas. la meiosis y la mitosis son muy activas, de ahí su relación con los contenidos altos de PA. Resultados similares han sido reportados por Biasi et al. (1988); Slocum et al. (1984) y Norato et al. (1994)

Se debe tener en cuenta la ubicación de las mazorcas sobre el tallo de la planta y recordar que MB 510 desarrolla completamente dos mazorcas mientras que MB 513 sólo una (Norato 1981); quizás sea esta la razón por la cual en dichas mazorcas se haya determinado las mayores concentraciones de las PA. Así, por ejemplo, para Put, 1761 y 1643 μM en la primera y segunda mazorca de MB 510 y 1998 μM para la única mazorca desarrollada en MB 513.

Al relacionar la eficiencia en el llenado de mazorcas de los dos genotipos con la concentración de las PA registradas, se podría pensar que quizás, las PA regulan el llenado de las mazorcas por un mecanismo fisiológico similar al de la dominancia apical, propuesto para auxinas. (Davies 1987).

ENSAYO 2. Acción de la PA en la regulación del crecimiento y producción del maíz.

La respuesta de las plantas a la aplicación de Put fue aumentar su vigor. Las plantas se hicieron más altas, cañas más gruesas, follaje más verde y se activó el crecimiento y llenado completo de mazorcas que normalmente no se desarrollan (TABLA 2).

TABLA No. 2 EFECTOS DE LA PUTRESCINA EN EL DESARROLLO DE MAZORCAS Y EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ (TABIO, 1991)		
Dosis (μM)	No. Mazorcas llenadas en 10 plantas **	Rendimiento en grano (Ton/Ha)
0	10 b	4.24
500	14 b	6.88
1000	23 a	6.35
2000	17 b	6.84
** Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales (P < 0.01)		

El incremento en el rendimiento, hasta en 2,4 Ton/ha no sólo fue el resultado de aumentar el número de mazorcas completamente desarrolladas por planta, sino que también se incremento el tamaño de las mazorcas y el número de granos llenados en cada mazorca. Estos

resultados son similares a los reportados por Norato (1981 a, b), quién al aplicar diversas fitohormonas, indujo el desarrollo de mazorcas que normalmente no llenan grano y provocó incrementos en la producción de grano.

ENSAYO 3. Acción de las PA en la reversión del daño causado por heladas en cultivos de maíz

Los daños causados por la helada, se evidenciaron por la quema del follaje, la suspensión del crecimiento en altura y expansión de la lámina foliar, además que disminuyó la producción de grano, así para MB 510 (ensayo 3.1.), el rendimiento no superó las 3,67 Ton/ha y apenas si se formaron 1,7 mazorcas/planta. (TABLA 3), mientras que en los tratamientos con las diversas PA, los procesos de crecimiento continuaron de manera similar que si el cultivo no hubiera sufrido los rigores de la helada (Norato 1991 a, b), y además se activó el crecimiento de mazorcas que normalmente no se desarrollan y el rendimiento en grano se mantuvo en niveles normales. Por ejemplo, en MB 510, Put 4000 μ M, Cad 400 μ M, Spd 150 μ M y Spm 100 μ M, respectivamente produjeron 6,39; 6,18; 6,60 y 7,22 Ton/ha. (TABLA 3).

TABLA No. 3 EFFECTO DE DIFERENTES PA EN EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS PROLIFICOS Y NO PROLIFICOS DE MAIZ AFECTADOS POR HELADAS			
PA	DOSIS	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	
	μ M	MB 510	MB 513
Put	1000	4.65	4.65
	2000	4.5	4.50
	4000	6.39	6.39
	0	2.80	2.80
Cad	100	5.00	5.00
	200	5.53	5.53
	400	6.18	6.18
	0	3.67	3.67
Spd	150	6.10	6.10
	300	6.90	6.90
	600	5.12	5.12
	0	3.67	3.67
Spm	50	3.67	3.67
	100	7.22	7.22
	200	5.43	5.43
	0	3.42	3.42

La aplicación de Put en subpoblaciones prolíficas y no prolíficas de maíz, (ensayo 3.2), incrementó el número de mazorcas diferenciadas y que llenaron grano y mantuvo el rendimiento en valores cercanos a los que se producen bajo condiciones normales de cultivo, pero en los testigos no tratados con Put, se observó el severo efecto de las heladas (TABLA 4), así por ejemplo, en los ciclos 6, 9, 12 y 15 de los genotipos no prolíficos, el tratamiento con 4000 μM produjo respectivamente 5,57, 4,28, 4,69 y 4,14 Ton/ha de grano, mientras que la producción de los testigos estuvo entre 2,21 y 3,30 Ton/ha.

TABLA No. 4			
EFFECTO DE LA PUT EN EL RENDIMIENTO DE SUBPOBLACIONES PROLIFICAS Y NO PROLIFICAS DE MAIZ AFECTADAS POR HELADAS			
CICLO	Put (μM)	RENDIMIENTO (Ton/Ha)	
		PROLIFICOS **	NO PROLIFICOS **
6	1000	4.29 c	4.52 bc
	2000	5.26 b	3.80 c
	4000	4.49 bc	5.57 b
	0	4.06 c	2.82 d
9	100	3.85 c	3.49 c
	200	3.02 d	3.86 d
	400	2.84 d	4.28 c
	0	3.16 d	3.30 d
12	150	6.75 a	3.92 c
	300	5.29 b	3.88 c
	600	5.63 b	4.69 bc
	0	4.56 bc	2.21 d
15	50	4.84 bc	2.88 d
	100	3.11 d	4.34 c
	200	5.15 bc	4.14 c
	0	2.36 d	2.21 d

** Valores estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)
Valores con la misma letra, estadísticamente iguales ($P < 0.01$)

ENSAYO 4. Activación del crecimiento en plántulas de Sietecueros (*Tibouchina lepidota*)

En la tabla 5 se presentan la respuesta en altura por la aplicación de las PA (Put, Spd, Spm), sobre el crecimiento de plántulas de sietecueros de 8 meses de edad. Los tratamientos con PA indujeron incrementos altamente significativos en la altura de las plantas con respecto al testigo, así mismo que los tratamientos con Put 500 μM y Spd 100 μM , sin diferencias entre ellos, produjeron los máximos crecimientos de las plantas, 14,78 cm y 14,36 cm respectivamente, mientras que el

testigo apenas alcanzó 7,92 cm de altura. Igualmente se obtuvieron magníficas respuestas de las plántulas de sietecueros a los tratamientos con PA y no sólo se observó el incremento en longitud del tallo principal, sino también se alcanzó un gran desarrollo de las ramas laterales, es decir que las PA bloquearon la dominancia de la yema apical para facilitar el crecimiento de las yemas y ramas laterales.

TABLA No. 5
EFFECTO DE PA EN EL CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE SIETECUEROS*

TRATAMIENTO		ALTURA
PA	DOSIS (µM)	(cm) **
Put	500	14.78 a
	1000	11.45 b
	2000	13.48 b
Spd	50	13.01 b
	100	14.36 a
	200	12.25 b
Spm	25	12.71 b
	50	11.92 b
	100	13.55 b
Testigo	----	7.92 c

* Respuesta medida 12 semanas después de la primera aplicación hormonal
 ** Valores con la misma letra estadísticamente iguales (P < 0.01)

El área de la superficie fotosintética también se incrementó, así como el contenido de clorofilas (verdor del follaje), diámetro del tallo principal y ramas laterales y desarrollo de la raíz.

Indiscutiblemente esta es la primera oportunidad en la que se estudia el crecimiento lento de plántulas de Sietecueros y mediante la experimentación trata de comprobarse la presencia de un mecanismo hormonal como disparador del crecimiento. Los resultados aquí logrados son de gran importancia por su aplicabilidad a especies arbóreas de la zona andina colombiana que también presentan este tipo de crecimiento lento en el estado de plántula, así como en algunas especies frutales. Su implementación permitirá un mejor desarrollo de programas de reforestación y especialmente del manejo de plántulas de especies nativas.

CONCLUSIONES

En las mazorcas emergidas de los maíces MB 510 y MB 513, se registró la presencia y variación de las PA, Put, Cad, Spd, Spm. Los valores más altos se relacionan con procesos de división celular activa (megasporogénesis y embriogénesis), en las mazorcas que llenan grano.

- La Put fue la PA más abundante en las mazorcas.
- La aplicación de PA modificó los patrones de crecimiento y desarrollo del maíz, activando el llenado completo de mazorcas que normalmente no se desarrollan e incrementando el rendimiento en grano/Ha.
- El llenado completo de mazorcas podría efectuarse gracias a la acumulación de PA, estimuladas por la diferenciación y el crecimiento de los granos en dichas mazorcas.
- Las PA aplicadas a cultivos de maíz, revirtieron el daño causado por las heladas, estabilizando el crecimiento de las plantas y su rendimiento en grano.
- Las PA activaron el crecimiento de plántulas dormantes de Siete-cueros de 8 meses de edad produciendo incrementos en longitud superiores al 100%.
- Los ensayos reportados en esta investigación son los primeros de esta naturaleza efectuados en Colombia y a nivel del trópico. Debido a la creciente necesidad de estabilizar o incrementar la producción de los cultivos bajo condiciones agronómicas normales, y/o bajo condiciones de estrés, así como a las necesidades de reforestación, la aplicabilidad de estos resultados es de amplia cobertura, dadas las extensas regiones agrícolas en las cuales se presentan las heladas y el amplio número de especies arbóreas tropicales cuyas plántulas pasan por un prolongado período de crecimiento lento.

BIBLIOGRAFIA

- Altman, A. 1982. "Polyamines and wounded storage tissues - inhibition of RNase activity and solute leakage". *PHYSIOL. PLANT* 54: 194-198.
- Asoc. Exalumnos. Fac. Agron. Universidad Nacional de Colombia. 1980. Las heladas en los cultivos de flores de la Sabana de Bogotá. Mimeografiado. Bogotá.
- Ballesteros, M. 1983. Balance hídrico comparativo de una asociación de *Weinmania* con los bosques de *Pinus* y *Eucalyptus* en la región del Neusa, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. (tesis de Biólogo).
- Biasi, R.; N. Bagni; G. Costa. 1988. "Endogenous polyamines and their relationship to fruit set and fruit growth". *PHYSIOL. PLANT*. 73: 201-205.
- Davies, P. 1987. Plant hormones and their role in plant growth and development. Martinus Nijhoff. Pu. Dordrecht.
- Flores, H.; A. Galston; 1982. "Polyamines and plant stress. Activation of putrescine biosynthesis by osmotic shock". *SCIENCE* 217: 1259-1260
- Flores, H.; D. Young; W. Galston. 1985. Polyamines metabolism and plant stress. In: Key, J. Kosuge. *CELLULAR AND MOLECULAR BIOLOGY OF PLANT STRESS*. Alan. Liss, Inc. New York.
- Galston A. W. 1983. "Polyamines as modulators of plant development". *BIOSCIENCE* 33: 382-388
- Martin Tanguy; J. Martin; M. Paynot; N. Rossin. 1988. "Effect of hormone treatment on growth bud formation and free amine and hidroxycynamoil putrescine levels in leaf explant of *Nicotiana tabacum* cultivated in vitro". *PLANT PHYSIOL.* 88: 600-604.
- Mengoli, M.; R. Pistoichi; N. Bagni. 1989. "Effect of long-term treatment of carrot cell cultures with minimolar concentration of putrescine". *PLANT PHYSIOL. BIOCHEM.* 27: 1-8.
- Mengoli, M.; N. Bagni. 1992. "Polyamines and somatic embriogenesis in higher plants". *NEWSLETTER* 68: 2-8.
- Mora-Osejo, L.E. 1984. "La situación de los bosques nativos de Colombia y resultados preliminares de experimentos sobre cultivo de plantas autóctonas ornamentales en el Jardín Botánico José Celestino Mutis". *REVISTA ACAD. COL. CIEN. EXAC. FIS. MAT.* XV: 71-100
- Murty, K.; T. Smith; C. Bould. 1971. "Relation between the putrescine content and potassium status of black currant leave". *ANN. BOT.* 35: 685-695.
- Norato, J. 1981.a. Estudio comparativo del crecimiento y desarrollo en variedades prolíficas y no prolíficas de maíz. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. (Tesis de Master)
- Norato, J. 1981.b. "Estudio de crecimiento en variedades prolíficas y no prolíficas de maíz". *REVISTA COMALFI* 8:3-10

- Norato, J. 1986. "Efecto de algunos reguladores en el crecimiento y desarrollo de mazorcas en maíces prolíficos y no prolíficos". ACTA BIOLOGICA COLOMBIANA 1: 41-55.
- Norato, J.; M. Torregroza; C. Vicente. 1990 a. "Efectos de la putrescina en diferentes ciclos de selección masal divergente del Maíz Harinoso mosquera I Sin.2. Afectada por las heladas". ACTA BIOLOGICA COLOMBIANA 2:47-54.
- Norato, J.; C. Vicente; E. Legaz; M. Torregroza. 1990 b. "Efectos de algunas poliaminas en la protección contra heladas y el grado de prolificidad en maíz". ACTA BIOLOGICA COLOMBIANA 2:55-62
- Norato, J.; C. Vicente; M. Torregroza. 1991 a. "Efectos de las poliaminas putrescina, cadaverina, espermidina y espermina en el crecimiento y desarrollo del maíz y su protección contra heladas". REVISTA COMALFI 18:1-6.
- Norato, J.; C. Vicente; M. Torregroza; E. Legaz. 1991 b. "Putrescina: protector del maíz ante las heladas". REVISTA COMALFI 18:7-11.
- Norato, J.; Romero, H.M.; F. Velandia. 1994. "Las poliaminas de las estructuras reproductivas del café (*Coffea arabica*)". REVISTA COMALFI 21:13-17
- Norato, J.; K. Zernig. 1995. "Las poliaminas conforman algún mecanismo molecular para la adaptación a las temperaturas bajas?" Memorias XXV Congreso Anual COMALFI. Cali, Febrero 22-24.
- Popinigis, F. 1977. Fisiologia da semente. Brasilia Ministerio da Agricultura. Agiplán.
- Rice, E. 1974. Allelopathy. Cap 7. pp. 150-160. Academic Press Inc. New York.
- Romero, H.M. 1993. "Contribución al conocimiento del mecanismo que regula el lento crecimiento de plántulas de sietecueros (*Tibouchina lepidota* (Bnpl.) Baill). Universidad Nacional de Colombia. (Tesis de Biólogo)
- Romero, H.M.; Norato, J.; F. Velandia. 1994. "Determinación y efecto de la putrescina en el crecimiento lento de plántulas de sietecueros (*Tibouchina lepidota* (Bnpl.) Baill). REVISTA COMALFI 21: 7-12.
- Salamanca, L.A.; Norato, J.; F. Velandia. 1994. "Determinación y aplicación de la putrescina en las estructuras reproductivas del algodón" REVISTA COMALFI 21: 1-7.
- Sinska, I. 1988. "Stimulation of dark germination light sensitive lettuce seeds by poliamines". PHISIOLOGICAL PLANT. 10:11-16.
- Slocum, R.; R. Kaur Sawhney; W. Galston. 1984. "Physiology and biochemistry of polyamines in plants". ARCH. BIOCHEM. BIOPHYS. 235: 283-303.
- Torregroza, M. 1986. Selección masal estratificada en maíz para formar variedades adaptadas a los diferentes pisos térmicos del país. XII Reunión del Programa Nacional del maíz. Memorias C.N.I. Turipaná. Copilado por F. Arboleda R:26-108.