

EFECTO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS DE *Platanus hispanica* Mill. ex Münchh

H.SIXTO; J.L.MONTOTO; I.CAÑELLAS; J.M.GRAU

Dpto. Sistemas y Recursos Forestales CIFOR-INIA. Crta. de la Coruña Km 7,5. 28040 Madrid

E-mail: sixto@inia.es

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto que diferentes factores producían en el porcentaje de enraizamiento, cantidad de raíces emitidas (longitud y peso seco), número de hojas y el peso seco de la parte aérea. En un primer experimento se emplearon estaquillas de tallo lignificadas de dos grosores, aplicando para cada grosor distintos tratamientos químicos (AIB: 50; 100; 150; 200; 250; 300; 350 ppm y ANA: 25; 50; 75; 100; 125; 150; 175 ppm), físicos (entalladura, hidratación 1 semana e hidropónico) y modificación de condiciones generales de cultivo (cama caliente, cámara fría, humedad a saturación). El segundo experimento se realizó con estaquillas semiherbáceas basales y apicales, y se ensayaron en dos sustratos diferentes, tierra (similar al anterior) o termita. El porcentaje de enraizamiento fue significativamente superior en estaquillas lignificadas gruesas frente a las finas, comportándose del mismo modo para el resto de variables analizadas. En relación con los tratamientos, para todas las variables, los mayores porcentajes se obtuvieron en estaquillas creciendo en cultivo hidropónico, gruesas o finas, y en el tratamiento de AIB a 50 ppm en estaquillas gruesas, siendo estos tratamientos significativamente superiores a los obtenidos en plantas control. En estaquillas semiherbáceas los mejores resultados se obtuvieron cuando se empleó termita como sustrato.

Palabras Clave: estaquillas lignificadas, estaquillas semiherbáceas, AIB, ANA, cultivo hidropónico, termita.

INTRODUCCIÓN

La especie *Platanus hispanica* Mill. ex Munich (sinónimo de *P. hybrida* Brot y *P. acerifolia* Willd) fruto de la hibridación de *P. orientalis* x *P. occidentalis* (BESNARD *et al.*, 2002), es mayoritariamente utilizada en nuestro país con fines ornamentales, siendo frecuente su presencia en parques y jardines. No obstante, la producción de plátanos para su utilización forestal se remonta en nuestro país a finales del siglo XIX, momento en el que se llevan a cabo las primeras plantaciones en las orillas del Ter (Gerona) junto con diferentes especies del género *Populus* (PAGES Y JOHER, 1996).

La similitud en cuanto al comportamiento ecológico de chopos y plátanos unido a unas necesidades hídricas inferiores, motiva que estas plantaciones se sitúen en zonas donde el agua comienza a ser un factor limitante para cultivar adecuadamente chopos. La utilización del plátano puede además verse potenciada por la disminución de los suelos aptos para las especies de *Populus*, como consecuencia de la disminución de los niveles freáticos observados en algunas zonas de ribera en las últimas décadas (MEMORIA FUNDACIÓ MAS BADIA, 2001).

Este hecho es quizás uno de los factores que hace atractivo su cultivo, aun a pesar del mayor rendimiento económico del chopo, motivado por el empleo generalizado de un material forestal de reproducción genéticamente mejorado y por la aplicación de una selvicultura muy especializada. Principalmente las repoblaciones con plátano para producir madera de calidad están localizadas en Cataluña, viéndose incrementada la demanda por su semejanza a la madera de haya en cuanto a las características físico-mecánicas, así como por contar con un mercado muy específico al que abastecer (GENERALITAT DE CATALUNYA, 1996). El hecho de requerir de una selvicultura poco exigente en cuanto a simplicidad de podas, necesidades hídricas inferiores al chopo, fácil regeneración de la plantación mediante rebrote, etc. contribuyen a su atractivo.

La multiplicación vegetativa en las especies arbóreas es considerada una manera óptima de obtener material vegetal en cantidad, al mismo tiempo que se consigue que las características de interés natural o mejoradas de manera artificial, se transmitan de manera idéntica a la descendencia. La obtención de planta de plátano en vivero se realiza habitualmente a partir de estaquilla de tallo lignificada, si bien el porcentaje de enraizamiento de las estaquillas resulta muy variable de un año a otro en nuestro país, sin que se tengan certezas de las causas que lo motivan (ALTURO, 1997).

La propagación vegetativa del plátano ha sido objeto de estudio en diferentes países, valorando el efecto de la aplicación de determinados compuestos, tales como cinc, boro y ácido indolbutírico (NICOLOSO *et al.* 1999 a), tipos fisiológicos de estacilla y época de recolección (VLACHOV, 1988; NICOLOSO *et al.* 1999 b), grosor de las mismas (HOPPE *et al.* 1999; SIMON *et al.* 1999) o aplicación de calor de apoyo (ARENE *et al.* 2001), mostrando resultados no siempre coincidentes. La utilización de técnicas biotecnológicas, como el cultivo *in vitro* aplicado a la propagación es, junto con los métodos tradicionales, otra de las vías que está siendo abordada para la multiplicación adecuada del plátano (LIU & BAO, 2003). El interés creciente que puede tener la utilización de esta especie en la reforestación, proporcionando madera de calidad para la industria, mueve a estudiar aquellos aspectos relacionados con la mejora de su producción, y entre ellos la adecuación de condiciones que permitan maximizar la tasa de multiplicación, facilitando la obtención de plantas en el vivero.

En este trabajo se plantea la realización de una serie de experiencias que nos permitan avanzar en el conocimiento de los factores que influyen en el enraizamiento y posterior desarrollo de las estaquillas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

En periodo de reposo vegetativo (Febrero) se seleccionaron estaquillas lignificadas, finas y gruesas, a partir de varetas de un año. El rango para las estaquillas finas fue de $1 \pm 0,5$ cm de diámetro y de $2,5 \pm 0,5$ cm para las gruesas. En todos los casos la longitud fue de $25 \pm 0,3$ cm, realizando el corte entre 5 y 10 mm de la yema más próxima.

Para la realización de un segundo experimento se recolectaron estaquillas semiherbáceas, apicales y basales, dentro del crecimiento del año (Septiembre) y sin retirar las 3 o 4 hojas terminales.

En todos los casos las estaquillas se colocaron en macetas individualizadas, de 15 cm de diámetro, realizando el aporte de agua de manera regular mediante goteros compensados de tal forma que se aseguró un suministro similar en todas las macetas.

Tratamientos

El experimento 1, se llevó a cabo en invernadero bajo condiciones semicontroladas, con T_{\max} de $21 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y T_{\min} de $10 \pm 3^{\circ}\text{C}$, estando la humedad relativa entre el 70 y 90%. El sustrato utilizado fue tierra, con textura Ar-F y pH 7,9.

Se emplearon las estaquillas lignificadas, aplicando, para cada uno de los grosores seleccionados (finas y gruesas), diferentes tratamientos químicos y físicos, así como modificaciones ambientales de las condiciones de cultivo generales, como se describe a continuación:

- Control
- Tratamientos químicos
 - a. Ácido indol 3 butírico (AIB) (50-100-200-250-300 y 350 ppm)
 - b. Ácido naftalen-acético (ANA) (25-50-75-100-125-150 y 175 ppm)
- Tratamientos físicos
 - a. Entalladura
 - b. Hidratación 1 semana
 - c. Hidropónico (sustitución del sustrato por el medio hidropónico)
- Modificación de condiciones de cultivo
 - a. Humedad a saturación ($\geq 95\%$).
 - b. Cama caliente ($T = 28^{\circ}\text{C}$ aprox.).
 - c. Cámara fría (8 h luz a 15°C y 16h. oscuridad a 10°C).

La aplicación de las auxinas empleadas se realizó mediante inmersión de los 3 cm basales de las estaquillas en las diferentes soluciones, durante 24h a 23°C .

El experimento 2, en el que se utilizaron las estaquillas semiherbáceas (apicales y basales), se llevó a cabo en cámara de crecimiento de plantas (iberdex), con 8 h luz a $21 \pm 3^{\circ}\text{C}$ y 16h oscuridad a $10 \pm 3^{\circ}\text{C}$, con un rango de humedad relativa entre el 70 y 90%. En este caso se ensayaron dos tipos de sustratos, el primero similar al descrito en el experimento anterior (Ar-F) y un segundo que contenía perlita al 100%.

Análisis de datos

Cada uno de las variables incluidas en los experimentos contó con 10 replicas individualizadas

dispuestas al azar.

Después de 90 días se evaluó el porcentaje de plantas que emitieron raíces, longitud (*LR*) y peso seco radicular (*PSR*), número de hojas (*H*) y peso seco aéreo (*PSA*) para las estaquillas lignificadas. En estaquillas semiherbáceas se evaluó el porcentaje de plantas enraizadas después de transcurrido el mismo periodo de tiempo.

Los datos se analizaron mediante un análisis de la varianza, utilizando el test de Newman Keuls para la separación de medias ($P < 0,05$) cuando estas fueron significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra, de manera gráfica, los resultados del análisis estadístico realizado para valorar el porcentaje de enraizamiento cuando se utilizaron estaquillas lignificadas de dos grosores diferentes (finas y gruesas) sometidas a distintos tratamientos.

Las diferencias en la capacidad de enraizar fueron significativamente mayores para las estaquillas de mayor grosor (diámetro medio de 2,5 cm), hecho este que está en concordancia con lo expuesto para esta especie por SIMON *et al.* (1999) bajo diferentes condiciones de cultivo. El mayor contenido en carbohidratos de las estaquillas basales ha sido uno de los factores que se ha considerado como positivo en la capacidad de enraizamiento de diversas especies (FACHINELLO *et al.*, 1994; YING & ZHANG, 2000), aunque probablemente también contribuya la mayor resistencia a la desecación de las estaquillas de este grosor.

Entre los diferentes tratamientos aplicados sobre las estaquillas gruesas, tan solo el tratamiento con AIB 50 ppm y el crecimiento en cultivo hidropónico proporcionaron porcentajes significativamente superiores al control, alcanzando en ambos casos el 100%. Sin embargo, hay que hacer notar el elevado porcentaje de plantas con raíz que se ha obtenido en plantas control no sometidas a tratamientos (58%), hecho éste que ha sido referido como muy variable de un año a otro, oscilando entre el 20 y 70% (ALTURO, 1997).

Los tratamientos con ácido indolobutírico (AIB) disminuyeron paulatinamente los porcentajes de enraizamiento en las estaquillas gruesas a medida que se incrementó la concentración de hormona. Así, los mayores porcentajes de enraizamiento obtenidos con la concentración de 50 ppm de AIB fueron significativamente diferentes en comparación con concentraciones superiores a 200 ppm.

Para este mismo grosor, cuando la hormona aplicada fue el ácido naftalen acético (ANA), los porcentajes de enraizamiento no superan en ningún caso el mostrado por los controles, observándose también una tendencia a la baja en el porcentaje de enraizamiento a medida que se incrementa la concentración, aunque las diferencias en este caso no son significativas entre las dosis. Parece por tanto aconsejable ensayar concentraciones inferiores a las utilizadas, ya que como es sabido el efecto positivo de las auxinas sobre el enraizamiento puede volverse inhibitorio a partir de determinadas concentraciones, siendo estos umbrales diferentes según las especies (RIOS & DÉA, 1983).

Las distintas concentraciones de AIB y ANA aplicadas en estaquillas finas, no muestran diferencias significativas entre dosis ni tampoco con relación al control, siendo necesario ensayar umbrales de concentración diferentes, tanto por encima como por debajo de las concentraciones utilizadas en este trabajo.

El crecimiento en cultivo hidropónico fue el único tratamiento significativamente superior al control cuando los tratamientos se aplicaron sobre estaquillas finas. El porcentaje en este caso se incrementó hasta el 80% frente al 40% de los testigos.

Los buenos resultados presentados para ambos tipos de estaquillas cuando se utilizó el cultivo hidropónico hacen pensar que se pueda estar produciendo una lixiviación de inhibidores endógenos que actúen en antagonismo con las auxinas, de manera similar a lo descrito para otras especies (KONGSHU *et al.*, 2002; BING *et al.*, 2003).

La Tabla 1 muestra los valores medios, en estaquillas lignificadas gruesas y finas, cuando se analizaron las variables peso seco radicular (*PSR*), longitud máxima de la raíz (*LR*), nº de hojas (*H*) y peso seco aéreo (*PSA*). Para todos los parámetros estudiados las diferencias fueron significativamente mayores en las estaquillas de mayor grosor, estando estas diferencias en torno al 50% para *LR* y *PSR*. Las diferencias en la parte aérea, aun siendo significativas son inferiores (28 y 35% para *PSA* y *H* respectivamente), probablemente debido a que el porcentaje de brotación de las estaquillas, tanto gruesas como finas, fue próximo al 100%, produciéndose progresivamente la muerte en aquellas que no fueron capaces de emitir raíces.

La Figura 2 muestra los resultados de cada uno de los tratamientos aplicados en estaquillas gruesas y finas cuando se valoraron las variables *PSR*, *LR*, *H* y *PSA*. Para todas ellas la respuesta fue

similar a lo descrito para el % de enraizamiento, ($R^2 = 83,07$) observándose los mayores valores cuando las estaquillas crecen en cultivo hidropónico así como para el tratamiento con AIB 50 ppm en las estaquillas gruesas. No obstante hay que mencionar que en el tratamiento de calor adicional, si bien el % de enraizamiento fue del 55 y 58 % (similar al control) para estaquillas finas y gruesas respectivamente, la cantidad y longitud de raíces fue significativamente inferior.

Cuando se emplearon estaquillas semiherbáceas (Tabla 2), el porcentaje de enraizamiento no fue significativo entre estaquillas basales o terminales. Sin embargo, estas diferencias si resultaron significativas entre los dos sustratos empleados, con porcentajes de enraizamiento mayores cuando se empleó termita.

La utilización de estaquillas semiherbáceas, con menor contenido en carbohidratos pero mayor concentración de auxina (NICOLOSO *et al.* 1999), frente al empleo de estaquillas lignificadas, no mejoró el porcentaje de enraizamiento en *Platanus hispanica*.

A la vista de los resultados expuestos, con porcentajes de enraizamiento mayores al utilizar cultivo hidropónico en las estaquillas lignificadas o termita en las semiherbáceas, el factor sustrato parece tener una incidencia que debe ser estudiada y tenida en cuenta en futuros trabajos de reproducción de material vegetal para esta especie.

En cualquier caso, la diversidad genética puesta de manifiesto en Francia para la especie mediante el empleo de marcadores moleculares (VIGOUROUX *et al.* 2002), puede estar en el origen de la variabilidad de respuesta que los viveristas encuentran en su capacidad de enraizamiento, siendo necesario avanzar en la mejora para disponer de un material más homogéneo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTURO, R.; 1997. *Platanus hybrida* Brot. En en web:fut.es/ralturo/coscoja/_arbre/_platane/platanus.htm
- ARENE, L; CADIC, A.; DJULBIC, M.; GROS, A.; RENOUX, A.; 2001. Multiplication of plane by winter cutting in hotbeds and microcutting in vitro. *PHM-Revue Horticole*. 423, 23-26.
- BESNARD, G.; TAGMOUNT, A.; BARADAT, P.; VIGOUROUX, A.; BERVILLÉ, A.; 2002. Molecular approach of genetic affinities between wild and ornamental *Platanus*. *Euphytica*, 126 (3): 401-412.
- BING, C.; HANDONG, G.; CAO, B.; GAO, D.H.; 2003. Technology of cutting propagation of *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider. *Journal of Nanjing Forestry University*. 27: 4, 62-66.
- FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R. Propagacao de planats fructíferas de clima temperado. Pelotas: UFPEL, 179 pp.
- GENERALITAT DE CATALUNYA.; 1996. El Platán. *Tecnología Forestal*. 16: 1-8.
- HOPPE, J.M.; SCHUMACHER, M.V.; MIOLA, A.C.; OLIVEIRA, L.S.; 1999. Influence of cutting diameter on the development of *Platanus x acerifolia* shoots. *Ciencia Forestal* 9:1, 25-28.
- KONGSHU, J.; ZHANGRONG, W.; TIANHUA, C.; MINXIU, W.; KS, J.; ZR, W.; TH, C.; MX, W.; 2002. A study on variation of the endogenous inhibitors in *Pinus massoniana* cuttings. *Journal of Nanjing Forestry University*. 27: 4, 62-66.
- LIU, G.; BAO, M.; 2330. Adventitious shoot regeneration from in vitro cultured leaves of London plane tree (*Platanus acerifolia* Willd.). *Plant Cell Reports*. 21:7, 640-644.
- MEMORIA FUNDACIÓ MAS BADIA. 2001.
- NICOLOSO, F.T.; LAZZARI, M.; FORTUNATO, R.P.; 1999. Propagacao vegetative de *Platanus acerifolia* Ait: (I) Efeito de tipos fisiologicos das estacas e epocas de coleta no enraizamiento de estacas. *Ciencia Rural*. 29:3, 479-485.
- NICOLOSO, F.T.; LAZZARI, M.; FORTUNATO, R.P.; 1999. Propagacao vegetative de *Platanus acerifolia* Ait: (II) Efeito da aplicacao de zinco, boro e acido indolbutirico no enraizamiento de estacas. *Ciencia Rural*. 29:3, 487-492.
- PAGES, J.M; JOHER, D.; 1996. Cultivo y producción del género *Platanus* en vivero. *IIº Congreso de la Asociación Española de Arboricultura*. Madrid. 16pp.
- RIOS, L.; DEA, V. 1983. Uso de substancias promotoras de enraizamiento de estacas fructíferas. *Inf. Agropec. Belo Horizonte* 9(101)47-55.
- SIMON, R.M.; HENZ, E.T.; DIAS, C.A.; 1999. Enraizamiento de estacas de diferentes diámetros em *Platanus acerifolia* (Aiton) Willdenow. *Ciencia Forestal Santa María*. 9:2, 127-136.
- VIGOUROUX, A.; BESNARD, G.; BARADAT, P.; BERVILLE, A.; 2002. La génétique de nos platanes revisitée à la lumière des techniques d'analyse modernes. *PHM.Revue Horticole* 437, 33-38.
- YING TUAN, Z.; ZHANG, Y.T.; 2000. A study on the relationship between *Magnolia liliflora* Desr. Green branch cutting rooting rate and cutting time. *Journal of Jiangsu Forestry Science and Technology*.

TABLA I

	Peso raíz (g)	Longitud max.raíz (cm)	Nª hojas	Peso seco aéreo (g)
GRUESAS	0,2950 ± 0,022 a	4,2198 ± 0,302 a	2,2047 ± 0,137 a	0,4620 ± 0,025 a
FINAS	0,1360 ± 0,022 b	2,3426 ± 0,302 b	0,7761 ± 0,137 b	0,1342 ± 0,025 b

Las medias con diferente letra son significativamente diferentes según el test de Newman Keuls con $P < 0,05$

TABLA II

F.V	S.C	G.L.	M	F	P
Efectos principales					
A.Sustratos	1,872	1	1,8721	18,69	0,0001 *
B. Tipo de estaquilla	0,254105	1	0,254105	2,45	0,1171
Interacción					
AB	0,254105	1	0,254105	2,54	0,1171
Residuo	5,30769	53	0,100145		
Total	7,57895	56			

$P < 0,05$

Figura 1

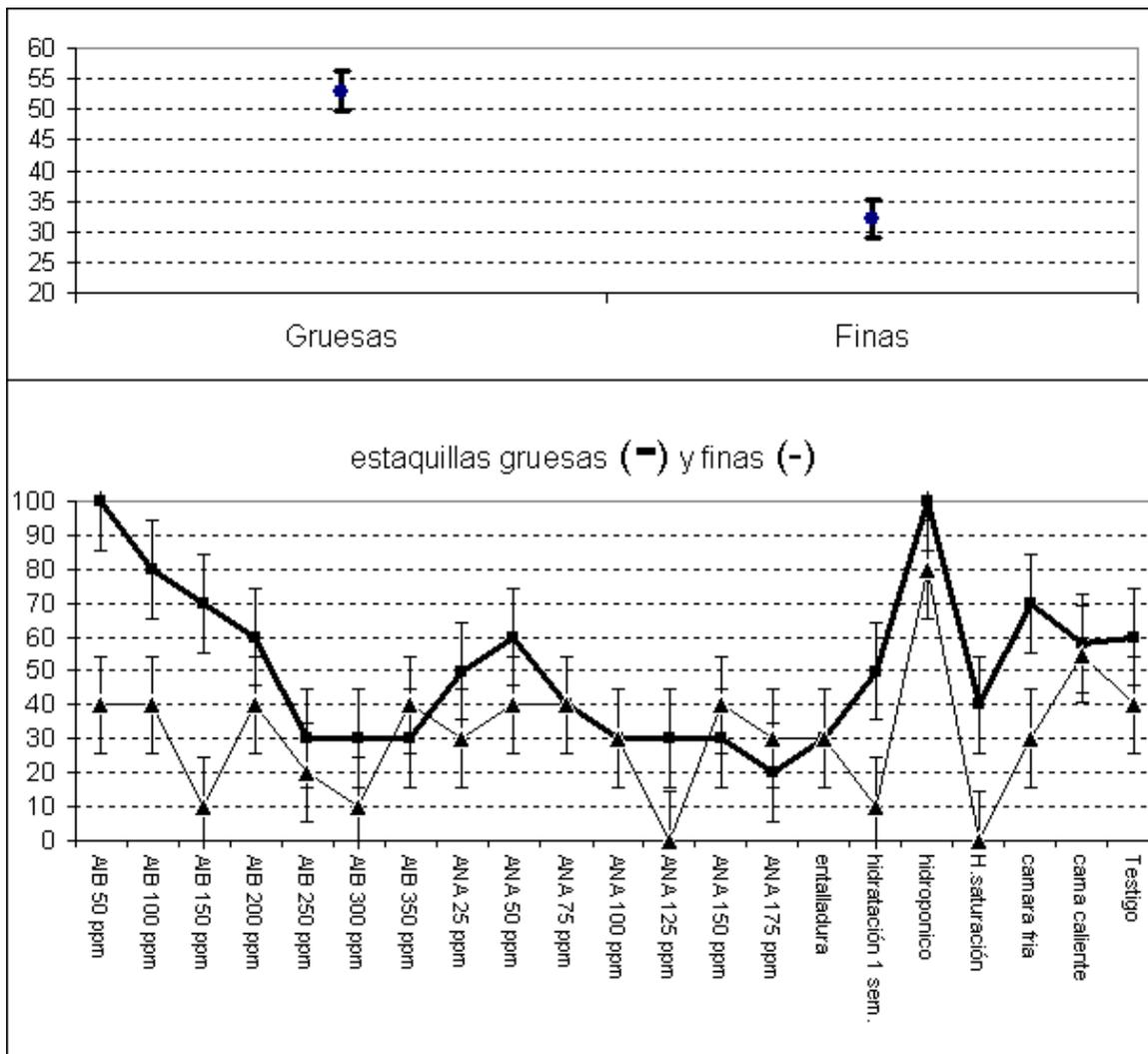
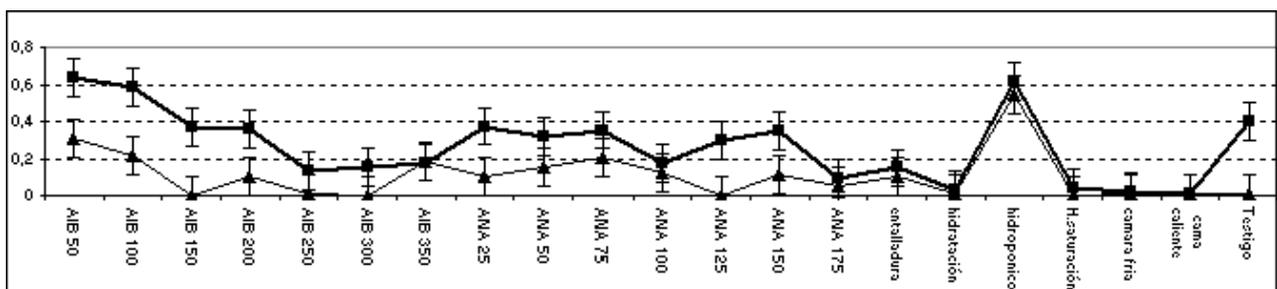
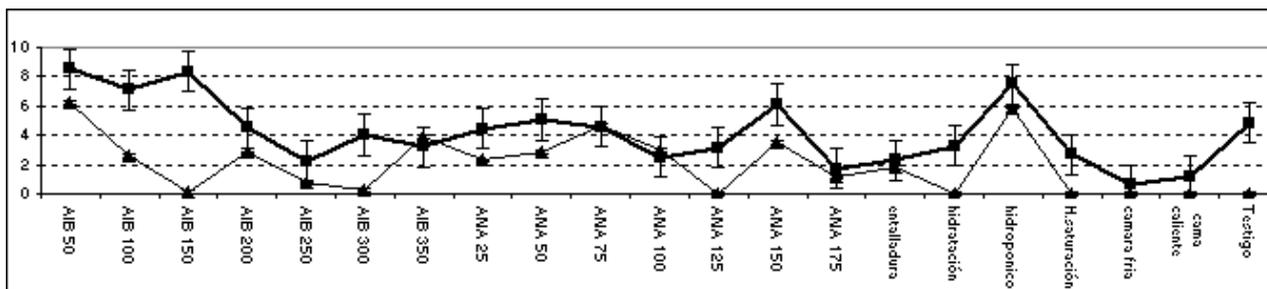


FIGURA 2

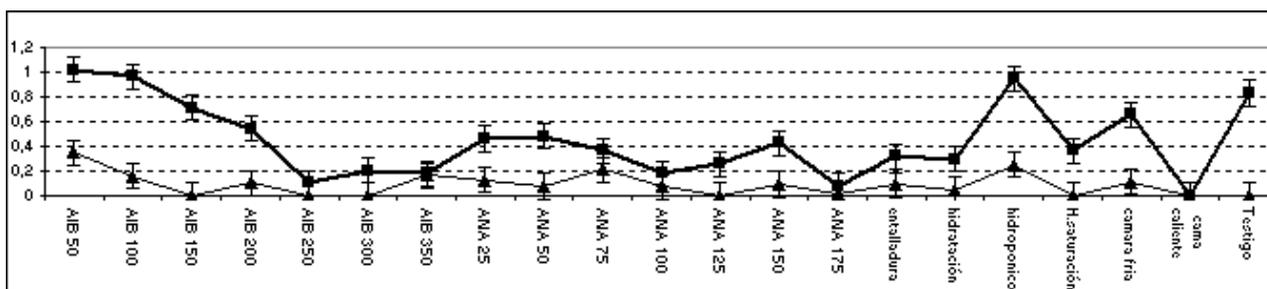
PESO SECO RADICULAR (g)



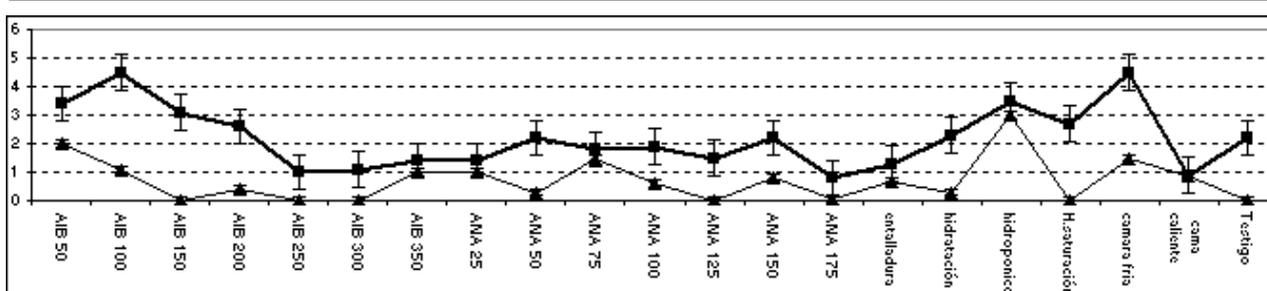
LONGITUD MAX.RAIZ (cm)



PESO SECO AÉREO (g)



Nº de HOJAS



Estaquillas gruesas (-) y finas (-). En los tratamientos hormonales las concentraciones se expresan en ppm.